

## 基于能值分析的农业土地利用强度

张微微<sup>1,2</sup>, 李红<sup>2\*</sup>, 霍霄妮<sup>1</sup>, 孙丹峰<sup>1</sup>, 周连第<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193; 2. 北京市农林科学院农业综合发展研究所, 北京 100097)

**摘要:** 随着城市扩张和人口的剧增, 区域土地利用格局变化对农业系统产生影响, 需要以一个共同基准对农业土地利用强度进行量化。该研究以北京远郊区县为例, 将各种形式的社会经济数据用转换因子(能值转换率)转换到太阳能值, 通过主成分分析(PCA)和聚类方法来识别研究区的农业土地利用强度的特征和分类。提取了4个农业投入强度分量和6个产出强度分量, 并分别综合成投入强度指数和产出强度指数。通过K-means聚类将农业强度分成6类, 其中低投入中产出、低投入低产出类型分别占研究区的34%和27%。研究表明, PCA为区域农业土地利用强度的总体评价提供了有效的指标, 并且能值方法可以将分析数据统一到一个共同的标准, 使得本研究的结果更具有可解释性。

**关键词:** 农业土地利用强度, 主成分分析, 聚类分析, 能值, 北京

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.07.038

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-7-0204-07

张微微, 李红, 霍霄妮, 等. 基于能值分析的农业土地利用强度[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 204-210.

Zhang Weiwei, Li Hong, Huo Xiaoni, et al. Agricultural land use intensity based on emergy analysis[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7): 204-210. (in Chinese with English abstract)

### 0 引言

土地利用和土地覆被变化作为全球环境变化的主要驱动力之一, 是可持续发展讨论的中心<sup>[1]</sup>。过去几年, 大部分土地利用和土地覆被变化研究集中在土地覆被转换(例如滥伐森林、城市化), 而忽略了由土地利用强度引起的土地覆被变化。在农业方面, 农业土地集约化已成为土地覆被改变的最显著形式, 也对非农业陆生和水生生态系统产生了不可忽视的逆效应, 并直接影响了人类和生态系统的健康<sup>[2]</sup>。其次, 集约化水平也是土地利用系统适应变化环境(例如由于政策或气候变化)的能力指标之一<sup>[1]</sup>。

从1842年起农业土地利用强度已被看作是解释农业发展和变化的一个关键概念, 其定义有多方面的, 有每单位土地产出或产量, 或者是量化能增加产量的农业投入。近十年来, 大量的国内外研究<sup>[3-11]</sup>针对各自的问题定量化的表示了土地利用强度, 通常采用不同层次系统和不同量纲的数据来描述土地利用强度。能值分析可基于统一单位来评价系统组分, 因此尝试用能值方法将不同层次系统和量纲的数据转换成统一量纲数据来表征土地利用强度。农业上依赖自然资源和资金投入进行物质生

产, 因此将可更新资源和不可更新资源投入, 以及农业产出共同作为强度指标能更全面的度量农业土地利用强度, 并有助于理解农业系统投入和产出之间的关系。

北京农业作为北京可持续发展的基础产业, 其服务、经济、生态保障、旅游观光、示范辐射等功能得到发挥, 然而, 高强度水平的工业化农业引起的环境破坏也不可忽视。同时, 随着城市扩张和人口的剧增, 北京远郊山区土地利用格局发生变化, 引发了一系列土地问题, 降低了农业系统的生产能力和可持续能力。得到合适的农业土地利用强度来调和农业生态和环境目标对于北京的可持续发展至关重要。北京远郊区县农业土地利用强度的定量化评价研究还很少见, 本文基于能值分析, 发展了农业土地利用强度投入和产出指数表示农业投入和产出强度, 并进行农业土地利用强度分类, 为规划和管理人员提供强度类型信息, 保证农业系统的可持续发展。

### 1 材料和方法

#### 1.1 研究地区

北京远郊区县包括5个郊区和2个县, 属于北京山区地带, 位于北京的西部、北部和东北部, 占北京市总面积的62%(图1)。山地带内的高程范围是平均海平面以上80~2303 m, 将近一半地区的坡度大于15°。该地区是温带大陆性季风气候, 年平均温度是11.8℃, 7月平均最高值是26℃, 一月平均最低值是-5℃, 年平均温度差是30.4℃, 日平均温度差是11.4℃, 温度随高程显著变化, 每升高100 m温度降低0.6℃。山区多年平均降雨量是566 mm左右, 60%的降雨集中在7月和8月, 多年平均蒸散量是1761 mm左右。该地区是永定河、潮白河、北运河、蓟运河和大清河5大河流的源头, 年平均

收稿日期: 2008-01-18 修订日期: 2009-06-10

基金项目: “十五”国家科技攻关计划(2004BA617B04); 国家科技支撑项目(2006BAD10A06-03, 2006BAB15B05)

作者简介: 张微微(1981—), 女, 山东阳信人, 博士生, 主要从事土地利用变化效应评价研究。北京 中国农业大学资源与环境学院, 100193。

Email: zhangweiweicau@sohu.com

\*通信作者: 李红(1973—), 女, 山东海阳人, 副研究员, 博士, 主要从事农业资源可持续利用与管理研究。北京 北京市农林科学院农业综合发展研究所, 100097。Email: lihdsf@sina.com

经流量大约在 15.52 亿  $\text{m}^3$  左右。

第四次人口普查中人口大约是 127 万，非农业人口的比例是 20.6%，远不及 2003 的城市平均水平 72.3%。2003 年的国内生产总值（GDP）是 201 亿元，仅占城市总 GDP 的 5.6%，1981~2003 年的固定资产投资额是平原区的 70%。农业仍然是主要的经济活动，2003 年人均净收入是 5 284 元，比城市平均水平少 1 960 元。经济发展与生态保护之间越来越不和谐。



图 1 研究区域示意图

Fig.1 Schematic description of the study area

## 1.2 能值数据

能值方法是由 Odum 提出的，能值定义为直接和间接制造服务和产品消耗掉的一类可用的能量，通常以太阳能量当量量化，表示为太阳能焦耳（sej）。制造产品或服务需要的能值与产品或服务的当前能量的比率称为转换率。相对地，一产品或服务的太阳能焦耳能值是用能量单位乘以转换率计算得来的<sup>[12-15]</sup>。能值数据代表北京山区农业系统的投入和产出。其中，北京山区农业系统主要投入包括太阳能、雨水化学能、雨水势能、风能、地球循环能、净表土损失能、农业用电量、氮肥、磷肥、钾肥、复合肥、农药、农用薄膜、农业机械总动力、人力、畜力、有机肥、种子；主要的农业系统产出包括粮食作物、油料作物、蔬菜、干鲜果、猪肉、牛肉、羊肉、禽肉、奶类、蛋类、渔产品和森林采伐。这些能值投入产出数据是根据 2000 年区县统计年鉴的社会经济统计数据以乡镇为单位按照能值计算方法得到的，所用太阳能值转换率参考国内外文献<sup>[12-15]</sup>。

## 1.3 土地生产潜力总指数（LCI）

美国农业部土壤保持局提出的土地生产潜力分类广泛应用于土地质量评价。孙丹峰等按照美国农业部土地生产潜力分类系统进行了北京山区土地潜力分类<sup>[16]</sup>，共有 8 级，用罗马数字从 I 到 VIII 表示，级数越大，说明土地生产潜力越低（图 2）。这是一个定性分类，大体上用来表示农田土壤的适宜性，因此需要将土地生产潜力按乡镇级进行整合，以便与农业能值投入和产出信息相匹配。

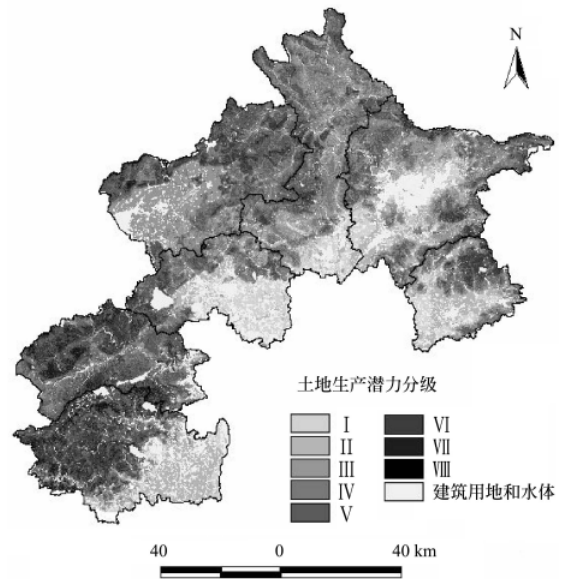


图 2 研究区土地生产潜力分类

Fig.2 Land capability classification of the study area

基于土地生产潜力分类图，定义了乡镇级的土地生产潜力总指数（LCI）来表征区域土地资源质量的综合状况。LCI 的计算如下

$$LCI = \sum \%LC_i \cdot LCI_i \quad (1)$$

式中： $\%LC_i$ ——乡镇级上土地生产潜力类型  $i$  占总面积的百分比； $LCI_i$ ——土地生产潜力类型  $i$  的 LCI 系数，是以潜在生产力为基础，通过当地专家知识分配赋值的（表 1）。LCI 反映了土地质量的总体情况，LCI 越大，说明土地利用潜力越高，承受土地利用强度的容量越大。

表 1 土地生产潜力类型的 LCI 系数

Table 1 Land capability index (LCI) coefficient for each land capacity class

	分 级							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
系数	0.98	0.9	0.75	0.6	0.5	0.4	0.2	0.1

## 1.4 数据分析

农业投入强度和产出强度分别表征农业土地上投入和产出的高低。本文分别将农业投入变量和产出变量构造成农业投入强度指数（In）和产出强度指数（Out）来表示农业投入和产出强度的大小，In（Out）越大，说明农业投入（产出）强度越高。首先用主成分分析（PCA）使投入和产出变量变为农业投入强度和产出强度的指标，解释从变量中观察到的大部分变化。基于变量相关矩阵变换，提取那些特征值超过 1.0 的成分，使用 Anderson-Rubin 方法计算这些成分的分作为指标，这些指标的均值为 0，方差为 1。然后用式（2）将选择的成分进行加权平均后分别得到 In 和 Out，其中把成分的特征值作为权重。

$$T \text{ int} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \times pc_i / \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (2)$$

式中： $T_{int}$ ——综合后的指数（ $In$  或者  $Out$ ）； $\lambda_i$ ——提取的主分量  $pc_i$  的特征值。

聚类分析广泛应用于土地利用分类中<sup>[17-19]</sup>。本研究中，基于农业投入和产出强度指数，利用 K-means 聚类算法对北京远郊区县农业土地利用强度进行分类。

2 结果与分析

在 112 个乡镇中，从投入变量中提取了 4 个成分，从产出变量中提取了 6 个成分。它们的特征值、特征向量见表 2。

表 2 提取成分的特征值  
Table 2 Eigenvalues of the extracted components

主成分	特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
投入	1	5.950	33.053
	2	4.296	23.869
	3	2.159	11.996
	4	2.048	11.375
产出	1	2.851	24.755
	2	1.706	15.213
	3	1.201	11.011
	4	1.192	10.930
	5	1.071	9.924
	6	1.029	9.578

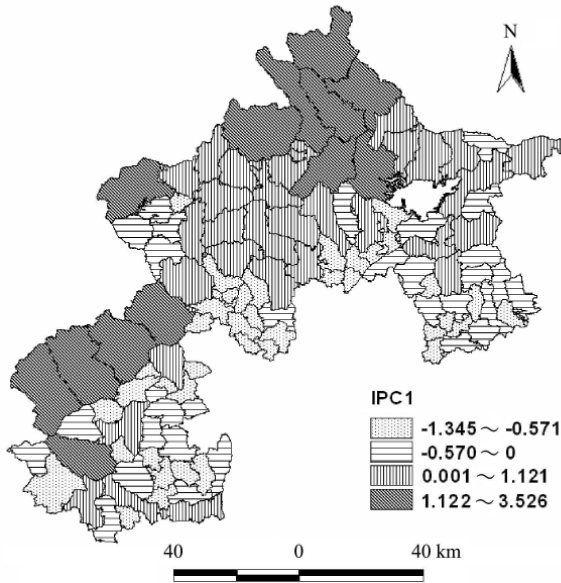
2.1 农业投入强度

农业投入强度的第一主分量（IPC1）占数据中总变量的 33.053%，第二主分量（IPC2）占 23.869%，第三主分量（IPC3）占数据中总变量的 11.996%，第四主分量（IPC4）占 11.375%，提取的这 4 个 PC 共同说明了农业投入强度的 80.293%（表 2）。表 3 表示了 IPC1 在太阳能、雨水化学能、雨水势能、地球循环能、风能和表土损失上有高的正系数（权重），分别为 0.990、0.983、0.932、0.991、0.991 和 0.991，因此 IPC1 表明了免费的环境资

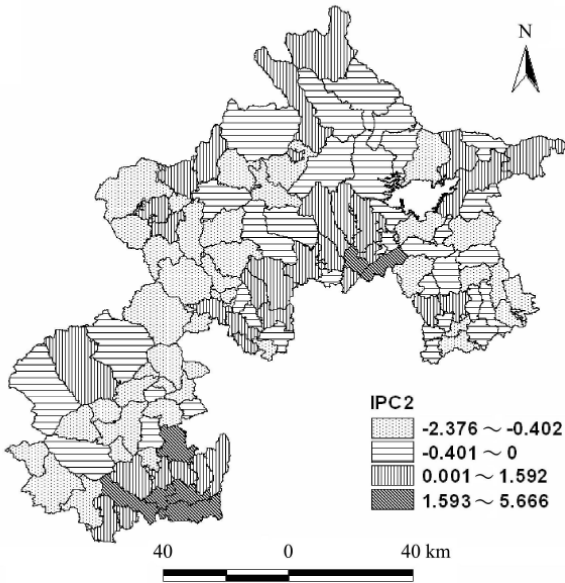
源投入强度，其中表土损失表征了土壤侵蚀风险。图 3 表示了高 IPC1 主要位于怀柔北部、门头沟西部。IPC2 在氮肥、磷肥、钾肥、复合肥、农业机械总动力和种子上的正权重，分别是 0.792、0.852、0.890、0.809、0.619 和 0.761。因此 IPC2 表明了农业系统的人工投入主要是肥料投入、农业机械和种子投入强度。高 IPC2 主要集中在房山、昌平、密云和平谷（图 3）。IPC3 在农药、农用薄膜、人力和农业用电量上有高的正权重，分别是 0.787、0.673、0.620 和 0.527。IPC4 在畜力和有机肥上有高的正权重，分别是 0.875 和 0.648，构成了可更新的经济购买投入强度。高 IPC4 主要集中在密云水库周围乡镇、延庆。这 4 个成分合并起来表示了投入强度指数（ $In$ ）。

表 3 投入强度的权重（特征向量）  
Table 3 Weights (eigenvectors) of the input intensity

主成分	IPC1	IPC2	IPC3	IPC4
太阳能	0.990	-0.075	-0.083	0.018
雨水化学能	0.983	-0.056	-0.086	0.070
雨水势能	0.932	-0.163	-0.159	-0.096
地球循环能	0.991	-0.071	-0.086	0.028
风能	0.991	-0.071	-0.086	0.028
表土损失	0.991	-0.071	-0.086	0.028
农业用电量	-0.252	0.364	0.527	0.156
氮肥	-0.102	0.792	0.165	0.448
磷肥	-0.062	0.852	0.011	0.305
钾肥	-0.103	0.890	0.113	0.139
复合肥	-0.119	0.809	0.270	0.184
农药	0.005	0.109	0.787	-0.103
农用薄膜	-0.165	-0.024	0.673	0.180
农业机械总动力	0.003	0.619	0.348	-0.085
人力	0.140	0.344	0.620	0.494
畜力	0.135	0.020	-0.034	0.875
有机肥	-0.088	0.471	0.268	0.648
种子	-0.090	0.761	0.234	0.425



a. 北京远郊区县能值投入第一主分量 IPC1



b. 北京远郊区县能值投入第二主分量 IPC2

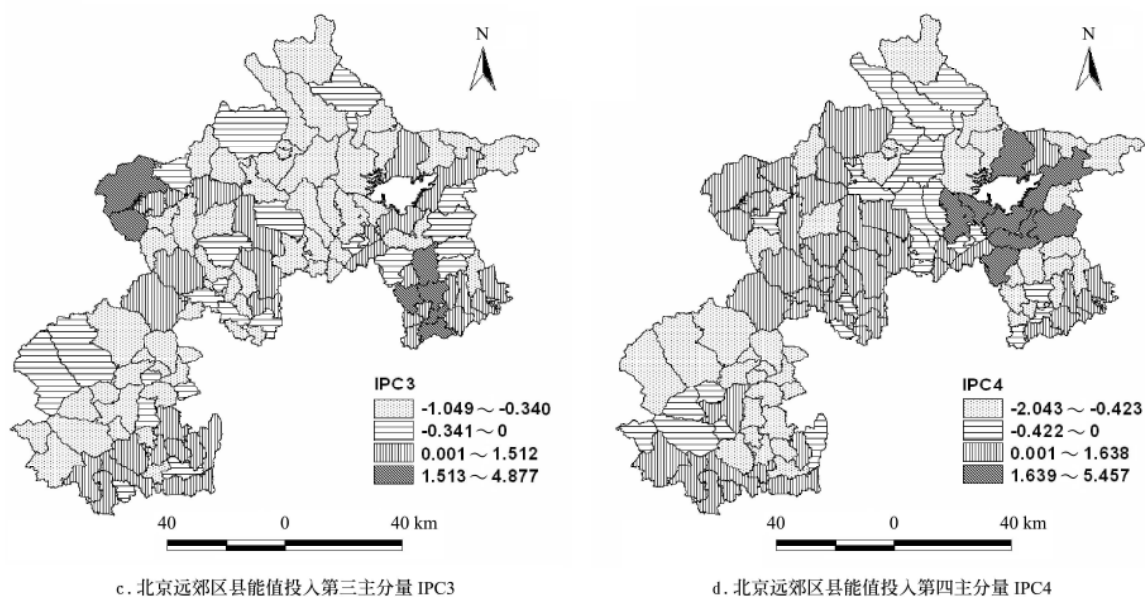


图3 研究区投入强度的4个主分量

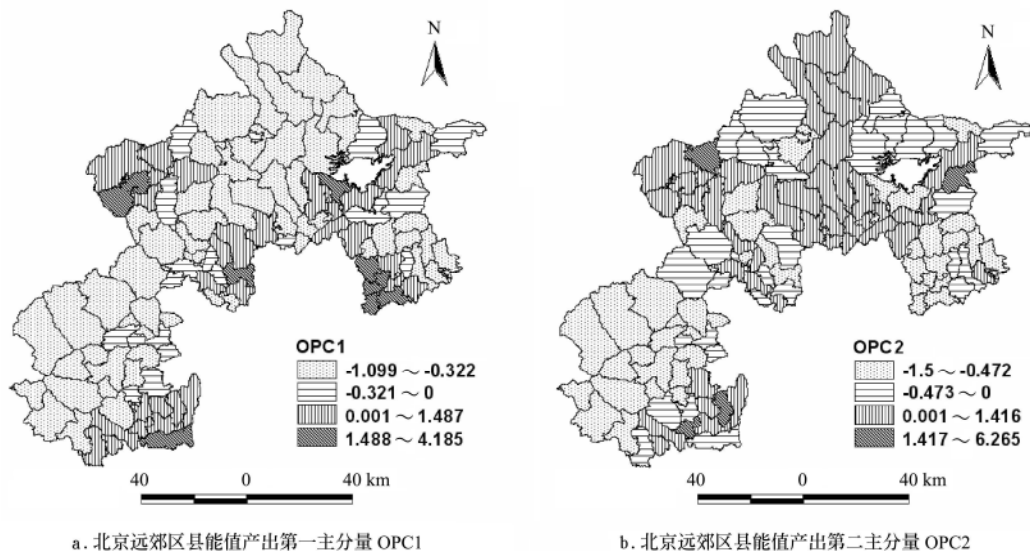
Fig.3 Four principal components of input intensity of the study area

在北京远郊区县, 农业投入主要是以自然资源和不可更新的经济投入为主。自然资源的投入主要体现在山地地带的农业中, 这些地带农业集约化水平较低, 因此要适当增加经济购买资源投入。不可更新的资源在北京农业投入强度中也很重要, 尤其是化肥和农药分别作为 IPC2 和 IPC3 中最大的权重, 不可忽视, 这类不可更新的人工化学物质的投入破坏了土壤表层的质量, 导致土壤丧失了生态功能, 土地的数量和质量减少、生产潜力降低。同时, 化肥和农药投入能引起北京山区的水质问题, 并对山区的生物多样性和公共健康有重要的影响。特别是北京的主要饮用水水库(密云水库和官厅水库), 位于较高的人工化学物质投入强度地区, 因此为了保证北京的饮水健康和维持生物多样性, 需要减少库区周围农地人工化学物质的投入。

## 2.2 农业产出强度

农业产出强度的第一主分量(OPC1)占数据中总变

量的 24.755%, 第二主分量(OPC2)占 15.213%, 第三主分量(OPC3)占 11.011%, 第四主分量(OPC4)占 10.930%, 第五主分量(OPC5)占 9.924%, 第6主分量(OPC6)占 9.578%, 提取的这6个PC共同说明了产出强度变量的 80.411% (表2)。表4表示了 OPC1 在蛋类、蔬菜、水产品、猪肉、粮食作物有高的正系数(权重), 分别是 0.815、0.761、0.781、0.682 和 0.569。高 OPC1 主要位于昌平区、密云县、平谷区和延庆县的山前平原和河谷低地(图4)。OPC2 在奶产品和牛肉上有高的正权重, 分别是 0.855 和 0.792, 表示了牛养殖场集中在怀柔。OPC3 在干鲜果和禽肉上有高的正权重, 分别是 0.867、0.548。OPC4 在油料作物上有高的正权重(0.911)。OPC5 在森林采伐上有高的正权重(0.968)。OPC6 在羊肉上有高的正权重(0.967)。这6个成分合并起来表示了产出强度指数(Out)。分析表明, 北京远郊区县的农业产出结构主要是以大宗的粮食作物、蔬菜、蛋类和肉类为主。



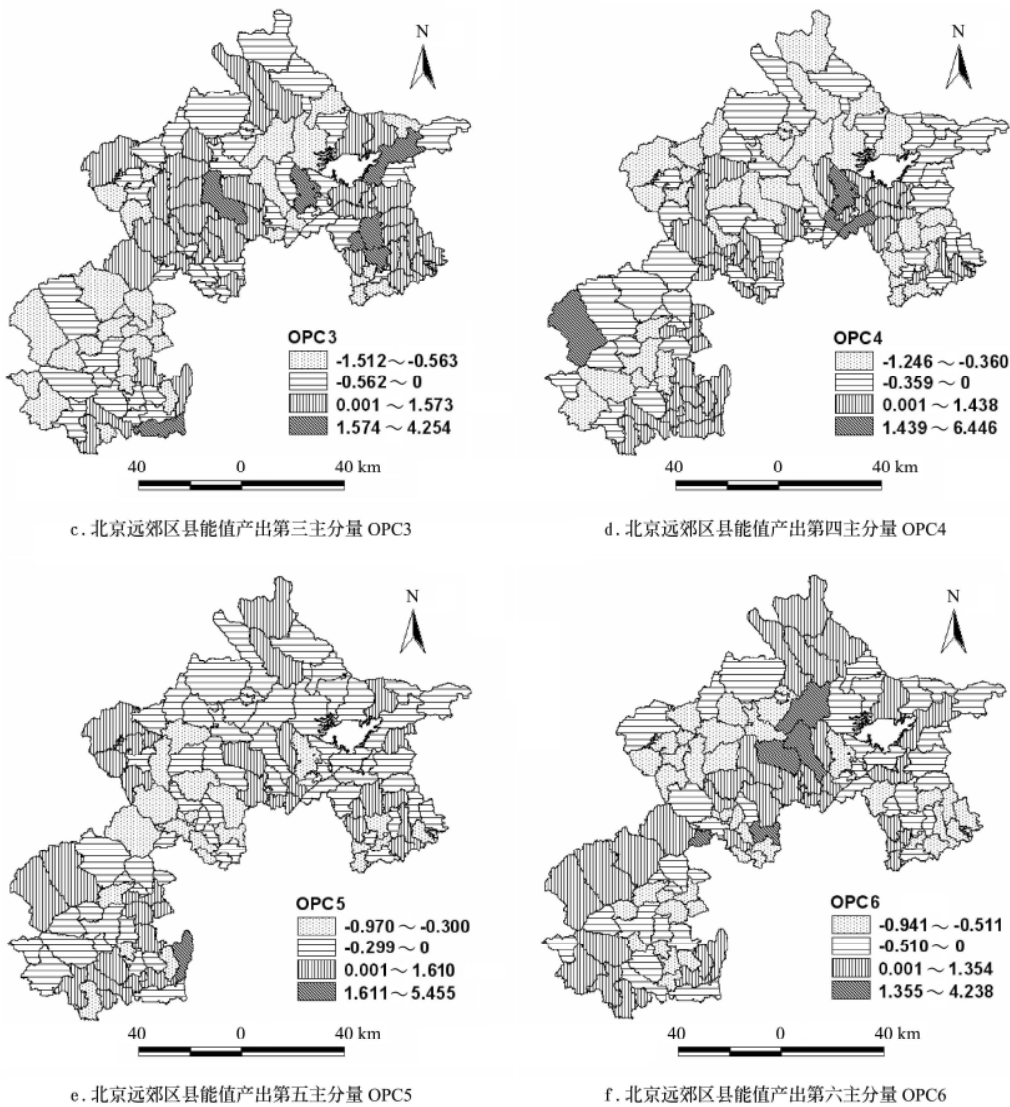


图 4 研究区产出强度的 6 个主分量  
Fig.4 Six principal components of output intensity of the study area

表 4 产出强度的权重（特征向量）  
Table 4 Weights (eigenvectors) of the output intensity

主成分	OPC1	OPC2	OPC3	OPC4	OPC5	OPC6
粮食作物	0.569	0.423	0.258	0.186	0.055	0.045
油料作物	-0.021	-0.003	-0.050	0.911	0.056	0.046
蔬菜	0.761	0.136	-0.105	-0.156	-0.028	-0.092
干鲜果	-0.077	-0.088	0.867	-0.131	0.088	0.064
猪肉	0.682	0.228	0.226	0.325	0.187	-0.033
牛肉	0.240	0.792	-0.061	0.063	-0.139	0.096
羊肉	-0.053	0.109	0.069	0.050	0.021	0.967
禽肉	0.359	0.094	0.548	0.389	-0.175	-0.002
奶类	0.097	0.855	-0.026	-0.071	0.146	0.008
蛋类	0.815	0.111	-0.038	0.003	0.055	-0.124
森林采伐	0.062	0.036	0.026	0.048	0.968	0.020
渔产品	0.781	-0.237	-0.077	-0.120	-0.101	0.225

2.3 指标关系

表 5 列出了指标的相关系数。IPC1 与 LCI 有显著的负相关（显著性水平 0.01），表明土地质量越高，农业系统对自然环境资源的投入依赖越低；土壤侵蚀风险也低。

IPC2、IPC3 与 LCI 有显著的正相关（显著性水平 0.01），表明区域土地质量越高，人工投入强度也越大。IPC4 与 LCI 的相关性很小，说明畜力和有机肥的投入基本不受土地质量的影响。OPC1 与 IPC3、LCI、IPC2、IPC4 在 0.01 显著水平下有显著正相关，表明蛋类、蔬菜、猪肉等产出、粮食作物的产出首先依赖农药、农膜及劳动力投入、其次是土地质量、化肥及农机投入以及畜力和有机肥的投入。OPC3 与 IPC2、IPC3 在 0.01 显著水平下有显著的正相关，与 IPC4 在 0.05 显著水平下有相关性，表明干鲜果的产出首先依赖化肥及农机投入、农药、农膜及劳动力投入，其次依赖畜力和有机肥的投入。OPC4 与 IPC2、IPC4 在 0.01 显著水平下有显著的正相关，表明油料作物的产出主要依赖化肥及农机投入和畜力和有机肥的投入。OPC5、OPC6 与 LCI 和各项投入没有相关性。

受城市扩张的影响，北京平原区的耕地资源成为非农业用地，促使远郊区县的农业在北京市农业中的地位越来越重要。尤其是 20 世纪 90 年代中期城市化高速发展时期，远郊区县的农业总产值迅速增加。然而，根据

上述相关性分析，农业产出的增加主要是依赖大量的不可更新资源来获得大宗的粮食作物、肉蛋类和蔬菜。无疑，用机械化动力替代人工劳动力、用农业化肥和农药等替代有机肥等增强了农业土地利用投入强度，而与可更新能量相比，不可更新能量的投入降低了农业可持续性。因此，为了增加农业可持续性，需要终止较大的不可更新投入。

表 5 指标的双变量相关系数  
Table 5 Bivariate correlation coefficients of indices

	LCI	IPC1	IPC2	IPC3	IPC4
LCI	1.00	-0.54**	0.32**	0.26**	0.20*
OPC1	0.52**	-0.23*	0.26**	0.55**	0.28**
OPC2	0.17	-0.03	0.27**	0.01	0.24*
OPC3	0.09	0.17	0.29**	0.29**	0.24*
OPC4	0.15	0.06	0.34**	-0.15	0.39**
OPC5	0.08	-0.01	0.14	0.10	-0.08
OPC6	0.12	0.13	0.06	-0.08	0.11

注：\*\* 表示显著水平 0.01；\* 表示显著水平 0.05。

2.4 农业土地利用强度

通过 K-means 聚类分析，使用农业投入和产出强度指数将农业强度分成 6 类（图 5，表 6）。从能值角度，高投入高产出强度的农业土地利用系统包含 2 个乡镇，房山的琉璃河和密云的西田各庄，该类型土地质量条件好，农业能值投入都很高，尤其是化肥、工业化条件、劳动力、有机肥和种子的投入，其能值产出也很高，尤其是粮食作物、油料作物、鲜果、猪肉和禽肉的产出。低投入高产出强度的乡镇主要集中在房山、延庆和平谷，这里土地质量条件好，除了农药和农膜外其他农业投入都很低，而产出却很高，尤其是蔬菜、牛肉、奶类、蛋类、木材和水产品。低投入中产出强度包含了北京山区 34% 的乡镇，主要位于昌平、密云、房山、延庆和平谷，

这些乡镇主要位于城乡结合带，快速的城市扩展导致了北京冲积平原地区大量农业用地处于即将丧失的状态，因此这里的农民对这种随时都会丧失的农业用地的投入强度必然减少，从而导致了这些乡镇的投入强度很低，然而依赖较高的土地生产潜力，其产出中等。低投入低产出强度占了山区乡镇的 27%，分布在密云北部、门头沟西部、延庆东部、房山北部和平谷东部，这里相对较低的土地质量导致了低强度的农业活动。中等投入产出强度包括 9 个乡镇，分布零散，在 7 个区县均有分布。中投入低产出强度包括 21% 的乡镇，这里的土地质量相对较低，但这里的干果能值产出非常高，这与该区位于山区的中山地带有关，适于发展林果业。

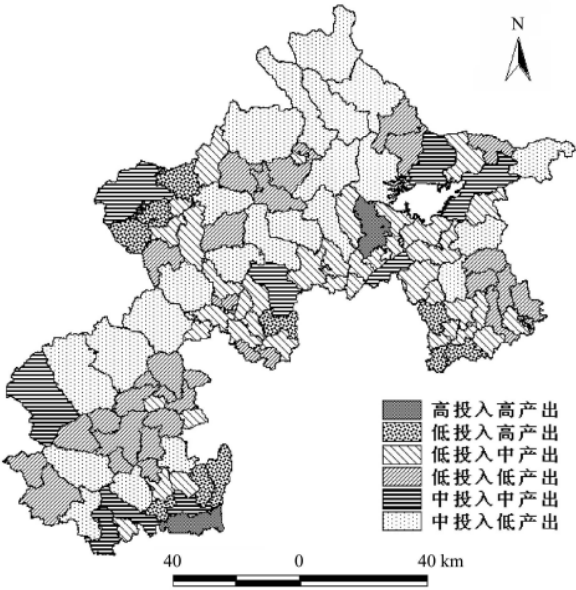


图 5 研究区农业土地利用强度分类  
Fig.5 Agricultural land use intensity classification of the study area

表 6 乡镇级上 6 种类型农业强度指数  
Table 6 Six types of agricultural intensity indices at town level

	In	Out	LCI	IPC1	IPC2	IPC3	IPC4	OPC1	OPC2	OPC3	OPC4	OPC5	OPC6	乡镇个数
高投入高产出	1.61	1.32	0.87	0.29	3.52	0.13	2.96	1.61	0.19	2.92	3.62	-0.38	-0.39	2
低投入高产出	0.16	0.99	0.85	-0.42	0.25	1.45	0.29	1.94	1.23	-0.53	-0.39	0.87	0.03	10
低投入中产出	-0.22	0.10	0.82	-0.56	-0.02	-0.02	0.14	0.18	0.12	0.01	0.06	-0.07	0.16	38
低投入低产出	-0.49	-0.46	0.62	-0.40	-0.55	-0.63	-0.49	-0.65	-0.53	-0.43	-0.22	-0.10	-0.51	30
中投入中产出	0.70	0.41	0.75	0.25	1.52	0.30	0.72	0.46	0.49	0.78	0.47	-0.09	0.13	9
中投入低产出	0.48	-0.17	0.61	1.29	-0.10	0.04	-0.19	-0.59	-0.07	0.31	-0.35	-0.09	0.37	23

3 结 论

土地利用强度作为土地利用/覆被变化研究中的一个新热门问题，主要涉及到农业方面。该研究以能值分析为基础，运用统计分析方法研究了北京远郊区县的土地利用强度的空间分布。

1) 通过 PCA 提取的主成分有助于认识北京远郊区县农业投入和产出结构。农业投入主要是以自然资源和不可更新的经济投入为主，而产出结构主要是以大宗的粮食作物、蔬菜、蛋类和肉类为主。PCA 为每个分量

计算了让人满意的得分，这为决策管理者提供了明确的分值信息，有助于进行区域土地利用强度的进一步评价。

2) 通过相关分析得到了北京远郊区县土地质量、农业投入强度和农业产出强度的相关模式，为评价土地利用强度提供了信息。

3) 通过聚类方法得到了北京远郊区县农业土地利用强度的 6 个类型，为管理者提供了土地利用分析的基本度量标准和指导方针，有助于评价农业土地利用的可持续性和为空间调控提供了分布信息。

研究结果表明，综合考虑农业系统的农业投入（包

括可更新自然资源和不可更新资源的投入)和农业产出,并用能值方法将农业投入产出数据转换到一个共同的标准进行农业土地利用强度的表征使得研究结果更具有可解释性和区域对比分析,也更加体现了可持续性发展的观点。

### [参 考 文 献]

- [1] Lambin E F, Rounsevell M D A, Geist H J. Are agricultural land use models able to predict changes in land-use intensity?[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 82: 321—331.
- [2] Nielsen N O. The meaning of health[J]. *Ecosystem Health*, 1999, 5: 65—66.
- [3] Shriar A J. Agricultural intensity and its measurement in frontier regions[J]. *Agroforestry Systems*, 2000, 49: 301—318.
- [4] Kerr J T, Cihlar J. Land use and cover with intensity of agriculture for Canada from satellite and census data[J]. *Global Ecology & Biogeography*, 2003, 12(2): 161—172.
- [5] Wrbka T, Erb K-H, Schulz N B, et al. Linking pattern and process in cultural landscapes. An empirical study based on spatially explicit indicators[J]. *Land Use Policy*, 2004, 21(3): 289—306.
- [6] Brown M T, Vivas M B. Landscape development intensity index[J]. *Environmental Monitoring Assessment*, 2005, 101: 289—309.
- [7] Diggelen R V, Sijtsma F J, Strijker D, et al. Relating land use intensity and biodiversity at the regional scale[J]. *Basic and Applied Ecology*, 2005, 6: 145—159.
- [8] Herzog F. Assessing the intensity of temperate European agriculture at the landscape scale[J]. *Europ J Agronomy*, 2006, 24: 165—181.
- [9] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究[J]. *自然资源学报*, 1997, 12(2): 105—111.  
Zhuang Dafang, Liu Jiyan. Study on the model of regional differentiation of land use degree in China[J]. *Journal of Natural Resources*, 1997, 12(2): 105—111. (in Chinese with English abstract)
- [10] 丁忠义, 郝晋珉, 李涛, 等. 区域土地利用强度内涵及其应用——以河北省曲周县为例[J]. *中国土地科学*, 2005, 19(5): 19—24.  
Ding Zhongyi, Hao Jinmin, Li Tao, et al. Connotation and its application of regional land use intensity—a case study of Quzhou county in Hebei province[J]. *China Land Science*, 2005, 19(5): 19—24. (in Chinese with English abstract)
- [11] 王国杰, 廖善刚. 土地利用强度变化的空间异质性研究[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(4): 611—614.  
Wang Guojie, Liao Shangang. Spatial heterogeneity of land use intensity[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(4): 611—614. (in Chinese with English abstract)
- [12] Odum H T. *Environmental Accounting: Emery and Environmental Decision Making*[M]. New York: John Wiley & Son, 1996.
- [13] Zhang Lixiang, Yang Zhifeng, Chen Guoqian. Emery analysis of cropping-grazing system in Inner Mongolia Autonomous Region, China[J]. *Energy Policy*, 2007, 35: 3843—3855.
- [14] Martin J F, Diemont S A W, Powell E, et al. Emery evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 115: 128—140.
- [15] Chen Guoqian, Jiang Meiming, Chen Bin, et al. Emery analysis of Chinese agriculture[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 115: 161—173.
- [16] 孙丹峰, 李红, 周连第. 北京山区农业资源可持续利用与数字山区建设[R]. 北京: 北京市农林科学院, 2004.
- [17] Curtis J H, Civtor B S, Steven M J. Preliminary ecological land classification of the Chauga Ridges Region of South Carolina[J]. *Forest Ecology and Management*, 1999, 114: 385—393.
- [18] Levia D F, Page D R. The use of cluster analysis in distinguishing farmland prone to residential development: A case study of sterling, Massachusetts[J]. *Environmental Management*, 2000, 25: 541—548.
- [19] Sun Danfeng, Dawson R, Li Baoguo. Agricultural causes of desertification risk in Minqin, China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2006, 79: 348—356.

## Agricultural land use intensity based on emery analysis

Zhang Weiwei<sup>1,2</sup>, Li Hong<sup>2\*</sup>, Huo Xiaoni<sup>1</sup>, SunDanfeng<sup>1</sup>, Zhou Liandi<sup>2</sup>

(1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Institute of System Comprehensive Development, Beijing Academy of Agriculture and Forest Science, Beijing 100097, China)

**Abstract:** Since the change of regional land use pattern influences agricultural system with the urban expansion and population growth, an approach to quantify agricultural land use intensity on a common basis is very necessary. Taking Beijing suburban districts and counties as a case, agricultural land use intensity through principal component analysis (PCA) and cluster analysis was investigated to identify its characteristics and types with translating each form of socio-economic data into its solar emery by way of a conversion factor (transformity). In the study areas four indices of agricultural input intensity and six indices of output intensity were identified, then those components were combined to input intensity index and output intensity index, respectively. Six types of agricultural intensity were identified through K-means cluster analysis using intensity indices, and 34% of the experimental towns belong to low input and moderate output intensity, while 27% of the experimental towns belong to low input and low output intensity. The results showed PCA could provide available indices of land use intensity for an overall assessment of regional agricultural land use intensity, and the emery method could make the results more solubility.

**Key words:** agricultural land use intensity, principal component analysis, cluster analysis, emery, Beijing