

基于 DEA 模型的现代农业发展效率评价

——以内蒙古磴口县为例

何晓瑶^{1,2}, 彭文英¹, 李若凡¹

(1. 首都经济贸易大学 城市经济与公共管理学院, 北京 100070; 2. 河套学院 经济管理系, 内蒙古 巴彦淖尔 015000)

摘要:发展现代农业对于促进我国农牧交错区经济发展与生态环境安全具有重要意义。选择内蒙古磴口县, 利用数据包络分析方法(DEA), 从经济效率、社会效率、生态效率3个方面评价我国农牧交错区现代农业发展效率及其影响因素。研究表明: 2005—2014年磴口县现代农业发展整体效率平均值为0.851, 体现为无效率, 纯技术效率与规模效率均有提升空间; 在现代农业发展的经济、社会、生态3种效率中, 社会效率相对最低, 对整体无效影响较大, 生态效率相对最高, 经济效率、生态效率变动基本与整体效率变动相同; 影响现代农业发展效率的主要原因是, 经济效率损失体现为投入冗余, 劳均耕地面积与农牧业机械总动力投入过多, 受规模变动的影响使社会效率整体偏低, 生态效率逐渐提高主要依赖于生态保护和环境治理力度的不断加强; 提高现代农业发展效率需要合理确定投入要素规模, 调整财政支农惠农政策, 加大农业保险力度, 重视生态效益和绿色发展, 提升农业生态系统稳定性和生态服务功能。

关键词:农牧交错区; 现代农业; 发展效率; DEA模型

中图分类号: F224; F323

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2019)01-0374-07

Evaluation of Modern Agricultural Development Efficiency Based on DEA

—Take Dengkou County of Inner Mongolia as the Sample

HE Xiaoyao^{1,2}, PENG Wenying¹, LI Ruofan¹

(1. College of Urban Economics and Public Administration, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China; 2. Hetao College, Bayannaer, Inner Mongolia 015000, China)

Abstract: The development of modern agriculture is of great significance to promote the economic development and eco-environmental security in the farming-pastoral transitional zone. We took Dengkou County of Inner Mongolia as the sample, and measured the modern agriculture development efficiency and influencing factors in farming-pastoral transitional zone by using DEA-TOBIT model from the three aspects of economic efficiency, social efficiency and ecological efficiency. The conclusion was drawn as follows. The average efficiency of modern agriculture development of Dengkou County in 2005—2014 was 0.851, reflecting inefficiency, pure technical efficiency and scale efficiency had potential for improvement; among the three economic, social and ecological efficiencies of modern agricultural development, the social efficiency was the lowest, which had great impact on the overall inefficiency and had sufficient room to elevate; the main factors influencing the efficiency of modern agricultural development were that the loss of economic efficiency reflected in input redundancy, labor-intensive arable land and too much investment in total power of agriculture and animal husbandry machinery; the overall social efficiency was mainly affected by the scale change and ecological efficiency gradually improving depends mostly on the gradual enhancement of ecological protection and environmental management; to improve the development efficiency of modern agriculture needs to reasonably determine the scale of input factors, improve labor productivity, promote the integration of urban and rural development, adjust the financial policy for supporting agriculture and increase the intensity of agricultural insurance, pay attention to ecological benefits and green development, and enhance the stability of agro ecosystem and the function of ecological service.

Keywords: farming-pastoral transitional zone; modern agriculture; development efficiency; data envelopment analysis

党的十九大对开启全面建设社会主义现代化国家新征程作了重要部署。要全面建设社会主义现代化国家,必须尽快补齐农业现代化短腿,下大力气加快推进农业农村现代化,让广大农民充分分享现代化的成果。推进农业现代化已是新时代中国特色社会主义思想和基本方略之一,是我国实施乡村振兴战略的重要任务,发展现代农业是推进农业农村现代化的原动力。现代农业本质上是已经形成了用现代科学技术武装的具有较为完整和发达的现代农业产业体系、生产体系、经营体系的农业体系,具有较高的综合生产率,实现了农业生产和管理现代化。发展现代农业受到一个地区的自然资源环境、经济发展水平和社会功能完善性等多因素影响,对现代农业发展效率进行客观评判及揭示其影响因素具有重要意义。近年来,已有学者应用了一些定量方法来评价现代农业发展水平、发展效率。其中,数据包络分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)被应用于现代农业效率评价^[1-2],如曾福生和高鸣用数据包络分析法(DEA)的多个模型对我国各地区现代农业发展情况进行评价,比较了我国各地区现代农业发展状况^[3];李卫芳和陈建成采用 DEA 方法对北京都市型现代农业的经济功能、社会功能及生态功能的发展水平进行了评价^[4];采用三阶段 DEA 模型分别对西部地区有机农业生产效率及全国各省区农业生产效率及效率影响因素进行了分析^[5-7]。现代农业与传统农业的单一功能不同,具有多功能特点,以技术密集型产业化经营为主,具备以市场为导向的完整产业体系,产业体系从横向上覆盖农业全方位多功能开发,纵向上以产业价值链为轴心多角度延伸,将科技、环保理念融入现代农业发展中,寻求现代农业生产的合作化、规模化、社会化、产业化发展路径。数据包络分析法可以从投入最小化和产出最大化来进行效率评价,对于评价多产出—多投入的有效性具有很强的说服力。现代农业是一个复杂的开放系统,其发展效率比较适合运用 DEA 方法。

我国北方农牧交错区是半湿润地区向半干旱、干旱地区过渡,是半农半牧、时农时牧交替变化的区域,其土地利用方式是农业与牧业“突发转化”的地带^[8],其农业发展可划分为农业主导型、发达均衡型、欠发达均衡型和非农主导型 4 种类型^[9]。农牧交错区的生态环境安全、农业发展对于我国北方地区社会经济可持续发展具有重要意义,发展现代农业是促进实现农牧交错区经济发展与生态环境安全“双赢”的重要途径。但是,对于农业生态系统相对较为脆弱的北方

农牧交错区,其现代农业发展及其效率问题的研究还较为欠缺。因此,本研究选择我国北方农牧交错区典型农牧发展区的内蒙古磴口县为研究区,运用数据包络分析法(DEA),构建现代农业发展效率评价指标,对其现代农业发展效率进行评测,揭示其影响因素,以期为促进我国北方农牧交错区现代农业发展、提高农业生产水平提供科学依据,为乡村振兴的农业现代化提供理论支持。

1 研究方法和数据来源

1.1 研究区概况

研究区磴口县位于内蒙古自治区巴彦淖尔市西南部,地处东经 106°09′—107°10′,北纬 40°09′—40°57′,东连杭锦后旗,西靠阿拉善盟阿拉善右旗,北与乌拉特后旗接壤,南隔黄河与鄂尔多斯市杭锦旗相望。面积 4 167 km²,辖 4 个镇、1 个苏木。地貌以沙地、山地、平原为主,沙地面积 2.846 × 10⁶ km²,占全县总土地面积的 68.3%,传统农业发展空间有限,但沙地具有昼夜温差大、光照时间长、有效积温高和无污染的特质,有较好的发展现代农牧业优势,特别是发展酿酒葡萄、山药、肉苁蓉产业等优势显著。磴口县建成了全区最大的无公害现代化养猪场和全国优质有机奶源基地,已逐步打造成为西部生态农业示范区。2016 年,常驻人口 11.64 万人,地区生产总值完成 54.2 亿元,三次产业结构 18.8 : 57.1 : 24.1。近年来,磴口县十分重视农牧业做优做精,按照三次产业融合思路推进现代农业发展。

1.2 研究方法

Charnes 等^[10] 1978 年创建了数据包络分析方法(DEA)。它是一种基于被评价对象间相对比较的非参数技术效率分析方法,以相对效率概念为基础,运用数学线性规划评价多投入多产出模式下决策单元间的相对有效性。本研究选取 DEA 中的 CCR 模型(式 1)和 BCC 模型(式 2),运用 DEAP 2.1 软件对 2005—2014 年现代农业发展效率进行综合效率评价、纯技术效率评价、规模效率评价及投入产出冗余不足投影分析。

$$\begin{aligned}
 (D) &= \min[\theta - \epsilon(e^{-T}S^- + e^{T}S^+)] = V_D \\
 \text{s. t. } &\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S^- = \theta X_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S^+ = Y_0 \\ S^+ \geq 0; S^- \geq 0; \lambda_j \geq 0; j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (1) \\
 (D) &= \min[\theta - \epsilon(e^{-T}S^- + e^{T}S^+)] = V_D
 \end{aligned}$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + S^- = \varphi X_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - S^+ = Y_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, S^+ \geq 0; S^- \geq 0; \lambda_j \geq 0; j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (2)$$

式中: θ 表示效率; λ 表示最优解; S^- 表示与投入相对应的松弛变量数值; S^+ 表示与产出相对应的松弛变量数值。

若 $\theta^0 < 1$, 且 $S^{0-} \neq 0, S^{0+} \neq 0$, 则 DMU_{j_0} 为现代农业生产无效率。当农业生产存在无效率时, 令 $\hat{X}_{j_0} = \theta^0 X_{j_0} - S^{0-}, \hat{Y}_{j_0} = Y_{j_0} + S^{0+}$, 调整后的指标 $(\hat{X}_{j_0}, \hat{Y}_{j_0})$ 为 DMU_{j_0} 对应的 (X_{j_0}, Y_{j_0}) 在 DEA 的相对有效面上的“投影”, 可以作为下一个决策期的投入与产出指标的目标值, 寻求提高“生产”效率的途径, 并以此找出该年需要调整的投入量。投入冗余率 η_{j_0} 与产出不足率 ρ_{j_0} 计算公式如下所示:

$$\eta_{j_0} = \Delta X_{j_0} / X_{j_0}; \rho_{j_0} = \Delta Y_{j_0} / Y_{j_0}$$

DEA 的分析结果显示了现代农业发展效率值, 但不能体现影响效率值的因素及其影响程度, 故有必要根据 DEA 的分析结果对各个 DMU 进行回归分析, 进而在 DEA 分析的基础上衍生出了一种两步法 (Two-stage Method)^[11]。两步法的第一步采用 DEA 分析得到各 DMU 的效率值, 第二步以 DEA 分析得出的效率值为因变量, 以影响因素为自变量进行回归分析从而建立模型。由于效率值有下限 (≥ 0), 不能使用最小二乘法。Tobit 分析^[12] 是因变量受限模型, 可以在因变量为切割值或片段值时采用。Tobit 模型的标准形式如下:

$$Y_i^* = X_i \beta + \epsilon_i; \epsilon_i \sim N(0, \sigma^2) Y_i = Y_i^* \quad Y_i^* > 0$$

$$Y_i^* > 0; Y_i = 0 \quad Y_i^* \leq 0$$

式中: Y_i^* 为潜变量; Y_i 为观察到的因变量; X_i 为自变量; β 为相关系数向量; ϵ_i 为独立的, 且 $\epsilon_i \sim N(0, \beta)$, 因此, $Y_i^* \sim N(X_i \beta, \sigma)$ 。

本研究选取农牧业机械总动力, 农业地均产值, 财政农林水事务支出占财政支出比重, 城乡人均收入比, 造林种草面积, 耕地、林地、草地碳吸收量 6 个解释变量。

1.3 数据和变量

参考已有研究关于现代农业发展评价指标, 统筹考虑经济效率、社会效率及生态效率, 本研究运用德尔菲法 (Delphi Method)^[13], 在征求有关专家意见的基础上通过分析和筛选具有典型代表性的指标, 形成现代农业效率评价指标体系, 见表 1。

6 个变量表征六项投入指标, 所有数据均由《中国县域统计年鉴》、《巴彦淖尔统计年鉴》(2005—2014 年) 整理所得, 同时为了消除价格影响, 采取 2005 年为基期进行 GDP 平减。其中, 农业生态贡献产出指标采用耕地、林地、草地 3 类土地的碳吸收量总和衡量。林地和草地的碳吸收计算公式为: $F(G) = A \times NEP$, F, G 分别为林地、草地的碳吸收量 (t/a), A 为不同碳吸收地的面积 (hm^2); NEP 为不同碳吸收地的碳吸收系数, 核算时考虑地域差距影响, 根据我国北方农牧交错区的地理环境及植被类型, 林地、草地碳吸收系数分别取值为 $6.44 [\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})]$, $0.39 [\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})]$ ^[14]。耕地碳吸收计算公式为: $Z = C_i Y_i / H_i$, Z 为农作物的碳吸收量, C_i 为第 i 种农作物的碳吸收率, Y_i 为第 i 种农作物的产量, H_i 为第 i 种农作物的经济系数, 北方农牧交错区主要农作物有小麦、玉米、薯类、豆类、油菜、向日葵、胡麻、甜菜, 其经济系数、碳吸收率采用王修兰的研究成果^[15], 见表 2。

表 1 现代农业发展效率评价指标体系

一级		二级	三级
经济效率指标	投入指标	农业劳动生产率	劳均耕地面积 X_1 ($\text{hm}^2/\text{人}$)
		农业机械化程度	农牧业机械总动力 X_2 (万 KW)
	产出指标	农业地均产值	农业地均产值 Y_1 (元/ hm^2)
		农业人均产值	农业人均产值 Y_2 (元/人)
社会效率指标	投入指标	财政支农力度	财政农林水事务支出占财政支出比重 X_3
		农业保险深度	农业保费收入占农业增加值比重 X_4
	产出指标	城镇化程度	城镇化率 Y_3
		城乡居民收入差距	农民人均收入与城镇居民人均收入比 Y_4
生态效率指标	投入指标	农业生态资源投入	造林种草面积 X_5 (hm^2)
		农业生态稳定性投入	有效灌溉面积 X_6 (hm^2)
	产出指标	农业生态贡献	耕地、林地、草地碳吸收量 Y_5 (t)
		农业生态稳定性	人均耕地面积 Y_6 ($\text{hm}^2/\text{人}$)

表 2 主要农作物经济系数及碳吸收率

主要农作物	小麦	玉米	薯类	豆类	油菜	向日葵	胡麻	甜菜
经济系数 H	0.40	0.40	0.70	0.34	0.25	0.30	0.43	0.70
碳吸收率 C	0.4835	0.4709	0.4220	0.4500	0.4500	0.4500	0.4500	0.4072

2 结果与分析

磴口县现代农业发展效率如图 1 所示。2005—2014 年磴口县现代农业发展整体效率走势呈现平缓 W 型,整体效率平均值为 0.851,体现为无效率,纯技术效率与规模效率均有提升空间。2006 年、2012 年整体效率位于 W 的底端,这是由于 2006 年中国全面取消农业税,2012 年全球粮食因灾减产、国际农产品市场大幅波动等国内外经济环境因素所致。

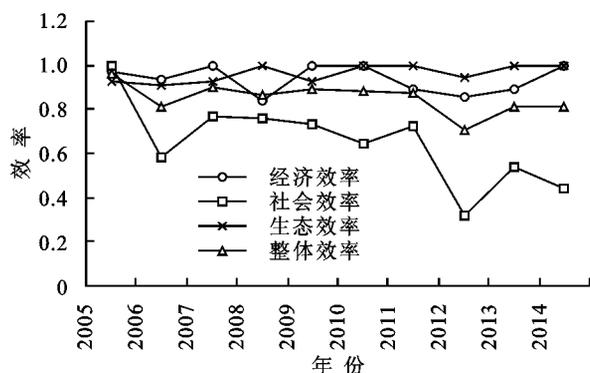


图 1 2005—2014 年磴口县现代农业发展效率变化趋势

2.1 现代农业发展经济效率分析

2.1.1 经济效率评价 2005—2014 年磴口县现代农业发展经济效率的平均值为 0.939(表 3),总体来看磴口县现代农业发展经济效率呈现波动状态,并不

表 3 2005—2014 年磴口县现代农业发展经济效率评价结果

年份	θ	φ	ω	S_1^-	S_2^-	S_1^+	S_2^+	规模报酬
2005	0.970	1.000	0.970	0.000	0.000	0.000	0.000	递增
2006	0.939	0.974	0.965	-0.128	-0.446	0.000	46.011	递增
2007	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	不变
2008	0.837	0.904	0.926	-0.128	-2.504	0.000	456.244	递增
2009	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	不变
2010	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	不变
2011	0.894	0.901	0.993	-0.156	-3.751	273.276	0.000	递增
2012	0.857	0.881	0.973	-0.188	-3.613	0.000	0.000	递增
2013	0.893	0.999	0.893	-0.546	-0.024	94.712	0.000	递减
2014	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	不变

注: θ 表示经济效率; φ 表示纯技术效率; ω 表示规模效率; S_1^- 表示与投入相对应的松弛变量数值; S_2^+ 表示与产出相对应的松弛变量数值。

2.1.2 投入要素投影分析 在产出水平不变的条件下,2006 年、2008 年、2011 年、2012 年、2013 年投入要素劳均耕地面积 X_1 ,农牧业机械总动力 X_2 的实际投入明显冗余(表 4),劳均耕地面积投入冗余率分别为 9.5%,9.7%,15.6%,18.8%,32%,农牧业机械总动力投入冗余率分别为 2.6%,9.6%,9.9%,11.9%,0。由样本

稳定。其中,2007 年、2009 年、2010 年、2014 年现代农业发展经济效益为完全有效率,剩余年份均为无效率。2005—2006 年,经济效率主要受规模效率的影响,需要重视规模效率的改进,实现财政支农资源最优配置。2007—2008 年,经济效率下降,表现为纯技术效率和规模效率的同时下降。值得注意的是,2013 年磴口县的现代农业发展经济效率表现为规模报酬递减,表明经过前面几轮规模扩张,此时生产规模已经过大,规模效率下降,应该缩减生产规模。

样本期磴口县现代农业发展经济效益呈现平缓左偏型 V+W 状波动,技术变动、规模变动与综合效率基本呈现相同趋势。2006 年、2008 年、2011 年、2012 年、2013 年分别对应 V+W 的底端,反映出此期间农业劳动生产率、农业机械化投入存在冗余,农业地均产值、农业人均产值存在产出不足。

通过无效率分解式测算,除去完全效率年份,其余年份投入无效率平均值和产出无效率平均值分别为 10.9%,1.2%;农业劳动生产率和农业机械化投入冗余率平均值为 17.1%和 4.6%;农业地均产值和农业人均产值产出不足率为 0.7%和 1.7%。由此可见,现代农业发展经济效率损失主要体现在投入无效率上,其中,农业劳动生产率投入冗余最为突出。

数据可见,磴口县现代农业发展经济效益的提高需调减劳均耕地面积和农牧业机械总动力。

2.2 现代农业发展社会效率分析

2.2.1 社会效率评价 利用式(2)对社会效率指标进行测算,计算结果如表 5 所示。2005—2014 年,磴口县现代农业发展社会效率整体呈现下降趋势,从产

出指标看,城乡居民收入差距维持在较为稳定的水平。2005—2008年,城镇化程度逐渐提高,受经济危

机影响,国内大批农民工返乡就业,2009年城镇化水平出现波动。

表 4 磴口县现代农业发展经济效率目标值与实际值比较

指标		2006年	2008年	2011年	2012年	2013年
劳均耕地面积 X_1/hm^2	实际值	1.347	1.328	1.570	1.576	1.882
	目标值	1.220	1.200	1.414	1.388	1.279
农牧业机械总动力 $X_2/\text{万 kW}$	实际值	17.150	25.990	37.800	30.300	42.420
	目标值	16.704	23.486	34.049	26.687	47.020
农业地均产值 $Y_1/(\text{元} \cdot \text{hm}^{-2})$	实际值	14766.998	20020.734	22952.708	20389.211	26784.791
	目标值	14766.997	18554.897	23718.331	20389.211	26879.503
农业人均产值 $Y_2/\text{元}$	实际值	4850.306	6140.890	10362.633	8466.172	11888.362
	目标值	4896.318	6597.134	10362.633	8466.172	11888.362

总体看来,磴口县现代农业发展社会效率主要受规模变动的影响,规模报酬递减,在短期内无法通过管理加以改善,需要通过长期的规模调整、结构优化,根据情况减少投入或增加产出,实现财政支农资源最优配置,才能消除不合理效率损失,提高整体效率水平。除 2005

年,剩余年份均呈现规模报酬递减,投入明显存在浪费,财政农林水事务支出占财政支出比重与农业保费收入占农业增加值比重存在投入冗余,城镇化率和城乡居民人均收入比存在产出不足。由此可见,磴口县现代农业发展社会效率损失的影响因素为技术无效与规模无效。

表 5 2005—2014 年磴口县现代农业发展社会效率评价结果

年份	θ	φ	ω	S_1^-	S_2^-	S_1^+	S_2^+	规模报酬
2005	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	不变
2006	0.581	0.965	0.602	-0.059	0.000	0.000	0.005	递减
2007	0.766	1.000	0.766	0.000	0.000	0.000	0.000	递减
2008	0.759	1.000	0.759	0.000	0.000	0.000	0.000	递减
2009	0.734	1.000	0.734	0.000	0.000	0.000	0.000	递减
2010	0.640	1.000	0.640	0.000	0.000	0.000	0.000	递减
2011	0.725	1.000	0.725	0.000	0.000	0.000	0.000	递减
2012	0.322	0.718	0.449	-0.051	0.000	0.045	0.000	递减
2013	0.538	1.000	0.538	0.000	0.000	0.000	0.000	递减
2014	0.445	0.553	0.804	0.000	0.000	0.072	0.000	递减

注: θ 表示社会效率; φ 表示纯技术效率; ω 表示规模效率; S_1^- 表示与投入相对应的松弛变量数值; S_2^+ 表示与产出相对应的松弛变量数值。

2.2.2 投入要素投影分析 除去纯技术效率为 1 的年份,2006年、2012年、2014年磴口县现代农业发展社会效益的实际值总体略高于目标值(表 6),在城镇化水平和城乡收入差距不变的情况下,存在一定的投入冗余,财政农林水事务支出占财政支出比重投入冗余平均值为 41.5%,农业保费占农业增加值比重投入冗余平均值为 15.3%。

2.3 现代农业发展的生态效率分析

2.3.1 生态效率评价 2005—2014年磴口县现代农业发展生态效率的平均值为 0.964,总体来说磴口县现代农业发展生态效率逐渐改善(表 7)。其中,2008年、2010年、2011年、2013年、2014年为现代农业发展生态效率完全有效,剩余年份均为无效率。样本期内,技术变动、规模变动与综合效率基本呈现相同趋势。2005年、2007年、2012年造林种草面积、有

效灌溉面积投入存在冗余,耕地、林地、草地碳吸收量和人均耕地面积存在产出不足。除完全效率年份外,投入冗余和产出不足平均值分别为 1%和 5%。由此可见,现代农业发展生态效率损失主要体现在投入无效率和产出无效率上。

表 6 磴口县现代农业发展社会效率目标值与实际值比较

指标		2006年	2012年	2014年
财政农林水事务支出占财政支出比重 X_3	实际值	0.182	0.316	0.226
	目标值	0.117	0.176	0.125
农业保费收入占农业增加值比重 X_4	实际值	0.001	0.030	0.046
	目标值	0.001	0.022	0.025
城镇化率 Y_3	实际值	0.586	0.430	0.440
	目标值	0.586	0.476	0.512
农民人均收入与城镇居民人均收入比 Y_4	实际值	0.546	0.587	0.578
	目标值	0.551	0.587	0.579

表 7 2005—2014 年磴口县现代农业发展生态效率评价结果

年份	θ	φ	ω	S_1^-	S_2^-	S_1^+	S_2^+	规模报酬
2005	0.923	0.993	0.929	-26.683	-271.004	15743.246	0.000	递增
2006	0.913	1.000	0.913	0.000	0.000	0.000	0.000	递增
2007	0.923	0.995	0.927	-17.642	-186.450	29962.429	0.000	递增
2008	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	不变
2009	0.930	1.000	0.930	0.000	0.000	0.000	0.000	递增
2010	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	不变
2011	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	不变
2012	0.947	0.980	0.966	-126.166	-920.875	0.000	0.016	递增
2013	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	不变
2014	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	不变

注: θ 表示总体效率; φ 表示纯技术效率; ω 表示规模效率; S_1^- 表示与投入相对应的松弛变量数值; S_2^+ 表示与产出相对应的松弛变量数值。

除完全效率年份外,2006年、2009年磴口县现代农业发展生态效率的纯技术效率为1,不存在投入冗余和产出不足,总体无效率是由于农业生产规模较小所致,仅需要调整扩大规模即可。除纯技术效率为1的年份外,2005年、2007年、2012年造林种草面积、有效灌溉面积投入冗余平均值均为1.1%,耕地、林地、草地碳吸收量和人均耕地面积产出不足平均值为8.9%,1%,对生态系统的贡献未达到最大化。其中,2012年人均耕地面积骤减表明当年磴口县农业生态系统不稳定。

2.3.2 投入要素投影分析 除纯技术效率为1的年份,2005年、2007年、2012年磴口县现代农业发展的生态投入实际值均超过目标值(表8),即在产出水平一定的情况下,存在一定程度的投入冗余,但投入冗余平均值仅为1%,对生态效益的总体效率影响较小。值得注意的是,耕地、林地、草地碳吸收量实际值与目标值差距较大,说明投入产出效率较低,生态改进压力较大。

表 8 磴口县现代农业发展生态效率目标值与实际值比较

指标	2005年	2007年	2012年
造林种草面积	实际值 3835.000	3731.000	6213.000
X_5/hm^2	目标值 3808.317	3713.358	6086.834
有效灌溉面积	实际值 38950.000	38797.000	45348.000
X_6/hm^2	目标值 38678.996	38613.550	44427.125
耕地、林地、草地	实际值 182777.406	166516.530	329448.227
碳吸收量 Y_5	目标值 198520.652	196478.959	329448.227
人均耕地面积	实际值 0.332	0.330	0.415
Y_6/hm^2	目标值 0.332	0.330	0.425

2.4 磴口县现代农业发展影响因素因子分析

据表9回归结果显示,磴口县现代农业发展效率影响显著性顺序为财政农林水事务支出占财政支出

的比重,农牧业机械总动力,耕地、林地、草地碳吸收量,农业地均产值,城乡人均收入比,造林种草面积。其中,农业地均产值,造林种草面积,耕地、林地、草地碳吸收量这3个因素与磴口县现代农业发展效率之间呈现正相关关系,结合DEA投影分析结果表明,经济产出指标和生态投入、产出指标能够正向提高磴口县现代农业发展效率,有利于推进农村产业兴旺与生态宜居;农牧业机械总动力、财政农林水事务支出占财政支出的比重、城乡人均收入比这3个因素与磴口县现代农业发展效率呈现负相关关系,财政农林水事务支出占财政支出的比重是影响磴口县现代农业发展效率最显著的因素,且对效率产生负影响,结合DEA投影分析结果表明,社会投入、产出指标明显冗余,已经对效率产生负影响,城乡人均收入差距的拉大减缓了农业现代化的步伐,适度缩减财政转移支付力度,调整农业补贴方式,增强补贴的指向性和精准性,提高农业补贴的效能,提高农民收入、缩小城乡收入差距则现代农业社会效率提高,综合效率随之提高;除此之外,农牧业机械总动力对效率产生负影响,与DEA模型计算冗余度分析结果一致,单一、盲目推进农牧业机械化已经影响了现代农业综合效率,应该加快农业供给侧结构性改革,构建现代农业产业体系、生产体系、经营体系,发展多种形式适度规模经营。

表 9 磴口县现代农业发展效率 Tobit 回归结果

解释变量	回归系数	标准误	t 值	p 值
农牧业机械总动力	-0.00347	0.003128	-1.11	0.329
农业地均产值	2.84 E-06	5.12 E-06	0.55	0.609
财政农林水事务支出占财政支出的比重	-1.23622	0.184539	-6.7	0.003
城乡人均收入比	-0.16222	0.351318	-0.46	0.668
造林种草面积	2.08 E-08	7.91 E-06	0	0.998
耕地、林地、草地碳吸收量	4.25 E-07	5.08 E-07	0.84	0.45

3 结论

(1) 2005—2014年磴口县现代农业发展整体效率平均值为0.851,体现为无效率,整体效率走势呈现平缓W型。其中,纯技术效率与规模效率均有提升空间;社会效率相对最低,对整体无效影响较大,具有进一步提升空间较大;生态效率相对最高,经济效率、生态效率变动基本与整体效率变动相同。现代农业发展效率不高主要体现为:经济效率损失体现为投入冗余,劳均耕地面积与农牧业机械总动力投入过多,在现有生产规模下,产出接近经济效益最大化;社会效率整体偏低,主要受规模变动的影响,规模报酬递减,不合理效率的损失和整体效率水平的提高依赖于较长时期内的规模调整和结构优化;生态效率逐渐改善,依赖于磴口县强化天然林保护、退耕还林、重点区域绿化等工程,加强了禁牧管护、退牧还草,严格执行草原生态保护补奖政策。

(2) 现代农业发展效率评价实质上是从现代农业多功能角度对其效率进行测算,综合考察现代农业投入与产出之间的关系。一般而言,在其他条件不变的情况下,农业投入、产出与农业经济效率、社会效率、生态效率均是正向关系。然而,盲目地增加投入或扩大生产规模并不一定能带来高产出。我国北方农牧交错区现代农业发展要加快调整土地、劳动力、技术等要素投入规模,调整农产品生产结构,提高劳动生产率;完善财政支农惠农政策,加大农业保险力度,创新农业保险和农业贷款模式;重视现代农业发展的生态效益,提升农业生态系统稳定性和生态服务功能,实现现代农业与环境可持续发展。

(3) 加快推进农业现代化是实施乡村振兴战略的重要任务,发展现代农业不能仅考虑农业本身。现代农业发展效率需要评价投入产出效益,不能简单依赖于财政投入、机械总动力投入等,改变传统的“数量投入”思路,加快农业供给侧结构性改革,夯实农业生产能力基础,大力开发农业的多功能,发展多种形式适度规模经营,延长产业链,构建现代农业产业体系、生产体系、经营体系,推进农业的提质增效,促进农业现代化发展。

参考文献:

- [1] 关海玲,宋世琼.基于DEA方法的都市型现代农业发展水平综合评价:以山西为例[J].生产力研究,2013(6):33-36.
- [2] 赵辉,方天堃.吉林省现代农业发展效率综合评价:基于1978—2009年的分析[J].农业经济,2014(8):9-11.
- [3] 曾福生,高鸣.我国各省区现代农业发展效率的比较分析:基于超效率DEA及malmquist模型的实证分析[J].农业经济与管理,2012(4):38-44.
- [4] 李卫芳,陈建成.基于DEA的北京都市型现代农业效率评价[J].技术经济,2012,31(2):51-55,79.
- [5] 熊鹰,郭耀辉,景晓卫,等.四川省重点生态功能区有机农业生产效率研究:基于三阶段DEA模型的实证分析[J].中国农业资源与区划,2017,38(10):162-170.
- [6] 刘子飞,王昌海.有机农业生产效率的三阶段DEA分析:以陕西洋县为例[J].中国人口·资源与环境,2015,25(7):105-112.
- [7] 贺志亮,刘成玉.我国农业生产效率及效率影响因素研究:基于三阶段DEA模型的实证分析[J].农村经济,2015(6):48-51.
- [8] 郭碧云,张正峰.农牧交错区土地利用重心迁移研究:以河北省涪源县为例[J].干旱地区农业研究,2014,32(4):217-221.
- [9] 马力阳,李同昇,李婷,等.我国北方农牧交错带县域乡村性空间分异及其发展类型[J].经济地理,2015,35(9):126-133.
- [10] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E L. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978,2(6):429-444.
- [11] Kirjavainen T, Loikkanen H A. Efficiency differences of Finnish senior secondary schools: An application of DEA and Tobit analysis[C]//Innovation in Technology Management—The Key to Global Leadership, PICMET 97: Portland International Conference on Management and Technology, IEEE, 2002.
- [12] Tobin J. Estimation of relationships for limited dependent variables[J]. Econometrica, 1958,26(1):24-36.
- [13] Delphi method[EB/OL]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Delphi-method>, 2011-04-11.
- [14] 李长青,苏美玲,杨新吉.内蒙古碳汇资源估算与碳汇产业发展潜力分析[J].干旱区资源与环境,2012,26(5):162-168.
- [15] 王修兰.二氧化碳、气候变化与农业[M].北京:气象出版社,1996.