

黄土高原县域农业生产效率时空变化分析

张平平¹, 王飞^{1,2}, 王蕾钦¹, 杨蒙²

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 运用 DEA 模型, 以耕地面积、粮食播种面积、乡村从业人员数、农业机械总动力、农用化肥施用折纯量为投入指标, 以农业生产总值、粮食产量、油料产量为产出指标, 对 1987—2014 年黄土高原 281 个县(市)的农业生产效率及时空变化特征进行分析。结果表明: (1) 综合效率平均值为 0.694, 处于中等水平, 并且保持了一定的增长态势, 但区域差异较大; 其变异系数高值 ($V > 0.250$) 出现在黄土高原北部和东部的部分县(市)域; (2) 黄土高原纯技术效率主要表现为 3 种基本类型, 其中高效率县(市)数量有所增加, 并有向北部扩大的趋势; 综合效率受纯技术效率和规模效率二者共同影响, 纯技术效率对综合效率的影响大于规模效率; (3) 该区农业生产规模效率值大于 0.9, 平均水平较高, 分布也较为均衡。在 2005—2014 年期间, 黄土高原大部分县(市)处于规模报酬递增阶段, 可以通过扩大农业生产规模来获得更高的生产效益。

关键词: 农业生产效率; DEA 模型; 县域; 黄土高原

中图分类号: F329.9 文献标志码: A

Spatio-temporal change of agricultural production efficiency in the loess plateau

ZHANG Ping-ping¹, WANG Fei^{1,2}, WANG Lei-qin¹, YANG Meng²

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The agricultural production efficiency change of 281 counties in the Loess Plateau was analyzed over 1987 to 2014 using Data Envelopment Analysis (DEA), taking the cultivated area, sown area of grain, rural employees, total power of agricultural machinery, and the amount of agricultural chemical fertilizers as input indexes, gross agricultural product, grain and oil output as output indexes. The results suggest that: (1) The average value of comprehensive efficiency was 0.694, which is on medium level, and keeps a moderate rate of growth, but the regional difference is larger. The coefficient of variation of high value ($V > 0.250$) located in some counties in the northern and eastern parts of the Loess Plateau. (2) The variation of pure technical efficiency was divided into three basic types according to the calculation. The number of counties with high value due to pure technical efficiency increased, and there are more such kind of counties from the south to the north. Comprehensive efficiency affected by both pure technical efficiency and scale efficiency, and pure technical efficiency has more contributed to the comprehensive efficiency than the scale efficiency. (3) The scale efficiency value was greater than 0.9 in the entire area with a high scale efficiency and the better balance in distribution. Most counties were in the stage with increasing scale returns in the Loess Plateau in 2005 to 2014, and it is still possible to get higher production efficiency by expanding the scale of agricultural production.

Keywords: agriculture production efficiency; DEA; county; the Loess Plateau

农业是我国经济发展的基础,在人口数量攀升和耕地面积不断减少的背景下,要确保农业持续健康发展,必须提高农业生产效率,使农业生产的投入

产出最大化。对农业生产效率的研究一直是农业经济研究中的一项重要课题。数据包络分析方法(简称 DEA, Data Envelopment Analysis)是目前国内外学

收稿日期: 2016-10-20

修回日期: 2016-11-30

基金项目: 中国科学院国际合作局对外合作重点项目(16146KYSB20150001); 欧盟委员会 Horizon2020 项目“基于中欧农业生产与环境恢复的交互式土壤质量评价”(635750)

作者简介: 张平平(1993—),女,安徽马鞍山人,硕士,研究方向是经济地理与区域发展。E-mail: 1335965613@qq.com。

通信作者: 王飞。E-mail: wafe@ms.iswc.ac。

者普遍运用的研究农业生产效率的方法。Helfand 等^[1]利用 DEA 方法探讨了巴西中西部农业技术效率的影响因素,研究表明,现代投入对技术效率有重要影响。Bjurek 等^[2]选取美国德州 Blacklan Prairie 区域中 41 个郡为研究对象,运用 DEA 模型对其农业生产效率进行分析。Vicente^[3]利用 DEA 方法对 1995 年巴西农业生产效率进行研究,结果表明该地区农业技术效率较低,在技术效率完全有效的情况下农业总产值将增加 30% 以上。Ramanathan^[4]使用 DEA 方法评估国际农业生产效率,其研究覆盖 2004—2008 年 174 个欧盟和非欧盟国家,结果表明其效率值分别为 43.2% 和 41.4%。Dubey^[5]选取印度的 Punjab 和美国 Ohio 的农业生产效率进行对比研究,结果表明 Ohio 的农业效率大于 Punjab。贺正楚等^[6]运用 DEA 模型,从规模有效性和技术有效性两方面对我国 31 个省市的农业生产效率进行评价。董洪清等^[7]利用 DEA 模型,建立投入产出综合性指标体系,全方位地评价我国农业生产效率。苒亚平等^[8]对河南省 108 个县 2001—2005 年、2006—2010 年各指标的平均值进行 DEA 分析,探讨其 2001—2010 年的农业生产效率的时空动态变化特征。赵俊华等^[9]运用 DEA 模型对 2008—2012 年山西省 107 个县(市)农业生产效率进行分析,并结合 ES-DA 方法探究其农业生产效率分布模式的时空演化。焦源^[10]利用三阶段 DEA 模型,对 2011 年山东省 17 个地市的农业生产效率进行研究,结果发现,各地市的投入要素和生产效率存在一定差距,应根据当地情况有针对性地扩大农业生产规模,改善技术管理状况。

黄土高原水土流失严重,自然灾害频发,农业自然条件地域差异大,贫困人口多,是我国人口、资源、环境矛盾最大的区域^[11]。为认识该区农业生产效率的变化特征与空间差异,本文以黄土高原地区县(市)域作为研究对象进行分析,并为该区农业和区域可持续发展提供科学依据。

1 区域概况、研究方法及数据来源

1.1 区域概况

黄土高原位于 33°41'N ~ 41°16'N, 100°54'E ~ 114°33'E 之间,在行政区划上包括陕西、甘肃、宁夏、青海、内蒙古、山西、河南 7 省(自治区)的 281 个县(市)(2014 年)。该区域地处黄河中游,南北宽约 800 km,东西长约 1 300 km,面积约为 63.5 万 km²,约占全国国土总面积的 6.6%,其中耕地面积约为 12.1 万 km²(2014 年)。但大部分耕地属于坡

耕地,这给农业发展带来很大困难。2014 年粮食总产量约为 4 600 万 t,占全国粮食总产量的 7.6%。该区年平均降雨量在 150 ~ 750 mm 间,夏季降雨比较集中,春季则干旱缺水,这与主要农作物生长期发生错位;东部和南部降雨相对丰富,向西部和北部降雨量递减,水资源分布不均导致农作物生长条件差异显著,加上各地区产业结构各异,各个县(市)农业生产效率差异明显。

1.2 研究方法

1.2.1 DEA 模型 数据包络分析方法(DEA)是由运筹学家 Charnes 和 Cooper^[12]在“相对效率评价”的基础上提出的对具有多投入、多产出要素的同类评价单元进行相对有效性评价的系统分析方法^[13]。DEA 的基本思路是把每个评价单元都当做决策单元(简称 DMU, Decision Making Unit),综合分析投入产出资料,确定一个相对有效的生产前沿面,即生产效率有效的一个集合,将各个 DMU 投影到生产前沿面上,根据 DMU 与生产前沿面的距离来确定它们的相对有效性^[14]。DEA 分析中主要两个模型为 C²R 和 BC² 模型。C²R 模型假设决策单元规模报酬不变,BC² 模型将 C²R 模型中的规模报酬不变的前提去除,计算可变规模报酬情况下的效率值。假设有 n 个决策单元,每个决策单元有 m 个投入要素, r 个产出要素 $x_j = [x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}]^T$ 为要素投入变量, $y_j = [y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{rj}]^T$ 为产出变量; s^+ 为松弛变量, s^- 为剩余变量; λ_j 为各单元投入、产出要素的组合系数, θ 为效率值大小,则 C²R 模型的计算公式为:

$$\begin{cases} \min \theta = V_D \\ s. t. \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j + s^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j - s^+ = y_0 \\ \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

式中所求的 θ 值即为各决策单元的综合效率(TE)。在 C²R 模型的基础上添加凸性假设 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ 这个约束条件后得到 BC² 模型。利用 BC² 模型得到的效率值为剔除决策单元规模影响后的纯技术效率值(PTE)。通过比较各决策单元在固定规模报酬下的综合效率(TE)与在可变规模报酬下的纯技术效率(PTE)可以得到规模效率值(SE),若二者相等,表明决策单元的无效率由技术无效率造成的;若二者存在差异,表示决策单元非有效性源自其规模

效率大小,其间的关系为: $TE = PTE * SE^{[12]}$ 。

本文选取 1987—2014 年黄土高原 281 个县(市)域为研究区,利用 DEAP2.1 软件计算各个行政区的综合效率、纯技术效率和规模效率。纯技术效率反映投入要素的使用效率,即各单元是否可以有效利用生产技术,实现产出最大化。规模效率用来衡量各单元在投入要素和产出要素的分配比例上是否合适,以达到产出最大化,该值越高表示规模越合适,越具有生产力。农业综合效率表示决策单元与生产前沿面之间的距离,反映当前农业生产规模的合适程度以及对生产技术的利用程度^[15]。

1.2.2 变异系数 为了反映 1987—2014 年间黄土高原县(市)域农业生产效率的波动大小和分布情况,本文引入变异系数进行评价,计算公式为^[16]:

$$V = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

式中, V 表示各县(市)域单元农业生产效率的变异系数, x_i 为各县(市)域单元第 i 年的效率值, \bar{x} 为各县(市)域单元 1987—2014 年间的效率平均值, n 为总年数。 V 值在 0 ~ 1 之间, V 值越大则该县(市)域单元农业生产效率波动越大。

1.3 数据来源与指标选取

本文所用数据来自黄土高原数据共享平台(<http://loess.geodata.cn>),部分缺失数据从 1987—2014 年各省统计年鉴、《中国县(市)社会经济统计年鉴》中整理计算得到。

统计发现 1987—2014 年间黄土高原地区行政区划有所调整。1987 年共有 287 个县(市)级行政单元,1997 年撤销临潼县,设立西安市临潼区;2002 年撤销长安县,设立西安市长安区;2002 年撤销耀县,设立铜川市耀州区;2003 年撤销宝鸡县,设立宝鸡市陈仓区;2003 年撤销陶乐县,原陶乐县月牙湖乡划归银川市兴庆区管辖,其余地方划归平罗县管辖;2004 年撤销惠农县,设立石嘴山市惠农区。本文以 2014 年行政区划的 281 个县(市)级单元为准。

参考国内外有关农业生产效率评价体系文献,并考虑指标的易获得性和代表性,本文将黄土高原农业生产系统分为投入与产出两大系统。

(1) 投入指标: 本文从土地、劳动力、资本三个方面选取投入指标。土地投入用耕地面积(公顷)、粮食作物播种面积(公顷)来表示。劳动力用乡村从业人员数(万人)来表示,资金投入用农业机械总动力(千瓦)和农用化肥施用折纯量(吨)来表示。

(2) 产出指标: 本文选取农业生产总值(万元)、粮食产量(吨)、油料产量(吨) 3 个指标来表示农业产出的规模和总量。同时选取粮食产量和油料产量是因为农业生产系统是包括粮食、油料等多种生产内容的多投入和多产出的复杂系统,本文在数据可得性的基础上考虑农业生产内部结构差异对农业生产效率的影响。

2 农业综合效率时空特征分析

2.1 农业综合效率时序变化分析

1987—2014 年间黄土高原农业综合效率的平均值为 0.694,即黄土高原农业实际产出占理想产出的 69.4%。从图 1 所示的农业生产效率变化趋势来看,1998 年和 2003 年波动较大,2005 年之后缓慢波动并逐渐呈现出增长态势。历史上黄土高原属于我国水土流失严重的区域,受地形条件和落后的生产力条件限制,当地农业产量一直较低且不稳定。1997 年黄土高原农业综合效率为 0.648,1998 年中国粮食极大丰产,农业生产效率显著提高至 0.728。同年长江流域出现特大洪水,国家开展“退耕还林”试点工作,造成耕地减少且部分农户选择外出务工^[17],1999 年农业生产效率下降至 0.661。2002 年国家全面启动“退耕还林”,2003 年农业生产效率到达最低点,为 0.618。近些年,随着国家加大对农业补贴政策的实施力度和对黄土高原的综合治理,在一定程度上促进了农业生产的稳定和提高,农业综合效率从 2005 年的 0.682 增加到 2014 年的 0.748。

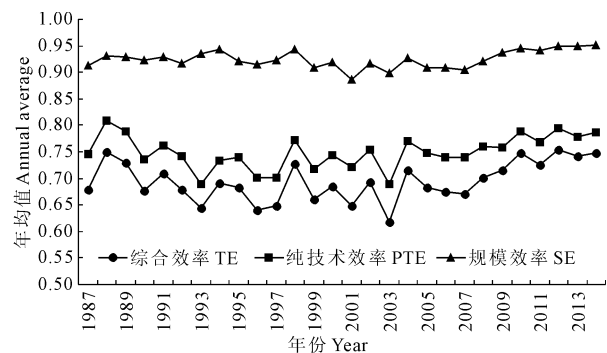


图 1 黄土高原 1987—2014 年农业综合效率、纯技术效率、规模效率变化

Fig. 1 Efficiency of agricultural industry in the Loess Plateau (in 1987—2014)

计算黄土高原各县(市)域的农业综合效率变异系数,结果表明(图 2): 1987—2014 年的平均变异系数为 0.194,变异系数较大的县(市)域单元($V \geq 0.250$)主要集中在高原北部和东部地区,北部包

括鄂尔多斯市、陕西省神木县、靖边县等榆林市大部分下辖县(市)域,东部包括山西省境内大同市、阳泉市、吕梁市、临汾市下辖的大部分下辖县(市)域。这些县(市)域由于生态环境脆弱,以干旱、风沙为主的自然灾害频发,农业生产效率稳定性较差。变异系数变化中等的县(市)域($0.150 \leq V \leq 0.249$)位于变异系数较大的区域外围,包括内蒙古境内的黄河南岸、陕西省北部、山西省、河南省和青海省大部分区域,以及甘肃省固原市、天水市、白银市下辖的大部分县(市)域。变异系数较小的县(市)域($V \leq 0.149$)位于宁夏回族自治区大部分区域、陕西省南部和青海、甘肃境内的区域,生产效率较为稳定,这些区域多数位于农业开发较早,生产条件较好的地区,农业生产综合效率普遍较高且波动很小。

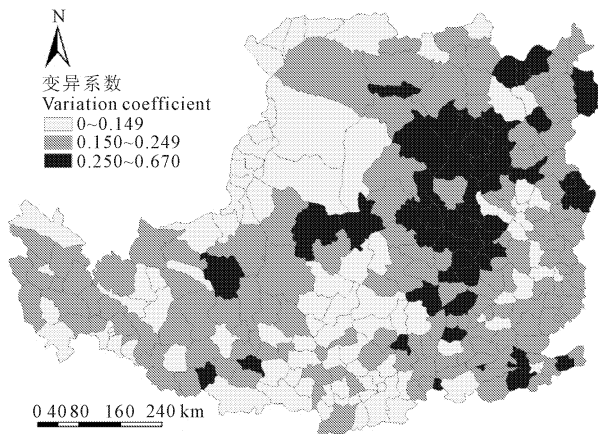


图2 黄土高原农业综合效率变异系数

Fig. 2 Variation coefficient of agriculture comprehensive efficiency in the Loess Plateau

从图2还可以看出,六大省会城市的农业生产综合效率的变异系数均较低。在西部大开发的背景下,凭借省会城市区域中心的优势地位,其农业发展的综合实力不断上升。但是,由于城市化过程中城市人口不断增加,行政区划随之调整,各项指标的人均水平上升缓慢,影响整体的发展速度^[18],农业生产综合效率变化不大。

2.2 农业综合效率的空间变化分析

为了反映综合效率空间分异特征,本文选取1987年、1995年、2005年和2014年进行分析。由图3可以看出黄土高原农业生产综合效率具有以下特征:

(1) 农业综合效率县(市)域间差异较大。1987年、1995年、2005年和2014年农业综合效率最大值均为1,最小值分别为0.169、0.175、0.136及0.282,差异显著。2005年和2014年农业综合效

率最小值所在县(市)域均是柳林县。柳林县隶属山西吕梁市,地形起伏较大,水土流失严重,降雨不足且分布不均,素有“十年九旱”之称,受这些自然条件限制,柳林县的农业综合效率一直处于较低水平(1987年、1995年农业综合效率分别为0.325、0.477)。

(2) 按自然断裂法(Jenks),本文将黄土高原1987年、1995年、2005年和2014年县(市)域单元农业综合效率划分为高中低3个等级。①低效率:1987年低效率县(市)域主要位于陕西北部、内蒙古中部和宁夏南部,共计65个县(市);1995年、2005年低效率主要位于山西西部和甘肃西部,分别为64个、67个县(市);2014年低效率主要位于山西南部 and 甘肃东部,共计46个县(市)。②中等效率:1987年中等效率的县(市)域主要位于山西大部、陕西南部、内蒙古南部,共计117个县(市);1995年中等效率主要位于山西大部、甘肃西部和宁夏南部,共计119个县(市);2005年、2014年中等效率主要位于山西北部、甘肃大部、宁夏南部,分别为103个和100个县(市)。③高效率:1987年高效率县(市)域主要位于陕西中部、甘肃南部、宁夏北部和青海大部,分布较分散,共计99个县(市)域;之后高效率县域向北转移,分布逐渐集中,1995年、2005年、2014年高效率主要位于内蒙古大部、宁夏北部和陕西中部,分别为98个、111个、135个县(市)。可以看出,农业综合效率整体上处于中等水平,低效率县(市)域和中等效率县(市)域数量逐渐减少,高效率县(市)域数量逐渐增多,总体呈现上升趋势。

(3) 黄土高原各县(市)域经过相同的宏观农业政策调控,但农业综合效率空间差异显著,这主要取决于各县(市)域农业生产结构、经营模式和耕作方式的差别。高效率县(市)域大多调整了农业生产结构,并改变经营方式,提高机械化水平,逐渐向现代化农业发展。如陕西省的靖边县属于农牧交错带,近年来大力发展特色农业,该县围绕羊子、马铃薯、蔬菜三大农业主导产业,着力推进农业由传统粗放经营方式向现代集约经营方式转变,大幅提高其农业生产效率。

3 农业综合效率分解

农业综合效率可分解为纯技术效率和规模效率,本文以1987年、1995年、2005年和2014年为例,计算各县(市)域单元对应的纯技术效率和规模效率(图4、图5)。

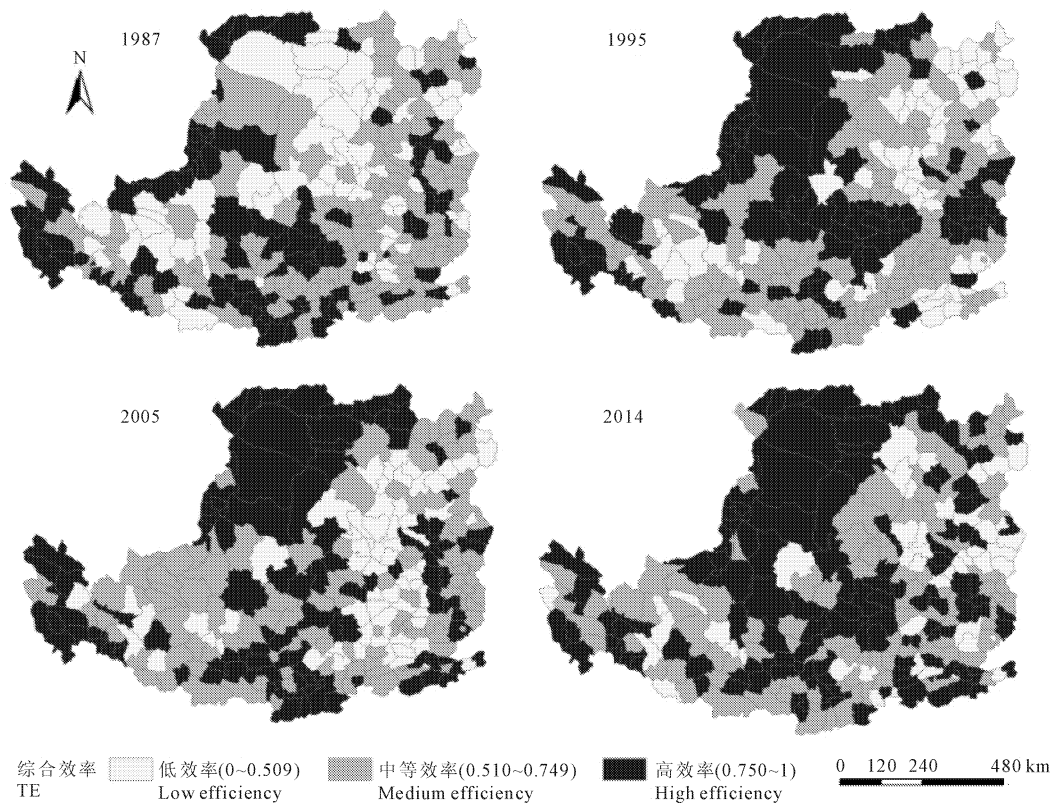


图 3 1987 年、1995 年、2005 年和 2014 年黄土高原农业综合效率空间分异

Fig. 3 Spatial distribution of agricultural comprehensive efficiency in 1987 , 1995 , 2005 and 2014

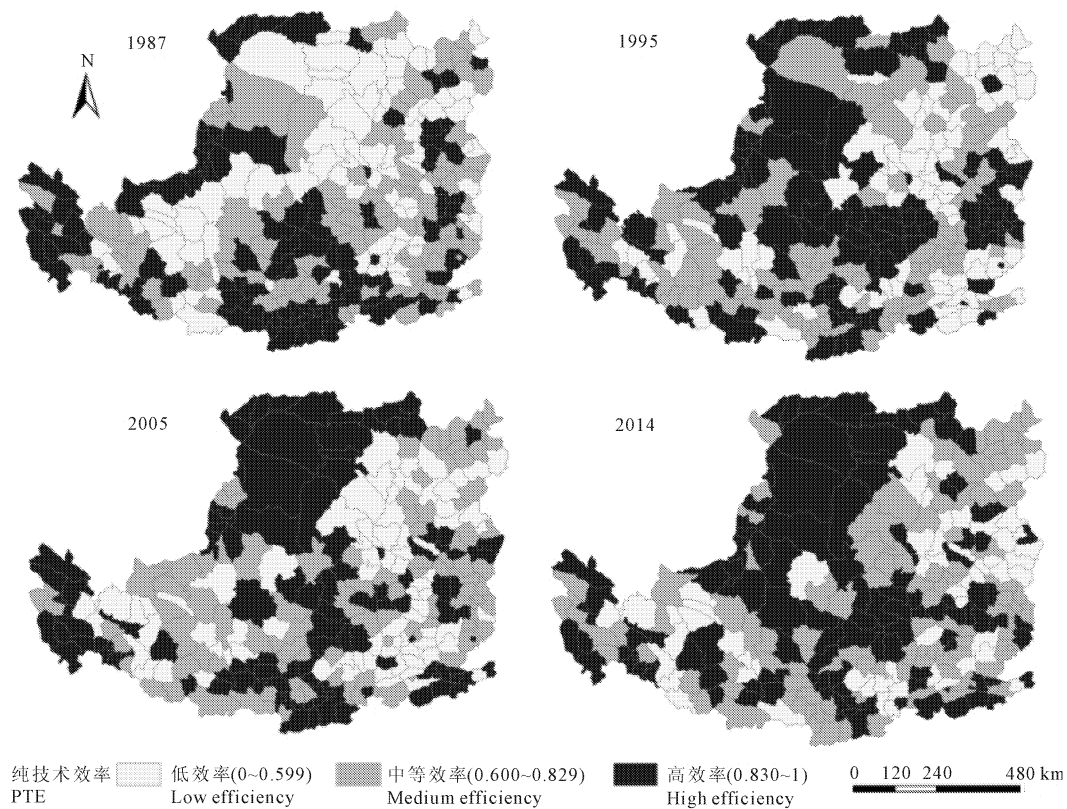


图 4 1987 年、1995 年、2005 年和 2014 年黄土高原农业纯技术效率空间分异

Fig. 4 Spatial distribution of agricultural pure technological efficiency in 1987 , 1995 , 2005 and 2014

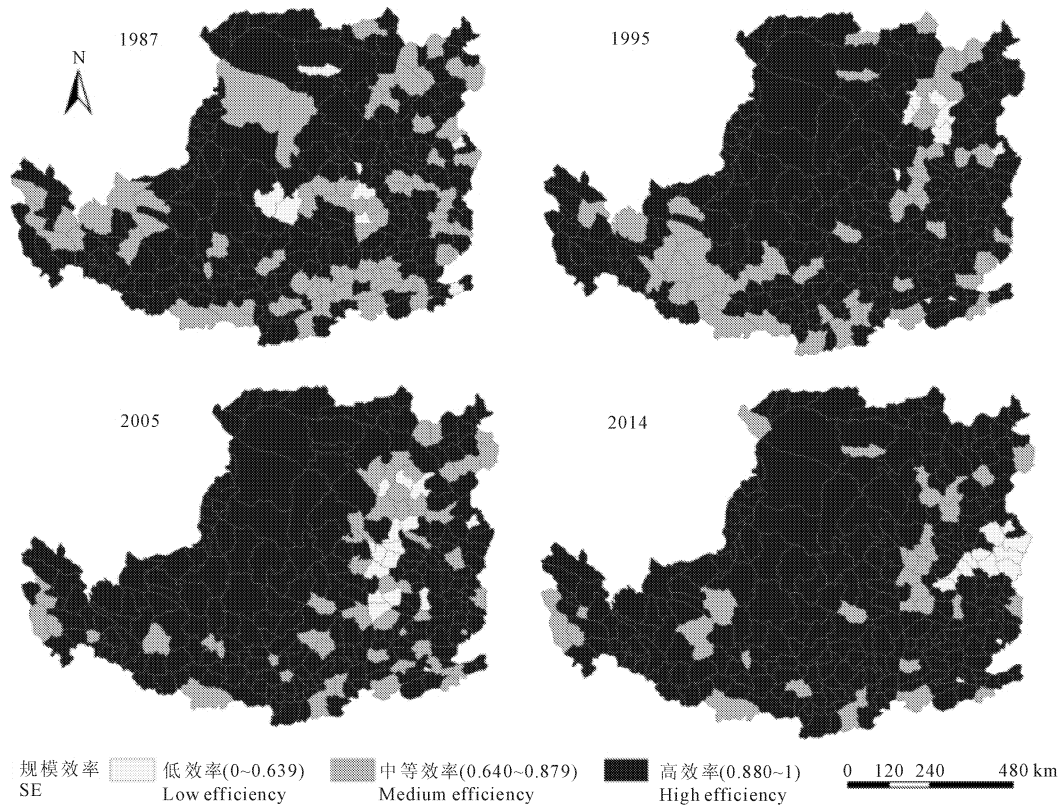


图5 1987年、1995年、2005年和2014年黄土高原农业规模效率空间分异

Fig. 5 Spatial distribution of agricultural scale efficiency in 1987, 1995, 2005 and 2014

3.1 农业纯技术效率的时空变化特征

由图4可知,不同县(市)间纯技术效率差异较大,1987年有湟中县、岐山县、临夏市等55个县(市)的纯技术效率达到1,但靖边县的纯技术效率仅为0.273;1995年有志丹县、西宁市、鄂托克旗等64个县(市)的纯技术效率达到1,新安县的纯技术效率最低,只有0.240;2005年有户县、巴彦淖尔市、平安县等63个县(市)纯技术效率为1,柳林县的纯技术效率仅为0.232;到2014年,有兰州市、西安市、同仁县等65个县(市)纯技术效率为1,纯技术效率最低的仍然是柳林县,其大小上升至0.350,纯技术效率最高值与最低值间相差很大,这在很大程度上阻碍纯技术效率的整体提高。1987—2014年28年时间内,黄土高原农业生产纯技术效率高效率区有所增加,并有向北部扩大的趋势。究其原因,黄土高原北部的自然资源丰富、土地肥沃,适合发展农业,同时对农业技术推广十分重视,操作精细化,经营结构多样化,农业生产效率逐渐提高。

为了研究纯技术效率和规模效率对综合效率的贡献,本文选用1987年、1995年、2005年和2014年的散点图来反映其间的关系(图6),结果如下:

(1) 1987年、1995年、2005年和2014年各县(市)域单元的农业综合效率的散点分布在 45° 对角线附近,但都不能完全与 45° 对角线重合(图6a,图

6b),说明综合效率受纯技术效率和规模效率二者共同影响。

(2) 与纯技术效率相比,规模效率和综合效率变化更偏向散点图的顶部和偏上部,因此可以得出结论:大多县(市)域单元的农业规模达到或接近有效状态,农业规模效率大于纯技术效率。

(3) 规模效率相比于纯技术效率更偏离对角线 45° ,说明农业综合效率与纯技术效率相关性更高,即纯技术效率与规模效率相比对综合效率的影响更大。这与图1所示的黄土高原地区各县(市)域单元纯技术效率变化趋势与综合效率基本一致的情况吻合,进一步证明农业纯技术效率是引起综合效率变化的主要原因。因此,要提高黄土高原农业生产综合效率,首先要提高纯技术效率,加大对农业生产技术的投入与开发。

3.2 农业规模效率的时空变化特征

从图5中可以看出,规模效率平均水平相对较高。1987年、1995年、2005年和2014年规模效率大小分别为0.913、0.921、0.909和0.951,均在0.9以上,说明黄土高原农业生产达到高规模效率的水平。同时,规模效率高县(市)域连片呈现,分布较为均衡。除山西西部、陕西南部部分县(市)域外,大部分黄土高原县(市)域属于高效率县(市)域。大面积连片县(市)域一方面是因为当地自然条件

相似,另一方面受地理位置和政府发展规划影响,如呼包鄂榆经济区,这些县(市)域在发展当地特色农

业经济的同时带动周围县(市)域的农业发展。

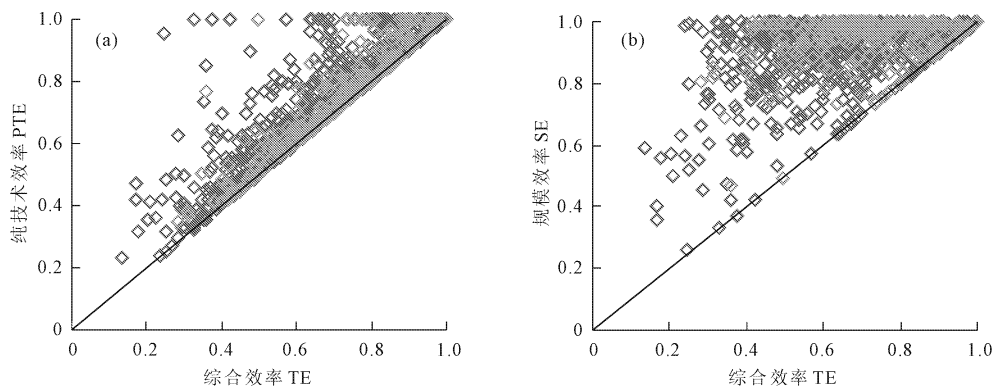


图 6 黄土高原农业分解效率对总效率的贡献分析

Fig. 6 Contribution of total agriculture efficiency by decompositions in the Loess Plateau

根据 DEA 规模报酬分析,可以判别黄土高原各县(市)农业生产规模报酬所处阶段。当农业生产处于规模报酬递增阶段,表明投入要素没有达到最佳规模,此时增加要素投入,可以得到更高的收益,从而进一步提高农业生产效率;如果农业生产效率处于规模报酬递减阶段,说明投入要素已经超过农业生产对投入要素的需求量,只有减少投入,才能实现农业生产效率的增长^[19]。计算结果表明(图 7),1987 年、1995 年、2005 年和 2014 年规模报酬递增的县(市)分别为 87、87、165、125 个;规模报酬递减的县(市)分别为 152、155、78、95 个;规模报酬不变的县(市)分别为 42、39、38、61 个。总体来看,1996 年之前黄土高原县(市)域大部分处于规模报酬递减阶段,2005—2014 年大多数县(市)域处于规模报酬递增阶段。因此,就目前的实际状况来说,黄土高原的农业生产规模没有达到最佳生产前沿面,可以通过扩大农业生产规模来获得更高的生产效益。

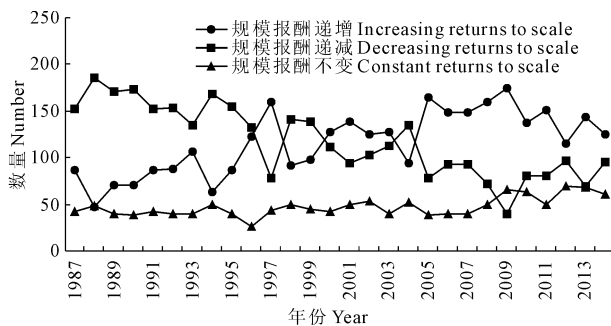


图 7 黄土高原县(市)效率阶段数量

Fig. 7 The number of counties in different efficiency stage in the Loess Plateau

4 结论与讨论

通过对 1987—2014 年黄土高原县(市)域单元的农业生产效率及其时空变化特征进行分析,结论

如下:

1) 农业综合效率总体上波动较大,整体处于中等水平,呈现一定的增长趋势,不同县(市)域间综合效率差异较大。各县(市)域应根据自身资源环境和社会条件的差异,采取多样化的发展模式。高原区东部和西北部农业综合效率低的县(市)域,着重发展新兴产业,如借助退耕还林发展生态旅游。高原北部县(市)域的农业生产效率较高,充分发挥农业产业优势,加强农牧产品基地建设,实现当地特色农业发展。

2) 纯技术效率最高值与最低值间相差很大,这对纯技术效率的整体提高有很大的阻碍作用;综合效率受纯技术效率和规模效率二者共同影响;规模效率大于纯技术效率,纯技术效率对综合效率的影响大于规模效率;纯技术效率相对较低,这在很大程度上影响农业生产效率的整体水平。因此,黄土高原地区应加强现代农业科研创新投入和技术推广,推进农业、农村人才培养,充分发挥科学技术对农业生产效率的推动作用。

3) 规模效率水平较高,高效率县(市)域连片呈现,分布较为均衡;黄土高原农业生产效率目前大多处于规模报酬递增阶段,可以通过合理地增加农业生产的投入要素,扩大农业生产规模来获得更高的农业生产效益。调整农业生产投入产出结构。

本文选取黄土高原 281 个县(市)域单元为研究对象,利用 DEA 模型对黄土高原 1987—2014 年的县(市)域农业生产效率进行测算,深入探讨其时空演变特征和变化原因,其结论对黄土高原县(市)域在未来农业发展中实现均衡和可持续发展有一定的指导意义,也可为其它地区的农业发展评价提供一定的借鉴意义。本文也存在一些不足。首先在研究指标的选取上,本文主要从统计年鉴上获取数据,一方面没有进行实地调研,各指标可能与实际情况

不一致,另一方面,部分数据如农药使用量存在缺失情况,无法纳入指标体系。其次,劳动力数据不够精确。本文用乡村从业人员数代表劳动力的投入,忽视了劳动力素质的差异,同时,在农村地区,许多劳动力在非农忙时间在附近打零工,只在农忙时回家从事农业生产,单纯的用乡村从业人员数来衡量不够科学。今后的研究中,如果能充分考虑以上因素,结论将更加真实可信,具有更高的实用价值。

参考文献:

- [1] Helfand S M, Levine E S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian center-west [J]. *Agricultural Economics*, 2004, 31(2): 241-249.
- [2] Bjurek H H, Forsund L. Deterministic parametric and nonparametric estimation of efficiency in service production [J]. *Journal of Econometrics*, 1990, 46: 213-227.
- [3] Vicente J R. Economic efficiency of agricultural production in Brazil [J]. *Rio de Janeiro*, 2004, 42(2): 201-222.
- [4] Ramanathan R. An introduction to data envelopment analysis: A tool for performance measurement [M]. Thousand Oaks: Sage Publication, 2003.
- [5] Dubey A, Lal R. Carbon footprint and sustainability of agricultural production systems in Punjab, India, and Ohio, USA [J]. *Journal of Crop Improvement*, 2009, 23(4): 332-350.
- [6] 贺正楚,吴艳,周震虹. 我国各省市农业投入与产出的效率评价 [J]. *经济地理*, 2011, 31(6): 999-1002.
- [7] 董洪清,李思. 基于 DEA 模型的中国农业生产效率实证研究 [J]. *前沿*, 2010, 17(17): 98-102.
- [8] 苒亚平,张世强. 2001—2010 年河南省县域农业生产效率动态分析 [J]. *中国农学通报*, 2014, 30(29): 87-94.
- [9] 赵俊华,董平,范业龙. 山西省县域农业生产效率时空演化 [J]. *南京师范大学学报(自然科学版)*, 2015, 38(1): 154-160.
- [10] 焦源. 山东省农业生产效率评价研究 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(12): 105-110.
- [11] 张青峰,吴发启. 黄土高原生态经济分区的研究 [J]. *中国生态农业学报*, 2009, 17(5): 1023-1028.
- [12] Charnea A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6): 429-444.
- [13] 王文刚,李汝资,宋玉祥,等. 吉林省区域农地生产效率及其变动特征研究 [J]. *地理科学*, 2012, 32(2): 225-231.
- [14] 魏权龄. 数据包络分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [15] 罗刚平,祝志勇. 重庆市农业生产效率评价——基于 DEA 方法分析 [J]. *重庆邮电大学学报(社会科学版)*, 2009, 21(1): 104-110.
- [16] 徐建华. 现代地理学中的数学方法 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [17] 王飞,李锐,温仲明. 退耕还林生态环境效益发挥的影响因素调查研究——以安塞县退耕还林(草)试点为例 [J]. *水土保持通报*, 2002, 22(3): 1-4.
- [18] 杜习乐,吕昌河. 黄土高原区县域发展指数综合评价 [J]. *经济地理*, 2016, 36(6): 34-41.
- [19] 朱纪广,李二玲,李小建,等. 黄淮海平原农业综合效率及其分解的时空格局 [J]. *地理科学*, 2013, 33(12): 1458-1466.

(上接第 217 页)

- [11] Chen Y, Yu J, Khan S. Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation [J]. *Environmental Modelling & Software*, 2010, 25(12): 1582-1591.
- [12] Joerin F, Thériault M, Musy A. Using GIS and out-ranking multicriteria analysis for land use suitability assessment [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2001, 15(2): 153-174.
- [13] Banai-Kashani R. A new method for site suitability analysis: The analysis hierarchy process [J]. *Environmental Management*, 1989, 13(6): 685-693.
- [14] Malczewski J. Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land use suitability analysis [J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2006, 8(4): 270-277.
- [15] 邱炳文,池天河,王钦敏,等. GIS 在土地适宜性评价中的应用与展望 [J]. *地理与地理信息科学*, 2004, 2(5): 20-23.
- [16] 史同广,郝国强,王智勇,等. 中国土地适宜性评价研究进展 [J]. *地理与地理信息科学*, 2007, 26(2): 106-115.
- [17] 刘耀林,焦利民. 基于计算智能的土地适宜性评价模型 [J]. *武汉大学学报: 信息科学版*, 2005, 30(4): 283-287.
- [18] 焦利民,刘耀林. 土地适宜性评价的模糊神经网络模型 [J]. *武汉大学学报: 信息科学版*, 2004, 29(6): 513-516.
- [19] 汪成刚,宗跃光. 基于 GIS 的大连市建设用地的生态适宜性评价 [J]. *浙江师范大学学报: 自然科学版*, 2007, 30(1): 109-115.
- [20] 庞莎,刘康. 基于 GIS 的延安市城郊区土地利用格局优化研究 [J]. *干旱地区农业研究*, 2011, 29(5): 230-234.
- [21] 吕昌河,贾克敬,冉圣宏,等. 土地利用规划环境影响评价指标与案例 [J]. *地理研究*, 2007, 26(2): 249-257.
- [22] 曲衍波,张凤荣,姜广辉,等. 基于生态位的农村居民点用地适宜性评价与分区调控 [J]. *农业工程学报*, 2010, 26(11): 290-296.
- [23] 刘瑞卿,朱伟亚,许皞. 基于主体功能区的土地规划新增建设用地指标调控研究——以河北省卢龙县为例 [J]. *中国生态农业学报*, 2012, 20(4): 507-512.
- [24] 杨育武,汤洁,麻素挺. 脆弱生态环境指标库的建立及其定量评价 [J]. *环境科学研究*, 2002, 15(4): 46-49.
- [25] 齐济,李岩,李德峰. 基于改进 AHP 法定权的模糊优选模型在地下水水质评价中的应用 [J]. *华北水利水电学院学报*, 2002, 23(2): 4-7.
- [26] 陈学华,周建中. 基于 GIS 和 RS 的四川省彭州市土壤侵蚀敏感性评价 [J]. *山地学报*, 2011, 29(6): 707-712.
- [27] 王筱明. 生态位适宜度评价模型在退耕还林决策中的应用 [J]. *农业工程学报*, 2007, 23(8): 113-116.
- [28] 郑宇,胡业翠,刘彦随,等. 山东省土地适宜性空间分析及其优化配置研究 [J]. *农业工程学报*, 2005, 21(2): 60-65.