

基于 DEA 的农业循环经济相对有效性评价——以四川省为例

王棵 于苏俊 (西南交通大学环境科学与工程学院, 四川成都 610031)

摘要 选取农业能耗指数、化肥施用量、农作物播种面积、农林牧渔业从业人员作为区域农业循环经济发展投入指标, 农林牧渔业总产值、农村居民人均纯收入、粮食单产作为产出指标, 构建了 DEA 模型对四川省 21 个地市农业循环经济相对有效性进行评价。评价结果表明: 13 个地市农业循环经济发展相对有效, 8 个地市相对无效; 劳动力资源过剩和土地资源利用不足是各地区农业循环经济非 DEA 有效的主要原因; 各地根据各自的问题调整投入, 同时以“3R”原则为指导, 采取各种措施, 农业循环经济发展程度将会有所提高; 21 个地市中, 眉山市和广安市规模经济递减, 两地农业经济增长方式亟待转变。

关键词 农业循环经济; 相对有效性; DEA 模型

中图分类号 F302.5 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)13-05633-03

Relative Efficiency Evaluation of Agricultural Circular Economy Based on DEA

WANG Ke et al (College of Environmental Science and Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan 610031)

Abstract The model of DEA for the relative efficiency evaluation of agricultural circular economy among 21 city-regions in Sichuan province was established, which took the agricultural energy consuming index, consuming dosage of chemical fertilizers, planting area of farmcrops and labour force engaged in agriculture, forestry, animal husbandry and fishery as input indexes and the gross output value of agriculture, forestry, animal husbandry and fishery, annual per capita net income of rural households, outputs of farmproducts per hectare as output indexes. The result revealed that 13 cities were relative efficiency in agricultural circular economy and 8 were inefficient. The main reasons of non DEA efficiency of agricultural circular economy in each area were the excess of labor force and the inefficient use of land resources. The development of agricultural circular economy would be improved by adjusting the inputs and taking various measures according to the principle of “3R” in different areas. Among 21 city-regions, the scale economy of Mian Shan city and Guang An city were decreased gradually and their agricultural economy growth mode should be changed.

Key words Agricultural circular economy; Relative efficiency; DEA model

在现行的经济运行方式下, 经济增长必然会带来资源消耗、环境污染、生态退化等问题^[1], 而发展循环经济有利于缓解经济增长对环境的压力, 也是在发展中解决环境问题的治本之策。农业循环经济即是按照“减量化、再利用、再循环”(Reducing、Reusing、Recycling, 3R) 原则, 采取各种有效措施, 科学地安排不同物质在系统内部的循环、利用或再利用, 以尽可能少的资源消耗和环境代价, 最大限度地利用农业环境条件, 取得最大的经济产出^[2]。与其他产业相比较, 农业生态经济系统更易于纳入到自然生态系统的物质循环过程中, 建立循环经济发展模式^[3]。由此, 农业循环经济发展评价也引起了人们的重视, 从现有研究成果看, 国内学者主要利用加权函数法、灰色关联分析等方法来评价区域农业循环经济的发展情况^[4-5]。数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA) 是由决策单元的输入输出权重作为变量, 采用最优化方法来内定权重, 分析时也不必计算综合投入量和综合产出量, 因而避免了上述方法确定各指标的权重所带来的主观性, 也避免了由于各指标量纲不一致而进行的无量纲化。因此, 在这方面可以认为 DEA 模型是对这类问题进行评价的一个有效方法。

笔者以四川省 21 个地市为例, 利用这些地区 2005 年的数据, 探索用 DEA 模型来评价农业循环经济相对有效性, 从而为区域农业循环经济发展提供一定的信息。

1 DEA 方法与模型

1.1 DEA 方法 DEA 是由美国著名运筹学家 Charnes 和 Cooper 等学者提出的一种评价相对效率的系统分析方法^[6], 该方法主要通过保持决策单元的输入和输出不变, 借助于数学规划将决策单元(Decision Making Unit, DMU) 投影到 DEA 的前沿面上, 并通过比较 DMU 偏离前沿面的程度来评价它们

的相对有效性。

1.2 DEA 模型 DEA 模型有多种形式, 该研究采用使用较广泛的具有非阿基米德无穷小的 C^2R 模型^[7]。设有 n 个决策单元 $DMU_j, j=1, 2, \dots, n$, 每个 DMU_j 都有 m 种输入 $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$, s 项输出 $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})$, 评价 DMU_{j_0} (X_0, Y_0) 规模和技术有效性的 C^2R 模型为:

$$\begin{aligned} \min & \theta - (e^T s^- + e^T s^+) / J = V_D \\ \text{s.t.} & \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + s^- = X_0 \\ (D) & \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - s^+ = Y_0 \\ & \lambda_j \geq 0, j=1, \dots, N \\ & s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

(D) 为决策单元 DMU_{j_0} 的相对有效性值, θ 为一非阿基米德无穷小量, 取为 $\theta = 10^{-6}$, $e = (1, \dots, 1)^T \in R^m, e = (1, \dots, 1)^T \in R^s, s^- = (s_1^-, s_2^-, \dots, s_m^-)^T, s^+ = (s_1^+, s_2^+, \dots, s_s^+)^T$ 为松弛变量, λ_i 为相对 DMU_{j_0} 重新构造一个有效 DMU 组合中第 i 个决策单元 DMU_i 的组合比例。

1.3 DEA 有效性的经济含义 $\theta^* = 1$ 且 $s^{+*} = 0, s^{-*} = 0$ 则称 DMU_{j_0} 有效, 即该决策单元投入产出效率已最佳, 对于投入 X_0 在原投入 X_0 的基础上所获得的产出 Y_0 已达到最优。 $\theta^* = 1$ 且 $s^{+*} > 0, s^{-*} = 0$ 则称 DMU_{j_0} 弱有效, 即该决策单元投入产出效率已最佳, 但存在结构问题, 对于投入 X_0 可减少 s^{-*} 而保持原产出 Y_0 不变, 或在投入 X_0 保持不变的情况下可将产出 Y_0 提高 s^{+*} 。 $\theta^* < 1$ 且 $s^{+*} = 0, s^{-*} > 0$ 则称 DMU_{j_0} 无效, 即决策单元既存在投入产出效率损失, 又存在结构问题, 对于投入 X_0 的可降低至 θ^* 倍后再减少 s^{-*} , 而可将产出 Y_0 提高 s^{+*} 。

1.4 C^2R 模型中的规模收益含义 在 C^2R 模型中, 设线性规划问题 (D) 有最优解 λ_i^* , 令 $k = \sum_{i=1}^n \lambda_i^*$, 则称 k 为 DMU_{j_0} 的

规模收益值^[8]。 $k = 1$, 则 DMU_{j_0} 为规模收益不变, 此时 DMU_{j_0} 达到最大产出规模点。 $k < 1$, 则 DMU_{j_0} 为规模收益递增, 且 k 值越小规模递增趋势越大, 表明 DMU_{j_0} 在投入 x_0 的基础上, 适当增加投入量, 产出量将有更高比例的增加。

$k > 1$, 则 DMU_{j_0} 为规模收益递减, 且 k 值越大规模递减趋势越大, 表明 DMU_{j_0} 在投入 x_0 的基础上, 增加投入量不可能带来更高比例的产出。

2 评价指标体系的设计

笔者研究的思路是通过比较地区之间农业循环经济相对有效性, 找出相对无效的地区, 以此来研究如何保证产出不降低的情况下, 尽量降低投入。因此, 根据循环经济的“3R”原则并考虑数据的可得性, 选取了能代表农业循环经济

投入和产出的7个指标作为输入输出指标。其中, 输入指标为 X_1 农业能耗指数(万t标准煤/亿元)、 X_2 化肥施用量(万吨)、 X_3 农作物播种面积(万 hm^2)、 X_4 农林牧渔业从业人员(万人), 分别用上述4个指标来代表农业生产最基本的生产资料投入以及资源、环境代价。输入指标为 Y_1 农林牧渔业总产值(亿元)、 Y_2 农村居民人均纯收入(元)、 Y_3 粮食单产(kg/ hm^2), 农林牧渔业产值代表农业对国民经济发展的贡献, 农民人均收入代表农民利益, 粮食单产的高低可以充分反映农业生态经济系统的产出能力的高低。

四川省各地市2005年投入产出原始数据见表1, 将数据代入 C^2R 模型中, 借助软件DEAP 2.1上机运算, 各DMU农业循环经济相对有效性DEA评价结果见表2。

表1 四川省各地市2005年投入产出原始数据

Table 1 Input and output data of various regions in Sichuan in 2005

地区 Region	输入指标Input index				输出指标Output index		
	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2	Y_3
成都 Chengdu	0.229 432	19.71	83.51	200.3	307.80	4 485.36	5 377
自贡 Zigong	0.077 487	7.70	28.31	76.1	88.61	3 188.02	5 979
攀枝花 Panzhihua	0.111 434	2.68	6.09	22.7	19.96	3 463.14	5 481
泸州 Luzhou	0.076 423	9.12	46.77	151.2	112.62	3 165.49	5 272
德阳 Deyang	0.226 369	16.28	46.41	99.7	151.23	3 585.07	6 461
绵阳 Mianyang	0.087 527	17.67	62.07	127.1	179.54	3 179.13	5 269
广元 Guangyuan	0.057 621	10.11	39.68	87.4	79.30	2 000.13	5 290
遂宁 Suining	0.050 678	11.80	39.93	73.0	105.43	2 828.18	5 360
内江 Neijiang	0.153 309	10.15	41.25	112.2	95.88	2 986.80	5 163
乐山 Leshan	0.147 993	7.39	34.74	100.5	93.77	3 241.52	4 558
南充 Nanchong	0.061 587	20.83	86.89	201.2	181.36	2 646.11	5 721
眉山 Mishan	0.116 606	12.05	42.02	108.9	102.63	3 284.10	5 524
宜宾 Yilin	0.113 486	10.98	51.00	162.3	130.59	3 068.42	5 384
广安 Guang'an	0.067 801	9.95	45.51	135.7	108.40	2 915.49	5 725
达州 Dazhou	0.068 744	17.87	80.01	175.1	191.67	2 943.47	5 322
雅安 Ya'an	0.187 778	4.75	18.18	47.7	53.56	2 829.25	4 488
巴中 Bazhong	0.042 255	12.27	41.84	116.4	95.55	2 031.92	5 340
资阳 Ziyang	0.062 736	8.29	71.52	124.0	151.45	2 988.69	4 628
阿坝 Aba	0.141 482	0.80	6.94	32.1	21.36	1 881.38	3 120
甘孜 Garzi	0.105 384	0.21	7.48	47.9	19.50	1 309.75	2 686
凉山 Liangshan	0.062 712	10.34	61.52	187.7	145.34	4 297.00	4 297

注: 数据取自《四川统计年鉴》(2006), 其中农业能耗指数是根据2005年四川省农业电耗和农业能耗对2005年各地市州农业电耗进行修正后除以2005年农林牧渔业产值得到的。

Note: Data came from Sichuan Statistical Yearbook (2006), in which agricultural energy consumption index was obtained by agricultural electricity consumption and agricultural energy consumption in Sichuan, 2005 which corrected by agricultural electricity consumption in each city divided by output value of agriculture, forest, animal husbandry and fishery, 2005.

3 四川省各地市农业循环经济相对有效性评价分析

3.1 有效性分析 由表2中项可知, 在21个地市中, 成都、自贡、攀枝花等13个地市的农业循环经济DEA相对有效, 说明相对21个DMU中的其他DMU在投入、产出等因素上综合达到最优。另一方面, 泸州、广元、内江等8个地市的农业循环经济DEA相对无效, 其中, 内江市的相对有效性最低, 说明相对21个DMU中的其他DMU农业循环经济, 该市发展得不够好。从地域上来看, 以成都平原为中心, 相对无效的地区大部分位于成都平原农业经济发展良好区域和盆地边缘山区之间的区域, 这些地区有大力发展农业循环经济的自然条件, 但由于交通、总体经济状况等的限制, 相关的产业配套还未跟上, 造成农业循环经济效率较低。而阿坝州等

盆地边缘山区地区虽然相对其他地市农业经济发展相对落后, 但其农业循环经济确能达到相对有效状态, 说明农业循环经济系统的运行效率不仅取决于各投入产出水平, 还取决于投入产出的合理组合。相对来说, DEA有效的13个地区的投入产出在不同比例组合下都达到了最佳效果。

表2中s项表明, DEA无效的地区中, 泸州、乐山、宜宾、广安4市均存在农林牧渔从业人员冗余, 其中宜宾市冗余最多, 达36.993万人, 存在着人力资源浪费现象; 广元、广安、雅安3市存在农作物播种面积投入冗余, 其中广元冗余最多, 达4.292万 hm^2 , 区域的土地资源利用不足, 有待于因地制宜发展有效的农业生产模式; 眉山市有0.604万t化肥施用量投入冗余, 多余化肥造成的面源污染将引起水体的富营养化,

环境成本较高;雅安市农村能源投入总量上有相当于46.28万t 标准煤的冗余,这和雅安市有较多的高能耗乡镇企业有关,原始指标统计时把这部分用电量包括在内,事实上土地资源利用不足应是造成雅安市 DEA 无效的主要原因。

表2 种 s^+ 项表明,DEA 无效的各地区中,广元市的农业产值也有10.607 亿元的输出不足;乐山和眉山两市粮食单产分

别有316.067 和377.05 kg 输出不足,有待于农业科技投入的增加;泸州、广元、内江、宜宾、雅安5 市第二项产出(农民人均纯收入) 均有不同程度的输入不足,其中,相对于其投入水平,广元市输出不足最大,达到551.622 元,这与其农业产值输出不足有很大关系,同时也表明其农业产值、农民人均纯收入上升的潜力较大。

表2 四川省各地市农业循环经济相对有效性DEA 评价结果

Table 2 The results for the relative efficiency evaluation of agricultural circular economy of various regions of Sichuan based on DEA

地区 Region	有效性值 Efficiency value()	规模效益值k Scale benefit value(k)	投入冗余 Redundant investment				产出不足 Inefficient production		
			S_1^-	S_2^-	S_3^-	S_4^-	S_1^+	S_2^+	S_3^+
成都 Chengdu	1	1							
自贡 Zigong	1	1							
攀枝花 Panzhihua	1	1							
泸州 Luzhou	0.927	0.991				27.18		272.69	
德阳 Deyang	1	1							
绵阳 Mianyang	1	1							
广元 Guangyuan	0.961	0.994			4.29		10.61	551.62	
遂宁 Suining	1	1							
内江 Neijiang	0.707	0.987						82.67	
乐山 Leshan	0.862	0.996				11.70			316.07
南充 Nanchong	1	1							
眉山 Mishan	0.761	1.003		0.60					377.05
宜宾 Yibin	0.852	0.963				36.99		151.25	
广安 Guang'an	0.973	1.042			1.05	30.41			
达州 Dazhou	1	1							
雅安 Ya'an	0.899	0.864	0.06		1.26			134.24	
巴中 Bazhong	1	1							
资阳 Ziyang	1	1							
阿坝 Aba	1	1							
甘孜 Garze	1	1							
凉山 Liangshan	1	1							

3.2 规模效益分析 由表2 可知,规模收益不变的地区即是 DEA 有效的地区,分别有成都、自贡、攀枝花等13 个地市。若在该13 个区域以一定比例扩大投入,其产出也会按同一比例增加,也就是说这些地区的农业投入较为合理,已达到规模收益的最大化。

规模收益递增的地区有:泸州、广元、内江、乐山、宜宾、雅安。在近期内,该5 个地区资源、能源的加大投入仍能对农业循环经济的发展发挥作用,但同时也应以“3R”原则为指导,采取各项措施,努力实现农业可持续发展。在该5 个区域中,雅安市以其最小的规模效益值显示了农业循环经济发展的巨大潜力。

规模收益递减的地区有:眉山、广安。这2 个地区在目前投入的基础上,资源、能源的加大投入对发展农业循环经济已无益,必须改变增长方式,引进先进的生产技术,压缩投入规模,逐步提高农业循环经济发展程度。

4 结论

通过以上分析可以发现: 相对而言,四川省21 个地州市中,有13 个地区农业循环经济发展相对有效,8 个地区相对无效; 劳动力资源过剩和土地资源利用不足是各地区农业循环经济发展非 DEA 有效的主要原因; DEA 相对无效地区政府应根据各自的问题所在,在制定相关措施时引起关注,根据各自的问题调整投入,同时以“3R”原则为指导,采取各种措施,农业循环经济发展程度将会有所提高; 21 个地

市州中,眉山和广安规模经济递减,2 地必须改变增长方式,引进先进的生产技术,压缩投入规模,逐步提高农业循环经济发展程度。

笔者以“3R”为原则建立评价指标体系,利用 DEA 模型,对地区之间农业循环经济相对有效性进行比较,并对相对无效地区进行分析,获得进一步发展农业循环经济的有用信息,以更好的完善农业循环经济推进策略,促进地区农业可持续发展。但由于模型的限制,DEA 有效是指相对有效,如果扩大评价范围,则有效年份则可能变成无效,且事物均处于变化发展之中的,故在进行实际调整决策时还应做进一步的讨论,但关键在于引进循环经济理论,实现经济、环境和社会效益相统一,建设资源节约型和环境友好型农业。

参考文献

- [1] 梁言顺. 低价经济增长论[M]. 北京: 人民出版社,2004:9- 10.
- [2] 崔和瑞. 基于循环经济理论的区域农业可持续发展模式研究[J]. 农业现代化,2004(2):94- 97.
- [3] 吴天马. 循环经济与农业可持续发展[J]. 环境导报,2002(4):4- 6.
- [4] 马其方,黄贤金. 区域农业循环经济发展评价及其实证研究[J]. 自然资源学报,2005(6):891- 899.
- [5] 孙建卫,黄贤金. 基于灰色关联分析的区域农业循环经济发展评价——以南京市为例[J]. 江西农业大学学报,2007(3):508- 512.
- [6] CHARNES A, COOPER WW, RHODES E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6):429- 444.
- [7] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京: 科学出版社,2004:1- 58.
- [8] 莫剑芳,叶世琦. DEA 方法在区域经济发展状况评价中的应用[J]. 系统工程,2001(2):18- 21.