

基于 Malmquist 指数法的水稻生产效率实证分析*

徐丽君¹ 杨敏丽^{1,2}

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 中国农业大学中国农业机械化发展研究中心, 北京 100083)

【摘要】 采用基于 DEA 的 Malmquist 指数法,对南方双季稻区 6 个省(区)1995~2010 年水稻生产成本收益面板数据进行分析,得到水稻生产全要素生产率及技术进步率、技术效率的时序变动趋势及特征,并通过对技术效率的分解,得到规模效率与纯技术效率的时序特征。结果表明,不同阶段水稻生产全要素生产率受不同因素的影响,近期技术进步率下降是全要素生产率下降的主要因素,结果也显示南方双季稻区水稻生产效率低于北方稻区的黑龙江和稻麦轮作区的江苏,且区域内差异显著。因此,提高技术适应性,加强管理和制度的创新,提高水稻生产技术进步率,缩小省(区)间的差异是提高南方双季稻区水稻生产效率的关键。

关键词: 水稻 南方双季稻区 生产效率 Malmquist 指数

中图分类号: S23-01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)S0-0169-06

Analysis on Paddy Rice Production Efficiency Based on Malmquist Index

Xu Lijun¹ Yang Minli^{1,2}

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. China Research Center for Agricultural Mechanization Development, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract

With the aim to improve the production efficiency of paddy rice in double cropping area in south China, the panel data of cost and profit from 1995 to 2010 was analyzed. Total factor productivity, technical progress rate and technical efficiency was calculated and their time series characteristics were analyzed. The result showed that the total factor productivity was observed with a constant decline from 2004 to 2010, which was mainly caused by technical progress decline. The result also showed that the total factor productivity in double cropping area was much lower than that in Heilongjiang and Jiangsu Province, and there was significant variation between provinces and autonomous regions. Strengthening adaptability and advancement of paddy rice production technologies, promoting the innovation of management and mechanism, and narrowing the gap between provinces are key countermeasures to improve the capability of paddy rice production efficiency.

Key words Paddy rice, Double cropping area, Production efficiency, Malmquist index

引言

南方双季稻区是我国最重要的水稻产区,水稻种植面积和产量分别占全国水稻种植面积和产量的 42.1% 和 36.7%,但是水稻单位面积产量仅为 5.72 t/hm²,远低于全国平均水平(6.55 t/hm²)^[1]。

水稻单位面积产量是水稻生产能力的重要体现,提高双季稻区水稻单位面积产量对于提高稻农种粮积极性,保障我国粮食安全至关重要。水稻单位面积产量受到要素投入和全要素生产率的影响,而资源的供给是有限的,不能无限制增加要素投入。因此,提高全要素生产率,是促进水稻生产稳定发展

收稿日期: 2012-07-09 修回日期: 2012-08-06

* 公益性行业(农业)科研专项资助项目(200903009-02)

作者简介: 徐丽君,博士生,主要从事农村发展与农业机械化研究,E-mail: zoelijun@gmail.com

通讯作者: 杨敏丽,教授,博士生导师,主要从事农村发展与农业机械化研究,E-mail: qyang@cau.edu.cn

的关键^[2~4]。

水稻生产效率是指稻谷产出量与全部投入量之比,表明产出量的变动与全部要素投入量变动的关系,以全要素生产率(TFP)反映。全要素生产率可分解为技术进步率与技术效率^[4]。技术进步率是指在决策阶段,决策单位追逐新技术的努力程度。技术效率是指在给定一组投入要素不变的情况下,一个决策单元的实际产出与同一假设同样投入情况下的最大产出之比^[5]。对水稻生产而言,技术效率反映的是各投入要素配置的合理性。近年来,关于水稻全要素生产率的研究已经取得很多成果,研究方法不一致,时间跨度也不尽相同,但研究区域主要集中在全国范围及北方稻区,对南方双季稻区的研究还不多见,且在已有的分析中,通常采用中国统计年鉴中的总量指标,投入和产出以产值形式表示,未考虑年际间价格指数变动的影响^[6~13]。目前,用于全要素生产率的研究主要有参数方法及非参数方法,采用 DEA 数据包络分析的这种非参数方法,较参数方法更为客观^[11]。因此,本文利用基于 DEA 的 Malmquist 指数法对南方双季稻区 6 个省(区) 1995~2010 年的水稻成本收益面板数据进行分析,研究水稻全要素生产率的时序变化特征,探索提高水稻生产效率、实现水稻生产可持续发展的途径。

1 研究方法

1.1 理论与模型

实证分析中,Fare 等^[14]构建的基于 DEA 的 Malmquist 指数普遍被用来测算全要素生产率,可以利用多种投入与产出变量进行效率分析,且不需要相关的价格信息,也不需要成本最小化和利润最大化等条件,更为重要的是可利用该方法,将水稻全要素生产率(TFP)变化的原因分解为技术进步率(TC)与技术效率(EC)变化,并进一步把技术效率的变化细分为纯技术效率(PE)变化与规模效率(SE)变化。本文把南方双季稻区的每一个省(区)看成一个生产决策单元,运用基于 DEA 模型的 Malmquist 指数方法,构建每一时期水稻生产的最佳前沿面,把每个决策单元的水稻生产与最佳前沿面进行比较,分析南方双季稻区全要素生产率的时序变化特征。其基本原理如下:

在 s 时期,技术效率为

$$d^s(x,y)=\min\left\{\theta:\frac{y}{\theta}\in P(x)\right\}$$

式中最小化 θ ,则 $\frac{y}{\theta}$ 可实现最大化。该距离函数衡量给定投入下产出的最大值, θ 表示技术效率指数。

依次,定义 t 时期的产出距离函数

$$d^t(x,y)=\min\left\{\theta:\frac{y}{\theta}\in P(x)\right\}$$

则以 s 时期作为参照,从时期 s 到 t 的 Malmquist 全要素生产率指数变化为

$$m^s=\frac{d^s(x^t,y^t)}{d^s(x^s,y^s)}$$

同时,以时期 t 为参照,Malmquist 全要素生产率指数变化为

$$m^t=\frac{d^t(x^t,y^t)}{d^t(x^s,y^s)}$$

为了避免在多种投入和可变规模收益情况下两个全要素生产率指数变化的不一致性,根据上述 2 种指数的几何平均值推导出全要素生产率指数的变化

$$m(x^t,y^t,x^s,y^s)=\left(\frac{d^s(x^t,y^t)}{d^s(x^s,y^s)}\frac{d^t(x^t,y^t)}{d^t(x^s,y^s)}\right)^{1/2}=\underbrace{\frac{d^t(x^t,y^t)}{d^t(x^s,y^s)}}_{\text{EC}}\underbrace{\left(\frac{d^s(x^s,y^s)}{d^t(x^s,y^s)}\frac{d^s(x^t,y^t)}{d^t(x^t,y^t)}\right)^{1/2}}_{\text{TC}}$$

为分解水稻全要素生产率 Malmquist 指数,需计算 $d^s(x^t,y^t)$ 、 $d^s(x^s,y^s)$ 、 $d^t(x^t,y^t)$ 、 $d^t(x^s,y^s)$ 这 4 个距离函数。当 Malmquist 指数大于 1 时,表示全要素生产率(TFP)提高,当技术进步率和技术效率指数大于 1 时,表示其是 TFP 增长的主要因素,反之,则是导致 TFP 下降的因素。而规模效率指数和纯技术效率指数的高低,则反映其对技术效率指数的影响^[5]。

1.2 变量与数据选取

1.2.1 变量选取

本文利用 1995~2010 年《全国农产品成本收益资料汇编》面板数据,对南方双季稻区 6 个省(区),以及北方稻区的黑龙江省,稻麦轮作区的江苏省进行分析,其中 1998 年湖南省部分投入要素数据缺失,用上下年份数据平均所得。为使数据具有可比性,本文尽量选取实物量投入,对于以产值形式统计的投入,按照《中国统计年鉴》全国农用生产资料价格指数进行平减计算。水稻生产需要多种投入,从水稻生产过程看,种子秧苗、肥料、农业机械、塑料薄膜、劳动力等都是影响水稻产量的因素^[11]。考虑数据的完整性、连续性和可获得性,5 个投入变量分别为单位面积化肥施用量(单位:kg/hm²)、种子用量(单位:kg/hm²)、农业机械费用(单位:元/hm²)、劳动力投入量(单位:工/hm²)及其他费用(包括农药、农家肥、农膜、畜力等中间物质投入费用)(单位:元/hm²),产出为水稻单位面积产量(单位:kg/hm²)。

1.2.2 水稻投入产出数据

表 1 的上部分是 1995 ~ 2010 年各年南方双季稻区水稻生产投入与产出的平均值,下半部分是区域内各省(区)在 16 年间水稻生产投入和产出的平均值。从表中可看出,随着时间的推移,水稻生产各要素的投入发生了较大变化。种子用量显著下降,单位面积化肥施用量未发生大幅改变,而其他物质费用小幅上升,农业机械费用及劳动力投入量变化较大。从表 1 可知,2010 年顷均机械作业费用是 1995 年的 13.2 倍;与机械作业费用趋势相反的是

顷均用工量的投入,由 1995 年的 273.45 工减少到 2010 年的 116.25 工,降幅达 57.49%。从产出看,水稻单位面积产量呈小幅上升趋势,但是由于受多种因素的影响,有较大起伏。净成本收益率除 2004 年出现上升外,整体呈下降趋势,且降幅明显,年际间水稻生产效率和净成本收益率存在差异,整体上看,南方双季稻区水稻生产的成本收益率远低于北方稻区(黑龙江)的 51.19%和稻麦轮作区(江苏)的 72.14%。从表下半部分看,各省(区)各项投入和产出都存在较大波动,表明各省(区)也存在差异。

表 1 南方双季稻区水稻生产投入及产出基本情况
Tab.1 Input and output of paddy rice production in double cropping area in south China

年份/地域	投入					产出	净成本 收益率/%
	种子用量 /kg·hm ⁻²	单位面积化肥 施用量/kg·hm ⁻²	农业机械费用 /元·hm ⁻²	劳动力投入量 /工·hm ⁻²	其他费用 /元·hm ⁻²	水稻单位面积 产量/kg·hm ⁻²	
1995	70.65	302.10	119.40	273.45	1 196.10	5 296.50	77.78
1996	68.25	289.95	147.75	272.55	1 300.50	5 359.20	55.23
1997	56.25	304.20	158.70	259.20	1 366.20	5 374.05	35.11
1998	52.35	285.15	184.35	230.40	1 202.70	5 321.70	36.67
1999	47.25	257.10	200.70	218.40	1 054.65	5 286.15	30.63
2000	42.75	316.95	224.25	201.90	1 029.90	5 350.80	18.99
2001	38.25	304.95	221.25	191.25	1 029.30	5 498.55	25.15
2002	36.15	307.35	256.05	187.20	977.10	5 283.75	14.12
2003	35.10	313.65	257.55	185.40	964.05	5 458.35	33.65
2004	32.25	281.25	345.75	178.95	1 411.50	5 764.50	51.75
2005	32.10	312.30	467.40	171.75	1 302.75	5 468.55	23.39
2006	29.70	315.15	591.45	399.75	1 405.80	5 743.95	29.18
2007	29.40	326.25	799.65	147.00	1 480.65	5 859.90	35.90
2008	30.45	298.20	1 112.70	138.45	1 658.10	5 922.75	31.16
2009	27.60	309.15	1 267.50	126.15	1 608.00	5 954.85	25.99
2010	29.25	325.95	1 574.40	116.25	1 703.25	5 668.65	20.10
福建	36.30	327.45	365.10	210.15	1 354.95	5 964.15	45.05
江西	43.35	276.15	408.45	285.90	1 326.30	5 659.80	38.15
湖南	51.00	290.40	580.20	185.10	1 476.75	5 866.65	35.05
广东	35.25	340.05	651.60	175.95	1 144.95	5 594.55	44.76
广西	30.60	336.15	570.75	211.80	1 632.00	5 592.15	24.88
海南	50.25	248.40	397.20	167.70	824.10	4 552.05	35.82
黑龙江	93.90	199.65	970.35	115.20	1 153.05	6 784.50	51.59
江苏	74.40	437.55	1 001.55	157.20	1 662.30	8 151.75	72.14

1.3 数据处理

使用上述面板数据,利用 Deap-xpl 软件,计算 1995 ~ 2010 年南方双季稻区水稻全要素生产率 Malmquist 指数,并对其进行分解,得到影响水稻全要素生产率的技术进步率指数和技术效率指数,并将

技术效率分解为纯技术变化指数和规模效率指数。

2 结果与分析

2.1 全要素生产率及其分解

经计算,得到基于 1995 年的南方双季稻区

1996 ~ 2010 年各省 (区) 水稻全要素生产率 Malmquist 指数及其分解的 4 个指数,从整体上看,南方双季稻区在所研究的 16 年间生产效率较低,全要素生产率、技术进步率、技术效率都呈现出递减趋势,平均值分别为 0.978、0.986、0.992。而纯技术效率和规模效率的平均值分别为 0.999 和 0.993,在发展过程中起伏很大,纯技术效率高的年份,规模效率不高,反之,在纯技术效率低的年份,规模效率较高,如表 2 所示。从图 1 可更直观看出,技术进步率递减是南方双季稻区水稻生产效率低的主导因素。

表 2 1996 ~ 2010 年历年南方双季稻区水稻生产全要素生产率及分解指数

Tab.2 Paddy rice total factor productivity and disintegrated index from 1995 to 2010					
年份	全要素生产率	技术进步率	技术效率	纯技术效率	规模效率
1996	1.002	0.998	1.004	1.000	1.004
1997	1.087	1.203	0.903	0.759	1.190
1998	1.061	1.093	0.970	1.174	0.826
1999	0.928	0.906	1.024	0.757	1.353
2000	1.008	0.977	1.032	1.131	0.912
2001	1.052	1.080	0.974	0.894	1.089
2002	0.983	0.991	0.992	1.306	0.760
2003	0.983	1.129	0.871	0.618	1.410
2004	0.952	0.935	1.018	1.414	0.720
2005	0.929	0.957	0.971	0.925	1.050
2006	0.970	0.890	1.091	0.958	1.138
2007	0.960	0.866	1.109	1.220	0.909
2008	0.912	0.912	1.000	0.990	1.010
2009	0.982	0.928	1.059	1.000	1.059
2010	0.891	0.989	0.900	1.181	0.762
平均值	0.978	0.986	0.992	0.999	0.993
黑龙江	0.985	0.985	1.000	1.000	1.000
江苏	1.040	1.040	1.000	1.000	1.000

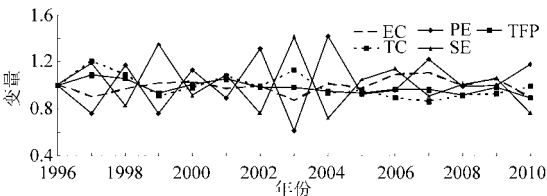


图 1 南方双季稻区水稻生产 Malmquist 指数动态变化
Fig.1 Trend of Malmquist index of paddy rice production

水稻全要素生产率的变动很大程度上受体制的变化和市场价格变动的影响。我国粮食流通体制共经过 4 次改革,根据粮食流通体制改革的历程,分阶段分析 1995 ~ 2010 年南方双季稻区水稻全要素生

产率的时序变化特征。
1995 ~ 1997 年,该阶段南方双季稻区水稻全要素生产率较高,其主要原因是技术进步率递增。水稻全要素生产率受气候、土壤、水分等多因素的影响,化肥等生产要素的投入对增产的潜力有限。但是由于超级稻等育种技术的进步,通过技术进步转移支付,水稻技术效率得到提高,稻谷增产明显^[6]。该阶段在粮食相对过剩的情况下,由于粮食流通体制的价格限制,市场调节能力受到限制,造成粮食和财政资源的巨大浪费。水稻生产净成本收益率由 77.78% 下降到 35.11%,制约了农民对水稻生产的投入和对生产环境的改善。

1998 ~ 2003 年,该阶段南方双季稻区水稻生产效率、技术进步率与技术效率指数均有较大起伏。1998 年我国粮食流通体制改革,强调由国家掌握必要粮源,规定农民完成国家定购任务并留足用于储备的余粮后,由国有粮食收储部以保护价敞开收购。较高的晚籼稻保护价和优质优价政策,刺激了农民对新技术的应用,技术进步率递增。但是由于国家长期对粮食流通体制的限制,全国粮油批发价格远低于生产要素市场化过程中农产品生产价格的攀升幅度,特别是稻谷生产的价格指数增速始终高于同期种植业生产价格指数的增速,稻谷生产净成本收益率由 36.67% 降低至最低点 14.12%,经济效益的下降制约了稻农的种粮积极性,也制约了农民对改善生产环境,改进组织、管理水平等方面的投入。2003 年,水稻种植面积降到历史最低点,技术效率也降到最低点。

2004 年至今,该阶段南方双季稻区水稻全要素生产率递减,而技术效率一直处于较高的水平,说明该阶段真正导致全要素生产率下降的是技术进步率的递减。2004 年国务院重新颁布的粮食流通管理条例,标志着我国粮食生产与流通向市场化方向改革,除对重点粮食品种在主产区继续实行最低价收购外,新条例强调价格由市场供求决定。受市场收购价格波动以及生产要素成本上涨的影响,水稻生产净成本收益率由 2004 年最高的 51.75% 下降到 2010 年 20.10%,年际间存在较大起伏。随着水稻生产机械化技术的推广迎用,生产力得到发展,水稻生产进入一个新要素配置的阶段。

该阶段南方双季稻区水稻生产技术进步指数递减,原因主要是:①粮食生产成本上升很快,造成净成本收益率下降,稻农种粮积极性下降,导致农民采用新技术的动力减弱。②水稻杂交育种、超级稻育种等高产良种等技术已经普及应用,技术进步逐渐内生,导致技术进步的作用不再明显。③水稻生

产机械化主推技术不够明确,机插秧、机直播、机抛秧无序发展,相配套的机具、人员不相匹配,导致技术进步的作用不集中。

而技术效率递增主要是因为随着 2004 年农业机械购置补贴政策的实施,推动了水稻生产机械的应用,而机械作为重要的劳动工具,其高效率 and 较好的作业质量,能实现抢种抢收,增加产量,提高稻谷的质量。而规模效率的起伏,主要是由于要素配置不合理,单位面积土地上物质要素的投入未达到最优规模,导致规模效率不高,而随着技术进步,尤其是机械化技术等大规模生产技术的推广和应用,在投入增加幅度较小或下降的情况下,规模效率必然下降^[15]。

2.2 各省(区)全要素生产率分析

从时间序列数据平均计算出的各省(区)的水稻全要素生产率发展情况看(表 3),不同省(区)水稻生产的全要素生产率差异较大。仅有广东和广西的全要素生产率处于效率有效,分别为 1.053 和 1.023,在南方双季稻区中处于领先地位,而各项效率都有效的仅为广东省。江西是我国水稻种植第二大省,但除了纯技术效率,其他各项效率值都小于 1,福建的水稻生产的全要素生产率在起伏中下降严重。从表 3 可知,南方双季稻区存在技术进步率与技术效率损失并存的现象,说明农业技术在这些省的推广并不成功,技术的推广应适应当地的条件,加强管理和制度的创新,提高效率。江西、福建等省水稻生产技术进步与技术效率损失并存,如果不能提高其全要素生产率,省(区)间的差异性会越来越大。因此,提高这些省份的水稻生产效率,是提高南方双季稻区水稻生产效率的关键。

表 3 1995 ~ 2010 年南方双季稻区各省水稻生产全要素生产率 Malmquist 指数及其分解

Tab.3 Paddy rice production Malmquist index in double cropping provinces in south China from 1995 to 2010

省 (区)	全要素 生产率	技术 进步率	技术 效率	纯技术 效率	规模 效率	排名
福建	0.927	0.934	0.993	1.000	0.993	5
江西	0.913	0.936	0.975	0.929	1.050	6
湖南	0.991	1.016	0.975	1.000	0.975	3
广东	1.053	1.043	1.009	1.000	1.009	1
广西	1.023	1.031	0.992	0.993	0.999	2
海南	0.929	0.929	1.000	1.000	1.000	4
平均	0.973	0.982	0.991	0.987	1.004	
黑龙江	0.985	0.985	1.000	1.000	1.000	
江苏	1.040	1.040	1.000	1.000	1.000	

南方双季稻区各省(区)中,净成本收益率受各地定价差异和市场需求的影响也存在较大的差异。在所研究的 16 年间,水稻生产平均净成本收益率从高到低排序为福建(45.05%)、广东(44.76%)、江西(38.15%)、海南(35.82%)、湖南(35.05%)、广西(24.88%)。从图 2 可看出,南方双季稻区水稻生产净成本收益率年际间波动很大。从流通体制改革的历程分阶段看,1995 ~ 1997 年间,南方双季稻区水稻全要素生产率整体较高,但呈下降趋势,该阶段各省(区)水稻生产净成本收益率降幅明显;1998 ~ 2003 年间,水稻全要素生产率存在较大起伏,对应的净成本收益率也存在较大波动,并在 2002 年达到最低净成本收益率,此后有所上升;2004 ~ 2010 年间,水稻生产净成本收益率在 2004 年达到近 10 年的最高点,此后维持在 25% 左右。该阶段水稻全要素生产率也相对较低,呈缓慢上升趋势。从年际数据看,全要素生产率高的省份,成本收益率也较高,从各省(区)数据看,全要素生产率较高的省份,净成本收益率相对较高;净成本收益率低的省份,全要素生产率也相对较低。经济效益是影响稻农生产决策的重要因素,全要素生产率较高的省份,生产要素利用充分,投入产出比高,稻农能获得更大的收益,能促进其对水稻生产进行新技术和其他要素的投入。

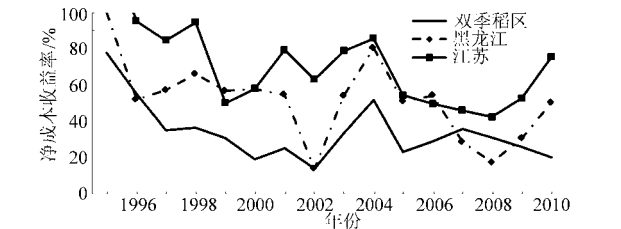


图 2 区域水稻生产净成本收益率
Fig.2 Rate of return of paddy rice production in paddy areas

3 结束语

南方双季稻区水稻全要素生产率指数在 1995 ~ 2010 年间呈现出较大波动,并总体呈下降趋势。全要素生产率的波动受技术进步与技术效率变化的影响,每一阶段影响的程度不同。1995 ~ 1997 年,技术效率递减是导致全要素生产率低的主导因素;1998 ~ 2003 年,技术进步与技术效率交替影响;而 2004 ~ 2010 年,技术进步率对全要素生产率的影响更为明显。水稻生产全要素生产率受相关政策影响很大,如粮食流通体制变革的影响,因此,国家农业政策的制定要稳定持续、有利于农业生产的发展。

从时间序列分析结果看,南方双季稻区 6 省

(区)的水稻全要素生产率存在较大差异,仅有一半省(区)全要素生产率达到 1,每个效率都达到 1 的仅有广东省。水稻生产技术推广中存在技术进步与技术效率损失并存的情况。因此,在技术推广中,不仅要提高技术的适应性,还要加强管理和制度的创新,提高水稻全要素生产率。

综上所述,要提高当前我国南方双季稻区水稻

的全要素生产率,首先要加强技术的创新,加强超级稻育种、机械化栽植、收获等高产技术的创新,技术的推广要适应南方双季稻区水稻生产的条件;其次要促进全要素生产率低省份水稻的全要素生产率,缩小省(区)间的差异性。再次是要扩大南方水稻种植规模,改善生产经营条件,使各投入要素效率得到充分发挥。

参 考 文 献

1 国家统计局. 中国统计年鉴 2011[M]. 北京:中国统计出版社,

2 宿桂红,傅新红. 中国粮食主产区水稻生产技术效率分析[J]. 中国农学通报,2011,27(2):439~445.
Su Guihong, Fu Xinhong. Analyzing the technical efficiency of rice production in China's main food producing area[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2011,27(2):439~445. (in Chinese)

3 邬婧. 我国小麦生产的技术效率分析[D]. 南京:南京农业大学,2010.
Wu Jing. The analysis on technical efficiency of Chinese wheat production[D]. Nanjing:Nanjing Agricultural University,2010. (in Chinese)

4 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):24~30.

5 赵伟,马瑞永,何元庆. 全要素生产率变动的分解——基于 Malmquist 生产力指数的实证分析[J]. 统计研究,2005(7):37~42.
Zhao Wei, Ma Ruiyong, He Yuanqing. Total factor productivity and disintegration—empirical research based on Malmquist index[J]. Statistical Research,2005(7):37~42. (in Chinese)

6 栾锡宝,丁毅. 中国水稻生产效率动态分析:1996—2004[J]. 市场周刊·理论研究,2007(3):10~11.

7 张冬平,冯继红. 我国小麦生产效率的 DEA 分析[J]. 农业技术经济,2005,3(1):48~53.

8 颜鹏飞,王兵. 技术效率、技术进步与生产率增长:基于 DEA 的实证分析[J]. 经济研究,2004(12):55~65.
Yan Pengfei, Wang Bing. Technical efficiency, technical progress and efficiency increase—based on DEA empirical study[J]. Economic Research Journal,2004(12):55~65. (in Chinese)

9 李英,张越杰. 日本水稻生产效率的实证分析[J]. 吉林农业大学学报,2011,33(2):227~230.
Li Ying, Zhang Yuejie. An empirical study of efficiency of rice production in Japan[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2011,33(2):227~230. (in Chinese)

10 闵锐. 粮食全要素生产率:基于序列 DEA 与湖北主产区县域面板数据的实证分析[J]. 农业技术经济,2012(1):47~55.

11 张越杰,霍灵光,王军. 中国东北地区水稻生产效率的实证分析——以吉林省水稻生产为例[J]. 中国农村经济,2007(5):24~32.

12 秦立建,张妮妮,蒋中一. 土地细碎化、劳动力转移与中国农户粮食生产——基于安徽省的调查[J]. 农业技术经济,2011(11):16~23.

13 周宏,褚保金. 中国水稻生产效率的变动分析[J]. 中国农村经济,2003(12):42~46.

14 Fare R, Grosskopf S, Norris M, et al. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries[J]. American Economic Review,1994,84(1):66~83.

15 张忠明,钱文荣. 农户土地经营规模与粮食生产效率关系实证研究[J]. 中国土地科学,2010,24(8):52~58.
Zhang Zhongming, Qian Wenrong. Empirical research on the relationship between farmers' land management scale and food production efficiency[J]. China Land Science,2010,24(8):52~58. (in Chinese)