

北京市耕地功能空间差异及其演变

杨 雪^{1,2}, 谈明洪¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 城市化对耕地及其功能具有深刻影响, 这在大都市郊区尤为明显。立足北京市, 构建耕地功能评价指标体系, 运用极差标准化法处理数据, 采用层次分析法确定指标权重, 最后运用加权求和法得出功能值。研究表明: ① 在北京各区县, 2004-2011 年间单位面积耕地的生产、生态、文化和社会功能几乎均增强, 空间差异表现为生产和社会功能远郊平原区高于远郊山区和近郊区, 生态功能远郊平原区高于远郊山区, 文化功能近郊区高于远郊区。② 北京远郊平原区的粮食、蔬菜和瓜类生产功能均较强, 但农业污染较严重。受距市中心距离影响, 近郊区耕地文化功能需求量较大, 远郊区供给量较大。③ 2004-2011 年间绝大部分区县单位面积耕地的总功能增强, 受地形和市中心经济辐射影响, 远郊平原区高于远郊山区和近郊区。④ 根据耕地总功能组成比重, 把北京市耕地分为四种类型: 生产型(远郊平原区)、生态型(近郊区)、文化型(丰台区和门头沟区)与社会型(远郊山区)。

关键词: 耕地功能; 空间差异; 演变; 北京市

DOI: 10.11821/dljy201406011

1 引言

土地利用/土地覆被变化及其驱动机制一直是土地科学研究的核心^[1]。近年来, 土地科学研究进一步扩展到土地功能研究, 受到国内外广泛关注。国外学者在土地尤其是农地多功能的概念界定和指标体系的构建等方面展开大量研究。如 Sylvie 等探讨了多功能概念在农业方面的应用^[2], Renting 等讨论了包括社会科学在内的多种研究农业多功能的方法^[3], Luuk 等针对橄榄园建立了农业多功能评价指标体系^[4], Hubert 等基于社会经济需求对多功能土地利用指标进行了研究^[5], Ingo 基于社会需求和农业提供的商品和服务对城市郊区农业多功能进行了研究^[6]。国内相关研究也进行了有益探索, 例如孙新章对建国 60 年来农业多功能演变进行了研究^[7], 宋志军等分析了对北京市城郊农业区多功能演变的空间特征^[8]。

耕地功能研究是农地功能研究的主要组成部分^[9]。一些学者对耕地功能进行了重点分析。如宋小青等对耕地多功能内涵、本质特征和管理的实践路径进行了研究^[9,10], 姜广辉等提出耕地多功能具有层次性^[11], 伍国勇等对喀斯特地区耕地多功能价值测度进行了分析^[12], 刘沛对城镇化进程中的耕地功能进行了评价^[13]。

综上所述, 国外学者注重对农地或耕地功能理论基础的研究, 如耕地功能概念、研究方法和评价指标体系等。国内学者注重耕地功能实践应用研究, 如耕地功能演变、评价、管理等。由于土地功能研究关注提供的广泛的产品和服务, 涉及到经济、文化娱乐

收稿日期: 2013-09-17; 修订日期: 2014-03-11

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41271119)

作者简介: 杨雪 (1987-), 女, 河北邯郸人, 硕士, 主要从事土地利用研究。E-mail: yangxue_r@126.com

通讯作者: 谈明洪 (1970-), 男, 江苏涟水人, 副研究员, 主要从事土地利用变化及其生态效应研究。

E-mail: tanmh@igsnrr.ac.cn

和环境等诸多方面^[14,15],因此,上述成果促进了土地科学的集成研究。然而,目前从地理学角度对耕地功能空间差异研究尚存在不足。空间差异研究从空间维度探讨耕地功能,拓宽了耕地功能研究的视野。

同时,耕地功能的空间研究具有实践价值。尤其在大都市区,耕地资源日益减少、稀缺性明显,与此同时,人们对耕地功能的需求更趋多样性,这种矛盾促使必须合理有效地利用耕地资源。已有的研究都是对耕地的总体功能进行研究,但由于大都市区域耕地减少太快,这样耕地的价值往往得不到充分表达。本文从单位面积耕地出发,分析耕地的功能,结果发现单位面积耕地的许多功能都明显增强,更能从本质上反映耕地功能的变化,而不受耕地面积变化的影响。再者,考虑到北京市地域差异显著,西部和北部以山地为主,东部和南部以平原为主,造就了不同的景观形态,耕地功能存在显著的空间差异。有数据^[16]显示,2011年朝阳区农业观光园有14个,而怀柔区却有234个。为了全面展示北京市耕地功能发展,本文在构建耕地功能评价指标体系的基础上,分析其空间差异,为未来北京市耕地功能合理开发提供科学参考依据。

2 研究区概况

北京是中国首都,全国政治和文化中心,是世界著名古都和国际化大都市。市中心位于39°54'20"N、116°25'29"E,华北平原北部,毗邻渤海湾。气候为典型的暖温带半湿润大陆性季风气候。全市土地面积16410 km²,其中山区占62%,平原占38%。山地海拔为1000~1500 m,平原海拔为20~60 m,总体地势为西北高、东南低。改革开放以来,北京市耕地面积不断减少,由1978年的42.9万hm²减少到2008年的23.2万hm²,减少了46%。耕地面积最大的为大兴区,2008年占总耕地面积的16.5%;其次为通州区和顺义区,分别占15.1%和13.4%。主要种植作物有稻谷、冬小麦、玉米、薯类、大豆、棉花、油料、蔬菜和瓜类等。其中,2011年播种面积最大的为玉米,占农作物总播种面积的46.5%,其次为蔬菜和冬小麦,分别占22.1%和19.1%。2011年全市农业总产值为163.4亿元,其中蔬菜产值比重最大,占36.4%。

由于北京市内城区(东城、西城、崇文、宣武)和石景山区已无耕地,故只研究其余13个郊区县。按照与内城区距离的远近和区域内地形特征,把13个郊区县分为三类:①距内城区较近的近郊区,包括海淀区、朝阳区和丰台区;②区域内以平原为主的远郊平原区,包括大兴区、通州区、顺义区和房山区;③区域内以山地为主的远郊山区,包括门头沟区、昌平区、怀柔区、平谷区、密云县和延庆县。

3 研究方法与数据来源

3.1 评价指标体系

定量化研究耕地功能的基础是选取表达耕地功能的典型指标,建立耕地功能评价指标体系。耕地功能研究是土地功能和农业多功能研究的一部分,是耕地资源价值研究的基础,又与生态系统服务价值研究有着紧密的联系。因此,本文参考上述相关研究的指标体系,并结合研究区域耕地特征,构建出北京市耕地功能评价的指标体系(表1)。

3.1.1 生产功能指标 生产功能是耕地最基本的功能,又可分为食物生产功能和原材料生产功能^[12,17]。北京市地处温带季风气候区,耕地以生产食物为主,食物种类大体可分为粮食、蔬菜和瓜类,2011年分别占农作物总播种面积的69.0%、22.1%和2.6%^[18],因此把这

表 1 北京市耕地功能评价指标体系
Tab. 1 Evaluation index system of arable land functions in Beijing

子功能	指标	单位	性质	指标计算
生产功能	粮食生产	kg/hm ²	+	粮食产量/耕地面积
	蔬菜生产	kg/hm ²	+	蔬菜产量/耕地面积
	瓜类生产	kg/hm ²	+	瓜类产量/耕地面积
生态功能	固碳释氧量	kg/hm ²	+	(CO ₂ 释放量+O ₂ 吸收量)/耕地面积
	耕地破碎度	个/hm ²	-	耕地斑块个数/耕地总面积
	化肥农药强度	kg/hm ²	-	(化肥强度+农药强度)/2
文化功能	农业观光园个数	个/hm ²	+	农业观光园个数/耕地面积
	观光园个均接待人次	人次/个	+	观光园接待人次/观光园个数
	民俗旅游户数	户/hm ²	+	民俗旅游户数/耕地面积
	民俗旅游户均接待人次	人次/户	+	民俗旅游接待人次/民俗旅游户数
社会功能	种植业人均产值	元	+	种植业总产值/种植业从业人数
	种植业从业人数比例	%	+	种植业从业人数/乡镇及行政村从业人数
	观光园人均收入	元	+	观光园总收入/观光园从业人数

三种作物的单产作为生产功能的指标。

3.1.2 生态功能指标 迄今为止，尚未形成生态系统服务定量测算的统一方法，但国内外学者都在利用各种方法分析现代城郊农业区的生态功能^[8]。根据谢高地等^[19,20,4]的研究成果，耕地的主要生态功能为调节大气成分和保护生物多样性，故将其作为耕地生态功能的指标。

其中，调节大气成分是指耕地绿色植物进行光合作用固碳释氧的能力。根据光合作用方程式CO₂(264 g)+H₂O(108 g)→C₆H₁₂O₆(108 g)+O₂(193 g)→多糖(162 g)，植物每生产1 g干物质吸收固定1.63 g CO₂，释放1.20 g O₂^[21]，干物质质量=经济产量×(1-作物含水量)/经济系数^[20]。

生境破碎化是导致生物多样性丧失的主要原因之一^[22]。因此耕地保护生物多样性功能用耕地破碎度表示，耕地破碎度等于研究区域内耕地斑块个数除以耕地总面积，破碎度越大，耕地保护生物多样性功能越小，反之则越大。

同时，农业生产常对资源和环境产生负效应。化肥和农药不合理使用会直接对农产品和饮用水造成污染，危害人类健康，通过化肥农药使用强度来反映农业对环境的负面作用^[23]。

3.1.3 文化功能指标 近年来北京市郊区耕地文化休闲功能发展迅速，参考郭晓燕等^[24]的研究成果，该功能指标定为农业观光园个数及个均接待人次、民俗旅游户数及户均接待人次。农业观光园个数和民俗旅游户数反映了耕地文化功能的供给量，接待人次反映了耕地文化功能的需求量，正是在需求量和供给量不断上升的过程中，耕地文化功能得到极大发展。

3.1.4 社会功能指标 社会功能是耕地的间接功能，是生产、生态和文化功能衍生的功能，社会功能指标均要和人类生活紧密相连，能够最大程度地体现耕地在人类社会中的作用。种植业人均产值反映了耕地的经济保障功能；种植业从业人数比例反映了耕地的就业保障功能；观光园人均收入是耕地文化功能衍生的社会功能，文化功能的发展促进了农民增收，缩小了城乡收入差距。

3.2 数据来源

3.2.1 统计数据 由于耕地文化功能指标从2004年才开始有统计数据,同时各指标最新统计数据均为2011年,故选择2004年和2011年进行研究。2004年各区县农业观光园、民俗旅游数据来自《北京农村统计年鉴》^[25],2004年和2011年各区县种植业从业人数、乡镇及行政村从业人数及各种农作物产量来自北京市统计局,其他指标均来自《北京区域统计年鉴》^[16]。

3.2.2 遥感影像数据 耕地面积来源于2004年和2011年Landsat TM 4-5遥感影像监督分类结果。两期遥感影像均来自美国地质调查局网站,在Erdas软件中依次对原始遥感影像进行波段合成、几何校正、拼接、裁剪、图像增强等预处理后,建立分类模版进行监督分类,之后选取100个随机点结合实地调查和Google Earth地图进行精度检验。经过多次反复构建分类模版和精度检验,最终两期遥感影像分类精度分别达到89%和91%,均大于85%,达到分类精度要求,分类效果较好。最后在ArcGIS软件中将栅格分类图转换成矢量格式,并从中提取各区县耕地面积(图1)。

3.3 数据处理

3.3.1 极差标准化 本文采用极差标准化法进行无量纲化处理,经过极差变换后,无量纲化指标值满足 $0 \leq g_{ij} \leq 1$,最优值为1,最劣值为0^[26]。具体公式为:

$$g_{ij} = \frac{B_{ij} - B_{\min}}{B_{\max} - B_{\min}} \quad (\text{正向指标}) \quad (1)$$

$$g_{ij} = \frac{B_{\max} - B_{ij}}{B_{\max} - B_{\min}} \quad (\text{逆向指标}) \quad (2)$$

式中: g_{ij} 是*i*功能*j*指标无量纲化值; B_{ij} 是*i*功能*j*指标原始值; B_{\max} 是*i*功能*j*指标原始最大值; B_{\min} 是*i*功能*j*指标原始最小值。其中,化肥和农药强度的最小值为其安全使用标准,分别为225 kg/hm²和2.3 kg/hm²,小于安全使用标准时,无量纲化值为1;最大值为其使用上限,分别为577.5 kg/hm²和34.5 kg/hm²,超过使用上限时,无量纲化值为0^[23]。

3.3.2 层次分析法 层次分析法是确定指标权重的常用方法之一,具体原理和计算过程参考《现代地理学中的数学方法》^[27]。该方法的关键是构造判断矩阵,本文采用专家咨询法确定判断矩阵,随机一致性比例均小于0.1,通过一致性检验。依据判断矩阵计算得到各指标权重(表2)。

最后,采用加权求和法计算耕地各功能值,公式为:

$$Y = \sum_{i=1}^n W_i \times Z_i \quad (3)$$

式中: Y 为某功能的综合值; W_i 为*i*指标的权重; Z_i 为*i*指标的无量纲化值; n 为指标个数。

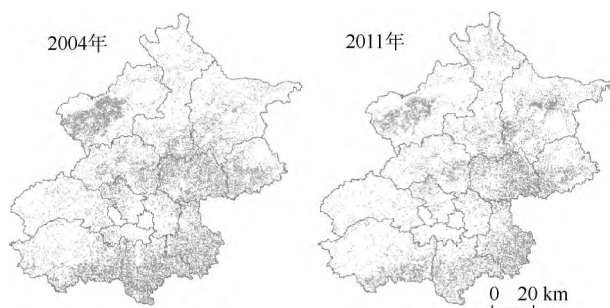


图1 监督分类耕地提取结果

Fig. 1 Arable land extraction results from supervised classification

表 2 耕地功能指标权重
Tab. 2 Index weights of arable land functions

目标层	准则层	权重	指标层	单排序权重	总排序权重
总功能	生产功能	0.481	粮食生产	0.481	0.231
			蔬菜生产	0.368	0.177
			瓜类生产	0.151	0.073
	生态功能	0.226	固碳释氧量	0.480	0.108
			耕地破碎度	0.246	0.056
			化肥农药强度	0.274	0.062
	文化功能	0.181	农业观光园个数	0.273	0.049
			观光园个均接待人次	0.380	0.069
			民俗旅游户数	0.153	0.028
			民俗旅游户均接待人次	0.194	0.035
	社会功能	0.112	种植业人均产值	0.442	0.050
			种植业从业人数比例	0.175	0.000
			观光园人均收入	0.383	0.043

3.3.3 分级标准 参考相关研究^[26]，建立分级评价标准：分值为0.8~1表示功能强，0.6~0.8表示功能较强，0.4~0.6表示功能一般，0.2~0.4表示功能较弱，0~0.2表示功能弱。

4 结果分析

4.1 耕地子功能空间差异及其演变

4.1.1 生产功能 由图2，2004年生产功能最强的是大兴区和通州区，功能等级仅为一般，其他区县均为弱或较弱等级，可见该功能整体较弱，远郊平原区比远郊山区和近郊区较强，受地形和距市中心距离影响较大。2011年大兴区生产功能增强最明显，功能等级由一般升为强，其次为顺义区和房山区，功能等级由较弱升为一般，山区仅有延庆县有微弱增强，但其功能等级仍然为较弱，近郊区依旧为弱等级。可见2011年该功能整体增强，远郊平原区有较大发展，远郊山区受地形制约，提高较为困难，近郊区受市中心经济辐射作用，经济效益较低的生产功能得不到发展。

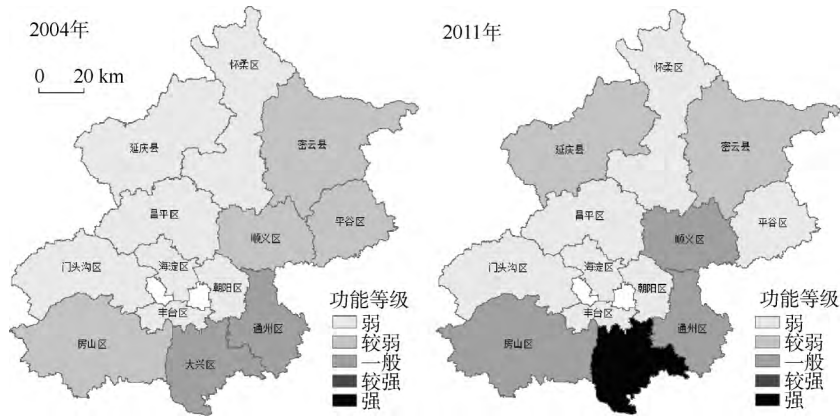


图2 北京市耕地生产功能空间差异
Fig. 2 Spatial differences of arable land production function in Beijing

进一步分析生产功能指标的空间差异及变化(图3)。粮食生产主要分布在远郊平原区(大兴、通州、顺义和房山)和延庆县,近郊区和远郊山区较弱,几乎所有区县该功能均增强。蔬菜生产主要分布在远郊平原区(大兴、通州、顺义和房山)和近郊区(朝阳和丰台),远郊山区较弱,几乎所有区县该功能均减弱。瓜类生产主要分布在远郊平原区(大兴、顺义、通州和房山),近郊区和远郊山区均较弱,几乎所有区县该功能均增强。可见,远郊平原区的粮食、蔬菜和瓜类生产均较强,远郊山区粮食、蔬菜和瓜类生产均较弱,近郊区蔬菜生产较强,粮食和瓜类生产较弱。

4.1.2 生态功能 由图4,2004年北京市耕地生态功能空间差异较小,除门头沟区外,其他区县功能等级均为一般,该功能整体处于一般水平状态。2011年大兴区和顺义区明显增强,功能等级由一般升为较强,丰台区有所减弱,功能等级由一般降为较弱,其他区

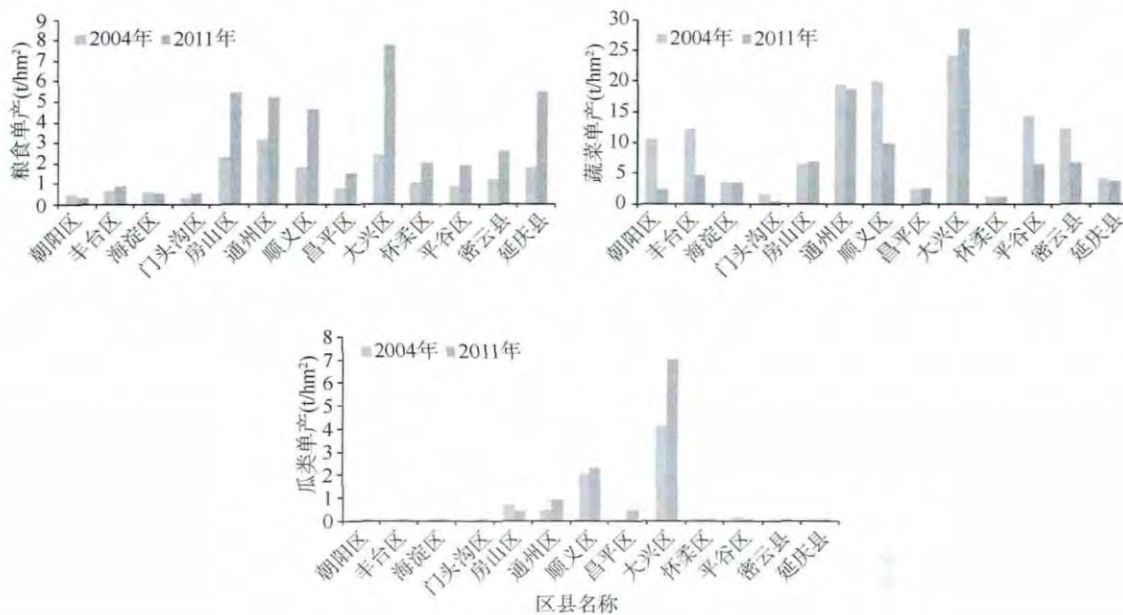


图3 耕地生产功能指标空间差异及变化
Fig. 3 Spatial differences and changes of production indexes

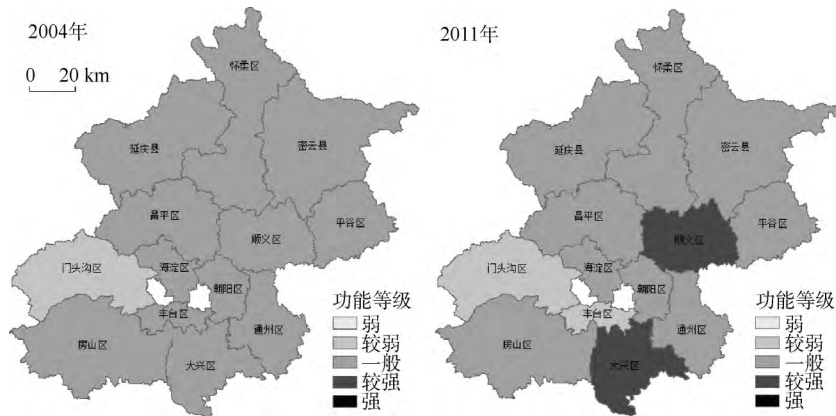


图4 北京市耕地生态功能空间差异
Fig. 4 Spatial differences of arable land ecological function in Beijing

县均没有发生等级变化。可见2011年该功能整体增强,受地形影响,远郊平原区比远郊山区较强。除此之外,政体改革、政策变化在总体上起到了抑制生态恶化、改善农村环境的作用^[28]。

进一步分析生态功能指标的空间差异及变化(图5)。结果显示:从固碳释氧量来看,远郊区较大,且上升,近郊区较小,且下降,说明远郊区耕地调节大气成分功能较强,且增强,近郊区较弱,且减弱。从耕地破碎度来看,门头沟区最高,其他区县较低,所有区县几乎均上升,说明门头沟区耕地保护生物多样性功能较弱,其他区县较强,但该功能减弱趋势明显。从化肥和农药强度来看,大兴区和通州区最大,且增大,其他区县较小,且减小,说明大兴区和通州区农业污染较大,且加重,其它区县较小,且减弱。综上可见,远郊平原区耕地调节大气成分功能较强,但农业污染较严重,近郊区与之相反。

4.1.3 文化功能 当经济发展到一定水平时,耕地文化功能开始凸显,给需求者带来精神享受,给供给者带来经济利益,同时为社会吸纳大量就业人口,创造了社会价值。由图6,2004年各区县耕地文化功能等级均为弱,无明显空间差异,该功能发展处于起始阶段。2011年耕地文化功能有较大提高,且出现明显的空间差异。丰台区增强最显著,功能等级由弱升为较强;其次为门头沟区,功能等级由弱升为一般;怀柔区、昌平区、海淀区、朝阳区、房山区、平谷区和密云县功能等级由弱升为较弱,大兴区、通州区、顺义区和延庆县功能等级仍然为弱。可见,耕地文化功能近郊区>远郊山区>远郊平原区,主要受距市中心距离的影响,距离市中心越近,交通越便利,文化旅游越容易实现。

进一步分析文化功能指标的空间差异及变化(图7)。结果显示:单位面积耕地观光园个数在远郊山区和近郊区较多,远郊平原区较少,由上述分析可知,远郊平原区耕地生产功能较强,这反映了耕地生产功能和农业观光园之间的制约关系。除密云县外,其他区县均增加,说明农业观光园发展趋势良好。观光园个均接待人次最多的为丰台区,其次为朝阳区,其他区县均较少,说明观光园发展受到距市中心距离的影响,近郊区比

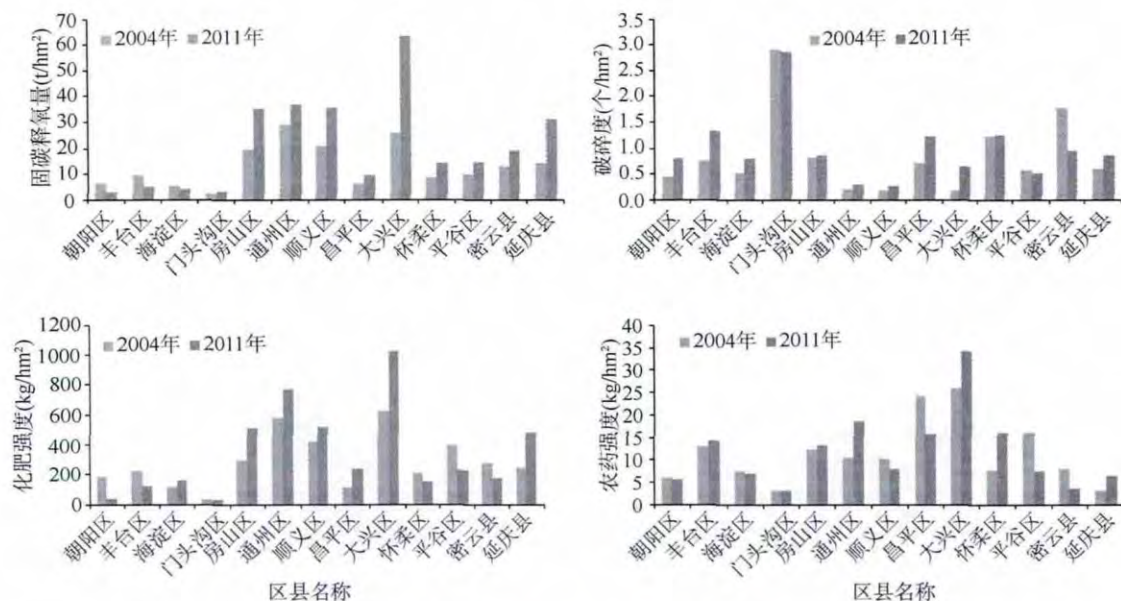


图5 耕地生态功能各指标空间差异及变化

Fig. 5 Spatial differences and changes of ecological indexes

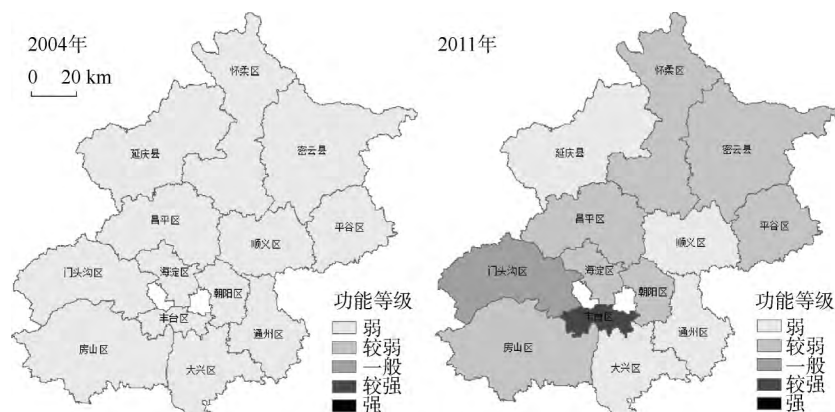


图6 北京市耕地文化功能空间差异

Fig. 6 Spatial differences of arable land cultural function in Beijing

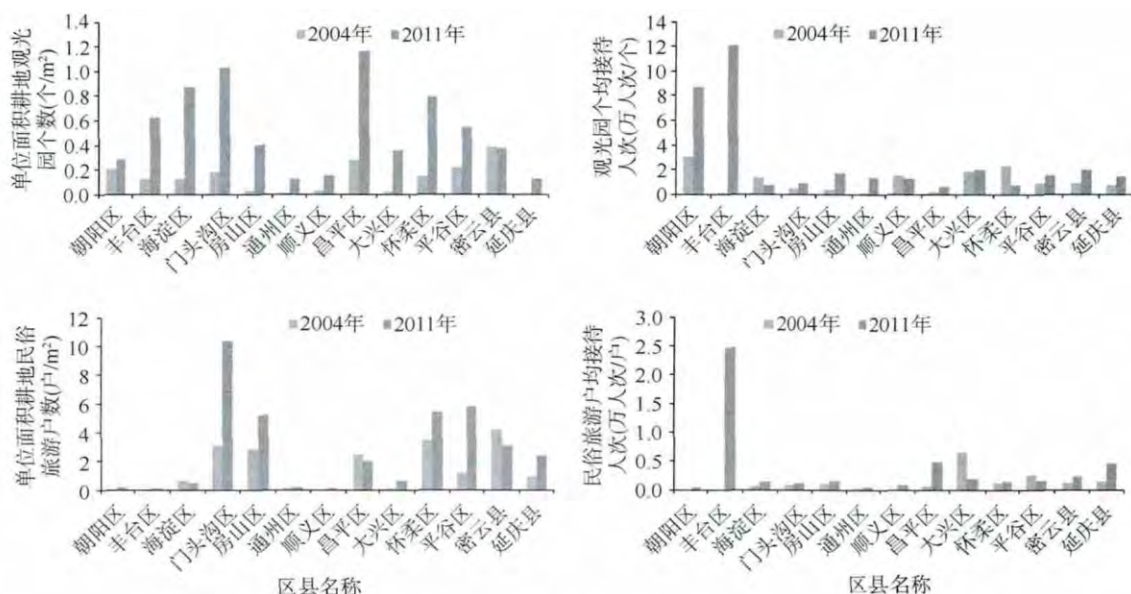


图7 耕地文化功能各指标空间差异及变化

Fig. 7 Spatial differences and changes of cultural indexes

远郊区有明显优势。单位面积耕地民俗旅游户数最大的为门头沟区,其次为平谷区、怀柔区和房山区,除海淀区外,其他区县均增加,说明民俗旅游偏重远郊区,整体呈现良好发展态势。这是由于近郊区民俗特色较少,远郊区民俗氛围浓厚,民俗旅游户数增加较快。但民俗旅游户均接待人次最多的为丰台区,其他区县均较弱,说明虽然民俗旅游户数在远郊区较多,但是受到距市中心距离的影响,近郊区交通便利,时间成本较小,表现出明显优势。总体来看,平均接待人次较多的为近郊区,观光园和民俗户数量较多的为远郊区,说明近郊区耕地文化功能需求量较大,远郊区耕地文化功能供给量较大。

4.1.4 社会功能 由图8,2004年耕地社会功能最强的是大兴区、通州区、顺义区和延庆县,功能等级仅为一般,其他区县功能等级均为较弱或弱,可见该功能整体较弱,远郊平原区比远郊山区和近郊区较强,受地形和距市中心距离影响较大。2011年该功能增强最大的为顺义区,功能等级由一般升为较强,其次为朝阳区、房山区、平谷区和密云

县,功能等级由较弱升为一般,大兴区功能等级却由一般降为较弱,其他区县变化较小且仍处于弱或较弱等级。可见2011年该功能整体增强,远郊平原区比远郊山区较强,仍然受到地形的影响。近郊区的海淀区和丰台区一直处于弱或较弱等级,可见,该功能还受到市中心经济辐射的影响。

进一步分析社会功能指标的空间差异及变化(图9),结果显示:种植业人均产值最大的为顺义区,其次为朝阳区和通州区,几乎所有区县均上升,说明耕地经济保障功能在远郊平原区和近郊区较强,整体增强趋势明显。种植业从业人数比例在远郊区较高,近郊区较低,所有区县该指标均下降,说明耕地就业保障功能在远郊区较强,近郊区较弱,所有区县减弱明显。观光园人均收入较高的为朝阳区、怀柔区和密云县,丰台区、大兴区和怀柔区降低,其他区县均升高,说明由耕地文化功能衍生的经济保障功能整体增强。此外,2011年各区县种植业人均产值平均为3.6万元,观光园人均收入平均为5.3

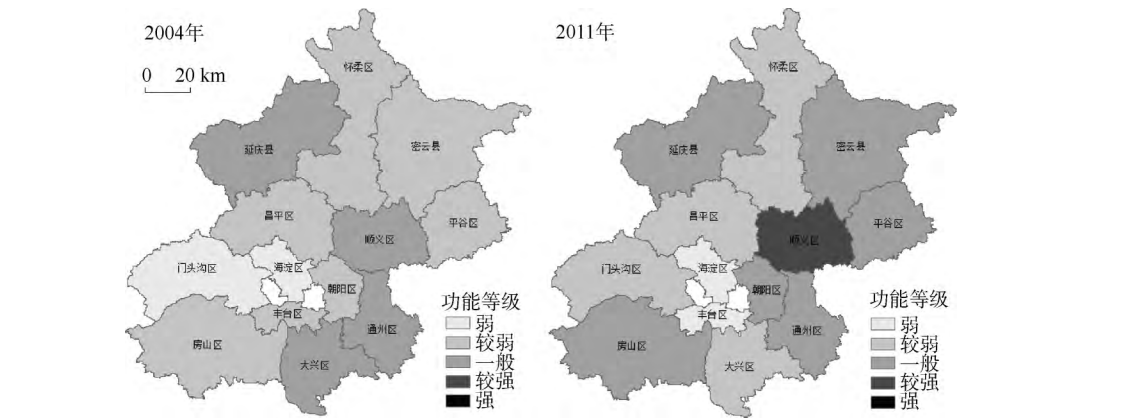


图8 北京市耕地社会功能空间差异
Fig. 8 Spatial differences of arable land social function in Beijing

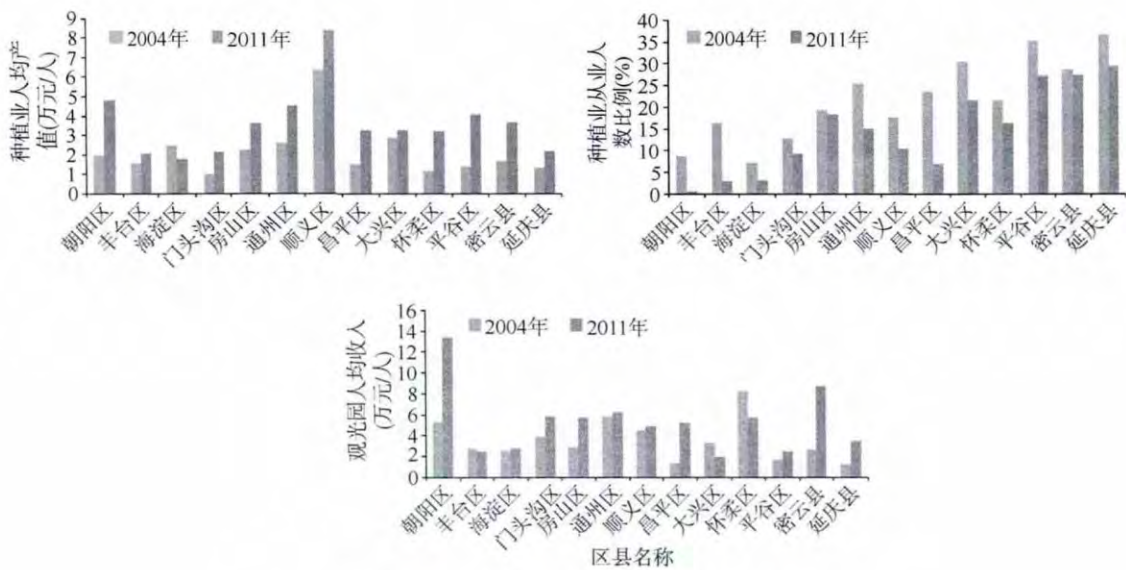


图9 耕地社会功能各指标空间差异及变化
Fig. 9 Spatial differences and changes of social indexes

万元,可见,耕地文化功能衍生的经济保障功能比生产功能衍生的经济保障功能强。

4.2 耕地总功能空间差异及其演变

由图 10, 2004 年耕地总功能最强的为大兴区, 功能等级仅为一般, 其他区县均为较弱或弱等级, 说明 2004 年总功能整体较弱。远郊平原区 (大兴、通州、顺义和房山) 均为一般或较弱等级, 远郊山区 (门头沟、昌平、怀柔、平谷、密云和延庆) 均为弱或较弱等级, 可见远郊平原区比远郊山区较强, 地形对耕地总功能有较大影响。近郊平原区 (朝阳、海淀和丰台) 一直为较弱或弱等级, 说明总功能受到市中心经济辐射的影响。

2011 年耕地总功能最强的依然为大兴区, 功能等级由一般升为较强, 其次为通州区、顺义区和房山区, 功能等级由较弱升为一般, 昌平区和怀柔区由弱升为较弱, 其他区县功能等级均不变。可见, 2011 年总功能整体增强, 受地形和市中心经济辐射影响, 远郊平原区较强, 远郊山区和近郊区较弱。

图 11 显示了北京市各区县耕地总功能中子功能的组成比重, 空间差异主要表现为: 远郊平原区 (大兴、顺义、通州和房山) 生产功能比重较大; 近郊区 (朝阳和海淀) 生态功能比重较大; 丰台区和门头沟区文化功能比重较大; 远郊山区 (怀柔、平谷、密云和延庆) 生态和社会功能比重较大。由此, 可把耕地划分为四种类型: I 生产型, 即耕地以生产农作物为主, 位于远郊平原区 (大兴、顺义、通州和房山); II 生态型, 即耕地以发展生态功能为主, 位于近郊区 (朝阳和海淀); III 文化型, 即耕地以发展文化功能为

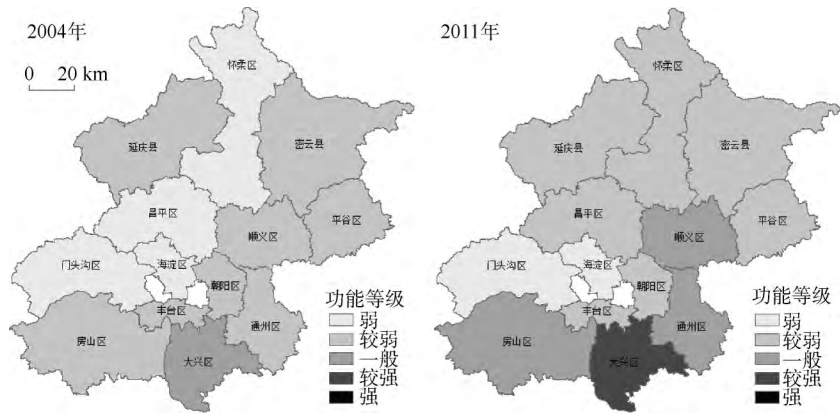


图 10 北京市耕地总功能空间差异
Fig. 10 Spatial differences of arable land total function in Beijing

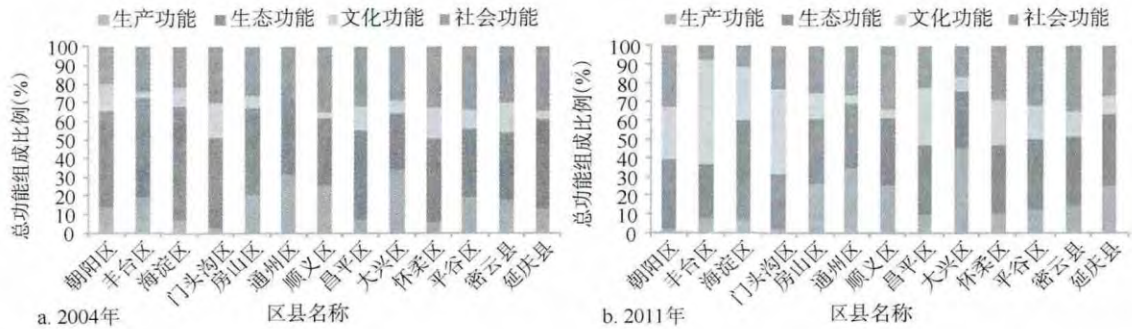


图 11 各区县耕地总功能结构组成
Fig. 11 Structure of arable land total function in each district

主, 位于丰台区和门头沟区; IV 社会型, 即耕地开发程度较低, 环境污染少, 生产力低下, 但社会保障功能较强, 位于远郊山区 (怀柔、平谷、密云和延庆)。

5 结论与讨论

5.1 结论

本文构建出北京市耕地功能评价的指标体系, 把耕地功能分为生产、生态、文化和社会四种子功能, 分别选取了各自的代表性指标, 运用极差标准化法处理数据, 采用层次分析法确定指标权重, 最后运用加权求和法得出功能值, 并进行了评价等级的划分。主要结论如下:

(1) 2004-2011 年北京市单位面积耕地子功能在所有区县几乎均增强, 空间差异表现为生产和社会功能远郊平原区高于远郊山区和近郊区, 主要受地形和市中心经济辐射影响; 生态功能远郊平原区高于远郊山区, 主要受地形影响; 文化功能近郊区高于远郊区, 主要受距市中心距离影响。

(2) 受地形影响, 远郊平原区耕地的粮食、蔬菜和瓜类生产功能均较强, 调节大气成分功能较强, 但农业污染较严重。受距市中心距离影响, 近郊区耕地文化功能需求量较大, 远郊区供给量较大; 近郊区耕地就业保障功能较弱, 远郊区较强。

(3) 2004-2011 年耕地总功能在所有区县几乎均增强, 受地形和市中心经济辐射影响, 远郊平原区耕地总功能较强, 远郊山区和近郊区较弱。

(4) 根据耕地总功能组成比重, 可把耕地分为四种类型: I 生产型, 位于远郊平原区; II 生态型, 位于近郊区; III 文化型, 位于丰台区和门头沟区; IV 社会型, 位于远郊山区。

5.2 讨论

在进行结果分析的过程中, 发现耕地功能与功能之间的关系十分复杂。农业的多种功能之间存在着相互联系、相互促进、互为条件的密切关系, 农业的多功能性是一个有机体系, 各种功能间形成了互动的内在机制^[29]。耕地的多种功能之间的关系与之相似, 本文把耕地功能划分为生产、生态、文化和社会四种子功能, 这四种子功能之间并非完全无关, 而是有密切的联系。例如, 生产功能和生态功能有相似的空间差异, 均为远郊平原区较强, 远郊山区较弱, 均受到地形的强烈影响, 生产功能较强区县的固碳释氧量较大、化肥农药污染也较严重 (图 4)。此外, 社会功能和生产、生态、文化功能也均有密切联系。维系耕地多种功能之间的协调与平衡意义重大, 耕地的多种功能相互关联推动着耕地持续发展, 故耕地多种功能之间的相互关系是值得进一步研究的方向。

参考文献(References)

- [1] 李秀彬. 全球环境变化的核心领域. 地理学报, 1996, 51(6): 553-558. [Li Xiubin. A review of the international researches on land use/land cover change. Acta Geographica Sinica, 1996, 51(6): 553-558.]
- [2] Sylvie F, Mbolatiana R. Agricultural Activities, Rural Areas and Natural Environment: Drawing up the Frontiers of the Multifunctionality Concept. Rural Landscapes and Agricultural Policies in Europe. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2009: 21-34.
- [3] Renting H, Rossing W A H, Groot J C J, et al. Exploring multifunctional agriculture: A review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework. Journal of Environmental Management, 2009, 90: S112-S123.
- [4] Luuk F, Filomena D, Irmgard E. A conceptual framework for the assessment of multiple functions of agro-ecosystems: A case study of Tra's-os-Montes olive groves. Journal of Rural Studies, 2009, 25(1): 141-155.
- [5] Hubert W, Claus D, Michael G, et al. Indicators for multifunctional land use: Linking socio-economic requirements with landscape potentials. Ecological Indicators, 2006, 6(1): 238-249.
- [6] Ingo Z. Multifunctional peri-urban agriculture: A review of societal demands and the provision of goods and services by

- farming. *Land Use Policy*, 2011, 28(4): 639-648.
- [7] 孙新章. 新中国60年来农业多功能性演变的研究. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(1): 71-75. [Sun Xinzhang. Evolution of agricultural multifunctionality since 1949. *China Population Resources and Environment*, 2010, 20(1): 71-75.]
- [8] 宋志军, 刘黎明. 北京市城郊农业区多功能演变的空间特征. *地理科学*, 2011, 31(4): 427-433. [Song Zhijun, Liu Liming. Spatial characteristics analysis for multifunctional transition of suburban agricultural areas in Beijing. *Scientia Geographica Sinica*, 2011, 31(4): 427-433.]
- [9] 宋小青, 欧阳竹. 耕地多功能内涵及其对耕地保护的启示. *地理科学进展*, 2012, 31(7): 859-868. [Song Xiaoqing, Ouyang Zhu. Connotation of multifunctional cultivated land and its implications for cultivated land protection. *Progress in Geography*, 2012, 31(7): 859-868.]
- [10] 宋小青, 欧阳竹. 中国耕地多功能管理的实践路径探讨. *自然资源学报*, 2012, 27(4): 540-551. [Song Xiaoqing, Ouyang Zhu. Route of multifunctional cultivated land management in China. *Journal of Natural Resources*, 2012, 27(4): 540-551.]
- [11] 姜广辉, 张凤荣, 孔祥斌, 等. 耕地多功能的层次性及其多功能保护. *中国土地科学*, 2011, 25(8): 42-47. [Jiang Guanghui, Zhang Fengrong, Kong Xiangbin, et al. The different levels and the protection multi-functions of cultivated land. *China Land Sciences*, 2011, 25(8): 42-47.]
- [12] 伍国勇, 陆安霞, 杨洋. 喀斯特地区耕地多功能价值测度的实证分析. *贵州农业科学*, 2010, 38(10): 222-224. [Wu Guoyong, Lu Anxia, Yang Yang. Case analysis of multifunctional value calculation of arable land in karst area. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2010, 38(10): 222-224.]
- [13] 刘沛. 城镇化进程中耕地功能分析与评价: 以湖南省邵东县为例. 长沙: 湖南农业大学硕士学位论文, 2010: 35-43. [Liu Pei. Study on analysis and evaluation of cultivated land's function in the process of urbanization: Take Shaodong County, Hunan Province as an example. Changsha: Master Dissertation of Hunan Agricultural University, 2010: 35-43.]
- [14] Verburg P H, Van Der Steeg J, Veldkamp A, et al. From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization. *Journal of Environmental Management*, 2009, 90(3): 1327-1335.
- [15] Van Der Ploeg J D, Laurent C, Blondeau F, et al. Farm diversity, classification schemes and multifunctionality. *Journal of Environmental Management*, 2009, 90: S124-S131.
- [16] 北京市统计局, 国家统计局北京调查总队. 北京区域统计年鉴. 北京: 同心出版社, 2005, 2006, 2012. [Beijing Statistics Bureau, NBS Survey Office in Beijing. *Beijing Area Statistical Yearbook*. Beijing: Concentric Press, 2005, 2006, 2012.]
- [17] Costanza R, D'arge R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(15): 253-260.
- [18] 北京市统计局, 国家统计局北京调查总队. 北京统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2005-2012. [Beijing Statistics Bureau, NBS Survey Office in Beijing. *Beijing Statistical Yearbook*. Beijing: China Statistics Press, 2005-2012.]
- [19] 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. *自然资源学报*, 2008, 23(5): 911-919. [Xie Gao, Zhen Lin, Lu Chunxia, et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23(5): 911-919.]
- [20] 杨志新. 北京郊区农田生态系统正负效应价值的综合评价研究. 北京: 中国农业大学博士学位论文, 2006: 25. [Yang Zhixin. Study on integrated assessment of positive and negative value of Beijing cropland ecological system. Beijing: Doctoral Dissertation of China Agricultural University, 2006: 25.]
- [21] 辛琨. 生态系统服务功能价值估算: 以辽宁省盘锦地区为例. 沈阳: 中国科学院沈阳应用生态研究所博士学位论文, 2001: 77. [Xin Kun. Ecosystem service valuation: A case research on Panjin Area, Liaoning Province. Shenyang: Doctoral Dissertation of Shenyang Institute of Applied Ecology, 2001: 77.]
- [22] 杨芳, 贺达汉. 生境破碎化对生物多样性的影响. *生态科学*, 2006, 25(6): 564-567. [Yang Fang, He Dahan. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Ecologic Science*, 2006, 25(6): 564-567.]
- [23] 何露, 闵庆文, 张丹. 农业多功能性多维评价模型及其应用研究: 以浙江省青田县为例. *资源科学*, 2010, 32(6): 1057-1064. [He Lu, Min Qingwen, Zhang Dan. Evaluation models for multifunctionality of agriculture and their applications: A case study on Qingtian county in Zhejiang province. *Resources Science*, 2010, 32(6): 1057-1064.]
- [24] 郭晓燕, 胡志全. 农业的多功能性评价指标初探. *中国农业科技导报*, 2007, 9(1): 69-73. [Guo Xiaoyan, Hu Zhiqun. Multifunctionality of agriculture and evaluation index. *Review of China Agricultural Science and Technology*, 2007, 9(1): 69-73.]
- [25] 中华人民共和国国家统计局. 北京农村统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2005: 2010. [National Bureau of Statistics of China. *Rural Statistical Yearbook of Beijing*. Beijing: China Statistics Press, 2005: 2010.]
- [26] 周瑞平, 吴全, 于艳华, 等. 呼和浩特市土地综合承载力区域差异分析. *内蒙古师范大学学报: 自然科学汉文版*, 2013, 42(5): 590-596. [Zhou Ruiping, Wu Quan, Yu Yanhua, et al. Analysis of regional differences of comprehensive bearing capacity of land in Hohhot city. *Journal of Inner Mongolia Normal University: Natural Science Edition*, 2013, 42(5): 590-596.]

- [27] 徐建华. 现代地理学中的数学方法. 北京: 高等教育出版社, 2009: 224-249. [Xu Jianhua. Mathematical Methods in Modern Geography. Beijing: Higher Education Press, 2009: 224-249.]
- [28] 王鹏飞. 大城市地区农村改革的政治生态学分析: 以北京市农村地区为例. 地理研究, 2005, 24(3): 453-463. [Wang Pengfei. The political ecology of rural reform in metropolitan area in China: A case study of Beijing city. Geographical Research, 2005, 24(3): 453-463.]
- [29] 曹俊杰. 韩国农业多功能性建设的经验及其借鉴意义. 学术研究, 2009, (3): 77-81. [Cao Junjie. South Korea's experience of the construction of the agricultural versatility and its significance. Academic Research, 2009, (3): 77-81.]

Spatial differences and evolution of arable land functions in Beijing

YANG Xue^{1,2}, TAN Minghong¹

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academic Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The development of rapid urbanization exerts influence in arable land and also deeply affects transformation of its functions, especially in the suburb of metropolises. Using Beijing as a case study, this paper establishes an evaluation index system of arable land functions, then standardizes data with extreme difference value method and determines index weights with the AHP method. Finally, we use weight sum method to calculate function values. The main conclusions include: (1) Production, ecological, cultural and social functions in per unit area of arable land were enhanced in almost all districts during the period 2004-2011. The spatial differences show that: production and social functions in outer suburban plain areas were higher than those in outer suburban mountain areas and inner suburban districts, ecological function in outer suburban plain areas was higher than that in outer suburban mountain areas, and cultural function in inner suburban districts was higher than that in outer ones. (2) The production functions of grain, vegetables and melons in outer suburban plain areas were all stronger, but the agricultural pollution in these areas was more serious. In addition, influenced by distance from city center, the demand of cultural function in inner suburban areas was higher than that in outer suburban districts. (3) The total function of arable land was enhanced in most districts during the period 2004-2011. Similarly, influenced by terrain condition and central economic radiation, the total function of arable land in the outer suburban plain areas was stronger than that of other districts. (4) According to the proportion of total function, arable land can be divided into four categories: production type (outer suburban plain areas), ecological type (inner suburban areas), cultural type (Fengtai and Mentougou districts), and social type (outer suburban mountainous areas).

Key words: arable land functions; spatial differences; evolution; Beijing