

基于能值分析的江苏省耕地生态足迹区域差异

段七零

(江苏省扬州科技学院, 扬州 225000)

摘 要 以江苏省耕地生态足迹为研究对象,在考虑不同地区的土地利用效率的基础上,把太阳辐射、降水量、土壤肥力、土地利用效率、耕地面积等作为构成承载力的实质因素,计算了江苏省不同地区的耕地生态承载力。研究结果表明:就人均耕地生态承载力而言,苏北地区普遍大于苏中和苏南地区,盐城市、淮安市和宿迁市最大,无锡市、南京市和苏州市最小。就人均耕地生态足迹而言,苏南地区普遍小于苏北和苏中地区,盐城市、南通市和淮安市最大,而无锡市、苏州市和常州市最小。江苏省 13 个地市的生态差额指数都小于 0.5,即耕地都处于不可持续性状态,其区域差异是:南北两端好于中部,南端的苏州市、无锡市最好,而江苏中部,又是中间好于东西两侧,东侧的南通市、盐城市最差。

关 键 词 能值分析;江苏省;耕地生态足迹;生态差额指数;区域差异

1 引言

20 世纪 90 年代由 Rees 和 Wackernagel 提出的生态足迹模型^[1],考虑了自然资源的再生与替代能力、生命支持系统的循环与净化能力以及生物多样性保护等方面,将人类对资源的消费和排放的废弃物,换算成生产性土地面积并与现存的土地面积比较来衡量人类社会的可持续发展状况。计算结果直观明了,具有区域可比性,因此,此模型很快成为环境可持续发展度量的一个重要方法^[2-4]。然而,生态足迹分析基本理论不足,一些假设倍受置疑^[5-7]。我们知道,不同类别的能量存在质与价值的根本差异,不可作简单的加减和比较。H.T.Odum 创立的能值分析理论,以热力学第二定律和能量传递规律为基础,把生态系统或生态经济系统中不同种类、不可比较的能量转换成同一标准的能值来衡量和分析,以评价其在系统中的作用和功能^[8-10]。与生态足迹理论相比,能值分析理论有较强的理论支撑和学科基础^[11]。因此,不少学者开始在生态足迹计算中引入能值分析理论。例如,张芳怡等人^[12]以江苏为例将能值分析理论应用到传统生态足迹模型之中,王建源等人^[13]运用能值分析理论对山东省生态足迹进行研究。他们发现,基于能值分析的生态足迹比传统

生态足迹的计算结果更能真实地反映生态可持续的状况。但在他们的研究中,仍有一些遗憾:研究区域尺度主要是省区,没有关于省内某区域的研究,更没有省内不同区域的差异研究;在生态足迹计算中,仍是将 6 种类型的生态生产性土地汇总,而显示不出哪个组分的赤字或赢余状况;衡量可持续发展状况时,仍用生态赤字或赢余的绝对数来表示,而绝对数指标没有相对数指标更利于区域之间的比较;计算生态承载力时,没有考虑到不同区域土地的利用效率对生态承载力的影响。

本文以江苏省 13 个地市耕地生态足迹为研究对象,尽量克服前人运用能值理论在计算生态足迹过程中存在的不足,进一步完善能值理论与生态足迹的结合。另外,由于江苏省南北纬度跨度大、东西干湿变化明显,因此,研究其耕地生态足迹的区域差异,对认识不同地区耕地利用的可持续性和合理利用耕地资源有着重要的意义。

测算程序为:用区域内资源的总能值除以全球能值密度,再除以区域人口,并用产量因子修正,得到区域人均耕地生态承载力;求出各项消费项目所含的能值之和,除以区域人口,再除以全球能值密度,得出区域人均耕地生态足迹;计算生态差额指数,衡量区域耕地生态可持续状况。

收稿日期:2008-02;修订日期:2008-06。

基金项目:国家自然科学基金项目(40501005),国家科技支撑计划项目(2006BAD20B05-03)。

作者简介:段七零(1970-),男,副教授,主要研究方向为区域差异与空间格局。E-mail:duanqiling@yahoo.com.cn

2 基于能值分析的耕地生态足迹的计算方法

2.1 人均耕地生态承载力

为了更好地理解生态承载力,将自然资源分为可更新资源和不可更新资源两类。由于不可更新资源的消耗速度要快于其再生速度,随着人类的不断利用,会日益枯竭,只有利用可更新资源,生态承载力才具有可持续性。因此,本文把生态承载力定义为能够支持某一地区人口消费的、可以再生的、持续利用的自然资源总量。耕地的主要作用是生产粮食、棉花、油料作物等生活必需品。这些农产品的生产所需的基本能源是太阳辐射能、雨水化学能和土壤储能,因此,在确定耕地生态承载力时,主要考虑这些可更新资源的能值。人均耕地生态承载力(BC)计算公式为:

$$BC = \frac{E}{N \times D} \times Y \quad (1)$$

式中: E 为研究区域地表可更新资源的能值; D 为全球地表能值密度; N 为区域人口总量; Y 为产量因子,为当地产量与全球平均产量的比率,以此反映不同区域的土地利用效率。全球地表能值密度(D)的计算公式为^[14]:

$$D = \frac{e_1 + 0.03e_2}{A} \quad (2)$$

式中: A 为地表生物圈的面积,等于 $1.278 \times 10^{10} \text{hm}^2$; e_1 为地表生物圈可再生资源的主要能值,等于 $1.58 \times 10^{25} \text{sej} \cdot \text{a}^{-1}$; e_2 是全球表土层的能值,等于 $7.96 \times 10^{26} \text{sej} \cdot \text{a}^{-1}$ 。通过计算得出 $D = 3.1 \times 10^{15} \text{sej} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

2.2 人均耕地生态足迹

首先计算粮、棉、油等各项消费项目所含的能值之和,除以区域人口,得出区域人均消费总能值,再除以全球平均能值密度,就可得到区域人均耕地生态足迹(EF)。其计算公式为:

$$EF = \frac{E_m}{D} = \frac{E_{mi}}{N \times D} = \frac{E_{mi} \times M_i}{N \times D} \quad (3)$$

式中: E_m 为区域人均消费总能值; E_{mi} 为第 i 种消费项目的能值; E_i 为第 i 种消费项目含的有效能; M_i 为第 i 种消费项目的太阳能值转换率; N 为区域人口; D 为全球平均能值密度。

2.3 耕地生态差额指数

前人研究中,仍用生态赤字或盈余,即仍用生

态差额的绝对数表示生态可持续状况,而该指标不能真正反映一个区域土地可持续利用的状况,更不能进行不同地区的比较。假设甲地的 EF 为 0.2、BC 为 0.17,则其生态赤字为 0.03;乙地的 EF 为 0.025、BC 为 0.005,则其生态赤字为 0.02。甲地的生态赤字比乙地大,表面上似乎甲地不可持续状况更严重。而实际上,甲地的生态足迹与生态承载力的差距很小,乙地的生态足迹与生态承载力的差距却很大,故甲地的可持续发展程度高,乙地的程度低。因此,本文引入生态差额指数(Ecological Gap Index, 简称 EGI)这一相对指标,表示耕地可持续利用的状况,其计算公式为:

$$EGI = \frac{BC}{BC + EF} \quad (4)$$

上述甲地的 EGI 为 0.459,而乙地仅为 0.167,这就能很好地说明甲地的可持续发展程度高于乙地。从式(4)可看出,EGI 介于 1 和 0 之间,当 EGI 等于 0.5 时,说明生态承载力与生态足迹二者处于平衡状态,是耕地可持续发展与不可持续发展的临界点;当 EGI 趋近于 1 时,生态承载力大大超过生态足迹,说明耕地可持续发展程度很高;当 EGI 趋近于 0 时,生态足迹大大超过生态承载力,说明耕地处于极度不可持续状态。根据生态差额指数远离 0.5 的程度,可以判断出耕地可持续发展的程度。

3 江苏省耕地生态足迹的区域差异

3.1 江苏省耕地生态承载力要素的区域差异

本文研究江苏省耕地生态承载力时主要考虑太阳辐射能、降水和土壤这些构成耕地生产力的重要因素^[20],这三个因素的区域差异状况如下:

3.1.1 太阳辐射能的区域差异

根据气候学方法用天文辐射、日照时数、日照百分率计算出江苏省各地的年总辐射在 $110 \sim 129 \text{kcal/cm}^2$ 之间。根据全省全年总辐射等值线的穿越情况,各行政区域年辐射总量的分布如图 1。

由图 1 可以看出,总辐射由南向北逐渐增大,其中徐州最大,达 120kcal/cm^2 ,无锡和常州最小,为 110kcal/cm^2 ,其余地区在 115kcal/cm^2 左右。

3.1.2 降水资源的区域差异

江苏省年降水量在 $800 \sim 1200 \text{mm}$ 之间。南部多于北部,沿海多于内陆,低山丘陵多于平原。年降水量的高值区在西南部的宜溧低山丘陵,最多在宜

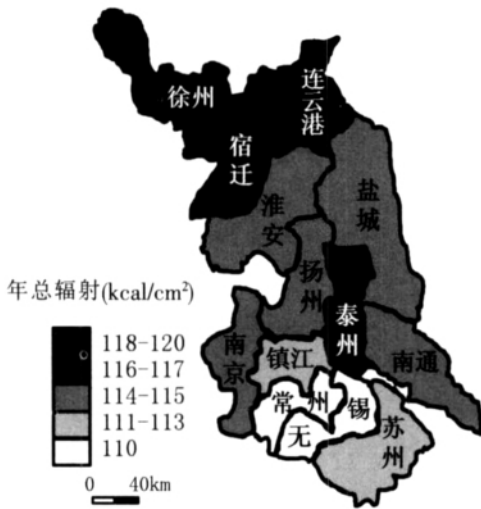


图 1 江苏省太阳辐射的区域分布

Fig.1 Regional distribution of solar radiation in Jiangsu

兴,超过 1150mm;年降水量低值区在西北,丰县最少,不足 800mm(图 2),从东南沿海向西北内陆逐渐减少。1000mm 降水量的等值线位于洪泽湖、苏北灌溉总渠沿线。

3.1.3 土壤资源的区域差异

根据 2004 年全国国土资源大调查的研究成果,江苏省耕地从耕层土壤厚度、障碍层深度、表土质地、有机质含量、pH 值、排灌条件、盐渍化和侵蚀程度等 9 个指标,并考虑到耕地的利用情况,如农田道路交通、水利等基本设施建设和完善水平的差异,将耕地质量分为 8 个等级^[15]。各地市都具有多种耕地质量等级。

3.2 江苏省人均耕地生态承载力的区域差异

虽然在公式(1)中,考虑到不同区域的土地利用效率,以产量因子来平衡生态承载力。即使这样,也不能完全反映一个地区耕地的真正生态承载力。因为每个地区的耕地又都具有不同的等级,例如 1hm² 的沿海沙瘦盐土地是不能和 1hm² 的肥沃良田相提并论的。因此,只用平均粮食产量是不能真正反映耕地生态承载能力的。这里我们建立“耕地质量等级系数(或叫标准亩系数)”的概念,将各等级耕地面积乘以等级权重系数,即可转换成标准亩。

在生产实践中,各地区的实际亩产量与耕地质量等级面积比例有着密切的关系。即优良等级的耕地面积越大,粮食的产量越高;反之,劣等地占的面积越大,粮食产量越低。因此可以用多元回归线性方程求解各等级耕地在粮食产量上的差别。进行计

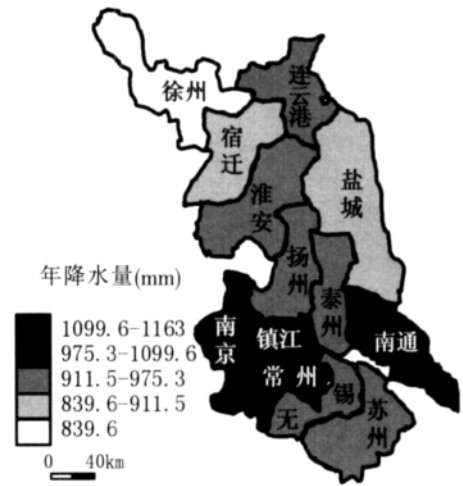


图 2 江苏省年降水量的区域分布

Fig.2 Regional distribution of annual precipitation in Jiangsu

算时,将每一等级耕地的面积百分比作为自变量选入回归方程。求解的回归方程如下:

$$Y=a_1x_1+a_2x_2+a_3x_3+\dots+a_mx_m \quad (5)$$

式中:Y 表示各地区的实际产量(5 年以上的平均产量); $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ 表示各地区不同等级耕地面积占整个地区耕地面积的比重(%); $a_1, a_2, a_3, \dots, a_m$ 表示各等级耕地的产量变动系数,即当各等级耕地面积比重变动 1%时,引起的产量变化。这个变动系数实际上就表示了各等级耕地面积相同时,在产量上的数量差别,我们叫做“耕地质量等级系数或标准亩系数”。可以把耕地质量等级系数定义为单位面积某等耕地质量(常用产量表示)与标准耕地(常取面积最大的某等地)的质量之比。

为了便于计算,增加实用性和易读性,将原来的 8 个等级,缩减为 3 个等级,即 1、2 等级合并为一等地,3、4、5 等级合并为二等地,6、7、8 等级合并为三等地。我们以 13 个地市中 68 个县域作为抽样单位,对各抽样单位的三个等级耕地的面积百分比和近 5 年(2001~2005 年)粮食平均单产的数据按式(5)组成回归方程求解,得出下列回归方程:

$$Y=4.91x_1+4.2x_2+3.8x_3 \quad (6)$$

通过方差分析对回归方程(6)进行检验,检验结果见表 1。显著性水平为 0.0174,小于 0.05,说明回归效果是显著的,回归方程是有效的。回归方程中的自变量系数表示不同等级的耕地单位面积粮食产量的差别系数。如果这些不同等级的耕地面积采用标准亩来表示,就是 1 亩一等地相当于 4.9 标准亩,1 亩二等地相当于 4.1 标准亩,1 亩三等地相当

于 3.8 标准亩。若把二等耕地标准亩系数作为 1 ,则一等地标准亩系数为 1.2 ,三等地标准亩系数为 0.93。这里的“标准亩”作为一个比较标准,是个抽象的概念,其面积大小随着选取比较的对象不同而不同。本文以二等地为标准来计算。

将 13 个地市不同等级耕地的面积乘以标准亩系数,就可以得到在质量上可以比较的标准亩面积(表 2)。从表 2 可见全省各市耕地质量多处于中等水平。

当各市耕地面积标准亩确定以后,就可以用式(1)求算各市人均耕地生态承载力。首先利用各市太阳辐射能、降水化学能和标准亩耕地表土储能的 3%计算各市耕地总能值,然后除以人口数量,得出人均能值,接着用全球平均能值密度去除人均能值,最后用产量因子进行修正,即得到各市人均耕地生态承载力(表3)。

当各市耕地面积标准亩确定以后,就可以用式(1)求算各市人均耕地生态承载力。首先利用各市太阳辐射能、降水化学能和标准亩耕地表土储能的 3%计算各市耕地总能值,然后除以人口数量,得出人均能值,接着用全球平均能值密度去除人均能值,最后用产量因子进行修正,即得到各市人均耕地生态承载力(表 3)。

为了更直观地看出人均耕地生态承载力在空间上的差异,将全省各市的人均生态承载力

表 1 回归方程的检验结果
Tab.1 Test result to regression equation

变差来源	自由度	平方和	均方	F 检验	显著性水平
回归因素	3	26143.1	8714.368	3.645477	0.0174
随机因素	62	148208.5	2390.4		
总计	65	174351.6			

表 2 2005 年江苏省各地市的耕地标准亩面积
Tab.2 Standard areas of various regions in Jiangsu in 2005

地级市	一等地 面积比 (%)	二等地 面积比 (%)	三等地 面积比 (%)	05 年实有 耕地面积 (千公顷)	标准亩面积(千 公顷,以二等 地为标准)
南京	6.89	84.08	9.07	242.68	244.58
无锡	19.28	76.17	4.56	152.27	157.67
徐州	10.83	78.04	11.12	590.82	592.29
常州	25.17	71.32	3.51	169.84	177.97
苏州	35.43	64.57	0.00	257.50	275.75
南通	0.07	77.59	22.35	475.07	467.75
连云港	6.65	67.11	26.25	356.75	354.98
淮安	5.43	64.51	30.06	479.29	474.41
盐城	0.04	55.44	44.52	769.95	746.02
扬州	16.87	71.67	11.45	307.75	315.64
镇江	16.67	59.22	24.09	154.84	157.36
泰州	8.44	80.31	11.25	309.67	312.46
宿迁	0.48	97.10	2.42	439.54	439.22

表 3 2005 年江苏省各地市的人均耕地生态承载力
Tab.3 Regional differences of per capita ecological carrying capacities of cropland in Jiangsu in 2005

地级市	太阳辐射能值 (sej)	降水化学能 值(sej)	表土层 3% 能值(sej)	总太阳能 值(sej)	人口数 (万人)	人均能值 (sej/cap.)	人均耕地生态承载力 (hm ² /cap.)
南京	1.17E+19	2.05E+20	6.85E+20	9.02E+20	583.60	1.55 E+14	0.104
无锡	7.26E+18	1.17E+20	4.41E+20	5.66E+20	447.19	1.27 E+14	0.085
徐州	2.98E+19	3.84E+20	1.68E+21	2.09E+21	916.85	2.28 E+14	0.153
常州	8.19E+18	1.58E+20	4.98E+20	6.64E+20	348.96	1.90 E+14	0.128
苏州	1.29E+19	1.99E+20	7.72E+20	9.84E+20	598.85	1.64 E+14	0.111
南通	2.23E+19	4.07E+20	1.31E+21	1.74E+21	773.79	2.25 E+14	0.151
连云港	1.78E+19	2.58E+20	9.94E+20	1.27E+21	468.81	2.71 E+14	0.182
淮安	2.28E+19	3.43E+20	1.33E+21	1.69E+21	524.06	3.23 E+14	0.218
盐城	3.56E+19	5.10E+20	2.09E+21	2.63E+21	798.28	3.30 E+14	0.222
扬州	1.52E+19	2.27E+20	8.84E+20	1.13E+21	454.29	2.48 E+14	0.167
镇江	7.44E+18	1.30E+20	4.41E+20	5.78E+20	267.21	2.16 E+14	0.146
泰州	1.52E+19	2.27E+20	8.75E+20	1.12E+21	502.77	2.22 E+14	0.149
宿迁	2.15E+19	3.05E+20	1.23E+21	1.56E+21	521.39	2.99 E+14	0.201

注：原始数据来源于江苏统计年鉴(2006)

结合 GIS作图(图 3)。由图 3 可见 ,苏北地区人均耕地生态承载力普遍大于苏中和苏南地区 ,盐城市、淮安市和宿迁市最大 ,而无锡、南京和苏州市最小。

3.3 江苏省人均耕地生态足迹的区域差异
根据江苏省各地市的粮棉油产量和能量折算

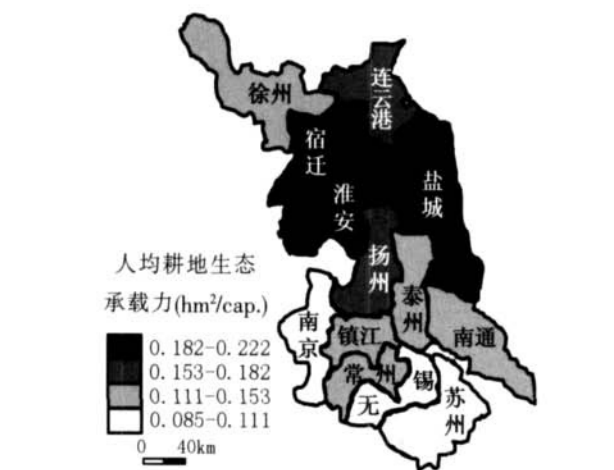


图 3 2005 年江苏省人均耕地生态承载力的区域分布
Fig.3 Regional distribution of per capita ecological carrying capacities of cropland in Jiangsu in 2005

系数 ,将产量换算成能量 ,然后按照太阳能值转换率 ,换算成能值。最后根据全球能值密度和区域人口数量 ,计算出各地市的人均耕地生态足迹(表 4) ,其区域分布如图 4。

从图 4 可以看出 ,苏南的人均耕地生态足迹普遍小于苏北和苏中地区 ,盐城市、南通市和淮安市

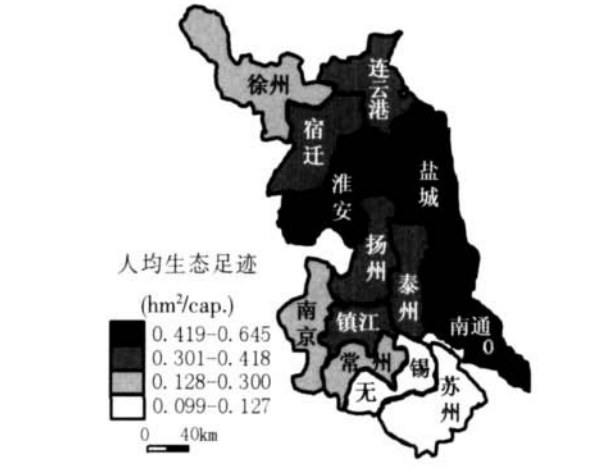


图 4 2005 年江苏省人均耕地生态足迹的区域分布
Fig.4 Regional distribution of per capita ecological footprint of cropland in Jiangsu in 2005

表 4 2005 年江苏省各地市的人均耕地生态足迹与生态差额指数

Tab.4 Per capita ecological footprints and EGI of cropland of various regions in Jiangsu in 2005

地级市	粮食能值(sej)	棉花能值(sej)	油料能值(sej)	粮棉油总能值(sej)	人均生态足迹(hm²/cap.)	生态差额指数
南京	9.35E+20	8.70E+19	3.62E+21	4.64E+21	0.255	0.29
无锡	7.42E+20	0.00E+00	6.33E+20	1.38E+21	0.099	0.46
徐州	2.91E+21	1.20E+21	3.43E+21	7.55E+21	0.264	0.37
常州	9.69E+20	5.29E+18	1.47E+21	2.45E+21	0.225	0.36
苏州	1.08E+21	1.07E+20	1.19E+21	2.38E+21	0.127	0.47
南通	2.76E+21	7.57E+20	7.49E+21	1.10E+22	0.456	0.25
连云港	2.38E+21	6.92E+20	2.33E+21	5.40E+21	0.309	0.37
淮安	3.05E+21	6.79E+19	3.73E+21	6.85E+21	0.419	0.34
盐城	4.23E+21	3.98E+21	7.85E+21	1.61E+22	0.645	0.26
扬州	1.87E+21	1.50E+20	2.36E+21	4.39E+21	0.310	0.35
镇江	9.05E+20	2.53E+19	1.58E+21	2.51E+21	0.301	0.33
泰州	2.36E+21	3.52E+20	2.75E+21	5.46E+21	0.348	0.30
宿迁	2.79E+21	2.13E+20	2.68E+21	5.68E+21	0.349	0.37

最大 ,而无锡市、苏州市和常州市最小。

3.4 江苏省耕地生态差额指数的区域差异

将各市耕地的人均生态承载力与人均生态足迹的数据代入式(4) ,计算得出各市的生态差额指数(表 4) ,其空间分布见图 5。

江苏省各市耕地的 EGI 都小于 0.5 ,说明各市耕地都处于不可持续状态。其地区差异表现为 :从

南北来看 ,南北两端好于中部 ,南端的苏州市、无锡市最好 ,其次是北端的徐州市、连云港市、宿迁市 ;在江苏中部 ,中间的常州市、扬州市、镇江市、淮安市好于西侧的南京市和东侧的盐城市、南通市、泰州市 ,其中南通市、盐城市最差。其原因可能是 ,就人类对耕地资源的索取来讲 ,南通市和盐城市从耕地中索取的资源量与耕地每年提供的可再生资源量的差值大于苏州市和无锡市的情况 ,例如 ,高耗

能的棉花和油料作物在南通和盐城的种植面积远远大于 EGI 最好的苏州和无锡。南通又是江苏省复种指数最高的地区，例如 2004 年江苏省复种指数平均为 1.84，南通市已达 2.34，复种指数越高，从耕地中索取的资源就越多。经济发达的苏南地区，土地利用和管理的科学技术水平和能力，要比其他地区强，使得苏南地区的人均耕地生态足迹普遍较小。另外，苏南土地肥沃的程度高于苏北地区，在一定程度上提高了耕地的生态承载力，因此可持续发展程度也就相对高一些。

4 结论与讨论

(1)本文在前人研究的基础上，进一步完善了运用能值理论计算生态足迹的过程。如：将研究区域尺度由省域深入到省内各地区间的比较，将耕地生态足迹单列出来作为研究对象；计算生态承载力时，运用产量因子来平衡不同地区的土地利用效率；在评价生态可持续性时，提出了生态差额指数这一相对指标来代替生态赤字或盈余。

(2)在耕地生态承载力研究中，把太阳辐射、降水量、土壤肥力、土地利用效率、耕地面积等作为构成承载力的实质因素；在考虑耕地质量的基础上，建立了“耕地质量等级系数”和“标准亩”的概念，用耕地质量等级系数换算成标准亩，以便各地区之间进行耕地面积的比较。

(3)就人均耕地生态承载力而言，苏北地区普遍大于苏中和苏南地区，盐城市、淮安市和宿迁市最大，无锡市、南京市和苏州市最小。就人均耕地生态足迹而言，苏南地区普遍小于苏北和苏中地区，盐城市、南通市和淮安市最大，而无锡市、苏州市和常州市最小。

(4)江苏省各市耕地的生态差额指数都小于 0.5，说明各市耕地都处于不可持续状态。其区域差异是：从南北来看，南北两端好于中部，南端的苏州市、无锡市最好；在江苏中部，中间稍好于东西两侧，东侧的南通市、盐城市最差。

(5)在运用能值分析计算生态足迹的过程中，由于产量折算成能量的换算系数的求算以及能值转换率的确定是一项复杂的工作，可能存在着误差，致生态足迹计算结果不太准确，有待以后进一步完善。另外，对江苏省耕地生态可持续性的区域差异的空间动态预测将是以后进一步研究的重点。

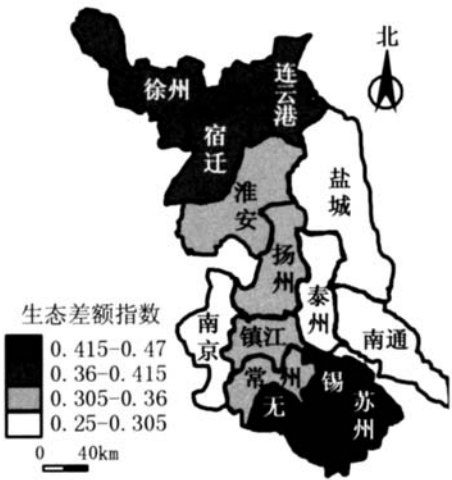


图 5 江苏省耕地生态差额指数的区域分布
Fig.5 Regional distribution of cropland's EGI in Jiangsu

参考文献

[1] Wackernagel M, Rees W. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.

[2] 李利锋，成升魁. 生态占用——衡量可持续发展的新指标. 自然资源学报, 2000, 15(4): 375-382.

[3] 杨开忠，杨咏，陈洁. 生态足迹分析理论与方法. 地理科学进展, 2000, 15(6): 630-636.

[4] 胡小飞，代力民，陈伏生等. 基于生态足迹模型的延边地区可持续发展评价. 生态学杂志, 2006, 25(2): 129-134.

[5] Ferguson A R B. The logical foundations of ecological footprints. Environment, Development and Sustainability, 1999, 1(2): 149-156.

[6] Van Vuuren D P, Smeets E M W. Ecological footprints of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands. Ecological Economics, 2000, 34(1): 115-130.

[7] Erb K H. Actual land demand of Austria 1926-2000: a variation on ecological footprint assessments. Land Use Policy, 2004, 21(3): 247-259.

[8] Odum H T. Emergy in ecosystems. In: Poluin, N. ed. Ecosystem Theory and Application. New York: Kohn Wiley & Sons, 1986, 337-369.

[9] Odum H T. Self-organization, transformity and information. Science, 1988, 242: 1132-1139.

[10] Odum H T. Environmental accounting. Emergy and environmental decision making. New York: Wiley, 1996.

[11] Zhao S, Li Z Z, Li W L. Modified method of ecological footprint calculation and its application. Ecological modeling, 2005, 185(1): 65-75.

[12] 张芳怡，濮励杰，张健. 基于能值分析理论的生态足迹模型及应用——以江苏省为例. 自然资源学报, 2006, 21

- (4) 653~661. 化学工业出版社, 2002, 3~128.
- [13] 王建源, 陈艳春, 李曼华 等. 基于能值分析的山东省生态足迹. 生态学杂志, 2007, 26(9): 1505~1510. [15] 周生路, 李如海, 王黎阳 等. 江苏省农用地资源分等研究. 南京: 东南大学出版社, 2004, 11~22.
- [14] 蓝盛芳, 钦 佩, 陆宏芳. 生态经济系统能值分析. 北京:

Regional Difference of Ecological Footprints of Cropland in Jiangsu Province Based on Emergy Analysis

DUAN Qiling

(Yangzhou College of Science and Technology, Yangzhou 225000, China)

Abstract: Some scholars have calculated ecological footprint using the theory of emergy analysis. But there are some drawbacks in their studies. This paper singles out the ecological footprint of cropland from 6 types of land use as study topic focusing on the regional differences in Jiangsu province, revises the ecological carrying capacity with productivity factor because land use efficiencies vary across regions, and uses ecological gap index (EGI) in place of ecological deficit or remainder to evaluate the ecological sustainability. In the research of ecological carrying capacity of cropland, the solar radiation, precipitation, soil fertility, the efficiency of land use and area of cropland are considered as natures of ecological carrying capacity, and a new concept of "standard area" is established in terms of the quality class of cropland. In Jiangsu province, ecological carrying capacity of cropland in northern region is more than that in the middle and southern regions, that is, Yancheng, Huaian and Suqian have the highest ones while those Wuxi, Nanjing and Suzhou are the lowest. Ecological footprint of cropland in southern region is less than that in the middle and northern regions, that is, Yancheng, Nantong and Huaian have the greatest ones while those Wuxi, Suzhou and Changzhou are the least. Ecological gap indexes of cropland of all 13 regions in Jiangsu are all lower than 0.5, which means croplands uses are unsustainable. Cropland's EGI in the middle part is lower compared with southern and northern parts, and the midst is better than the eastern and western districts in Jiangsu's middle part. Suzhou and Wuxi have the highest EGI, and that Nantong and Yancheng have the lowest EGI. The results can be helpful for integrating the theory of emergy analysis to the conventional model of ecological footprint and for sustainable use of cropland in this province.

Key words: emergy analysis; Jiangsu province; ecological footprint of cropland; ecological gap index (EGI); regional difference