

# 鄱阳湖生态经济区粮食 生产技术效率时空演变及环境协调性探究

张利国 鲍丙飞 潘丹

(江西财经大学 鄱阳湖生态经济研究院, 中国江西 南昌 330013)

**【摘要】**采用方向距离函数,运用2001—2012年鄱阳湖生态经济区粮食生产面板数据,分析其粮食生产传统技术效率、环境技术效率及粮食生产与环境协调性。结果表明:从时序演变来看,不考虑环境污染因素,鄱阳湖生态经济区粮食生产传统技术效率呈现“W型”趋势;考虑环境污染因素,粮食生产环境技术效率呈现“U型”趋势;从空间分异来看,鄱阳湖生态经济区除安义县、九江县、永修县、湖日县、彭泽县、瑞昌市等六个县(市)外,其余各县(市)粮食生产传统技术效率均大于粮食生产环境技术效率;从粮食生产与环境协调性来看,“粮食生产与环境高度协调”的县(市)个数先减少后增加,“粮食生产与环境较为协调”、“粮食生产与环境较不协调”的县(市)个数均先增加后减少,“粮食生产与环境高度不协调”的县(市)仅2012年出现在都昌县、新建县和贵溪市。

**【关键词】**粮食生产;传统技术效率;环境技术效率;时空演变;环境协调性;鄱阳湖生态经济区

**【中图分类号】** F762 . 1

**【文献标志码】** A

**【文章编号】** 1000 — 8462 ( 2016 ) 11 — 0116 — 08

DOI : 10.15957 / j.cnki.jjdl.2016.11.016

“国以民为本,民以食为天”,确保粮食安全一直以来是我国农业政策的主要目标之一。随着党中央、国务院出台一系列“支农、扶农、惠农”政策,我国已成功实现了粮食生产“十二连增”,推翻了布朗等人提出的“粮食威胁论”。然而,在经济快速发展的同时,粮食生产可持续性也越来越突出。目前我国每年化肥使用量大概为5 460万t,化肥大量使用给环境带来了巨大破坏。每年流入长江、黄河以及珠江并溶解的无机氮高达9715万t,其中90%来源于农业生产<sup>[1]</sup>。2009年,国务院正式批复《鄱阳湖生态经济区规划》,标志着建设鄱阳湖生态经济区上升为国家战略。2015年“中央一号”文件也强调“强化对粮食主产省和主产县的政策倾斜,保障产粮大县重农抓粮得实惠、有发展”,鄱阳湖生态经济区是江西省传统农区,一直以来粮食生产在全省粮食生产中占有重要地位。在此背景下,研究该区域粮食生产技术效率的差异和演变过程,并探讨粮食生产与环境的协调性,有利于正确掌握鄱阳湖生态经济区农业科技及相关要素投入的利用状况,对统筹粮食生产与环境协调发展,实现粮食经济可持续发展具有重要意义。

**收稿时间:** 2016-05-10; **修回时间:** 2016-07-06

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(71263018、71303099、71663025); 国家社会科学基金重大招标项目(2015YZD16、15ZDA020); 江西省经济社会发展重大招标项目(16ZD06); 江西省高校人文社会科学研究项目(JC1513); 江西省社科规划经济社会发展智库项目(16zk03); 江西省教育厅科技项目(江西省粮食生产变化驱动效应测度及空间分异研究)

**作者简介:** 张利国(1977-),男,湖南南县人,博士,教授,博士生导师。主要言几句方向为粮食经济、农业区域分工。  
E-mail:njlgzhang@163.com。

目前,国内外一些学者已从不同视角对粮食生产技术效率进行了研究。在粮食生产技术效率测算方法方面,一些学者分别运用柯布道格拉斯(C-D)生产函数<sup>[2-4]</sup>、随机前沿生产函数<sup>[5]</sup>、粮食生产潜力实现率<sup>[6-7]</sup>和DEA-Malmquist指数<sup>[8]</sup>进行了测算。在粮食生产技术效率影响因素分析方面,一些学者研究涉及的主要影响因素有:自然因素<sup>[9]</sup>、农业政策<sup>[10-11]</sup>、农村劳动力转移<sup>[12]</sup>、外部性因素<sup>[13]</sup>、耕地细碎化<sup>[14]</sup>等;在提高粮食生产技术效率方面,一些学者认为加大粮食科技成果转化推广、科技创新力度是关键<sup>[15-16]</sup>,也有学者认为粮食种植结构的合理调整<sup>[17]</sup>也可以提高粮食生产技术效率等。

综上所述,现有研究采用不同方法,从不同视角对粮食生产技术效率进行了探究,为本文奠定了坚实的理论和实践基础。但现有研究也存在需要进一步深入的地方,如缺少对鄱阳湖生态经济区的研究,更缺乏对粮食生产环节污染问题的足够关注。因此,本文首先对粮食生产环节污染物进行科学测算,将其作为粮食生产的“非合意产出”,利用2001—2012年鄱阳湖生态经济区25个县(市)<sup>①</sup>面板数据,运用方向距离函数对鄱阳湖生态经济区25个县(市)粮食生产传统技术效率与环境技术效率进行测算,并对两者时空差异进行分析,以揭示空间平均意义的不同县(市)动态差异特征,在此基础上运用ArcGIS 10.1空间计量软件鄱阳湖生态经济区25个县(市)粮食生产与环境的协调性进行探究。本研究将对提高鄱阳湖生态经济区粮食生产环境技术效率,促进粮食生产与环境协调发展具有重要意义。

## 1 研究方法、指标选取与数据来源

### 1.1 研究方法

#### 1.1.1 粮食生产的环境技术构造

本文考虑了粮食生产环节排放的污染物,故粮食生产可行性集合既包含合意产出( $g$ ),又包含非合意产出( $b$ ),根据Fare等提出的环境生产技术,构建一个同时包含合意产出和非合意产出的鄱阳湖生态经济区25个县(市)的粮食生产可行性集合,

即粮食生产的环境技术。假定每个县(市)每个时期粮食生产使用 $N$ 种要素投入 $x=(x_1, x_2, \dots, x_N) \in R_N^+$ ,合意产出为 $M$ 种

“好”产出 $g$ ,非合意产出为 $L$ 种“坏”产出 $b=(b_1, b_2, \dots, b_L) \in R_L^+$ ,非合意产出由生产过程中排放的污染物构

成,因此,“多投入-多产出”的生产可行性集合为: $S(x)=\{(y, b):x \leq (y, b)\}$ 。

#### 1.1.2 环境技术效率与方向距离函数

本文根据Chung等采用的方向距离函数(Directional Distance Function, DDF)方法,设方向向量

$g^d = g(g^d_{m,j}, -g^d_{m,b})$ ,则鄱阳湖生态经济区25个县(市)环境方向距离函数为:

<sup>①</sup>鄱阳湖生态经济区包括38个县(市、区),考虑到12个市辖区及共青城市的城市化水平较高,粮食生产所占比例很低,对研究结果影响不大,因此,本文选择鄱阳湖生态经济区25个县(市)委研究对象,分别为南昌县、新建县、安义县、进贤县、浮梁县、乐平市、九江县、武宁县、永修县、德安县、星子县、都昌县、湖口县、彭泽县、瑞昌县、余江县、贵溪市、新干县、丰城县、樟树市、高安市、东乡县、余干县、鄱阳县、万年县等25个县(市)。

$$\begin{aligned} & \vec{D}(x'_m, y'_m, b'_m, g'_{m,y}, -g'_{m,b}) \\ & = \text{Max}[\beta: (y'_m + \beta g'_{m,y}, b'_m - \beta g'_{m,b}) \in S^t(x'_m)] \end{aligned}$$

其中： $y'_m$  增加的最大值是沿着  $g'_{m,y}$  方向， $b'_m$  减少的最大值是沿着  $g'_{m,b}$  方向， $\beta$  是合意产出  $y'_m$  增加和非合意产出  $b'_m$  减少的最大可能数量。由上式可知，鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）环境方向距离函数主要由投入产出值  $(x'_m, y'_m, b'_m)$  和方向向量  $g'_m$  决定。粮食生产环境技术效率为合意产出的实际量  $y'_{m^k}$  与生产技术前沿产出量  $(1+\beta)y'_{m^k}$  的比值<sup>[18]</sup>，公式具体如下：

$$\begin{aligned} ETE(y'_{m^k}, x'_{m^k}, b'_{m^k}; y'_{m^k}, -b'_{m^k}) & = 1/(1+\beta) \\ & = 1/(1 + D^T(y'_{m^k}, x'_{m^k}, b'_{m^k}; y'_{m^k}, -b'_{m^k})) \end{aligned}$$

式中： $\beta \geq 0$ ，当  $\beta=0$  时， $ETE=1$ ，表示该生产决策单元为“最佳实践者”，处于生产前沿面上；当  $\beta>0$  时， $ETE<1$ ，表示该生产决策单元处于生产前沿面内部且  $ETE$  值越大则离生产前沿面越近。

本文将方向向量确定为  $g^t = (y^t - b^t)$ ，其含义是合意产出与非合意产出在现有基础上进行 1 : 1 比例性增减<sup>[19]</sup>。因此，通过线性规划计算出方向距离函数，进而得出  $ETE$ 。生产单元  $m^k = (y'_{m^k}, x'_{m^k}, b'_{m^k})$  在粮食生产环境技术可行集  $S^t(x^t)$  条件下，鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）环境方向距离函数为：

$$\begin{aligned} & \vec{D}(x'_{m^k}, y'_{m^k}, b'_{m^k}, y'_{m^k}, -b'_{m^k}) = \max \beta \\ \text{s.t. } & \sum_m^{25} z'_m y'_{m^k} \geq (1+\beta)y'_{m^k}, m = 1, 2, \dots, 25; \\ & \sum_m^{25} z'_m b'_{m^k} \geq (1-\beta)b'_{m^k}, l = 1, 2, \dots, L; \\ & \sum_m^{25} z'_m x'_{m^k} \leq x'_{m^k}, n = 1, 2, \dots, N; z'_m \geq 0; \sum_{l=1}^L b'_{m^k} > 0 \end{aligned}$$

## 1.2 指标选取

投入指标：本文拟选取五类投入指标，即劳动力投入、土地投入、机械动力投入、水资源投入和化肥投入。其中，劳动力投入以第一产业从业人员表示；土地投入以粮食作物播种面积表示；机械动力投入以农业机械总动力表示；水资源投入以有效灌溉面积表示；化肥投入以农用化肥使用折吨量表示。以上投入指标皆为农业口径统计数据，为准确计算粮食生产投入情况，本文采用权重系数将粮食生产投入要素从广义农业中剥离出来<sup>[20]</sup>，其中，权重系数  $A=1$  = 粮食作物播种总面积 / 农作物播种总面积，

$A2 = (\text{农业产值} + \text{农林牧副渔总产值}) / \text{域粮食作物播种总面积} / \text{农作物播种总面积}$ 。最终土地投入仍然用粮食作物的播种面积表示，劳动力投入用第一产业从业人员乘以  $A2$  表示，机械动力、水资源、化肥等投入用原有投入值分别乘以  $A1$  表示。

产出指标：拟选取两类产出指标，即合意产出和非合意产出。合意产出用 25 个县（市）各年的粮食总产量表示；非合意产出用总氮（TN）、总磷（TP）表示（由于粮食的污染物产生源有化肥、农药和农膜，而农药和农膜无法测算面源污染量，因此，本文仅测算化肥面源污染量作为非合意产出）。计算方法如下：

$$F_{pollution} = Fertilizer \times K \times \mu \times \eta$$

式中： $F_{pollution}$  为化肥使用引起的 TN 或 TP 污染负荷；Fertilizer 为化肥使用折纯量；K 为氮肥、磷肥所占比例，分别按 42% 和 18% 计算； $\mu$  为氮肥、磷肥有效成分中 N、P 所占比例，分别按 30% 和 18% 计算； $\eta$  为氮肥或磷肥进入水体的流失率，分别按 25% 和 20% 计算。其中 K、 $\mu$ 、 $\eta$  具体比例来源于吴罗发的鄱阳湖区农业面源污染研究<sup>[21]</sup>。得到总氮（TN）、总磷（TP）排放量具体公式如下：

$$\begin{aligned} \text{总氮(TN)排放量} &= \text{化肥使用折纯量} \times 0.42 \times 0.3 \times 0.25; \\ \text{总磷(TP)排放量} &= \text{化肥使用折纯量} \times 0.18 \times 0.18 \times 0.20 \end{aligned}$$

根据 GB3838—2002 中的 III 类水质标准，将 TN、TP 污染物转换为等标污染排放量。计算公式为：等标污染排放量（ $m^3$ ）= 污染物排放总量 / 污染物排放评价标准。其中，TN、TP 污染物排放评价标准分别为 1mg/L 和 0.2mg/L<sup>[22]</sup>。因此，本文采用的等标排放量 = TN 排放量 / 1 + TP 排放量 / 0.2。

### 1.3 数据来源

本文以鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）为研究对象，时间序列为 2001—2012 年，研究数据主要来源于《江西统计年鉴》（2002—2013），部分数据基于年鉴数据计算获得，采用的空间数据来源于国家基础地理信息数据中心提供的 1:150 万矢量数据。

## 2 鄱阳湖生态经济区粮食生产技术效率测算结果与分析

本文运用方向距离函数，采用 MAXDEA5.0 软件，对鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）粮食生产进行技术效率测算，为了更好地对当前粮食生产的可持续性进行探究，将分别测算不包含环境污染因素的粮食生产传统技术效率和包含环境污染因素的粮食生产环境技术效率。

### 2.1 粮食生产传统技术效率分析

在不考虑环境污染因素的情况下，鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）粮食生产传统技术效率见表 1。从时序演变来看，同一年份不同县（市）之间以及同一县（市）不同年份间粮食生产传统技术效率均存在较大差异。总体而言，25 个县（市）2001—2012 年粮食生产传统技术效率呈现“W 型”趋势，其中粮食生产传统技术效率 2011 年最高为 0.9014，2006 年最低为 0.8151，从粮食生产传统技术效率测算结果来看，距离生产前沿面还有一定差距，粮食主产传统技术效率还有一定提升空间。从空间分异来看，2001—2012 年期间，鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）粮食生产传统技术效率年均值为 0.8527，其中，万年县粮

食生产传统技术效率最高，年均值为 0.9515，其次是樟树市，为 0.9468；都昌县粮食生产传统技术效率最低，年均值为 0.7528，其次是湖口县，为 0.7567。

表 1 鄱阳湖生态经济区粮食生产传统技术效率(2001—2012年)  
Tab.1 The traditional technical efficiency in Poyang Lake Eco-economic Zone from 2001 to 2012

地区	粮食生产传统技术效率											
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
南昌县	0.8746	0.9095	0.8355	0.8383	0.8244	0.7813	0.7848	0.8093	0.7968	0.7454	0.8037	0.8065
新建县	0.7701	0.7330	0.6209	0.7492	0.8180	0.8096	0.8429	0.8806	0.8472	0.7703	0.7752	0.7653
安义县	1.0000	0.8716	0.8167	0.8127	0.7391	0.7573	0.7791	0.8147	0.8885	0.8630	0.8669	1.0000
进贤县	0.7966	0.8084	0.8037	0.8284	0.8291	0.8519	0.8518	0.8633	0.8907	0.8342	0.9565	0.8749
浮梁县	0.8358	0.8344	0.7901	0.8134	0.7573	0.7557	0.7588	0.8162	0.8271	0.8407	0.8386	0.8407
乐平市	0.8455	0.8280	0.7983	0.8460	0.8076	0.7968	0.8194	0.8210	0.8348	0.8415	0.8225	0.8239
九江县	0.7898	0.8492	0.9423	0.9735	0.8401	0.9628	0.9351	0.9101	0.9009	1.0000	1.0000	1.0000
武宁县	0.9624	0.8968	0.9283	0.9664	1.0000	0.9384	0.8576	0.8694	0.9095	1.0000	1.0000	0.8459
永修县	1.0000	0.9553	1.0000	0.9175	0.7004	0.7434	0.7971	0.8330	0.8794	0.8758	1.0000	1.0000
德安县	1.0000	0.9782	0.9769	1.0000	1.0000	0.8320	0.7757	0.8789	0.8082	0.8511	1.0000	1.0000
星子县	1.0000	0.6110	0.6223	0.8073	0.9164	0.7376	0.6740	0.7012	0.7535	1.0000	0.8996	0.7609
都昌县	0.7286	0.6696	0.5473	0.6264	0.7882	0.8028	0.7952	0.8085	0.8652	0.8249	0.8498	0.7274
湖口县	0.8713	0.7173	0.7463	0.7385	0.7116	0.7032	0.7144	0.7073	0.7783	0.7675	0.8192	0.8055
彭泽县	0.8462	0.8392	0.9412	0.9996	0.9077	0.8407	0.7917	0.8698	0.9550	0.9894	1.0000	1.0000
瑞昌市	0.6127	0.6739	0.7855	0.8552	0.7545	0.7643	0.8065	0.8094	0.7935	0.7629	0.7265	0.7767
余江县	1.0000	1.0000	0.9590	0.9772	0.8655	0.8572	0.9144	0.8252	0.8299	0.7961	1.0000	0.9351
贵溪市	0.8721	0.8514	0.8258	0.8790	0.8211	0.7969	0.7286	0.7391	0.7477	0.7454	0.7472	0.7286
新干县	0.9456	0.9080	0.8805	0.8703	0.8366	0.8380	0.8887	0.8832	0.9089	0.6448	0.9401	0.8627
丰城市	0.9296	0.8708	0.8084	0.8199	0.8191	0.8220	0.8665	0.9142	0.9095	0.9916	0.9790	0.9310
樟树市	0.8047	0.8208	0.8428	0.9903	1.0000	0.9977	0.9758	0.9654	1.0000	1.0000	1.0000	0.9646
高安市	0.7778	0.7848	0.7609	0.7949	0.8070	0.8061	0.8483	0.9016	0.9384	0.9366	1.0000	0.9431
东乡县	1.0000	0.7703	0.8765	0.9459	0.8552	0.7630	0.7702	0.7975	0.7378	0.6160	0.6428	0.6663
余干县	0.8002	0.8037	0.7782	0.9601	1.0000	0.8816	0.8851	0.8080	0.8520	0.8331	0.9733	0.9918
鄱阳县	0.8982	0.8796	0.6664	0.8305	0.7861	0.7357	0.8395	0.9102	0.9094	0.9018	0.8938	1.0000
万年县	1.0000	0.9922	0.9892	1.0000	0.9810	0.8017	0.8126	0.8989	1.0000	0.9423	1.0000	1.0000
均值	0.8785	0.8343	0.8217	0.8736	0.8466	0.8151	0.8206	0.8414	0.8625	0.8550	0.9014	0.8820

## 2.2 粮食生产环境技术效率分析

在考虑环境污染因素的情况下，鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）粮食生产环境技术效率见表 2。从时序演变来看，同一年份不同县（市）之间以及同一县（市）不同年份间粮食生产环境技术效率也在较大差异。总体而言，25 个县（市）2001—2012 年粮食生产环境技术效率总体变化呈现“U 型”趋势，其中粮食生产环境技术效率 2001 年最高为 0.8791，2008 年最低为 0.7339，与粮食生产传统技术效率相比，粮食生产环境技术效率距离生产前沿面差距更大，粮食生产环境技术效率提升的空间也更大。从空间分异来看，2001—2012 年期间，鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）粮食生产环境技术效率年均值为 0.7922，其中，九江县粮食生产环境技术效率最高，年均值为 0.9641，其次是彭泽县，为 0.9417；新建县粮食生产环境技术效率最低，年均值为 0.6325，其次是都昌县，为 0.6650。

表2 鄱阳湖生态经济区粮食生产环境技术效率(2001—2012年)

Tab.2 The environmental technical efficiency in Poyang Lake Eco-economic Zone from 2001 to 2012

地区	粮食生产环境技术效率											
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
南昌县	0.7835	0.8082	0.7604	0.7227	0.7219	0.6729	0.6433	0.6389	0.6284	0.6030	0.6076	0.6127
新建县	0.7413	0.7081	0.6650	0.6246	0.6765	0.6198	0.6287	0.6714	0.6032	0.5607	0.5526	0.5384
安义县	1.0000	0.8681	0.8762	0.7784	0.8468	0.8164	0.8076	0.8101	0.8439	0.8235	0.8202	1.0000
进贤县	0.8387	0.8489	0.8313	0.7963	0.7748	0.7610	0.7311	0.7215	0.7462	0.6883	0.8951	0.7213
浮梁县	0.7553	0.7570	0.7183	0.6933	0.6438	0.6264	0.6037	0.5883	0.5777	0.5618	1.0000	1.0000
乐平市	0.7779	0.7397	0.7108	0.6785	0.6547	0.6351	0.6255	0.6198	0.6093	0.6182	1.0000	1.0000
九江县	0.9982	0.9402	1.0000	1.0000	0.9033	0.9502	0.9051	0.9240	0.9486	1.0000	1.0000	1.0000
武宁县	0.9897	0.8931	0.9638	0.9430	1.0000	0.8685	0.7233	0.7356	0.7973	1.0000	1.0000	0.6839
永修县	1.0000	0.9140	1.0000	0.9040	0.8780	0.8161	0.8179	0.8028	0.8022	0.8186	1.0000	1.0000
德安县	1.0000	0.9907	1.0000	1.0000	1.0000	0.8172	0.7950	0.8027	0.7784	0.7752	1.0000	1.0000
星子县	1.0000	0.6129	0.6266	0.7008	0.8494	0.6129	0.6129	0.6121	0.6402	1.0000	0.7869	0.6131
都昌县	0.8001	0.7195	0.6771	0.6360	0.7060	0.6892	0.6765	0.6698	0.7080	0.6590	0.6581	0.3807
湖口县	0.9040	0.7772	0.8038	0.7705	0.7719	0.7517	0.7849	0.8425	0.8631	0.8829	0.8801	0.7973
彭泽县	0.9273	0.8860	1.0000	1.0000	0.9503	0.8133	0.9114	0.8950	0.9374	0.9797	1.0000	1.0000
瑞昌市	0.7299	0.7695	0.8441	0.8576	0.8200	0.8169	0.8397	0.8147	0.8091	0.7865	0.7480	0.7691
余江县	1.0000	1.0000	0.9420	0.8916	0.8051	0.7924	0.8360	0.6989	0.6747	0.6534	1.0000	0.7640
贵溪市	0.8229	0.7848	0.7482	0.7738	0.7259	0.6845	0.6370	0.6085	0.5870	0.5868	0.5500	0.5397
新干县	0.9139	0.8945	0.8718	0.8145	0.7536	0.7387	0.7741	0.7514	0.7633	0.4734	0.8208	0.6504
丰城市	0.8765	0.8035	0.7717	0.7370	0.7324	0.7156	0.7244	0.7816	0.7327	0.8710	0.8104	0.7433
樟树市	0.7812	0.7933	0.8107	0.9167	1.0000	0.9622	0.8408	0.8273	1.0000	1.0000	1.0000	0.8919
高安市	0.7691	0.7654	0.7519	0.7318	0.7238	0.7153	0.7324	0.7776	0.7972	0.7672	1.0000	0.6800
东乡县	1.0000	0.7809	0.8623	0.8507	0.7339	0.6889	0.6738	0.6463	0.5941	0.5575	0.5654	0.5681
余干县	0.7131	0.7123	0.6798	0.9029	1.0000	0.7029	0.6889	0.6014	0.6382	0.6357	0.7619	0.7766
鄱阳县	0.8556	0.8320	0.6181	0.7027	0.6662	0.6174	0.6311	0.6862	0.6941	0.6638	0.6779	1.0000
万年县	1.0000	1.0000	0.9999	1.0000	0.9409	0.7488	0.7457	0.8205	1.0000	0.8762	1.0000	1.0000
均值	0.8791	0.8240	0.8213	0.8171	0.8112	0.7454	0.7356	0.7339	0.7510	0.7537	0.8454	0.7892

图1是鄱阳湖生态经济区25个县(市)2001—2012年粮食生产传统技术效率和环境技术效率的演变趋势图,从中可以看出,除2001年粮食生产环境技术效率比传统技术效率高外,其余年份粮食环境技术效率均比传统技术效率低。其中2001—2009年,鄱阳湖生态经济区25个县(市)粮食生产传统技术效率和环境技术效率的差距呈扩大趋势,引起两种技术效率值差距加大的原因可能是鄱阳湖经济区化肥的过度使用、农用物资的大量使用<sup>[23]</sup>和农村经济的快速发展。2009年鄱阳湖生态经济区建设上升为国家战略,国家和省、市、县均加大了对鄱阳湖生态经济区生态环境的保护力度,特别是加大了农业生产过程中污染物排放的治理力度,两种技术效率差距开始缩小,但2012年两种技术效率差距又有扩大的趋势。总的来说两种粮食生产技术效率差距仍然很大,说明鄱阳湖生态经济区粮食生产过程中生态环境保护任务的艰巨性和长期性,需要持续完善的政策引导和技术支持。

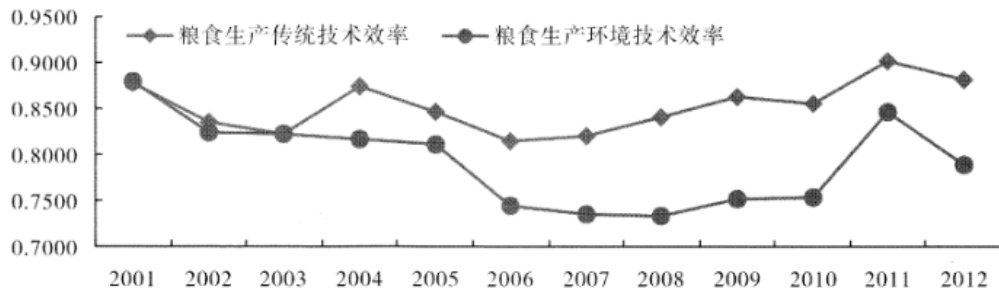


图1 鄱阳湖生态经济区粮食生产传统技术效率与环境技术效率演变趋势(2001—2012年)

Fig.1 The evolution trend of the traditional technical efficiency and environmental technical efficiency of grain production in Poyang Lake Eco-economic Zone from 2001 to 2012

### 3 鄱阳湖生态经济区粮食生产与环境协调性分析

粮食生产环境技术效率反映了粮食生产与环境的协调状况。本文根据 2001 — 2012 年鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）粮食生产环境技术效率的大小，定义其粮食生产与环境的协调程度，即粮食生产环境技术效率取值在  $[0, 0.55]$  之间，该地区“粮食生产与环境高度不协调”；取值在  $(0.55, 0.70]$  之间，该地区“粮食生产与环境较不协调”；取值在  $(0.70, 0.85]$  之间，该地区“粮食生产与环境较为协调”；取值在  $(0.85, 1.00]$  之间，该地区“粮食生产与环境高度协调”。

为了更直观显示鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）粮食生产环境技术效率空间动态演变情况，本文分别选取 2001、2005、2009、2012 等四年粮食生产环境技术效率，运用 ArcGIS 10.1 空间计量软件作鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）粮食生产与环境协调性关系空间分布图（图 2）。

根据图 2 所示，将鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）粮食生产与环境协调性情况总结如下：

2001 年“粮食生产与环境高度协调”的县（市）有鄱阳县、丰城市、湖口县、新干县、彭泽县、武宁县、九江县、安义县、永修县、德安县、星子县、余江县、东乡县和万年县等 14 个县（市），“粮食生产与环境较为协调”的县（市）有余干县、瑞昌市、新建县、浮梁县、高安市、乐平县、樟树市、南昌县、都昌县、贵溪市和进贤县等 11 个县（市）；没有县（市）粮食生产与环境较不协调或高度不协调。

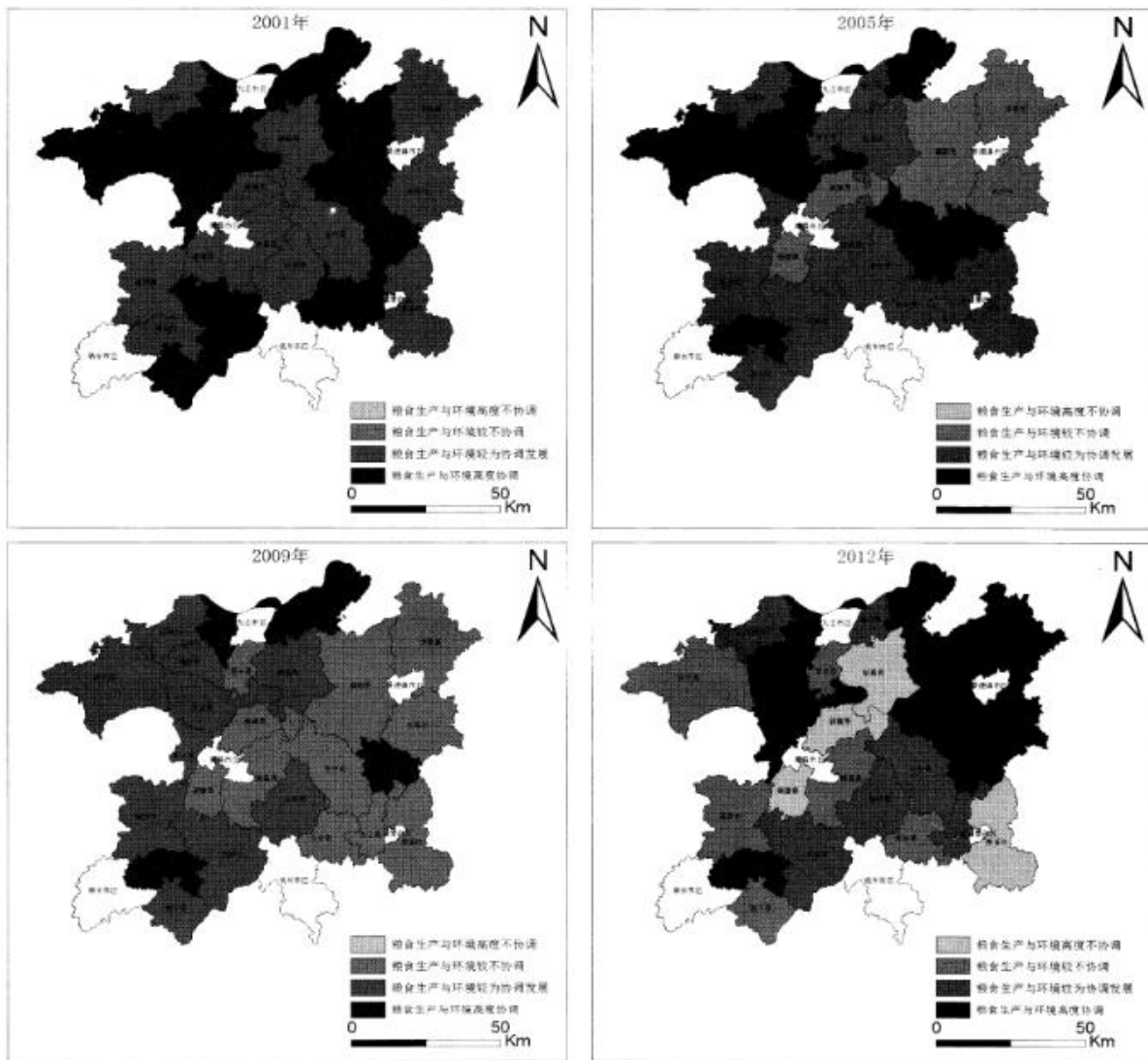


图2 鄱阳湖生态经济区粮食生产与环境协调性时空格局演变(2001—2012年)

Fig.2 Spatial-temporal evolution of the coordination degree between grain production and environment in Poyang Lake Eco-economic Zone from 2001 to 2012

2005年“粮食生产与环境高度协调”的县(市)有永修县、九江县、万年县、彭泽县、武宁县、德安县、樟树市和余干县等8个县(市)，“粮食生产与环境较为协调”的县(市)有都昌县、南昌县、高安市、贵溪市、丰城市、东乡县、新干县、湖口县、进贤县、余江县、瑞昌市、安义县和星子县等13个县(市)，“粮食生产与环境较不协调”的县(市)有浮梁县、乐平市、鄱阳县和新建县等4个县(市)，没有县(市)粮食生产与环境高度不协调。

2009年“粮食生产与环境高度协调”的县(市)有湖口县、彭泽县、九江县、樟树市和万年县等5个县(市)，“粮食生产与环境较为协调”的县(市)有都昌县、丰城市、进贤县、新干县、德安县、高安市、武宁县、永修县、瑞昌市和安义县等10个县(市)，“粮食生产与环境较不协调”的县(市)有浮梁县、贵溪市、东乡县、新建县、乐平市、南昌县、余干县、星子县、余江县和鄱阳县等10个县(市)，没有县(市)粮食生产与环境高度不协调。

2012年“粮食生产与环境高度协调”的县(市)有樟树市、安义县、浮梁县、乐平市、九江县、永修县、德安县、彭泽县、鄱阳县和万年县等10个县(市)，“粮食生产与环境较为协调”的县(市)有进贤县、丰城市、余江县、瑞昌市、余干县和湖

口县等 6 个县（市），“粮食生产与环境较不协调”的县（市）有东乡县、南昌县、星子县、新干县、高安市和武宁县等 6 个县（市），“粮食生产与环境高度不协调”的县（市）有都昌县、新建县和贵溪市等 3 个县（市）。

总的来说，2001 — 2012 年鄱阳湖生态经济区“粮食生产与环境高度协调”与“粮食生产与环境较为协调”的县（市）总数呈先减少再增加趋势，而“粮食生产与环境高度不协调”与“粮食生产与环境高度不协调”的县（市）总数呈先增加再减少趋势。粮食生产与环境协调度的高低在较大程度上收到化肥、农药等化学投入物的影响，对鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）化肥施用量统计数据进行分析，发现新世纪以来鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）粮食生产单位面积化肥施用量逐年增加，氮磷等水体污染日趋严重，粮食生产与环境协调度下降，鄱阳湖生态经济区“粮食生产与环境高度协调”与“粮食生产与环境较为协调”的县（市）总数呈减少趋势。随着 2009 年鄱阳湖生态经济区上升为国家战略，国家、江西省及鄱阳湖生态经济区内各级政府部门加大了对鄱阳湖生态经济区生态环境保护的力度，特别强调和注重农业生态环境的源头治理，在治理与保护并重的前提下发展农业生产，走可持续发展道路，粮食生产与环境协调性逐步提高，鄱阳湖生态经济区“粮食生产与环境高度协调”与“粮食生产与环境较为协调”的县（市）总数呈增加趋势。

## 4 结论与建议

本文采用 DDF 方法，分析了 2001 — 2012 年鄱阳湖生态经济区 25 个县（市）粮食生产的传统技术效率和环境技术效率以及粮食生产与环境协调性，得出如下结论：① 在不考虑环境污染对粮食生产技术效率影响的情况下，鄱阳湖生态经济区 2001 — 2012 年粮食生产传统技术效率呈现“W 型”趋势，其中粮食生产传统技术效率 2011 年最高为 0.9014，2006 年最低为 0.8151。② 在考虑环境污染对粮食生产技术效率影响的情况下，鄱阳湖生态经济区 2001 — 2012 年粮食生产环境技术效率总体变化呈现“U 型”趋势，其中粮食生产环境技术效率 2001 年最高为 0.8791，2008 年最低为 0.7339。③ 从空间分异来看，2001 — 2012 年鄱阳湖生态经济区除安义县、九江县、永修县、湖口县、彭泽县、瑞昌市等六个县（市）外，其余各县（市）粮食生产传统技术效率均大于粮食生产环境技术效率。④ 2001 — 2009 年，鄱阳湖生态经济区粮食生产传统技术效率和环境技术效率的差距呈扩大趋势，2009 年以后，两种技术效率的差距开始缓慢收敛。⑤ 2001 — 2012 年，鄱阳湖生态经济区“粮食生产与环境高度协调”的县（市）个数呈先减少后增加趋势，“粮食生产与环境较为协调”、“粮食生产与环境较不协调”的县（市）个数均呈先增加后减少趋势，仅有 2012 年出现了“粮食生产与环境高度不协调”的县（市），分别为都昌县、新建县和贵溪市。

通过对鄱阳湖生态经济区粮食生产技术效率时空演变及环境协调性探究，提出如下建议：一是鄱阳湖生态经济区各个县（市）粮食生产传统技术效率和环境技术效率的波动较大，因此，建议因地制宜对鄱阳湖生态经济区各县（市）粮食生产技术效率提高采取差异化激励政策，即根据粮食生产与环境的协调度给予粮食生产奖励和惩罚，高度协调和较协调的县（市）给予更多的粮食生产奖励和其它政策和投入支持，而对较不协调和高度不协调的县（市）不给予粮食生产奖励，甚至给予相应的惩罚，鼓励和引导鄱阳湖生态经济区各县（市）提高粮食生产与环境的协调度。二是通过鄱阳湖生态经济区两种技术效率的比较分析，粮食生产传统技术效率相对较大的占多数，说明大部分地区的粮食增长是以施用化肥等化学投入、牺牲环境为代价实现的<sup>[21]</sup>，因此，建议江西省政府及鄱阳湖生态经济区各级政府及其职能部门引导农户改变粮食生产方式，注重环境因素，走“两型农业”发展道路，实现粮食生产的可持续。三是建议江西省政府及鄱阳湖生态经济区各级政府及其职能部门采取媒体宣传、企业和个人补贴等措施，在化肥、农药“双减”背景下，加快改变农作物对化肥、农药过分依赖的传统生产方式，在稳产、增产前提下，让传统化学防治向现代绿色防控转变，逐步减少粮食生产中化肥、农药的生产和施用，加大有机肥的生产和施用，提高粮食生产可持续性。

### 参考文献：

- [1] 吴铀生. 农业生态环境建设是实现农业发展方式转变的基础[J]. 农村经济, 2011 ( 2 ) : 104 — 107 .
- [2] 周四军. 对我国粮食生产影响因素的计量分析[J]. 统计与决策, 2003 ( 4 ) : 41 — 42 .

- 
- [3] 董彦龙. 柯布一道格拉斯生产函数于河南省粮食种植产业的实证研究[J]. 中国农学通报, 2011 ( 29 ) : 119 — 123 .
- [4] 黄臻. 我国粮食生产影响因素分析——基于 C — D 生产函数的岭回归分析[J]. 税务与经济, 2014 ( 5 ) : 50 — 54 .
- [5] 亢霞, 刘秀梅. 我国粮食生产的技术效率分析——基于随机前沿分析方法[J]. 中国农村观察, 2005 ( 4 ) : 25 — 32 .
- [6] Hanks R J. Yield and water-use relationship) : An over-view[C]//Taylor H M, Jordan W R, Sinclair T R(Eds). Limitations to efficient water use in crop production. American Society of Agronomy, 1983): 393 — 411 .
- [7] 吴绍洪, 戴尔阜, 靳京. 山东省禹城市粮食生产资源利用效率评价[J]. 资源科学, 2007 , 29 ( 1 ) : 21 — 26 .
- [8] 王明利, 吕新业. 我国水稻生产率增长、技术进步与效率变化[J]. 农业技术经济, 2006 ( 6 ) : 24 — 29 .
- [9] 龙方, 杨重玉, 彭澄丽. 自然灾害对中国粮食产量影响的实证分析——以稻谷为例[J]. 中国农村经济, 2011 ( 5 ) : 33 — 44 .
- [10] 张淑杰, 孙天华. 农业补贴政策效率及其影响因素研究——基于河南省 360 户农户调研数据的实证分析[J]. 农业技术经济, 2012 ( 12 ) : 68 — 74 .
- [11] 鲁莎莎, 刘彦随, 关兴良. 粮食主产区农村经济发展态势及其政策影响分析[J]. 经济地理, 2011 , 31 ( 3 ) : 483 — 488 .
- [12] 陈素琼, 张广胜. 农村劳动力转移对水稻生产技术效率的影响: 存在代际差异吗——基于辽宁省的调查[J]. 农业技术经济, 2012 ( 12 ) : 31 — 38 .
- [13] 魏丹, 闵锐, 王雅鹏. 粮食生产率增长、技术进步、技术效率——基于中国分省数据的经验分析[J]. 中国科技论坛, 2010 ( 8 ) : 140 — 145 .
- [14] 张海鑫, 杨钢桥. 耕地细碎化及其对粮食生产技术效率的影响——基于超越对数随机前沿生产函数与农户微观数据[J]. 资源科学, 2012 ( 5 ) : 903 — 910 .
- [15] 肖红波, 王济民. 新世纪以来我国粮食综合技术效率和全要素生产率分析[J]. 农业技术经济, 2012 ( 1 ) : 36 — 46 .
- [16] 王深, 吴敬学, 钟鑫. 中国农业技术类型对粮食综合生产能力影响的实证分析[J]. 农业现代化研究, 2014 ( 5 ) : 513 — 518 .
- [17] 朱晶, 李天祥, 林大燕, 等. “九连增”后的思考: 粮食内部结构调整的贡献及未来潜力分析[J]. 农业经济问题, 2013 ( 11 ) : 36 — 43 , 110 — 111 .
- [18] 涂正革. 环境、资源与工业增长的协调性[J]. 经济研究, 2008 ( 2 ) : 93 — 105 .
- [19] K Kerstens , I Van de Woestyne. Negative data in DEA : a simple proportional distance function approach [J]. Journal of the Operational Research Society , 2011 , 62 ( 7 ) : 1413 — 1419 .

- 
- [20] 马文杰. 中国粮食综合生产能力研究[M]. 北京: 科学出版社, 2010 .
- [21] 吴罗发. 鄱阳湖区农业面源污染时空分布研究[J]. 江西农业学报. 2012 ( 09 ) : 159 — 163 .
- [22] 陈勇, 冯永忠, 杨改河. 陕西省农业非点源污染的环境库兹涅茨曲面验证[J]. 农业技术经济, 2010 ( 7 ) : 22 — 29 .
- [23] 陈耀邦. 发展中国特色现代农业的思考[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2010 , 88 ( 4 ) : 1 — 4 .
- [24] 闵锐, 李谷成. “两型”视角下我国粮食生产技术效率的空间分异[J]. 经济地理, 2013 , 33 ( 3 ) : 144 — 149 .