

# 河北省耕地图谱特征及其生态服务价值变化

郝娜<sup>1</sup>, 王晓晴<sup>2</sup>, 王耀<sup>2</sup>, 张迪<sup>2</sup>, 牛志君<sup>2</sup>, 齐跃普<sup>3</sup>

(1. 秦皇岛市国土资源局, 河北 秦皇岛 066000; 2. 河北农业大学, 河北 保定 071000;

3. 石家庄师兄弟土地环境技术服务有限公司, 石家庄 050000)

**摘要:**为了响应耕地“数量—质量—生态”统筹发展的号召,以河北省为例,运用 ArcGIS 10.2,从耕地图谱特征变化的角度出发,分别对前期变化型、后期变化型、反复变化型以及持续变化型 4 个模式下的耕地生态服务价值变化情况进行了研究分析。结果表明:2004—2016 年期间,研究区内耕地面积共增加了 4 331 555.45 hm<sup>2</sup>,且生态服务价值保持上升状态,共增加 287.71 亿元。前期变化型主要以“耕地—草地—草地”类型为主,其生态服务价值增加 38 599.78 万元;后期变化型主要以“耕地—耕地—草地”类型为主,是整个变化模式中最大的单体变化类型,生态服务价值增加了 85 651.01 万元;反复变化型主要以“耕地—草地—耕地”的变化类型为主,其生态服务价值也是此变化类型中增加最多的;持续变化型模式主要以“耕地—园地—草地”模式为主,耕地转向园地生态服务价值增加了 40 044.61 万元,园地转向草地减少了 5 585.61 万元。研究表明河北省耕地生态服务价值总体上呈增加趋势,与园地、草地之间的转换有着密切的关系。

**关键词:**耕地; 图谱特征; 生态服务价值; 河北省

**中图分类号:** F301.21

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2018)06-0277-07

## Characteristics of Cultivated Land Map and the Change of Its Ecological Service Value in Hebei Province

HAO Na<sup>1</sup>, WANG Xiaoqing<sup>2</sup>, WANG Yao<sup>2</sup>, ZHANG Di<sup>2</sup>, NIU Zhijun<sup>2</sup>, QI Yuepu<sup>3</sup>

(1. Qinhuangdao Municipal Bureau of Land and Resources, Qinhuangdao,

Hebei 066000, China; 2. Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071000, China;

3. Shijiazhuang Fellow Land Environmental Technology Service Co., Ltd., Shijiazhuang 050000, China)

**Abstract:** In order to respond to the call of ‘quantity—quality—ecology’ for the development of cultivated land, this paper takes Hebei Province as an example, using ArcGIS 10.2 from the perspective of cultivated land mapping characteristics change, such as early change, late change, repeated change and persistence changes of ecosystem services value in cultivated land under four patterns of change. The results showed that the cultivated area increased by 4 331 555.45 hm<sup>2</sup> in the study area from 2004 to 2016, and the value of ecological service was increased by 28.771 billion yuan. The main changes were mainly ‘cultivated land—grassland—grassland’, where ecosystem services value increased 385.997 8 million yuan. The main type of later change is ‘cultivated land—cultivated land—grassland’, which is the largest type of monomer change in the whole change pattern, and the ecosystem services value is increased by 856.510 1 million yuan. The change type of repeatedly changes mainly focuses on the change type of ‘cultivated land—grassland—cultivated land’, and the ecosystem services value is the largest increase in the type of change. The pattern of continuous change is mainly based on the model of ‘cultivated land—gardenland—grassland’, the cultivated land turning to garden ecosystem services value increased by 400.446 1 million yuan, and the garden land turned to grassland ecosystem services value decreased by 55.856 1 million yuan. The results show that the ecosystem services value of cultivated land in Hebei Province is on the increase, which is closely related to the con-

version between the garden and the grassland.

**Keywords:** farmland; mapping characteristics; value of ecological services; Hebei Province

土地是人类赖以生存的重要资源之一<sup>[1]</sup>。土地利用又是人类作用于自然最为关键的环节,地域土地利用/覆被的研究已被列为“国际地圈生物圈计划(IGBP)”的关键组成部分<sup>[2]</sup>,而土地利用类型当中的耕地最为关键,其事关区域的粮食安全和社会稳定。因此耕地变化必定对生态系统的结构和功能产生影响,其变化程度对保护生态服务功能起着决定性的作用<sup>[3-4]</sup>。

生态系统服务是指人类直接或间接从生态系统的结构、过程和功能中获得的产品和服务<sup>[5]</sup>。生态服务功能是指生态系统与生态过程所形成及维持人类赖以生存的自然环境条件与效用,其在土地利用/覆被中主要表现为人们为了切身利益,而改变了土地の利用方式,相应的土地系统的生态服务价值也产生剧烈变化<sup>[6]</sup>。随着各种生态问题的出现,国内外相关人士开始关注土地生态系统的生态服务价值,并开展大规模的研究,取得了不小的成果,如 Costanza<sup>[7]</sup>把全球生态服务功能划分为 17 种主要类型,并求取了全球各地类的生态服务价值;欧阳志云等<sup>[8]</sup>评估了中国陆地生态系统的 6 种服务功能及其生态经济价值;谢高地等<sup>[9]</sup>建立了基于单位面积价值当量因子法的中国陆地生态系统服务价值的动态评估方法。近年来,随着大气变暖、生物量锐减和土地荒漠化等全球性生态环境问题的突出,对生态服务功能研究越来越迫切。于是,许多国内学者从生态系统不同尺度、不同方法等多方面开展了研究,如对海河上游、伊犁河流域、长白山地区以及各县域等多个地区进行了生态服务价值的定量评估<sup>[10-15]</sup>。

然而,这些研究鲜有专门针对耕地变化的。另外,耕地变化的生态效应研究多集中于土地利用变化对生态系统服务、碳储量和生态承载力的影响等方面<sup>[16-17]</sup>,然而这些研究很少涉及耕地与其他地类之间转化对生态系统服务价值产生的影响。河北省是产粮大省,必须加强耕地的“数量—质量—生态”保护。因此,本文以耕地图斑作为评价单元,分析河北省近 10 多年间耕地时空变化特征和生态服务价值变化,以期对河北省土地利用科学管理和生态补偿机制提供依据。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

河北省环抱首都北京(北纬 36°03′—42°40′、东经 113°27′—119°50′),辖区土地总面积约为 18 884.807 km<sup>2</sup>,南北长 750 km,东西宽 650 km。西倚太行山与

山西为邻,西北部、北部、和东北部同内蒙古自治区和辽宁省接壤,东部濒临渤海,东南部和南部与山东、河南两省交界,京、津两大经济发达区包裹其中,所以称之为京歌大省。河北省地处中纬度欧亚大陆东岸,属于大陆性季风型气候,四季分明,春季干燥多风,夏季炎热多雨,秋季昼暖夜凉,冬季寒冷少雪。全省年平均气温为-0.3~14.0℃,气温由东南到西北逐渐降低;年平均降雨量为 485 mm。河北省地貌类型多样复杂化,地势自西北向东南呈半环状逐级下降。最北面为坝上高原,占总面积的 8.5%,平均海拔在 1 200 m 以上;其下方为山地丘陵区,占总面积的 48.1%;南面为广阔平原,属华北平原的一部分,地貌类型分为山前冲洪积平原,中部中湖积平原区和滨海平原区 3 大类型,占该省总面积的 43.4%,海拔一般低于 50 m。

### 1.2 数据来源

本文所采用的土地利用数据从地理空间数据云下载,选用 2004 年、2010 年以及 2016 年的 Landsat-TM/ETM 为数据源,其成像时间均选择在秋季,轨道号均为 122/33,数据空间分辨率为 30 m×30 m,借助 ENVI 4.8 软件对遥感数据进行波段融合、几何校正和影像裁剪,采用监督分类和非监督分类相结合的方法将研究区划分为耕地、园地、林地、草地、水域、建设用地以及未利用地共 7 种土地利用类型,并对解译结果通过混淆矩阵与 Kappa 指数进行评价与验证,进一步以野外实地及问卷调查来验证,最终解译数据的精度为 86%。为了保证计算数据的一致性,本文将解译所获得的矢量数据统一转化为栅格,并存储为 GRID 格式,栅格大小统一为 30 m×30 m(图 1)<sup>[18-19]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 土地利用图谱分析

土地利用变化信息图谱可以用来描述土地利用变化的过程,是进行土地利用变化驱动力诊断分析和模型构建的有效依据。其记录的是属性空间一体化的状态<sup>[20-21]</sup>。利用 ArcGIS 空间分析工具,将 2004 年、2010 年、2016 年 3 个时期土地利用图谱单元类型进行重组,可得到十几年来河北省土地利用变化的信息图谱,每一个图谱单元均记录着 2004 年、2010 年、2016 年 3 个采样时间点上土地单元的利用类型,反映了这 10 多年间土地利用变化的历程<sup>[20-22]</sup>。一般将图谱变化分为 5 种类型:(1) 稳定型。在 2004—2016 年都保持不变,未发生变化的类型;(2) 前期变化型。在 2004—2010 年发

生变化,而 2010—2016 年未发生变化类型;(3) 后期变化型。在 2004—2010 年未发生变化,而 2010—2016 年发生变化类型;(4) 反复变化型。在 2004—2010 年变为另一种类型,而 2010—2016 年又变回原来类型;(5) 持续变化型。在 2004—2016 年一直发生变化,也未还原成原来类型的变化形式。

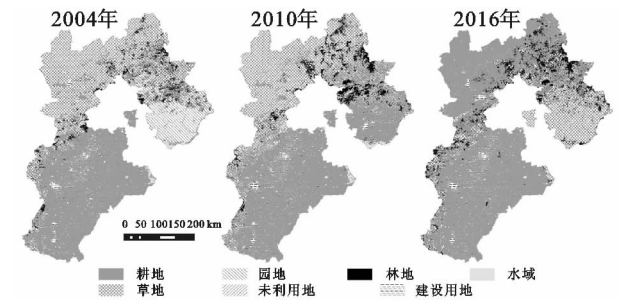


图 1 河北省 2004 年、2010 年、2016 年土地利用分布

2.2 生态系统服务价值测算方法

2.2.1 生态服务价值当量因子确定 本研究借鉴谢高地等<sup>[22]</sup>的中国陆地生态系统服务价值化研究,以及在 2015 年修订补充后的单位面积生态系统服务价值当量结果,对河北省进行粮食产量经济价值系数修正,计算归纳出河北省生态系统服务价值当量因子表(表 1)。在进行河北省生态服务价值量的核算时,首先将河北省规划中提到的土地利用类型与生态系统类型建立一定的对应关系,按以下原则进行对应:耕地对应农田,林地对应森林,未利用地对应荒漠;而园地则取耕地和林地之和的 1/2,建设用地对生态环境影响主要体现在废水、废气、废物的排放以及用水问题的方面,故从气体调节、水源涵养和废物处理 3 个方面分别对其进行生态系统服务价值当量因子测算,且取值全部为负值<sup>[23-26]</sup>。依据统计数据计算得到河北省的农田生态系统粮食生产的服务价值在 2004 年、2010 年和 2016 年分别为 1 274.28,1 895.50,2 496.35 元/hm<sup>2</sup>。

表 1 河北省不同陆地生态系统单位面积生态服务价值当量因子

| 功能      | 耕地   | 林地   | 草地   | 园地   | 水域    | 未利用地 | 建设用地  |
|---------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| 食物生产    | 1    | 0.33 | 0.23 | 0.67 | 0.53  | 0.02 | —     |
| 原材料     | 0.39 | 2.98 | 0.34 | 1.69 | 0.35  | 0.04 | —     |
| 气体调节    | 0.72 | 4.32 | 1.21 | 2.52 | 0.51  | 0.06 | -1.41 |
| 气候调节    | 0.97 | 4.07 | 2.83 | 2.52 | 2.06  | 0.13 | —     |
| 水源涵养    | 0.77 | 4.09 | 2.67 | 2.43 | 18.77 | 0.07 | -3.02 |
| 土壤形成与保护 | 1.47 | 4.02 | 1.52 | 2.75 | 0.41  | 0.17 | —     |
| 废物处理    | 1.39 | 1.72 | 1.15 | 1.56 | 14.85 | 0.26 | -3.76 |
| 生物多样性保护 | 1.02 | 4.51 | 1.43 | 2.77 | 3.43  | 0.40 | —     |
| 娱乐文化    | 0.17 | 2.08 | 0.97 | 1.13 | 4.44  | 0.24 | —     |

2.2.2 生态服务价值计算 Costanza 提出了生态系统服务总价值的评价模式。其计算公式为:

$$ESV = \sum_{i=1}^n P_i \times S_i$$

式中:ESV 为生态系统服务总价值;S<sub>i</sub>为研究区土地利用类型 i 的面积;P<sub>i</sub>为单位面积土地利用类型 i 的生态系统服务价值。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

由表 2 分析可知,河北省土地利用类型主要以耕地为主,占总面积的比例在 3 年中均超过 50%。2004—2016 年耕地以及林地面积均呈现增加的趋势,园地和草地则均呈现减少的趋势,而水域、建设用地以及未利用地的面积则呈现先增后减的趋势。近年来河北省人口基数不断增加,伴随着人口压力的提升,对于粮食的需求日益迫切,2004—2016 年耕地面积由全省的 51.86% 增加到 71.25%,较大幅度缓解了人口、环境所带来的压力;而近期随着退耕还林政策的实施以及水土流失等一系列环境问题的严重化,林地面积也随之增加,但增加幅度不明显<sup>[25]</sup>;在 2004—2016 年这十几年来中,水域、建设用地以及未利用地的面积分布均呈现倒“U”型分布,说明建设用地的开发利用受到国家政策的严格控制,但是未利用地的开发效率仍然较低,需进一步开发利用。人类生产生活对水资源需求的增加及干旱等因素是水域面积减少的主要原因,其中 2010—2016 年减少的最多,达到 47 414.15 hm<sup>2</sup>。在近 10 多年内园地与草地的面积以较大幅度减少,实则是因为大部分的园地与草地转向耕地。

3.2 耕地图谱特征的时空变化分析

由图 2 可知,在此阶段中变化图谱单元总量最大、图谱转移最为显著的是耕地的占用与补充过程。为了进一步研究耕地利用变化模式,通过融合 3 年的土地利用现状数据,构建耕地利用变化模式图谱来探究耕地在每一变化模式的图谱变化特征及其原因。全省耕地利用变化模式以后期变化型为主,其次为持续变化型,其他的两类变化类型相对较小,耕地利用变化模式出现了明显的时间序列特征。

表 2 2004—2016 年河北省土地利用面积

| 地类   | 2004 年             |        | 2010 年             |        | 2016 年             |        |
|------|--------------------|--------|--------------------|--------|--------------------|--------|
|      | 面积/hm <sup>2</sup> | 比例/%   | 面积/hm <sup>2</sup> | 比例/%   | 面积/hm <sup>2</sup> | 比例/%   |
| 耕地   | 9717073.98         | 51.86  | 10422662.23        | 55.63  | 13348629.43        | 71.25  |
| 林地   | 778353.77          | 4.15   | 1132665.67         | 6.05   | 1279921.64         | 6.83   |
| 园地   | 1787629.01         | 9.54   | 935557.49          | 4.99   | 375029.42          | 2.00   |
| 草地   | 5924135.89         | 31.62  | 5539662.50         | 29.57  | 3175954.64         | 16.95  |
| 水域   | 42798.60           | 0.23   | 64917.67           | 0.35   | 17503.52           | 0.09   |
| 建设用地 | 437253.30          | 2.33   | 577580.68          | 3.08   | 515392.39          | 2.75   |
| 未利用地 | 48285.12           | 0.26   | 62483.43           | 0.33   | 23098.63           | 0.12   |
| 总计   | 18735529.67        | 100.00 | 18735529.67        | 100.00 | 18735529.67        | 100.00 |

(1) 前期变化型指耕地仅仅在 2004—2010 年发

生的转移,河北省前期变化型的图谱类型分布范围较广,主要分布在承德、唐山、秦皇岛以及保定等河北平原区,呈现东北—西南对角分布,在河北省东北部分布较为密集,均靠近沿海城市的边缘,以“耕地—草地”和“耕地—林地—林地”类型为主,两者面积占据整个转移阶段的 16.16%,这跟退耕还林还草政策的有效实施密不可分。

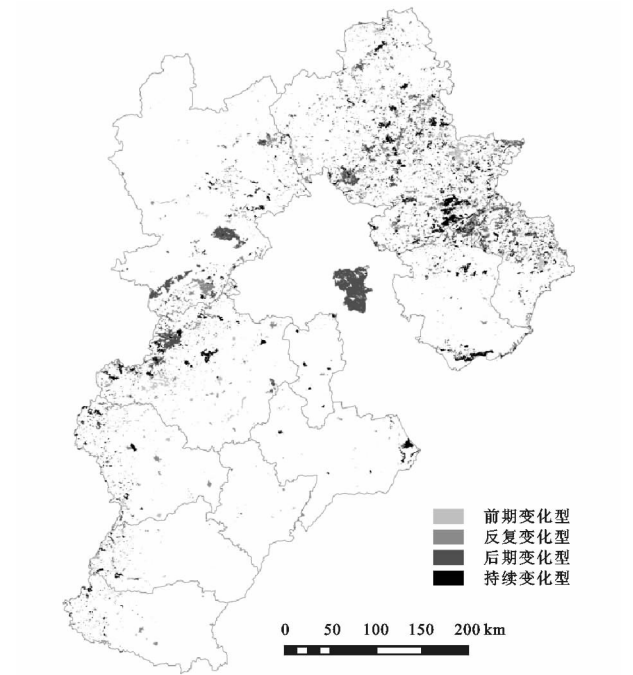


图 2 2004—2016 年河北省耕地利用变化图谱

(2) 后期变化型主要指在 2010—2016 年期间耕地图谱类型发生的转移,后期变化型模式在整个转移模式中所占比例最大,集中分布在燕山—太行山地区以及山前平原区,出现明显的“聚集”现象,以廊坊市、张家口南部、保定北部地区最为显著,另外在一些沿海城市也有零散分布。后期变化型主要为“耕地—耕地—草地”类型,面积达到 288 762.44 hm<sup>2</sup>,是整个变化模式中最大的单体变化类型。

(3) 反复变化型指在 2010 年发生转移,2004 年和 2016 年均保持耕地的类型不变。河北省反复变化型在省内的各个城市均有分布,且分布极为分散,表明人类在利用土地上仍然处于探索阶段,2010 年全省对于耕地的占用开发均存在不合理的情况,在 2016 年之后又重新开发为耕地,一方面是响应了保证 18 亿亩耕地红线的号召,另一方面则是没有更加科学可持续地利用土地。反复变化型模式主要以“耕地—草地—耕地”的变化类型为主,面积达到 152 426.92 hm<sup>2</sup>。

(4) 持续变化型模式指在 2004—2016 年土地利用类型均发生改变,由耕地转化为其他类型的土地,并且变化种类呈现多样化,主要分布在河北省的中部

地区以及东北部地区,集中在以唐山、秦皇岛为主的滨海平原地带以及保定、石家庄等山前平原地带。

表 3 2004—2016 年河北省耕地变化模式图谱特征

| 变化模式 | 转换类型 |      |      | 面积/hm <sup>2</sup> | 比例/%   |
|------|------|------|------|--------------------|--------|
| 前期变化 | 耕地   | 草地   | 草地   | 130134.69          | 8.343  |
|      | 耕地   | 建设用地 | 建设用地 | 32102.02           | 2.058  |
|      | 耕地   | 林地   | 林地   | 121951.59          | 7.818  |
|      | 耕地   | 水域   | 水域   | 21.47              | 0.001  |
|      | 耕地   | 未利用地 | 未利用地 | 343.50             | 0.022  |
|      | 耕地   | 园地   | 园地   | 32558.14           | 2.087  |
| 后期变化 | 耕地   | 耕地   | 草地   | 288762.44          | 18.512 |
|      | 耕地   | 耕地   | 建设用地 | 37357.98           | 2.395  |
|      | 耕地   | 耕地   | 林地   | 93019.88           | 5.963  |
|      | 耕地   | 耕地   | 水域   | 107.33             | 0.007  |
|      | 耕地   | 耕地   | 未利用地 | 328.36             | 0.021  |
|      | 耕地   | 耕地   | 园地   | 37064.80           | 2.376  |
| 反复变化 | 耕地   | 草地   | 耕地   | 152426.92          | 9.772  |
|      | 耕地   | 建设用地 | 耕地   | 32380.30           | 2.076  |
|      | 耕地   | 林地   | 耕地   | 70660.64           | 4.530  |
|      | 耕地   | 水域   | 耕地   | 42.94              | 0.003  |
|      | 耕地   | 未利用地 | 耕地   | 1885.13            | 0.121  |
|      | 耕地   | 园地   | 耕地   | 77384.87           | 4.961  |
| 持续变化 | 耕地   | 草地   | 建设用地 | 3142.48            | 0.201  |
|      | 耕地   | 草地   | 林地   | 91283.87           | 5.852  |
|      | 耕地   | 草地   | 水域   | 135.79             | 0.009  |
|      | 耕地   | 草地   | 未利用地 | 536.18             | 0.034  |
|      | 耕地   | 草地   | 园地   | 29674.70           | 1.902  |
|      | 耕地   | 建设用地 | 草地   | 17012.12           | 1.091  |
|      | 耕地   | 建设用地 | 林地   | 629.62             | 0.040  |
|      | 耕地   | 建设用地 | 园地   | 386.70             | 0.025  |
|      | 耕地   | 林地   | 草地   | 90621.44           | 5.810  |
|      | 耕地   | 林地   | 建设用地 | 21.47              | 0.001  |
|      | 耕地   | 林地   | 水域   | 300.50             | 0.019  |
|      | 耕地   | 林地   | 未利用地 | 150.27             | 0.010  |
|      | 耕地   | 林地   | 园地   | 13219.40           | 0.847  |
|      | 耕地   | 园地   | 草地   | 116174.51          | 7.448  |
|      | 耕地   | 园地   | 建设用地 | 400.12             | 0.026  |
|      | 耕地   | 园地   | 未利用地 | 21.47              | 0.001  |
|      | 耕地   | 园地   | 林地   | 61256.34           | 3.927  |
|      | 耕地   | 水域   | 未利用地 | 97.74              | 0.006  |
|      | 耕地   | 水域   | 林地   | 236.11             | 0.015  |
|      | 耕地   | 水域   | 草地   | 10074.63           | 0.646  |
|      | 耕地   | 未利用地 | 草地   | 14695.48           | 0.942  |
|      | 耕地   | 未利用地 | 林地   | 1240.54            | 0.080  |
|      | 耕地   | 未利用地 | 水域   | 36.17              | 0.002  |

3.3 耕地利用变化类型对 ESV 的影响

由表 4 可知,2004—2016 年耕地生态服务价值持续增长,且在各地类中生态服务价值均最大,分别为 139.74 亿元、222.97 亿元、376.07 亿元,但是耕地的变化速率并不是最快的,年均增长幅度约为 14.09%。

而由于近年来退耕还林政策的有效实施,使得林地年均变化速率明显高于其他地类,面积大幅度上涨,其生态服务价值也随之迅速增长。2004—2016 年各生态系统的生态服务价值有增有减,虽然总生态服务价

值保持着增长趋势,但增长速率明显在逐年减缓,这充分说明了河北省的生态系统目前处于优势状态,但需迫切实施生态补偿机制,使其生态系统维持平衡,以防整个生态系统的生态服务价值下降。

表 4 2004—2016 年各地类 ESV 变化

| 地类   | ESV/亿元 |        |        | ESV 变化量/亿元  |             |             | ESV 年均变化幅度/% |             |             |
|------|--------|--------|--------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
|      | 2004 年 | 2010 年 | 2016 年 | 2004—2010 年 | 2010—2016 年 | 2004—2016 年 | 2004—2010 年  | 2010—2016 年 | 2004—2016 年 |
| 耕地   | 139.74 | 222.97 | 376.07 | 83.22       | 153.10      | 236.33      | 9.93         | 11.44       | 14.09       |
| 林地   | 39.84  | 86.25  | 128.35 | 46.40       | 42.10       | 88.51       | 19.41        | 8.14        | 18.51       |
| 园地   | 58.71  | 45.70  | 24.13  | -13.00      | -21.58      | -34.58      | -3.69        | -7.87       | -4.91       |
| 草地   | 133.19 | 185.26 | 139.88 | 52.07       | -45.38      | 6.69        | 6.52         | -4.08       | 0.42        |
| 水域   | 3.53   | 7.97   | 2.83   | 4.44        | -5.14       | -0.70       | 20.94        | -10.75      | -1.66       |
| 建设用地 | -6.52  | -12.81 | -15.05 | -6.29       | -2.24       | -8.53       | 16.08        | 2.92        | 10.91       |
| 未利用地 | 0.12   | 0.24   | 0.11   | 0.11        | -0.12       | -0.01       | 15.42        | -8.55       | -0.52       |
| 总计   | 368.61 | 535.57 | 656.32 | 166.96      | 120.74      | 287.71      | 7.55         | 3.76        | 6.50        |

由表 5 可知,本文以耕地图斑为基准评价单元,从前期变化、后期变化、反复变化、持续变化 4 个模式的耕地与其他地类之间转化对 ESV 的影响进行分析。前期变化型耕地主要转向草地,生态服务价值增加了 38 599.78 万元,其次转向了林地,生态服务价值增加最大为 104 756.88 万元;后期变化型耕地主要转变成草地,生态服务价值增加了 85 651.01 万元;反复变化型由耕地经过一系列变化后最终又变回耕地,生态服务价值均有所增加,但是过渡期除了未利用地和建设用地转移

成耕地生态服务价值增加之外,其余地类转移为耕地其生态服务价值均有不等程度减少;持续变化型主要模式为“耕地—园地—草地”,其耕地转向园地生态服务价值增加了 40 044.61 万元,园地转向草地生态服务价值减少了 5 585.61 万元,其次是“耕地—草地—林地”模式以及“耕地—林地—草地”模式。综上所述,耕地变化模式不同,致使生态服务价值变化不一,合理分析利用各地类之间的转化关系,可以调节生态系统的总体平衡,维护生态价值稳定。

表 5 耕地与其他地类之间转化对 ESV 的影响

| 变化模式 | 转换类型   |        |        | ESV/万元   |          |           | ESV 变化量/万元  |             |             |
|------|--------|--------|--------|----------|----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
|      | 2004 年 | 2010 年 | 2016 年 | 2004 年   | 2010 年   | 2016 年    | 2004—2010 年 | 2010—2016 年 | 2004—2016 年 |
| 前期变化 | 耕地     | 草地     | 草地     | 18714.88 | 43520.38 | 57314.66  | 24805.50    | 13794.28    | 38599.78    |
|      | 耕地     | 建设用地   | 建设用地   | 4616.64  | -7119.49 | -9376.09  | -11736.13   | -2256.60    | -13992.74   |
|      | 耕地     | 林地     | 林地     | 17538.05 | 92861.44 | 122294.94 | 75323.38    | 29433.50    | 104756.88   |
|      | 耕地     | 水域     | 水域     | 3.09     | 26.37    | 34.72     | 23.28       | 8.36        | 31.64       |
|      | 耕地     | 未利用地   | 未利用地   | 49.40    | 12.93    | 17.03     | -36.47      | 4.10        | -32.37      |
|      | 耕地     | 园地     | 园地     | 4682.24  | 15904.82 | 20946.03  | 11222.58    | 5041.22     | 16263.80    |
| 后期变化 | 耕地     | 耕地     | 草地     | 41527.39 | 61773.25 | 127178.40 | 20245.86    | 65405.15    | 85651.01    |
|      | 耕地     | 耕地     | 建设用地   | 5372.51  | 7991.77  | -10911.21 | 2619.26     | -18902.98   | -16283.72   |
|      | 耕地     | 耕地     | 林地     | 13377.34 | 19899.19 | 93281.77  | 6521.86     | 73382.58    | 79904.43    |
|      | 耕地     | 耕地     | 水域     | 15.44    | 22.96    | 173.58    | 7.53        | 150.62      | 158.15      |
|      | 耕地     | 耕地     | 未利用地   | 47.22    | 70.24    | 16.28     | 23.02       | -53.97      | -30.95      |
|      | 耕地     | 耕地     | 园地     | 5330.35  | 7929.05  | 23845.36  | 2598.71     | 15916.31    | 18515.01    |
| 反复变化 | 耕地     | 草地     | 耕地     | 21920.76 | 50975.47 | 42943.21  | 29054.71    | -8032.27    | 21022.45    |
|      | 耕地     | 建设用地   | 耕地     | 4656.66  | -7181.21 | 9122.50   | -11837.87   | 16303.70    | 4465.83     |
|      | 耕地     | 林地     | 耕地     | 10161.82 | 53805.36 | 19907.21  | 43643.54    | -33898.15   | 9745.39     |
|      | 耕地     | 水域     | 耕地     | 6.18     | 52.73    | 12.10     | 46.56       | -40.63      | 5.92        |
|      | 耕地     | 未利用地   | 耕地     | 271.10   | 70.96    | 531.10    | -200.15     | 460.14      | 259.99      |
|      | 耕地     | 园地     | 耕地     | 11128.84 | 37802.91 | 21801.62  | 26674.07    | -16001.28   | 10672.78    |

续表 5

| 变化模式 | 转换类型   |        |        | ESV/万元   |          |          | ESV 变化量/万元  |             |             |
|------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|
|      | 2004 年 | 2010 年 | 2016 年 | 2004 年   | 2010 年   | 2016 年   | 2004—2010 年 | 2010—2016 年 | 2004—2016 年 |
| 持续变化 | 耕地     | 草地     | 建设用地   | 451.93   | 1050.93  | −917.83  | 599.00      | −1968.76    | −1369.75    |
|      | 耕地     | 草地     | 林地     | 13127.68 | 30527.67 | 91540.87 | 17399.99    | 61013.21    | 78413.19    |
|      | 耕地     | 草地     | 水域     | 19.53    | 45.41    | 219.61   | 25.88       | 174.20      | 200.08      |
|      | 耕地     | 草地     | 未利用地   | 77.11    | 179.31   | 26.58    | 102.20      | −152.73     | −50.53      |
|      | 耕地     | 草地     | 园地     | 4267.57  | 9923.98  | 19091.00 | 5656.41     | 9167.01     | 14823.43    |
|      | 耕地     | 建设用地   | 草地     | 2446.54  | −3772.90 | 7492.57  | −6219.44    | 11265.47    | 5046.03     |
|      | 耕地     | 建设用地   | 林地     | 90.55    | −139.64  | 631.39   | −230.18     | 771.03      | 540.85      |
|      | 耕地     | 建设用地   | 园地     | 55.61    | −85.76   | 248.78   | −141.37     | 334.54      | 193.17      |
|      | 耕地     | 林地     | 草地     | 13032.41 | 69004.74 | 39912.01 | 55972.32    | −29092.72   | 26879.60    |
|      | 耕地     | 林地     | 建设用地   | 3.09     | 16.35    | −6.27    | 13.26       | −22.62      | −9.36       |
|      | 耕地     | 林地     | 水域     | 43.22    | 228.82   | 485.99   | 185.60      | 257.17      | 442.77      |
|      | 耕地     | 林地     | 未利用地   | 21.61    | 114.42   | 7.45     | 92.81       | −106.98     | −14.16      |
|      | 耕地     | 林地     | 园地     | 1901.10  | 10066.06 | 8504.60  | 8164.96     | −1561.46    | 6603.50     |
|      | 耕地     | 园地     | 草地     | 16707.24 | 56751.85 | 51166.24 | 40044.61    | −5585.61    | 34459.00    |
|      | 耕地     | 园地     | 建设用地   | 57.54    | 195.46   | −116.86  | 137.92      | −312.32     | −174.41     |
|      | 耕地     | 园地     | 未利用地   | 3.09     | 10.49    | 1.06     | 7.40        | −9.42       | −2.02       |
|      | 耕地     | 园地     | 林地     | 8809.37  | 29924.04 | 61428.80 | 21114.67    | 31504.77    | 52619.43    |
|      | 耕地     | 水域     | 未利用地   | 14.06    | 120.03   | 4.84     | 105.97      | −115.18     | −9.21       |
|      | 耕地     | 水域     | 林地     | 33.96    | 289.95   | 236.77   | 256.00      | −53.18      | 202.82      |
|      | 耕地     | 水域     | 草地     | 1448.85  | 12371.97 | 4437.13  | 10923.13    | −7934.85    | 2988.28     |
|      | 耕地     | 未利用地   | 草地     | 2113.38  | 553.14   | 6472.27  | −1560.25    | 5919.13     | 4358.89     |
|      | 耕地     | 未利用地   | 林地     | 178.40   | 46.69    | 1244.03  | −131.71     | 1197.34     | 1065.63     |
|      | 耕地     | 未利用地   | 水域     | 5.20     | 1.36     | 58.50    | −3.84       | 57.14       | 53.30       |

4 讨论与结论

4.1 讨论

从河北省整体上看,耕地生态服务价值处于上升状态,从耕地图谱特征变化分析来看,由于耕地的生态服务价值系数小于林地、园地、草地以及水域,大于未利用地和建设用地,当耕地向系数大于自身的地类转变时,ESV 有增加趋势,反之 ESV 有减少趋势,因此说明土地利用变化对生态服务价值影响很大。本文分析了河北省近十几年间的土地利用变化和生态系统服务价值变化情况,笔者会基于此研究结果运用预测模型对研究区未来几十年的生态服务价值变化进行预测,以期进一步优化区域的生态空间布局,以及为政府决策和生态补偿机制提供依据。

4.2 结论

(1) 河北省土地利用类型主要以耕地为主,其面积占河北省总面积的比例超过 50%。近年来河北省人口基数不断增加,伴随着人口压力的提升,对于粮

食的需求日益迫切,2004—2016 年耕地面积持续增加,较大幅度地缓解了人口、环境所带来的压力;在近 10 多年内园地与草地的面积较大幅度减少,大部分的园地与草地转向耕地。

(2) 近 10 多年间,耕地生态服务价值保持上升状态,分别为 139.74 亿元、222.97 亿元、376.07 亿元,但是耕地的变化速率并不是最快的,年均增长幅度约为 14.09%,明显小于林地的增长速率。13 年间,总体上来说河北省的生态服务总价值呈现增长趋势,但其年均增长速率明显处于下降状态,因而要迫切实施生态补偿制度,维护生态系统的平衡。

(3) 全省耕地利用变化模式以后期变化型为主,其次为持续变化型,其他的两类变化类型相对较小,耕地利用变化模式出现了明显的时间序列特征。前期变化型主要以“耕地—草地—草地”以及“耕地—林地—林地”两类为主,两者面积占据整个转移阶段的 16.16%,其中“耕地—林地—林地”类型生态服务价值增加最多为 104 756.88 万元;后期变化型主要以“耕地—耕地—

草地”类型为主,面积达到 288 762.44 hm<sup>2</sup>,是整个变化模式中最大的单体变化类型,生态服务价值增加了 85 651.01 万元;反复变化型主要以“耕地—草地—耕地”的变化类型为主,面积达到 152 426.92 hm<sup>2</sup>,生态服务价值也是此变化类型中增加最多的;持续变化型模式指在 2004—2016 年由耕地转化为其他类型的土地,并且变化种类呈现多样化,主要以“耕地—园地—草地”类型为主,耕地转向园地生态服务价值增加了 40 044.61 万元,园地转向草地生态服务价值减少了 5 585.61 万元。

#### 参考文献:

- [1] 蔡璐. 论社会发展与土地资源的保护[J]. 资源与人居环境, 2009(2): 54-55.
- [2] 牛志君, 王晓晴, 封乾, 等. 河北省土地利用变化图谱特征分析[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(10): 54-62, 80.
- [3] Edmondson J L, Davies Z G, McCormack S A, et al. Land-cover effects on soil organic carbon stocks in a European city[J]. Science of the Total Environment, 2014, 472: 444-453.
- [4] 张舟, 吴次芳, 谭荣. 生态系统服务价值在土地利用变化研究中的应用: 瓶颈和展望[J]. 应用生态学报, 2013, 24(2): 556-562.
- [5] 傅伯杰, 张立伟. 土地利用变化与生态系统服务: 概念、方法与进展[J]. 地理科学进展, 2014, 33(4): 441-446.
- [6] 郝慧梅, 任志远. 基于生态服务价值的土地利用/覆盖变化生态效应测评[J]. 资源科学, 2010, 29(6): 90-97.
- [7] Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 38(7): 253-260.
- [8] 欧阳志云, 王如松. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635-639.
- [9] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 911-919.
- [10] Verburg P H, Schulp C J E, Witte N, et al. Downscaling of land use change scenarios to assess the dynamics of European landscapes[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2006, 114(1): 39-56.
- [11] Yoshimura A, Dokyu N, Kurosawa T, et al. Impact of land-use map color coding on area characteristics judgments[J]. Journal of the City Planning Institute of Japan, 2014, 49(3): 585-590.
- [12] 孙慧兰, 李卫红, 陈亚鹏, 等. 新疆伊犁河流域生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. 生态学报, 2010, 30(4): 887-894.
- [13] 顾泽贤, 赵筱青, 高翔宇, 等. 澜沧县景观格局变化及其生态系统服务价值评价[J]. 生态科学, 2016, 35(5): 143-153.
- [14] 马士彬, 张勇荣, 安裕伦. 山区城市土地利用动态空间分布特征: 以贵州省六盘水市为例[J]. 自然资源学报, 2012, 27(3): 489-496.
- [15] 胡和兵, 刘红玉, 郝敬峰, 等. 城市化流域生态系统服务价值时空分异特征及其对土地利用程度的响应[J]. 生态学报, 2013, 33(8): 2565-2576.
- [16] 阳文锐, 李锋, 王如松, 等. 城市土地利用的生态服务功效评价方法: 以常州市为例[J]. 生态学报, 2013, 33(14): 4486-4494.
- [17] 彭资, 谷成燕, 刘智勇, 等. 东江流域 1989—2009 年土地利用变化对生态承载力的影响[J]. 植物生态学报, 2014, 38(7): 675-686.
- [18] 常雄凯, 刘森, 李春林, 等. 辽宁沿海土地利用变化的图谱特征[J]. 生态学杂志, 2015, 34(12): 3459-3465.
- [19] 王亮. 平潭岛土地利用/土地覆被信息图谱分析研究[D]. 福州: 福建师范大学, 2013.
- [20] 吕晓, 史洋洋, 黄贤金, 等. 江苏省土地利用变化的图谱特征[J]. 应用生态学报, 2016, 27(4): 1077-1084.
- [21] 王金亮, 邵景安, 李阳兵. 近 20 a 三峡库区农林地利用变化图谱特征分析[J]. 自然资源学报, 2015(2): 235-247.
- [22] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015(8): 1243-1254.
- [23] 李晓赛. 县域尺度生态系统服务价值动态评估研究: 以青龙满族自治县为例[D]. 河北保定: 河北农业大学, 2015.
- [24] 彭文甫, 周介铭, 杨存建, 等. 基于土地利用变化的四川省生态系统服务价值研究[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(7): 1011-1020.
- [25] 杜金龙. 土地利用变化及其对生态系统服务价值影响研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
- [26] 蔡中华, 王晴, 刘广青. 中国生态系统服务价值的再计算[J]. 生态经济, 2014, 30(2): 16-18, 23.