

# 怀来县农田生态系统服务价值分类评估

张东<sup>1</sup>, 李晓赛<sup>2</sup>, 陈亚恒<sup>1</sup>

(1. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071001; 2. 河北农业大学 国土资源学院, 河北 保定 071001)

**摘要:**农田生态系统可以为人类提供各种农产品及多种间接生态服务功能。以河北省怀来县为例,借助 GIS 工具,从微地貌形态、土壤状况和土地利用类型 3 个方面选取相应指标,将怀来县农田生态系统分为 3 个生态类及 6 个生态亚类,并且从生产服务、调节服务、文化服务和支持服务 4 个方面选取 7 个指标构建评估模型,分别对 6 种农田生态亚类进行生态系统服务价值测算和分析。结果显示,怀来县农田生态系统服务总价值为 225 311.90 万元,4 种农田生态系统服务价值大小为生产服务>文化服务>调节服务>支持服务;不同农田生态亚类的价值差异明显,其中 II—II 总价值最高, I—I 最低;根据不同农田生态亚类价值功能组成比例,将 6 种农田生态亚类分为生产服务主导型和文化服务主导型两种类型,为怀来县未来因地制宜地发展区域农业、保护生态环境提供了参考。

**关键词:**农田生态系统;生态亚类;生态系统服务价值评估;怀来县

**中图分类号:**F062.2; X171.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2016)01-0234-06

## Classification Evaluation on Agriculture Ecosystem Service Value of Huailai County

ZHANG Dong<sup>1</sup>, LI Xiaosai<sup>2</sup>, CHEN Yaheng<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environment Science, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China; 2. Institute of Land and Resources, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000, China)

**Abstract:** The agricultural ecosystem provides products as well as a myriad of indirect ecosystem services. Taking Huailai County, Hebei Province as an example, based on GIS technology, we selected indicators from three aspects of the micro morphology, soil conditions and land use types, and divided the agricultural ecosystem into three ecological classes and six subclasses, then selected seven indicators to build evaluation model from four aspects such as production, regulation, cultural and support services, finally calculated and analyzed ecosystem services values (ESV) for each subclasses respectively. The result showed that the total ESV was 2.253 119 billion yuan, and the descending order were production, cultural, regulation and support services; there were obvious differences of ESV between different kinds of subclasses, where the highest total value was II—II and the lowest was I—I; according to different kinds of ESV composition proportion, we divided the six subclasses into two types of production service leading and cultural service leading, and provided the reference for the development of regional agriculture and protecting the environment according to the local conditions.

**Keywords:** agriculture ecosystem; ecological subclasses; evaluation of ESV; Huailai County

农田生态系统是一个直接受人类管理并满足人类需求的自然—人工复合生态系统,提供全球 66% 的粮食供给,并有着巨大的生态服务价值,是人类赖以生存及发展的物质基础<sup>[1]</sup>。近年来,对农田生态系统服务价值的评估日渐增多,但是大部分均集中于得到整个研究区内农田生态系统总价值<sup>[2-3]</sup>,然而,同一区域内的农田生态系统由于地形、土壤质地及农作物等方面的空间差异性也会产生不同的价值。而且,传

统研究多关注农田生态系统产生的物质产品的价值<sup>[4]</sup>,对其他如娱乐文化、休闲旅游等服务产生的价值关注较少<sup>[5-6]</sup>,对于怀来县这种农业旅游大县来讲,计算出后者所提供的价值显得十分必要。基于此,本文借鉴前人研究成果,结合景观生态学相关理论,对怀来县农田生态系统进行空间分类,并计算各农田生态亚类的服务价值,以期对怀来县因地制宜地发展区域农业、保护生态环境提供参考。

# 1 区域概况及数据来源

## 1.1 区域概况

怀来县习惯称“怀来盆地”,位于冀西北间山盆地东部,北方农牧交错带东南缘,地理位置为 115°16′—115°58′E,40°4′—40°35′N,东部、东南部与北京市接壤。境内南北多为山区,地形坡度较大,地势为东南低西北高,平均海拔约 500 m,中间为盆地,山地、盆地间为呈梯状分布的丘陵,多被黄土填充,沟谷纵横。东亚大陆性季风气候,年均降水量约为 396.6 mm,全县温度日差较大,光照充足,年均日照时数 3 027 h,属于长日照地区,具有丰富的自然资源与物产资源,被誉为“中国葡萄酒之乡”。

近年来,怀来县围绕建设京畿科学发展强县的目标,紧紧抓住邻京优势和推进绿色发展这条主线,加快产业结构调整,力促发展方式转变。2013 年全县共有人口 35.6 万人,地区生产总值完成 119.4 亿元,同比增长 3.5%;全社会固定资产投资完成 89.9 亿元,增长 21.8%;社会消费品零售总额完成 40.2 亿元,增长 13.7%;城镇居民人均可支配收入达到 20 172 元,增长 10.6%;农民人均纯收入达到

10 118 元,增长 12.6%,实现了经济社会平稳增长。

## 1.2 数据来源

农田生态亚类所需的矢量图件来自 2012 年怀来县土地利用现状图、土壤分类图、坡度图、地貌图和地形图;农田生态亚类各项生态功能评价时所需的数据参考 2012 年怀来县经济统计年鉴,并结合怀来县国土资源局、林业局、农业局、旅游局、气象局等部门提供资料所得。

# 2 怀来县农田生态亚类划分

基于景观生态学的相关理论,在小尺度大比例尺的条件下,参考李振鹏<sup>[7]</sup>、马礼等<sup>[8]</sup>的研究成果,从地貌形态及界线、土壤状况、土地利用类型<sup>[9]</sup> 3 个方面选取地貌、海拔、坡度、土层厚度、表土质地、植被覆盖等因素,结合怀来县野外调研所得农作物分布特征,重点考虑农田生态单元的空间形态与服务功能的一致性,分别以“中等地貌形态组合类型和土地利用/覆被类型”以及“初级地貌形态组合类型和农业土地利用(经营)方式”作为划分农田生态系统单位的主导标志<sup>[8]</sup>,将怀来县划分为 3 个农田生态类,6 个农田生态亚类,见表 1。

表 1 怀来县农田生态系统分类等级系统

农田生态类	农田生态亚类	农田作物
山前平原	I—I 西部山前河川地带水田粮食种植亚类	水稻
耕地类(I)	I—II 西部山前平原区水浇地蔬菜种植亚类	万亩西芹、万亩大蒜
低山丘陵	II—I 中部环库低山丘陵区滩地梯田粮果综合亚类	设施草莓、玉米
耕地—园地	II—II 中部环库低山丘陵梯田葡萄种植亚类	葡萄园
混合类(II)	II—III 西北部低山丘陵区旱地园地粮果蔬综合亚类	万亩豆角、万亩马铃薯、国光苹果
中山山地—园地类(III)	III—I 南部中山山地缓坡地带林果种植亚类	八棱海棠

# 3 农田生态系统服务价值评估方法

## 3.1 农田生态系统服务价值评估指标

依据联合国《千年生态系统评估》<sup>[10]</sup>中对生态系统服务价值的分类,将农田生态系统服务价值分为生产服务、调节服务、文化服务、支持服务。

怀来县农田生态系统均位于盆地及低山丘陵地带,小气候明显,加之种植葡萄、苹果和海棠等产业的发展,文化服务和生产服务更加凸显。在前人研究的基础之上,本文从上述 4 项功能中选取适用于农田生态系统的 7 个指标对怀来县农田生态系统进行评估<sup>[2]</sup>,见表 2。

表 2 农田生态系统服务价值指标体系

服务类型	功能指标	评价内容
生产服务	食物生产	农田生态系统生产的各种产品价值
	固碳释氧	农田生态系统绿色植物通过光合作用,吸收 CO <sub>2</sub> 释放出 O <sub>2</sub> 的生态效益
调节服务	土壤保持	通过植物根系和土壤生物系统持留土壤的效益
	营养物质保持	农田生态系统保持营养物质的效益
文化服务	文化多样性	农田生态系统不同耕作方式及其由此产生的教育、美学等知识系统及价值
	休闲旅游	各种农业景观的生态旅游效益
支持服务	维持生物多样性	农田生态系统维持生物多样性的功能及价值

## 3.2 怀来县农田生态系统服务价值评估方法

农田生态系统由于人为作用影响,其投入产出比例在不同经营方式下有很大差别。结合前文的分类

结果,对 6 个农田生态亚类分别做出评估。

3.2.1 食物生产 本文以农田生态亚类中不同作物产量来分别估算其在食物生产方面的效益,以作物平

均单产和单价来表示:

$$V_1 = M \times A \times P \quad (1)$$

式中:  $V_1$ ——食物生产方面的功能价值;  $M$ ——单位面积产量;  $A$ ——种植面积;  $P$ ——作物单价。

3.2.2 固碳释氧 作为生态系统的一种特殊类型, 农田生态系统同样具有吸收  $\text{CO}_2$ , 同时释放出  $\text{O}_2$  的能力。通过调查怀来县各种农作物的播种面积及生物量<sup>[11]</sup>, 根据光合作用反应式, 生产 1.00 g 植物干物质能释放 1.20 g 的  $\text{O}_2$ , 由 NPP 计算结果可估算得到农田生态亚类的固碳释氧价值:

$$V_2 = E_1 + E_2 = H \times 1.62 \times 450 + H \times 1.2 \times 377.64 \quad (2)$$

$$H = M \times A \times (1 - r) / f \quad (3)$$

式中:  $V_2$ ——在固碳释氧方面的功能价值;  $E_1$ ——吸收  $\text{CO}_2$  的价值;  $E_2$ ——释放  $\text{O}_2$  的价值;  $H$ ——干物质质量 (t);  $r$ ——作物含水量;  $f$ ——作物经济系数; 1.62, 450——生产 1 t 干物质吸收的  $\text{CO}_2$  量和碳税价格 (元/t)<sup>[12]</sup>; 1.2, 377.64——生产 1 t 干物质释放的  $\text{O}_2$  量和工业制氧价格 (元/t)<sup>[13]</sup>。

3.2.3 土壤保持 生态系统土壤保持量用潜在土壤侵蚀量与现实土壤侵蚀量之差来计算。首先, 测算农田的土壤保持量, 农田保土量等于有农作物覆盖与无农作物覆盖的土壤侵蚀量之差; 其次, 利用怀来县 2002—2012 年土地资料, 计算得出怀来县植被保持土壤的物质总量, 由于受气候、地形和土壤等因素变化的影响, 怀来县农作物保土物质总量年际变化不大。为方便对比, 取平均值作为各农田生态亚类保持土壤的物质总量<sup>[14]</sup>。计算方法如下:

$$U = S \times (B - C) \quad (4)$$

式中:  $U$ ——土壤保持物质总量;  $S$ ——作物面积;  $B, C$ ——有农作物覆盖与无农作物覆盖的土壤侵蚀量。

最后, 根据土壤保持物质总量和怀来县表土平均厚度, 推算因土壤侵蚀而可能造成的废弃地的面积, 然后运用机会成本法估算农田生态系统因控制土壤侵蚀而减少土地废弃造成的经济损失, 作为农作物保持土壤的总价值<sup>[15]</sup>:

$$V_3 = U \times Q / (\rho \times h \times i) \quad (5)$$

式中:  $V_3$ ——土壤保持总价值;  $Q$ ——各农田景观类型年平均收益 (2000 年不变价);  $\rho$ ——土壤容重;  $h$ ——表层土壤厚度 (0.5 m);  $i$ ——银行年利率 (2.25%)<sup>[8]</sup>。

3.2.4 营养物质保持 农田对营养物质保持的价值主要体现在保持土壤肥力方面<sup>[16]</sup>。通过对土壤肥力的试验资料可以看出, 历年土壤肥力变化非常小。其次, 利用影子价格法进行计算, 保持土壤肥力的价值实质上是每年农田的净经济效益, 即农田减少氮磷钾

有机质等流失所带来的经济效益:

$$V_4 = U \times \sum P_{1i} \times P_{2i} \quad (6)$$

式中:  $V_4$ ——土壤保肥价值;  $P_{1i}$ ——农田土壤中氮磷钾肥的施用量;  $P_{2i}$ ——各类化肥的售价。

3.2.5 文化多样性 农田生态系统的文化多样性主要是指不同耕作方式及其由此产生的教育、美学等知识系统及价值。Tveit 等<sup>[17]</sup>指出, 景观视觉美学评价是分析景观视觉特征及其空间格局和对人类的审美重要性的系统过程, 并提出一个与景观可视美学指标相联系的等级框架; Fry 等<sup>[18]</sup>在 Tveit 研究的基础上提出了 4 个景观可视美学概念和指标: 管护水平、干扰性、复杂度、尺度。本文只选取“管护水平”这一指标进行农田文化多样性价值评估。

管护水平作为一个景观空间表达方式在可视美学和生态上都具有重要意义, 是指通过人类积极而悉心的管理达到的理想状态所感知到的整洁性和整洁度。传统的农业导致许多不同的农田生态系统被誉为吸引人的景观, 对文化多样性很有价值<sup>[18]</sup>。通过调查怀来县不同农田景观作物的管护成本, 可以算出文化多样性价值:

$$V_5 = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 \quad (7)$$

式中:  $V_5$ ——文化多样性价值;  $\omega_1$ ——灌溉成本;  $\omega_2$ ——病虫害防治成本;  $\omega_3$ ——人工成本 (如葡萄、苹果剪枝、授粉、蔬菜地膜覆盖等)。

3.2.6 休闲旅游 农业观光旅游是农田生态系统十分突出的特点, 本文采用旅行费用法, 将人们前往各农田景观时支付的费用 (交通费、食宿费、娱乐费等)<sup>[19]</sup>作为农田生态亚类的休闲旅游价值  $V_6$ 。

3.2.7 维持生物多样性 由于农田结构较其他生态系统来讲较为单一, 维持生物多样性功能较小, 不便于统计评估, 因此, 本文直接参考谢高地<sup>[20]</sup>提出的《中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值表》中农田生态系统每年生物多样性保护的单位服务价值 (628.2 元/hm<sup>2</sup>) 作为怀来县各类农田生态亚类维持生物多样性功能评估系数。

$$V_9 = 628.2A \quad (8)$$

式中:  $A$ ——种植面积。

## 4 结果与分析

### 4.1 生产服务价值评估

农田生态系统的生产服务主要体现在食物生产方面, 属于直接利用价值, 提供的直接服务产品受人类利益的驱动较强<sup>[3]</sup>。根据上节分析, 由公式 (1) 计算可得, 怀来县不同农田生态亚类所提供的产品物质量及价值量因农作物产品的种类而有所不同, 具体见表 3。

表 3 怀来县农田生态系统生产服务价值

农田生态亚类	主要粮食及经济作物	产量/t	单价/(元·kg <sup>-1</sup> )	价值 V <sub>1</sub> /万元
I—I	水稻	1904	4.70	894.88
I—II	西芹	128823	1.30	16746.99
	大蒜	35550	4.60	16353.00
II—I	草莓	1016	12.00	1219.20
	玉米	26083	2.24	5842.59
II—II	葡萄	75730	8.00	60584.00
	豆角	14128	5.60	7911.68
II—III	马铃薯	1673	1.20	200.76
	国光苹果	5100	6.00	3060.00
III—I	八棱海棠	10500	4.00	4200.00

注:数据来源于怀来县国民经济统计年鉴,下表同。

表 4 怀来县农田生态系统调节服务价值

农田生态亚类	固碳释氧/t	价值 V <sub>2</sub> /万元	土壤保持/t	价值 V <sub>3</sub> /万元	营养物质保持/t	价值 V <sub>4</sub> /万元
I—I	1012.76	119.73	5298.74	147.58	N 284	14.20
					P 21	1.05
					K 5	0.65
I—II	61397.31	7258.21	29326.91	549.30	N 1812	90.60
					P 176	8.80
					K 18	2.34
II—I	19429.71	2296.92	33134.44	1840.80	N 1284	64.20
					P 590	29.50
					K 63	8.19
II—II	18932.50	2238.14	43497.70	2291.24	N 593	29.65
					P 152	7.60
					K 21	2.73
II—III	7306.35	863.73	29884.07	810.19	N 1777	88.85
					P 525	26.25
					K 48	6.24
III—I	2625.00	310.32	38858.12	1062.79	N 745	37.25
					P 167	8.35
					K 36	4.68

表 5 怀来县农田生态系统文化服务价值及支持服务价值  
万元

农田生态亚类	文化多样性价值 V <sub>5</sub>	休闲旅游价值 V <sub>6</sub>	维持生物多样性价值 V <sub>7</sub>
I—I	257.03	3179.00	95.02
I—II	783.70	9537.00	525.93
II—I	2315.47	11071.00	594.21
II—II	1655.47	19000.00	780.06
II—III	898.33	17929.00	535.92
III—I	1098.72	14510.00	696.86

#### 4.4 农田生态系统服务价值评估分析

4.4.1 总价值评估 对表 5 中的计算结果进行合并汇总得出怀来县农田生态系统服务总价值(表 6)。怀来县农田生态系统功能总价值为 225 311.90 万

#### 4.2 调节服务价值评估

农田生态系统的调节服务主要体现在固碳释氧、土壤保持以及营养物质保持 3 方面,属于间接利用价值,主要与不同生态亚类之间的农作物种类、土壤条件以及营养物质含量(按纯折法计算)有关。通过公式(2)—(6),计算得出怀来县农田生态系统调节服务价值,具体计算结果见表 4。

#### 4.3 文化服务及支持服务价值评估

农田生态系统的文化服务主要体现在文化多样性和休闲旅游两方面,前者属于间接利用价值,后者属于直接利用价值;支持服务则主要体现在维持生物多样性方面,属于间接利用价值。通过公式(7)—(8),计算得出怀来县农田生态系统文化服务价值及支持服务价值,具体计算结果见表 5。

元,从大到小排序为生产服务>文化服务>调节服务>支持服务。其中生产服务价值为 11 629.10 万元,占总价值的比例最大,达到 53.09%,支持服务价值最小,为 3 228.00 万元,仅占总价值的 1.43%。

表 6 怀来县农田生态系统服务总价值 万元

生态亚类	生产服务	调节服务	文化服务	支持服务	合计
I—I	894.88	283.21	3436.03	95.02	4709.14
I—II	33099.99	7909.25	10320.70	525.93	51855.87
II—I	9677.79	4239.61	13386.47	594.21	27898.08
II—II	60584.00	4569.36	20655.47	780.06	86588.89
II—III	11172.44	1795.26	18827.33	535.92	32330.95
III—I	4200.00	1423.39	15608.72	696.86	21928.97
合计	119629.10	20220.08	82234.72	3228.00	225311.90

#### 4.4.2 不同生态服务价值对比分析

(1) 生产服务。由表 6 可以看出,生产服务价值中从大到小排序为 $II-II > I-II > II-III > II-I > III-I > I-I$ ,而且各农田景观生态亚类之间差值较大。最大的 $II-II$ 价值为 60 584.00 万元,占总生产服务价值的比例达到 50.64%,其次为 $I-II$ ,比例达到 27.67%,其余均在 10%以下,呈现阶梯状均匀分布。主要原因为 $II-II$ 所在的桑园镇以葡萄种植为主,园地面积达到 11 159.61  $hm^2$ ,是怀来县当地支柱产业,加之葡萄的单价(8.00 元)均高于其他农作物,因此,桑园镇生产服务价值远高于其他农田生态亚类; $I-II$ 隶属大黄庄镇和西八里镇的西部,处于平原区,水资源丰富,灌溉条件优越,是京西蔬菜的主产区,水浇地面积达 6 538.61  $hm^2$ ,万亩西芹和紫皮大蒜的大规模种植,是其生产服务价值提高的原因之一;生产服务价值最小的 $I-I$ 只占到总价值的 0.75%,主要种植水稻,且种植面积小,导致生产服务价值最低。

(2) 调节服务。调节服务价值中从大到小排序为 $I-II > II-II > II-I > II-III > III-I > I-I$ ,呈阶梯状均匀分布。最大的 $I-II$ 价值为 7 909.25 万元,占到整个调节服务价值的 39.12%,其次 $II-II$ 和 $II-I$ 所占比例分别为 22.60%和 20.97%,其余均在 10%以下。分析其原因主要是 $I-II$ 和 $II-I$ 均处于地势平坦区,且紧邻官厅水库,水资源丰富,自然环境优良,土层较厚,加之粮食种植面积较大, $II-II$ 所处的桑园镇是葡萄主产区,人工管护力度高,种植密度大,三者在此固碳释氧、保持土壤、营养物质保持方面均比其他地区有利,所以调节能力价值比其他地区要高。

(3) 文化服务。文化服务价值中从大到小排序为 $II-II > II-III > III-I > II-I > I-II > I-I$ ,呈阶梯状均匀分布。除了 $I-I$ 以外,其余农田生态亚类之间价值差别不大,最大值( $II-II$ )和最小值( $I-II$ )相差 10 334.77 万元,所占比例比较平均,为 12.55%~25.12%。分析其原因,主要为文化多样性价值与休闲旅游价值相比,前者只占后者的 1/10 左右,因此,后者在文化服务价值中起到了决定性作用。休闲旅游中,“葡萄采摘暨葡萄酒节”、“小南辛堡海棠花节”、“草庙子国光苹果采摘节”、“老君庄草莓采摘节”等以农田景观为主题观光旅游项目基本均匀分布在各个农田生态亚类中,综合得到,文化服务价值没有特别明显的差别体现。

(4) 支持服务。支持服务价值分布较为均匀,各农田生态亚类基本持平。主要原因为农田生态系统为半自然半人工生态系统,农作物结构较为简单,生物多

样性较为单一,支持服务价值体现不出分异规律。

#### 4.4.3 不同农田生态亚类价值组成分析

通过对怀来县农田生态亚类进行进一步整理,得到各农田生态亚类价值组成图(图 1)。

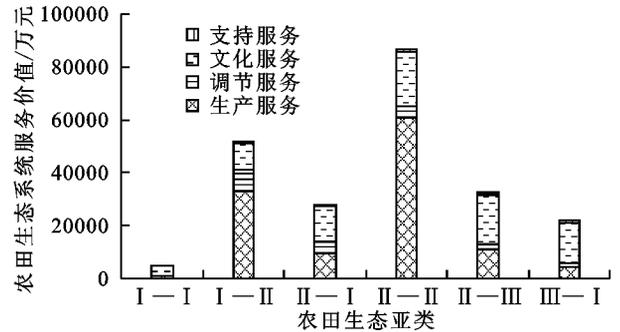


图 1 怀来县不同农田生态亚类服务价值对比

由图 1 可知,怀来县农田生态系统服务总价值从大到小排序为: $II-II > I-II > II-III > II-I > III-I > I-I$ 。通过分析各生态亚类服务价值组成比例,可将其分为生产服务主导型和文化服务主导型两种类型,具体分析如下:

(1) 生产服务主导型:包括 $II-II$ 和 $I-II$ 两个生态亚类。两者生产服务价值分别占到各自总价值的 69.97%和 63.83%,价值贡献率均达到一半以上。 $II-II$ 和 $I-II$ 是怀来葡萄和蔬菜主产区,是该地区农户主要的经济来源,大规模种植使得该区域生产功能价值较其他价值来讲具有明显的优势地位,在未来发展中应该继续发扬本区域特色,提高综合竞争力,将“京西蔬菜”、“怀来葡萄”等品牌唱响北京,走向全国。

(2) 文化服务主导型:包括 $I-I$ , $II-III$ , $III-I$ 和 $II-I$ 四种生态亚类。这 4 类文化服务价值占到各自总价值的比例的 47.98%~72.97%。 $I-I$ 在休闲旅游方面,富有农家特色的农业观光游创造的价值收入达到 3 179.00 万元,文化服务价值达到其他 3 项价值之和的 2.69 倍,具有十分明显的比例优势; $III-I$ 和 $II-I$ 紧邻官厅水库,是怀来县休闲度假和生态旅游的重要区域,“小南辛堡海棠花节”和“老君庄草莓采摘节”等旅游项目作为怀来县的一大特色,创造的经济价值分别达到 11 071 万元和 14 510 万元,前者文化服务价值是其他 3 项价值之和的 2.47 倍,后者则与 3 项价值之和基本持平; $II-III$ 处于北部低山丘陵地带,以蔬菜和国光苹果种植为主,水浇地面积为 830.99  $hm^2$ ,园地面积达到 3 518.21  $hm^2$ ,以存瑞镇为主要旅游项目的国光苹果采摘创造的经济价值为 17 929 万元,文化服务价值总和是其他 3 项价值之和的 1.39 倍,以上 4 个区域文化功能价值得到充分体现,属于文化功能主导型生态亚类。

## 5 结论与讨论

### 5.1 结论

(1) 本文结合景观生态学相关知识理论,从微地貌形态及界线、土壤状况、土地利用类型<sup>[7]</sup> 3 个方面选取地形、海拔、坡度、土层厚度、表土质地、植被覆盖等因素,结合怀来县野外调研所得农作物分布特征,将怀来县划分成为 3 个农田生态类和 6 个农田生态亚类。

(2) 怀来县农田生态系统服务总价值为 225 311.90 万元,从大到小排序为生产服务>文化服务>调节服务>支持服务。各生态服务类型内部分布特征不同,其中:生产服务价值 II-II>I-II>II-III>II-I>III-I>I-I,各农田生态亚类之间差值较大;调节服务价值 I-II>II-II>II-I>II-III>III-I>I-I,呈阶梯状均匀分布;文化服务价值 II-II>II-III>III-I>II-I>I-II>I-I,呈阶梯状均匀分布;支持服务价值分布较为均匀,各农田生态亚类基本持平。

(3) 怀来县农田生态系统服务总价值从大到小排序为:II-II>I-II>II-III>II-I>III-I>I-I,可分为生产服务主导型和文化服务主导型两种类型。前者包括 II-II, I-II 共 2 个农田生态亚类,未来发展方向为种植优质高产的果蔬产品;后者包括 I-I, II-III, III-I 和 II-I 共 4 种农田生态亚类,未来发展方向为农业观光游和采摘旅游项目。

### 5.2 讨论

(1) 本文对 6 个农田生态亚类分别进行生态系统服务价值评估,与以往研究中以整体农田生态系统作为研究对象相比<sup>[5]</sup>,更加具有针对性和空间辨别度。通过评价得出各个农田生态亚类中的最适宜主导功能,对以后研究区域的发展方向提供了参考。

(2) 由于个别指标难以获取(如文化多样性价值),本文通过研究前人成果,间接获取相关资料,个别功能价值比实际价值偏大,需要在以后的研究中继续深入。

#### 参考文献:

[1] 孙新章,周海林,谢高地.中国农田生态系统的服务功能及其经济价值[J].中国人口·资源与环境,2007,17(4):55-60.

[2] 赵荣钦,黄爱民,秦明周,等.农田生态系统服务功能及其评价方法研究[J].农业系统科学与综合研究,2003,19(4):267-270.

[3] 张宏锋,欧阳志云,郑华,等.玛纳斯河流域农田生态系统服务功能价值评估[J].中国生态农业学报,2009,17(6):1259-1264.

[4] 王俊,李巧云,关欣.常德津市农田生态系统服务功能的价值评估[J].湖南农业科学:上半月,2013(4):76-78.

[5] 元媛,刘金铜,靳占忠,栾城县农田生态系统服务功能正负效应综合评价[J].生态学杂志,2011,30(12):2809-2814.

[6] 王仰麟.景观生态分类的理论方法[J].应用生态学报,1996(S1):121-126.

[7] 李振鹏.乡村景观分类的方法研究[D].北京:中国农业大学,2004.

[8] 马礼,唐冲.尚义县景观生态分类和生态建设方略[J].地理研究,2008,27(2):266-274.

[9] 李振鹏,刘黎明,谢花林.乡村景观分类的方法探析:以北京市海淀区白家疃村为例[J].资源科学,2005,27(2):167-173.

[10] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: A framework for assessment[M]. Washington DC: Island Press,2003.

[11] 方精云,柯金虎,唐志尧,等.生物生产力的“4P”概念、估算及其相互关系[J].植物生态学报,2001,25(4):414-419.

[12] 冯凌.土地持续利用与农民福利提升的生态服务价值补偿[M].北京:旅游教育出版社,2011.

[13] 欧阳志云,王效科,苗鸿.中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J].生态学报,1999,19(5):607-613.

[14] 赵景柱,肖寒,吴刚.生态系统服务的物质量与价值量评价方法的比较分析[J].应用生态学报,2000,11(2):290-292.

[15] 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[J].自然资源学报,2004,19(5):632-636.

[16] 蒋小菁.土地利用生态服务价值研究:福建沿海与内陆山区的比较[D].福州:福建师范大学,2009.

[17] Tveit M, Ode Å, Fry G. Key concepts in a framework for analysing visual landscape character[J]. Landscape Research,2006,31(3):229-255.

[18] Fry G, Tveit M S, Ode Å, et al. The ecology of visual landscapes: Exploring the conceptual common ground of visual and ecological landscape indicators[J]. Ecological Indicators,2009,9(5):933-947.

[19] 施德群,张玉钧.旅行费用法在游憩价值评估中的应用[J].北京林业大学学报,2010,9(3):69-74.

[20] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(2):189-196.