

基于作物生态足迹的江苏省市域种植业可持续发展研究

宋知远, 朱利群* (南京农业大学农村发展学院, 江苏南京 210095)

摘要 以江苏省各地市种植业的可持续发展情况为研究对象, 采用作物生态足迹模型和作物生态可持续指数计算并分析 2014 年江苏省 13 个地市的种植业可持续发展情况及区域差异。结果表明: 总体上看, 江苏省种植业处于生态盈余状态, 各地市种植业都处于可持续发展状态。具体表现为: 作物生态足迹、生态承载力和生态盈余均表现为由苏北向苏中、苏南递减的趋势; 各地市的作物生态可持续指数都大于 0.5, 其区域差异为苏南地区好于苏中和苏北地区, 苏南的无锡、常州、苏州、镇江和苏北的宿迁的种植业处于强可持续性状态, 其余地处于弱可持续性状态。

关键词 作物生态足迹; 作物生态可持续指数; 种植业可持续发展; 江苏省; 市域

中图分类号 S-9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)16-227-04

Study on Sustainable Development of Planting Industry in Cities of Jiangsu Province Based on Crops Ecological Footprint

SONG Zhi-yuan, ZHU Li-qun* (College of Rural Development, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095)

Abstract With sustainable development situation of planting industry in each city in Jiangsu Province as study object, using crops ecological footprint model and ecological sustainable index, the sustainable development situation and regional difference of planting industry in 13 cities in Jiangsu Province in 2014 were calculated and analyzed. The results showed that in general, planting industry in Jiangsu Province was in ecological surplus and sustainability state. For specific performance: crops ecological footprint, ecological carrying capacity and ecological surplus presented decreasing trend from northern Jiangsu Province to southern Jiangsu Province; crops ecological sustainable index in each city were all above 0.5, regional difference in southern Jiangsu Province was better than that in central and northern Jiangsu Province, planting industry in Wuxi, Changzhou, Suzhou, Zhenjiang of southern Jiangsu and Suqian of northern Jiangsu were in strong sustainable state, other cities were in weak sustainable state.

Key words Crop ecological footprint; Crop ecological sustainable index; Sustainable development of planting industry; Jiangsu Province; City level

在全球经济高度发展的同时, 水土流失、耕地退化、生态多样性减少等日益严重的生态环境问题也随之出现, 并且日趋严重。生态环境问题的普遍存在, 使世界经济与社会的发展受到制约, 严重阻碍了人类社会前进的步伐。可持续发展理念正是在这样一个大环境下被提出, 自提出起便受到了广泛的关注, 研究、评价可持续发展的不同指标体系^[1-2]也在不断地被提出。在众多指标中, 生态足迹方法得到了国内外越来越多学者的认可与推崇。生态足迹模型于 1992 年由加拿大生态学家 William Rees^[3]提出, 后经其学生 Mathis Wackernagel^[4]于 1996 年完善, 自张志强等^[5]2000 年引入国内后, 该理论迅速被应用到区域^[6-8]、地方^[9-10]、城市^[11-12]和行业^[13-14]的可持续发展定量评价中。

在经济社会发展中, 农业一直处在基础性的重要位置, 而对于整个农业领域, 种植业又是其至关重要的组成部分, 因而种植业可持续发展研究会是农业、社会可持续发展的坚实基础。当前对可持续发展评价的研究有很多, 但大多停留在对区域可持续发展^[15-16]、农业可持续发展^[17-19]等较大层面的研究, 单纯运用于对种植业可持续发展的研究比较稀缺, 已有的部分研究也只是对种植业发展的现状进行简单的定性分析^[20-21], 而缺少更为明确科学的定量评价模型^[22]。为了合理科学的对种植业可持续发展进行研究, 笔者采用国际认可度较高的衡量可持续发展的方法——生态足迹法, 并

引入作物生态可持续指数来评价种植业可持续发展程度和揭示市域间的差异性, 以期对江苏省各地市的种植业发展相关政策的制定提供一定的参考。

1 研究方法与数据来源

1.1 作物生态足迹模型

1.1.1 作物生态足迹与生态承载力。根据生态足迹理论, 可将作物生态足迹定义为“在一定时空范围内, 作物生产活动中所消耗的各类资源、能源以及消纳其排放的废弃物所占用的具有生态生产力的土地面积”。这里所说的具有生态生产力的土地面积包括两方面: ①在作物生产过程中直接提供资源的生态生产性土地, 包括耕地、淡水资源地; ②为作物生产需要使用的各种投入品的生产提供直接和间接资源的生态生产土地, 如林地、化石能源用地。作物生态承载力则为“在一定时空范围内, 自然资源最大的供给量和生态环境的容纳量对作物种植业可持续发展的支撑能力”。

根据作物生态足迹与生态承载力的定义, 其计算公式如下:

$$CEF = CLEF + CWEF + CEEF = a_1 \times r_1 + a_w \times r_w + \sum a_{ei} \times r_{ei} \quad (1)$$

式中, CEF 为作物生态足迹; $CLEF$ 、 $CWEF$ 、 $CEEF$ 分别为作物耕地足迹、作物淡水资源足迹和作物化石能源足迹; a_1 和 r_1 分别为耕地的面积和均衡因子; a_w 和 r_w 分别为用水量占用的土地面积和淡水资源地的均衡因子; a_{ei} 为使用第 i 种间接投入占用的化石能源土地面积; r_{ei} 为化石能源地的均衡因子。该研究采用《中国生态足迹报告 2012》最新均衡因子作为计算值, 其中淡水资源地的均衡因子, 采用段锦等^[23]在基于淡水资源账户和污染账户对生态足迹模型进行改进中的

基金项目 2015 江苏省大学生实践创新训练计划项目(201510307016Y)。
作者简介 宋知远(1994-), 男, 河南安阳人, 本科生, 专业: 农村区域发展。* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事区域农业与农田生态研究。
收稿日期 2016-05-23

淡水资源地的均衡因子,详情见表 1。

表 1 各类生态生产性土地的均衡因子

Table 1 Balance factor of each type ecological productive land		
生态生产性土地类型 Ecological productive land type	主要用途 Main application	均衡因子 Balance factors
耕地 Cultivated land	作物种植	2.39
林地 Forest land	木材或林产品提供	1.25
化石能源地 Fossil energy sources	吸收释放的二氧化碳	1.25
淡水资源地 Fresh water resources	淡水资源生态环境与社会经济功能	5.91

$$CEC = \sum a_j \times r_j \times y_j \tag{2}$$

式中,CEC 为作物生态承载力; a_j 为第 j 类生态生产性土地面积; r_j 为第 j 类生态生产性土地的均衡因子; y_j 为产量因子。

应该注意的是,计算作物生态承载力时,根据世界环境与发展委员会出版的《我们共同的未来》一文可知,对于所有生态系统类型,至少应有 12% 的生态承载力用于生物多样性保护,而这个标准并不足以确保生物多样性,可是从政策上又不可能太高,所以,一个区域应该预留 12% 的生态承载力用于保护区域内的生物多样性,剩下的生态承载力部分才可作为供人类生产活动利用的生态承载力^[4],公式如下:

$$CEC = 0.88 \times \sum a_j \times r_j \times y_j \tag{3}$$

1.1.2 作物生态赤字与盈余。作物生态足迹表示作物生产对自然资源的需求,而作物生态承载力体现的是区域自然条件满足作物生产需求的能力。区域作物生态足迹如果大于区域生态承载力,就出现生态赤字,表示区域种植业发展处于不可持续状态;如果小于区域生态承载力,则表现为生态盈余,表示区域种植业发展处于可持续发展状态。

1.2 作物生态可持续指数 以往的研究多采用生态赤字或盈余来表示区域生态系统的可持续发展状态,但是生态赤字或盈余都是绝对的数值,难以真正的反映一个地区资源利用的可持续程度和进行不同地区间直接比较。因此,该研究引入作物生态可持续指数(CESI)的概念,用这个相对数值来表示在作物生产过程中资源的可持续利用程度。作物生态可持续指数表示一定区域的生态资源供给满足作物生产生态需求的程度,可以反映研究区域作物生产的安全状况和可持续发展的能力,其值越大,则越能够满足需求。作物生态可持续指数用公式表示为:

$$CESI = \frac{CEC}{CEC + CEF} \tag{4}$$

根据定义可知,0 < CESI < 1。当 CESI = 0.5 时,CEF = CEC,即作物生态足迹等于作物生态承载力,两者处于一种平衡的状态,说明研究区域内可以提供的资源正好能够满足人类作物生产活动中的生态需求,由此可知,CESI = 0.5 是区域种植业可持续与不可可持续发展的临界点。根据 CESI 远离 0.5 的程度,以 0.25 为等级变化范围,可以将作物生态可持续程度自强到弱分为 4 个等级,划分标准见表 2。根据表 2 标准可以判断一个地区的种植业可持续发展程度。

表 2 作物生态可持续指数等级划分

Table 2 Grade classification of crops ecological sustainable index		
等级 Grade	作物生态可持续指数 Crops ecological sustainable index	作物生态可持续程度 Crops ecological sustainable degree
1	>0.75	强可持续性
2	0.50 ~ 0.74	弱可持续性
3	0.25 ~ 0.49	弱不可持续性
4	<0.25	强不可持续性

1.3 数据来源 数据主要来源于《江苏省统计年鉴 2015》《江苏省农村统计年鉴 2015》《江苏省 2014 年水资源公报》、联合国粮农组织数据库等。

2 结果与分析

2.1 江苏省市域作物生态足迹差异分析 运用作物生态足迹模型计算 2014 年江苏省各地市作物生态足迹与生态承载力,结果见表 3。

江苏省各地市间的作物生态足迹存在着较大的差异,各地市作物生态足迹由大到小依次为:盐城、徐州、淮安、宿迁、南通、连云港、扬州、泰州、南京、苏州、常州、镇江、无锡。通过观察可以看出,盐城、徐州、淮安、宿迁等作物生态足迹较高的地区,都是江苏省主要作物生产区,其中,盐城、徐州两市的作物产量分别占全省作物总产量的 24% 和 17%,作物的播种面积分别占全省播种面积的 19% 和 15%,作物产量和播种面积均处于全省前 2 位。正是由于它们在作物生产过程中消耗大量的自然资源,对自然生态环境的压力比较大,所以造成了这部分地区作物生态足迹较大的结果。通过观察江苏省各地市不同类型生态生产性土地在作物生态足迹构成的比例看出,各地市与江苏省总体的作物生态足迹构成基本一致,均为耕地足迹的比重最大,其次为淡水资源地,化石能源地所占比例最小。

江苏省各地市间作物生态承载力的分布差异也是比较明显的,各地市作物生态承载力由大到小依次为:盐城、徐州、淮安、宿迁、南通、连云港、泰州、扬州、苏州、南京、常州、镇江、无锡。可以看出,苏北地区的作物生态承载力普遍要大于苏中和苏南地区。作物生态承载力主要受地区水土资源的禀赋和耕地与淡水资源地的产量因子两方面的影响。江苏省的耕地和水资源的分布有明显不均的特征,无论是耕地资源还是水资源,与苏中和苏南相比,苏北都占据着明显的优势。此外,无论是耕地的产量因子,还是淡水资源地的产量因子,苏北地区都普遍高于苏中和苏南地区。

江苏省各个地市均呈现出作物生态盈余,但也存在明显差异。其中,苏北的盐城的作物生态盈余最大,苏南的南京的作物生态盈余最小,盐城的作物生态盈余甚至大于整个苏南地区的总和。

作物生态足迹、生态承载力和生态盈余均表现为从苏北到苏南递减的趋势。可是,由于作物生态足迹、生态承载力和生态盈余都是绝对数值,只能反映出一个地区资源的利用现状,并不能真正准确的反映出一个地区的资源利用程度,也不能简单地将其进行比较。该研究利用作物生态可持续

指数等相对指标进行讨论,以了解一个地区中种植业的可持续发展情况。

表 3 2014 年江苏省各地市作物生态足迹与生态承载力平衡表

Table 3 Crop ecological footprint and ecological carrying capacity balance table in each city of Jiangsu Province in 2014

10⁶ gha

地市 Cities	需求面积 Required area			生态足迹 Ecological footprint	供给面积 Supply area			生生态承 载力 Ecological carrying capacity	生态盈余 Ecological surplus
	耕地 Cultivated land	淡水资源地 Fresh water resource land	化石能源地 Fossil energy sources		耕地 Cultivated land	淡水资源地 Fresh water resource land	林地 Forest land		
江苏省 Jiangsu Province	10.02	3.53	1.65	15.20	37.20	10.20	1.60	43.12	27.93
苏南 Southern Jiangsu	2.40	1.47	0.29	4.16	9.67	1.86	0.90	10.94	6.78
苏中 Central Jiangsu	4.32	1.17	0.74	6.23	15.66	4.25	0.40	17.87	11.64
苏北 Northern Jiangsu	11.42	2.96	1.76	16.14	39.85	8.35	0.80	43.12	26.98
南京 Nanjing	0.69	0.89	0.06	1.64	2.46	0.21	0.22	2.54	0.90
无锡 Wuxi	0.38	0.11	0.04	0.53	1.41	0.25	0.17	1.61	1.08
常州 Changzhou	0.45	0.14	0.058	0.65	1.78	0.43	0.16	2.09	1.44
镇江 Zhenjiang	0.31	0.18	0.05	0.54	1.96	0.10	0.21	2.00	1.45
苏州 Suzhou	0.57	0.15	0.077	0.80	2.07	0.87	0.14	2.71	1.92
扬州 Yangzhou	1.22	0.35	0.34	1.91	4.66	1.29	0.14	5.36	3.45
泰州 Taizhou	1.36	0.38	0.14	1.88	5.10	0.91	0.13	5.41	3.53
南通 Nantong	1.74	0.44	0.26	2.44	5.90	2.05	0.13	7.11	4.67
连云港 Lianyungang	1.60	0.43	0.33	2.36	5.79	1.87	0.15	6.87	4.51
宿迁 Suqian	1.70	0.46	0.29	2.45	6.08	2.23	0.15	7.44	4.99
徐州 Xuzhou	2.72	0.65	0.41	3.78	8.91	0.88	0.18	8.77	4.99
淮安 Huaian	1.89	0.53	0.28	2.70	7.09	1.68	0.16	7.86	5.16
盐城 ancheng	3.51	0.89	0.45	4.85	11.98	1.70	0.16	12.18	7.33

2.2 江苏省市域作物生态可持续指数的区域差异 将 2014 年江苏省各地市的作物生态足迹和作物生态承载力数据代入公式(4),计算得出各地市的作物生态可持续指数(表 4)。为了更直观地看出各地市作物生态可持续指数在空间上的差异,将全省各市的作物生态可持续指数结合 GIS 制图,见图 2。

表 4 2014 年江苏省各地市作物生态可持续指数

Table 4 Ecological sustainable index of crops in each city of Jiangsu Province in 2014

地域 Region	地市 Cities	CESI
苏南 Southern Jiangsu Province	南京市	0.607 3
	无锡市	0.751 8
	常州市	0.763 1
	苏州市	0.773 0
	镇江市	0.786 0
苏中 Central Jiangsu Province	扬州市	0.737 1
	泰州市	0.742 0
	南通市	0.744 5
苏北 Northern Jiangsu Province	徐州市	0.698 9
	盐城市	0.715 2
	连云港市	0.744 3
	淮安市	0.744 3
	宿迁市	0.752 3

2014 年江苏省各地市的作物生态可持续指数都大于 0.5,根据表 2 的作物生态可持续指数等级划分结果,各地市都处于作物生态可持续状态。其中,无锡、常州、苏州、镇江和宿迁的 CESI 大于 0.75,处于作物生态强可持续性状态,其余地市处于弱可持续性状态。其地区差异表现为:从南北来

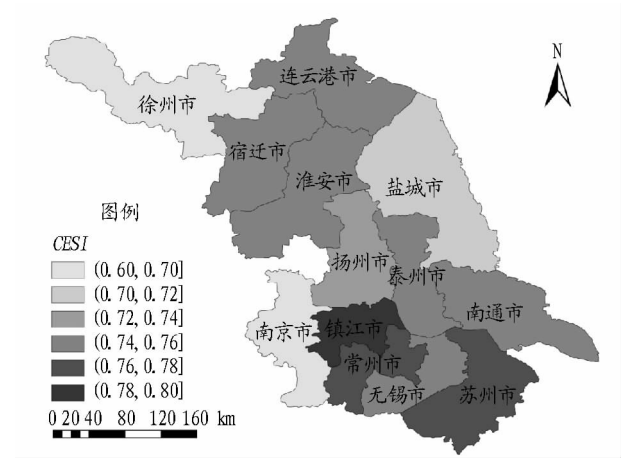


图 2 2014 年江苏省各地市作物生态可持续指数的区域分布

Fig.2 Regional distribution of crop ecological sustainable index in each city of Jiangsu Province in 2014

看,苏南地区总体好于苏中和苏北地区,苏南的镇江市、苏州市、常州市最好,其次是苏北的宿迁市;苏南地区的南京市和苏北地区的徐州市和盐城市较差,苏中地区的发展则比较平均。南京市的作物生态可持续指数明显低于苏南其他地市,从表 2 可以看出,南京市在作物生产中淡水资源的利用程度较低,导致其作物生态盈余明显小于其他地市,从而使其 CESI 较低,因此,可以通过发展节水农业,提高淡水资源的利用率来促进南京市种植业的可持续发展。总体上看,经济发展程度较高的苏南地区,资源利用效率和管理水平与能力要比其他地区强,使得苏南地区的种植业可持续发展程度也相对高一些。虽然目前江苏省种植业发展模式较为科学合理,但是随着种植业发展过程中农药、化肥、农膜等的大量使

用,可能会造成土壤污染和淡水资源污染,从而使土地降低甚至丧失生产力,所以仍然要坚持科学合理的发展模式,合理使用农药化肥,注重耕地资源的保护和合理利用,防止耕地的退化。

3 结论和讨论

该研究结合作物生产的特殊性,采用作物生态足迹模型方法分析区域种植业的可持续发展情况,计算并分析了江苏省各地市的作物生态足迹、生态承载力和生态盈余的区域差异。在对各地市进行种植业可持续发展评价和差异比较时,引入作物生态可持续指数这一相对指标来取代作物生态足迹、生态承载力和生态盈余等绝对指标。

通过作物生态足迹的模型方法,可以看出 2014 年江苏省各地市区域差异明显,作物生态足迹、作物生态承载力和作物生态盈余最大的地市多集中在苏北地区,其次为苏中地区和苏南地区。作物生态可持续指数分析结果显示,江苏省各地市的作物生态可持续指数都大于 0.5,各地市种植业都处于生态可持续状态,但仍存在着一定的差异,其中,无锡、常州、苏州、镇江和宿迁的种植业处于强可持续性状态,其余地市处于弱可持续性状态。

在计算生态足迹的过程中,对账户的选择非常重要,账户不全或存在误差都会对计算结果产生影响,由于数据的可获取性问题,该研究在账户选择时没有考虑作物生产所带来的环境污染危害,将污染足迹计算到生态足迹账户中去,使得作物生态足迹计算值偏低,这在以后的研究中需要不断完善。在对作物生态可持续指数进行等级划分时,等级划分标准相对主观,科学性有待进一步验证。由于目前并没有科学统一的标准,所以可以适当地进行调整以满足需要和实际情况。种植业可持续发展程度的评判标准还有待进一步深入研究。

参考文献

- [1] 刘晓辉,陈忠暖,刘妙容. 区域可持续发展指标体系研究述评[J]. 资源环境与发展,2008(3):17-20.

(上接第 221 页)

- [6] 迟富萍,刘宇. 农业机械化是农业产业化的推动力量[J]. 农业技术装备,2010(6):48-49.
- [7] 张琰,夏显力. 农民参与新民居建设意愿及影响因素分析[J]. 农业现代化研究,2014,35(6):733-736.
- [8] 涂贵田. 农机补贴对农机市场影响及企业应对措施研究[J]. 拖拉机与农用运输车,2006,36(6):17-18.
- [9] 刘宏立. 边疆少数民族地区农机补贴政策落实存在的问题及建议[J]. 西部金融,2010(4):64-65.
- [10] 刘合光,余沪荣,孙东升. 中国农业机械化 30 年回顾:经验与问题[J]. 农业开发与装备,2008(6):3-4.

- [2] 牛文元. 中国可持续发展的理论与实践[J]. 领域进展,2012(3):280-289.
- [3] REES W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out[J]. Environment and urban,1992,4(2):121-130.
- [4] WACKERNAGEL M, REES W E. Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth[M]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [5] 张志强,徐中民,程国栋. 生态足迹的概念及计算模型[J]. 生态经济,2000(10):8-10.
- [6] 张志强,徐中民,程国栋,等. 中国西部 12 省(区市)的生态足迹[J]. 地理学报,2001,56(5):599-610.
- [7] 张艳. 基于生态足迹方法的区域生态安全评价研究[J]. 资源与产业,2011,13(S1):57-64.
- [8] 侯梁宇,孟亚利. 基于生态足迹模型的江苏省六大经济区可持续发展评价[J]. 生态科学,2012(1):49-56.
- [9] 田杰,姚顺波. 基于生态足迹模型的陕西省可持续发展动态研究[J]. 中国科技论坛,2014(1):114-120.
- [10] 田玲玲,罗静,董莹,等. 湖北省生态足迹和生态承载力时空动态研究[J]. 长江流域资源与环境,2016(2):316-325.
- [11] 周静,管卫华. 基于生态足迹方法的南京可持续发展研究[J]. 生态学报,2012(20):6471-6480.
- [12] 张佳琦,段玉山,伍燕南. 基于生态足迹的苏州市可持续发展动态研究[J]. 长江流域资源与环境,2015(2):177-184.
- [13] 杨平. 楚雄州农业生态足迹计算与分析[J]. 云南农业科技,2011(2):4-7.
- [14] 傅素英,张宇萌,曹晶晶. 基于生态足迹考察的浙江省休闲农业可持续发展测评[J]. 宁波大学学报(人文科学版),2013,26(6):101-105.
- [15] 胡希,虞力. 区域可持续发展评价研究:以长三角为例[J]. 现代管理科学,2013(12):50-51,55.
- [16] 檀菲菲,陆兆华. 区域可持续发展评价研究述评[J]. 商业经济研究,2015(25):125-127.
- [17] 邓楚雄,谢炳庚,吴永兴,等. 上海都市农业可持续发展的定量综合评价[J]. 自然资源学报,2010(9):1577-1588.
- [18] 彭晓洁,龚茜茹,张翔瑞. 江西农业可持续发展评价与对策研究[J]. 江西社会科学,2011(9):76-79.
- [19] 徐晓红,王洪丽,张彬,等. 吉林省可持续发展评价[J]. 农业科技管理,2015(6):54-57.
- [20] 杨红旗,徐艳华. 我国种植业发展现状、制约因素分析及对策建议[J]. 江西农业学报,2010(8):181-183.
- [21] 李卫东. 沧州市种植业可持续发展研究[D]. 北京:中国农业科学院,2012.
- [22] 黄艳娟,朱利群,卞新民. 江苏省作物生产生态足迹分析与评价[J]. 长江流域资源与环境,2010(8):890-894.
- [23] 段锦,康慕谊,江源. 基于淡水资源账户和污染账户的生态足迹改进模型[J]. 自然资源学报,2012(6):953-963.

- [11] 侯天宝,解佰一,宋立波. 中国农业机械化发展中存在的问题及对策[J]. 北京农业,2013(18):39-40.
- [12] 依米提·肉孜,毕惠英. 新疆农业机械化现状及发展[J]. 新疆农业大学学报,2002(S1):96-99.
- [13] 汪海霞,王力. 新疆建设兵团农牧团场收入分配制度变迁分析[J]. 安徽农业科学,2009,37(3):1331-1334.
- [14] 金勇钢. 新时期兵团屯垦与戍边关系问题研究[J]. 新疆农垦经济,2010(9):12-13.
- [15] 魏岩. 新疆农业机械化组织模式研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2008.