

董奋义, 齐 冰. 基于熵值法和比较静态分析的省级农业科技 DEA 效率[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(19): 321–326.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.071

基于熵值法和比较静态分析的省级农业科技 DEA 效率

董奋义¹, 齐 冰²

(1. 河南农业大学信息与管理科学学院, 河南郑州 450046; 2. 河南农业大学信息与管理科学学院, 河南郑州 450046)

摘要:我国正处在传统农业向现代农业转型的关键时期, 而科技是农业快速发展的重要手段。基于熵值法计算出我国各省份农业科技发展程度与相对农业科技产出, 并利用数据包络分析(DEA)模型对我国 2005、2010、2015 年各省份的农业科技 DEA 效率进行比较静态分析。结果表明: 我国多数省份的农业科技 DEA 效率处于非 DEA 有效状态, 2005—2015 年我国整体农业科技水平呈下降趋势; 大部分省份农业科技 DEA 效率处于无效状态, 这是因为纯技术效率与规模效率的发展存在严重失衡。最后, 根据分析结果提出了相关对策建议。

关键词:农业科技; 熵值法; DEA 模型; 技术效率; 规模效率; 比较静态分析; 对策建议

中图分类号: F302 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)19-0321-06

“民以食为天。”粮食的重要性奠定了农业在我国的基础地位, 我国作为世界人口第一大国, 农业的发展对我国的重要性不言而喻。农业的发展来源于工业发展的反哺, 可以说农业的发展取决于人类科技的整体进步。众所周知, 虽然中国正处于传统农业向现代农业转型时期, 但不可否认, 中国农业科技水平落后于发达国家。因此, 对我国农业科技效率进行评价, 不仅有利于我国农业从业者发现自身的差距与不足, 而且对于其更合理地进行科技资源配置、提升科技资源的使用效率、加速农业转型有着现实的意义。

很多学者都对农业科技投入所产生的影响进行了研究与分析。孙慧波等利用 DEA-Tobit 两步法对全国农业科技服务对农业生产效率的影响进行了实证分析^[1]。杨剑波利用协整分析方法、向量误差修正模型等证明农业科技投入的变化会导致粮食产量的重大变化^[2]。张红辉等采用分布滞后模型等方法证明了农业科技投入与农业经济增长之间存在长期的稳定均衡关系^[3]。黄敬前等也利用协整理论与方法分析了我国农业科技投入与农业科技进步之间长期的均衡关系^[4]。刘敦虎等利用动态计量分析模型研究四川省农业科技投入与农业经济增长的动态关系, 证明了四川省农业科技投入对其农业经济增长具有重要作用^[5]。除此之外, 还有很多学者研究了农业科技投入对于农业生产^[6-10]、农业科技投入效率^[11-15]等的影响。但是大多数学者在进行研究时只是把我国农业科技作为一个整体, 单纯地对我国或者各省份进行农业科技投入效率测算与分析, 并没有对我国各省份的农业科技水平提供一个定量研究, 且农业科技投入产出指标大多还不具有一致性, 如研究农业科技的科技论文数却使用各行业整体的科技论文数来代替等。可见, 运用上述内容测算得出来的结果对于清晰地认识我国各省份农业科技水平的意

义是有限的。

因此, 本试验基于以往学者的研究, 以熵值法为工具, 以各省份的农业科技相关数据为基础, 在对我国各省份农业科技水平与农业科技产出进行定量研究的基础上, 利用 DEA 模型对我国 2005、2010、2015 年各省份的农业科技 DEA 效率进行比较静态分析。最后, 在对 2005、2010、2015 年我国各省份农业科技 DEA 效率进行分析的基础上, 提出相应的对策建议。

1 模型介绍

1.1 农业科技产出测算方法

各省份农业科技发展水平的测算是一个复杂的过程, 只有正确得出农业科技发展水平, 才能得出具有可信度的农业科技产出。为保证计算得出的农业科技发展水平具有客观性与可信度, 笔者借鉴文献^[16-19], 采用熵值法作为计算农业科技发展水平的工具。熵值法是根据各指标的变异程度利用信息熵计算各指标的熵值, 能深刻反映出指标的区分能力的一种客观赋权方法。相对于主观赋权法, 熵值法具有较高的可信度和精确度。因此, 利用熵值法可以把各项农业科技产出指标作为一个整体对各省份进行客观的衡量, 以大致得出各省份的农业科技发展水平。设有 m 个评价对象、 n 个评价指标, 原始评价对象的指标值可以用矩阵 $X = (x_{ij})_{mn}$ 来表示。具体计算步骤如下:

(1) 由于在评价指标体系中各指标在量纲等方面可能存在较大差异, 应对指标进行标准化处理。

$$\text{正向指标: } x_{ij}' = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})};$$

$$\text{逆向指标: } x_{ij}' = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})}。$$

可以得到标准化矩阵 $X = (x_{ij}')_{mn}$, 为方便起见, 标准化后的数据仍记为 $X = (x_{ij})_{mn}$ 。

(2) 计算第 j 项指标下第 i 个评价对象的指标值的比重 p_{ij} 。

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}。 \quad (1)$$

收稿日期: 2018-07-16

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41171444); 河南省软科学项目(编号: 182400410256); 河南省高等学校重点科研项目(编号: 15A630032)。

作者简介: 董奋义(1972—), 男, 河南平舆人, 博士, 副教授, 从事灰色系统理论、决策分析等研究。E-mail: dfenyi@163.com。

(3) 计算第 j 项指标的熵值 e_j 与信息冗余程度 d_j 。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}), d_j = 1 - e_j. \quad (2)$$

式中: $k = \frac{1}{\ln m}, \frac{1}{\ln m} \geq 0$, 若 $p_{ij} = 0$, 则定义 $\lim_{p_{ij} \rightarrow 0} p_{ij} \ln p_{ij} = 0$ 。

(4) 进而确定各指标的权重 w_j 。

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}. \quad (3)$$

(5) 计算各评价对象的综合得分 s_i, s_i 也是本试验所求的各省份的农业科技发展水平。

$$s_i = \sum_{j=1}^m w_j x_{ij}'. \quad (4)$$

式中: $s_i \in (0, 1)$, 是各省份对农业科技重视程度与发展水平的体现, s_i 越大, 表示其所在城市的农业科技发展水平越高。

(6) 通过综合得分 s_i 折算出理论上我国各省份相对农业科技产出 O_i 。具体折算方法如下

$$O_i = s_i \times z_i. \quad (5)$$

式中: z_i 为农林牧渔总产值, 表示在农林牧渔总产值中农业科技所产生的经济效益, 即相对农业科技产出。各省份农业科技发展程度不同, 农林牧渔总产值水平不同, 甚至相差数倍, 因此各省份得出的相对农业科技产出也会不同, 甚至相差数倍。

1.2 技术效率测算方法

关于效率的评价方法, 包括以随机前沿分析法 (SFA)、自由分布法 (DFA) 为代表的参数法与以数据包络分析 (data envelopment analysis, DEA) 为代表的非参数法等, 考虑到农业科技各指标的关系可能适用于不同的函数形式, 且参数法的赋值方法带有主观性, 故采用非参数法中的数据包络分析作为本研究的技术效率测算模型。DEA 模型是美国著名运筹学家 Charnes, Cooper 和 Rhodes 于 1978 年正式提出的以相对效率概念为基础, 以凸分析和线性规划为工具, 计算比较具有相同类型的多投入、多产出的决策单元 (decision making unit, DMU) 之间的相对效率, 并对评价对象作出评价的方法^[20]。其基本模型为 C^2R 模型与 BC^2 模型, 两者之间区别在于 C^2R 模型假定规模报酬不变 (CRS), BC^2 假定规模报酬可变 (VRS), 其中 BC^2 模型更符合农业科技投入与产出的情况。因此, 本研究计算模型选用 BC^2 模型。假设 n 个决策单元对应的输入数据 $x_{ij} (i = 1, 2, \dots, m)$ 和输出数据 $y_{rj} (r = 1, 2, \dots, s)$, v_i 为对第 i 种输入数据的权重, u_r 为对第 r 种输出数据的权重, 则 $\mathbf{x}_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T, \mathbf{y}_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T, \mathbf{v} = (v_1, v_2, \dots, v_m)^T, \mathbf{u} = (u_1, u_2, \dots, u_s)^T$, 其中, $\mathbf{x}_j > 0, \mathbf{y}_j > 0, j = 1, 2, \dots, n$, 描述了第 j 个 DMU 的投入和产出情况。则投入导向角度的线性规划 BC^2 模型 (本研究所用模型均为投入导向) 为:

$$(P_{BC^2}^t) \begin{cases} \max (\boldsymbol{\mu}^T \mathbf{y}_0 + \boldsymbol{\mu}^0) = V_p \\ \boldsymbol{\omega}^T \mathbf{x}_j - \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{y}_j - \boldsymbol{\mu}^0 \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ \boldsymbol{\omega}^T \mathbf{x}_0 = 1 \\ \boldsymbol{\omega} \geq 0, \boldsymbol{\mu} \geq 0 \end{cases}. \quad (6)$$

其中: V_p 为最优效率评价指数; $\boldsymbol{\omega} = t\mathbf{v}, \boldsymbol{\mu} = t\mathbf{u}$, 其中 $t = \frac{1}{\mathbf{v}^T \mathbf{x}_0}$, \mathbf{u}, \mathbf{v} 为权重向量; 对 j_0 个决策单元进行效率指标评价时, 为方便起见, 记 $(\mathbf{x}_0, \mathbf{y}_0) = (\mathbf{x}_{j_0}, \mathbf{y}_{j_0})$ 。

为了更方便对 BC^2 模型进行求解, 引入非阿基米德无穷小量 ε 与松弛变量 s^-, s^+ 的对偶 BC^2 优化模型, 表示为:

$$(D_{\varepsilon}^t) \begin{cases} \min [\boldsymbol{\theta} - \varepsilon (\hat{\mathbf{e}}^T s^- + \mathbf{e}^T s^+)] \\ \sum_{j=1}^n \mathbf{x}_j \lambda_j + s^- = \boldsymbol{\theta} \mathbf{x}_0 \\ \sum_{j=1}^n \mathbf{y}_j \lambda_j - s^+ = \mathbf{y}_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ s^- \geq 0, s^+ \geq 0, \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases}. \quad (7)$$

式中: $\hat{\mathbf{e}}^T = (1, 1, \dots, 1) \in E^m, \mathbf{e}^T = (1, 1, \dots, 1) \in E^s$ 。 $\boldsymbol{\theta}$ 为被评价 DMU_{j_0} 的有效值, 即效率值; λ 是相对于 DMU_{j_0} 重新构造一个有效的 DMU 中 n 个决策组合单元的组合比例。

则对偶规划 (D_{ε}^t) 最优解为 $\lambda^0, s^{-0}, s^{+0}, \boldsymbol{\theta}^0$: (1) 若 $\boldsymbol{\theta}^0 < 1$, 则 DMU_{j_0} 不为弱 DEA 有效 (BC^2); (2) 若 $\boldsymbol{\theta}^0 = 1, \hat{\mathbf{e}}^T s^{-0} + \mathbf{e}^T s^{+0} > 0$, 则 DMU_{j_0} 仅为弱 DEA 有效 (BC^2); (3) 若 $\boldsymbol{\theta}^0 = 1, \hat{\mathbf{e}}^T s^{-0} + \mathbf{e}^T s^{+0} = 0$, 则 DMU_{j_0} 为 DEA 有效 (BC^2)。

2 省级农业科技发展水平及 DEA 效率测算

2.1 省级农业科技产出测算

农业科技发展主要来源于农业研究和开发机构与高等院校, 鉴于高等院校的农业科技研究相对于研究与开发机构的农业科技研究对农业发展的影响较为滞后, 因此, 本研究所有农业相关数据为农业研究发展机构数据。对于我国各省份 (不含香港、澳门、台湾; 西藏数据缺失, 亦不包含) 农业科技产出测算, 遵循选取数据的可获取性、连贯性、综合性、客观性、代表性等原则, 参考已有研究, 以农业科技水平作为一级指标, 选取研究与开发机构人员 (人)、研究与开发机构内部经费支出 (万元)、技术市场成交额 (万元)、科技论文数 (篇) (以上指标均为农业方面) 作为二级指标。本研究所选取的农业科技指标体系包含一个地区从资金、人员投入到直接产出、间接产出, 清楚完整地表达了一个地区的农业科技水平。本研究所采用的指标数据均来自《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国农村统计年鉴》以及各地方统计年鉴。在数据搜集过程中, 我国农业科技的数据不仅不完整且有些地区数据多年不变, 这在现实经济活动中是不可能存在的, 因此为了更好地反映出各地区农业科技发展水平、了解各地区农业科技发展状况, 本研究所用数据已事先经过整理处理, 处理方法为: 对于各省份缺失的数据, 均采用灰色系统理论中的 GM(1, 1) 预测模型对数据进行补齐; 有些省份数据大量缺失且无法采用灰色 GM(1, 1) 预测模型补齐的, 采用数据折算方法进行整理, 即搜集所有行业同类型的总数据作为原始数据, 对农业方面数据进行折算, 某年折算数据 = 某年所有行业同类型总数据 \times (某年农林牧渔总产值/某年国民生产总值)。鉴于篇幅, 原始数据不再给出。

通过对各指标进行标准化, 计算评价对象指标值的比重 p_{ij} 、各指标的熵值 e_j 与信息冗余程度 d_j , 并确定各指标的权重 w_j 与各评价对象的综合得分 s_i , 即各省份的农业科技发展水平, 结果见表 1。

农业科技发展水平越高, 表明本地区的农业科技水平越高。根据 30 个省份的农业科技发展水平, 可以得到理论上各省份的相对农业科技产出 O_i , 结果见表 2。

表 1 30 个省份 2005、2010、2015 年农业科技发展水平

省份	农业科技发展水平		
	2005 年	2010 年	2015 年
北京	0.359 0	0.880 7	0.449 7
天津	0.156 7	0.232 4	0.170 1
河北	0.213 1	0.265 7	0.172 3
山西	0.152 4	0.228 6	0.156 8
内蒙古	0.163 1	0.237 1	0.124 6
辽宁	0.341 7	0.589 3	0.363 6
吉林	0.292 2	0.356 3	0.196 2
黑龙江	0.250 1	0.480 0	0.397 0
上海	0.166 9	0.285 1	0.143 3
江苏	0.247 5	0.649 5	0.437 7
浙江	0.182 4	0.280 5	0.163 5
安徽	0.225 2	0.420 7	0.327 8
福建	0.219 2	0.323 6	0.200 8
江西	0.165 4	0.273 7	0.179 4
山东	0.352 8	0.600 2	0.431 7
河南	0.298 1	0.366 8	0.202 2
湖北	0.369 7	0.611 6	0.949 7
湖南	0.303 0	0.345 6	0.235 6
广东	0.269 0	0.528 8	0.394 6
广西	0.270 0	0.310 2	0.199 0
海南	0.176 9	0.251 2	0.173 3
重庆	0.173 7	0.340 9	0.145 8
四川	0.291 1	0.454 4	0.456 0
贵州	0.171 0	0.235 3	0.189 3
云南	0.240 9	0.291 9	0.263 2
陕西	0.152 8	0.444 5	0.670 4
甘肃	0.324 2	0.552 5	0.366 4
青海	0.138 1	0.198 0	0.131 9
宁夏	0.145 0	0.170 8	0.108 4
新疆	0.262 7	0.315 8	0.180 5

表 2 30 个省份 2005、2010、2015 年相对农业科技产出

省份	农业科技产出(亿元)		
	2005 年	2010 年	2015 年
北京	86	289	166
天津	37	74	79
河北	507	1 145	1 030
山西	74	240	239
内蒙古	160	437	343
辽宁	571	1 831	1 704
吉林	307	659	565
黑龙江	324	1 217	2 003
上海	39	82	43
江苏	638	2 791	3 078
浙江	260	610	480
安徽	375	1 243	1 439
福建	306	747	747
江西	189	520	513
山东	1 320	3 992	4 123
河南	987	2 103	1 545
湖北	656	2 142	5 440
湖南	623	1 309	1 326
广东	658	1 986	2 178
广西	391	844	835
海南	84	204	229
重庆	115	348	253
四川	715	1 855	2 909
贵州	98	235	518
云南	257	528	891
陕西	112	741	1 886
甘肃	178	584	631
青海	13	40	42
宁夏	21	52	52
新疆	218	583	506

从表 1、表 2 中可以看出,科技实力雄厚的地区,如北京、江苏等,科技发展水平较高,由于产业结构侧重不同,农业科技产出与农业科技发展水平的排名并不一致。须要说明的是,各省份的农业科技发展水平是根据各个指标客观权重计算得出的各省份的农业科技发展各指标的综合得分,表 1 只代表各省份相对农业科技发展程度,而表 2 依据各省份的农业科技发展水平计算得出相对农业科技产出,其差距较大,主要有以下 2 点原因:第一,各省份的农林牧渔总产值参差不齐,农林牧渔总产值最高与最低的省份相差数倍;第二,我国各省份农业科技发展程度差距较大,且两极分化比较严重。表 2 的农业科技产出只是根据熵值法求出的农业科技发展程度得到相对科技产出理论值,主要服务于各省份农业科技投入 DEA 效率测度,各省份相对农业科技产出的大小只是相对意义上的,并无特殊含义。

2.2 我国各省份 DEA 效率测算

遵循指标选取的客观性、代表性等原则与 DEA 模型数据要求,投入指标主要包括以下 3 个方面:第一产业从业人员(万人)作为人力投入指标;化肥施用量(万 t)作为农业生产辅助投入指标;农业技术人员(人)、农机推广人员(人)、农业机械总动力(万 kW)作为技术投入指标,产出指标为计算得

出的相对农业科技产出,鉴于篇幅,原始数据不再给出。所采用的指标数据均来自《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国农村统计年鉴》《中国农业机械工业年鉴》以及各省份统计年鉴。运用 DEA 模型软件 DEAP - xp1 可以得出我国 30 个省份 2005、2010、2015 年农业科技 DEA 效率(因我国最新《中国科技统计年鉴》《中国农村统计年鉴》以及各省份年鉴更新进度不同,为了保证数据的完整性,选用的最后年鉴年份为 2016 年,即对 2015 年数据进行研究),具体结果见表 3、表 4、表 5。

3 DEA 效率结果比较静态分析

从综合效率(表 6)来看,2005 年与 2010 年 DEA 有效的省份均为 7 个,占总数的 23.3%,2005 年 DEA 有效的省份有北京、辽宁、上海、福建、山东、广东、四川,而 2010 年上海却转变为非 DEA 有效,江苏发展为 DEA 有效。但是,2015 年 DEA 有效的省份数量只剩下 3 个,为福建、湖北与四川,占总数的 10%。其中,福建、四川在 2005、2010、2015 年均为 DEA 有效;北京在 2015 年由于规模效率下降,使其改变为非 DEA 有效;辽宁、山东、广东在 2015 年由于纯技术效率与规模效率

表 3 2005 年我国 30 个省份农业科技投入 DEA 效率

决策单元	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
北京	1.000	1.000	1.000	不变
天津	0.539	0.741	0.727	递增
河北	0.648	0.651	0.995	递增
山西	0.176	0.206	0.854	递增
内蒙古	0.366	0.384	0.953	递减
辽宁	1.000	1.000	1.000	不变
吉林	0.650	0.691	0.942	递减
黑龙江	0.613	0.641	0.956	递减
上海	1.000	1.000	1.000	不变
江苏	0.822	0.827	0.994	递减
浙江	0.775	0.779	0.994	递减
安徽	0.510	0.542	0.941	递增
福建	1.000	1.000	1.000	不变
江西	0.459	0.460	1.000	不变
山东	1.000	1.000	1.000	不变
河南	0.922	1.000	0.922	递减
湖北	0.858	0.909	0.944	递减
湖南	0.796	0.836	0.953	递减
广东	1.000	1.000	1.000	不变
广西	0.576	0.582	0.989	递减
海南	0.854	1.000	0.854	递增
重庆	0.433	0.451	0.960	递增
四川	1.000	1.000	1.000	不变
贵州	0.279	0.288	0.969	递增
云南	0.436	0.439	0.993	递减
陕西	0.223	0.225	0.992	递减
甘肃	0.488	0.491	0.994	递增
青海	0.176	0.778	0.226	递增
宁夏	0.885	1.000	0.885	递增
新疆	0.587	0.766	0.767	递减
均值	0.669	0.723	0.927	

注:综合效率=纯技术效率×规模效率。

的降低,使其成为非 DEA 有效省份。在过去的 10 年间,我国农业科技投入 DEA 效率有效省份的数量由 7 个减少为 3 个,这说明我国的农业科技投入效率呈下降趋势,大多数省份的农业科技资源的投入并没有对本地区产生应有的影响力。综合效率值在 2005、2010、2015 年一直不变的省份只有福建、四川(表 7),且一直为 DEA 有效省份,分析福建、四川的原始数据可以发现,虽然其农业技术人员与研究机构内部农业经费支出相比其他省份较高,但其农业科技发展水平也较高,说明其科技成果转化率高,因此农业科技效率较高。通过对比 3 年的综合效率值可以发现,发达地区的综合效率反而不高,可能有 2 个原因:第一,技术效率与规模效率发展严重失调,大部分省份都是只有技术效率或者是规模效率水平高,两者发展不一致,导致综合效率降低;第二,虽然有些发达地区农业科技发展水平较高,但农业发展规模小,农林牧渔总产值基数小,导致农业科技产出低,投入与产出不成正比,因此综合效率值低。

从纯技术效率的变动情况(表 6)来看,北京、上海、福建、海南、四川、宁夏在 2005、2010、2015 年的纯技术效率值都为 1.000,为纯技术效率有效省份。江苏、湖北 2 省在 2005、

表 4 2010 年我国 30 个省份农业科技投入 DEA 效率

决策单元	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
北京	1.000	1.000	1.000	不变
天津	0.362	1.000	0.362	递增
河北	0.434	0.443	0.978	递减
山西	0.164	0.187	0.874	递增
内蒙古	0.296	0.301	0.983	递增
辽宁	1.000	1.000	1.000	不变
吉林	0.414	0.415	0.998	递增
黑龙江	0.682	0.686	0.994	递增
上海	0.820	1.000	0.820	递增
江苏	1.000	1.000	1.000	不变
浙江	0.723	0.792	0.913	递增
安徽	0.522	0.532	0.981	递增
福建	1.000	1.000	1.000	不变
江西	0.408	0.461	0.885	递增
山东	1.000	1.000	1.000	不变
河南	0.672	0.728	0.923	递减
湖北	0.885	0.969	0.913	递减
湖南	0.502	0.572	0.878	递减
广东	1.000	1.000	1.000	不变
广西	0.371	0.376	0.988	递增
海南	0.645	1.000	0.645	递增
重庆	0.470	0.534	0.880	递增
四川	1.000	1.000	1.000	不变
贵州	0.231	0.312	0.740	递增
云南	0.264	0.273	0.969	递增
陕西	0.398	0.444	0.897	递减
甘肃	0.487	0.494	0.986	递增
青海	0.124	0.545	0.227	递增
宁夏	0.680	1.000	0.680	递增
新疆	0.449	0.465	0.965	递减
均值	0.600	0.684	0.883	

2010、2015 年技术效率值在 0.800 以上;天津在 2005 年的纯技术效率并没有达到最优,但在 2010 年与 2015 年成为了纯技术效率有效省份;与天津相反的是辽宁与山东,纯技术效率在 2005 年与 2010 年达到了最优,但是在 2015 年其纯技术效率值却呈现下降趋势。总体而言,这些省份相对于其他省份的纯技术效率整体上还是具有优势的。在 2005、2010、2015 年中呈下降趋势的省份有 17 个,占总数的 56.7%;呈上升趋势的省份只有 7 个,占总数的 23.3%(表 7)。而纯技术效率值为 1.000 的省份由 2005 年的 10 个、2010 年的 11 个下降到 2015 年的 8 个,虽然增加了 1 个纯技术有效的省份,但纯技术效率值整体呈下降发展趋势的省份有 17 个,表明在大多数省份目前的农业技术水平上,其投入资源的使用是有限的,农业科技的发展遇到了阻碍。从规模效率值的发展变动(表 6)来看,2005、2010、2015 年规模效率呈下降趋势的省份有 22 个,呈上升趋势的省份有 6 个,相对纯技术效率发展趋势来说,规模效率降低的省份达到总数的 73.3%,规模效率的发展出现了很大变化。而规模效率值为 1.000 的省份由 2005、2010 年的 8 个省份降到了 2015 年的 3 个省份,这基本与综合效率值为 1.000 的数量一致。可见,规模效率有效数决定了综合效率的有效数。在我国农业发展过程中,农业经营主要

表 5 2015 年我国 30 个省份农业科技投入 DEA 效率

决策单元	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
北京	0.926	1.000	0.926	递增
天津	0.309	1.000	0.309	递增
河北	0.192	0.217	0.885	递增
山西	0.123	0.202	0.608	递增
内蒙古	0.155	0.198	0.781	递增
辽宁	0.638	0.646	0.989	递增
吉林	0.278	0.290	0.957	递增
黑龙江	0.677	0.686	0.986	递增
上海	0.297	1.000	0.297	递增
江苏	0.907	0.911	0.996	递增
浙江	0.377	0.659	0.572	递增
安徽	0.269	0.334	0.805	递增
福建	1.000	1.000	1.000	不变
江西	0.206	0.340	0.608	递增
山东	0.571	0.578	0.988	递增
河南	0.154	0.213	0.723	递增
湖北	1.000	1.000	1.000	不变
湖南	0.327	0.331	0.989	递增
广东	0.663	0.679	0.977	递增
广西	0.197	0.273	0.721	递增
海南	0.441	1.000	0.441	递增
重庆	0.183	0.458	0.399	递增
四川	1.000	1.000	1.000	不变
贵州	0.303	0.443	0.683	递增
云南	0.236	0.275	0.858	递增
陕西	0.617	0.623	0.990	递增
甘肃	0.389	0.422	0.923	递增
青海	0.099	0.674	0.147	递增
宁夏	0.515	1.000	0.515	递增
新疆	0.248	0.271	0.915	递增
均值	0.443	0.591	0.766	

以分散经营为主,经营规模过小,规模经济很不理想,归根结底,我国农业发展缺乏规模经济的原因在于我国传统的小农

经济体制。因此,改革的重点在于如何更好地加深规模经营程度,增强规模优势,提高规模效益,从而增加 DEA 有效省份数量。

从综合效率值、纯技术效率值与规模效率值来看,2005 年规模效率值大于 0.600 的省份有 29 个(包含效率值为 1.000 的省份,下同),到 2010 年的 28 个,最后下降到 2015 年的 23 个,即从占总数的 96.7% 到 93.3%,最后下降到 76.7%,而且规模效率 10 年来的平均值一直大于 0.600,这说明虽然大部分省份的规模效率状况良好,但规模效率值大于 0.600 的省份一直在减少,规模效率有效的省份也在减少。2005 年纯技术效率值大于 0.600 的省份有 20 个,占总数的 66.7%;2010 年与 2015 年纯技术效率值大于 0.600 的省份均下降到 15 个(省份不同),占总数的 50%。但 2005—2015 年的纯技术效率平均值呈下降趋势,这说明提高纯技术效率可以整体提高我国农业科技投入的综合效率,是我国各省份成为 DEA 有效省份的关键因素。综合效率、纯技术效率与规模效率的平均值在 2005—2015 年一直呈下降趋势,说明我国在近些年改变经济发展方式、调整产业结构对我国农业科技的发展产生了一些影响,特别是在农业科技的技术支持方面。通过对纯技术效率与规模效率的分析可以发现,综合效率值低的省份并不是纯技术效率值和规模效率值都低,而是其中一方发展落后,即综合效率低的省份的技术效率与规模效率的发展严重不平衡,呈现出极大的差距。例如,2015 年新疆的综合效率值为 0.248,综合效率值很低,但是其规模效率值为 0.915,可见真正导致其综合效率值低的原因是纯技术效率值低,仅为 0.271。结合新疆的经济发展状况可知,其纯技术效率与规模效率的发展符合农业发展的实际情况。我国农业发展存在“发达地区人多地少、落后地区人少地多”的矛盾。众所周知,发达地区农业科技发展水平高,规模经济较弱,落后地区与其相反,所以我国农业的发展面临着科技水平与规模经济发展不匹配的矛盾,由此可以得出“我国大部分省份农业科技 DEA 效率低下的原因为纯技术效率与规模效率发展不平衡”的结论。

表 6 2005、2010、2015 年各省份效率值分析

类别	0 < 效率值 < 0.600 的数量(个)			0.600 < 效率值 < 1.000 的数量(个)			效率值 = 1.000 的数量(个)		
	2005 年	2010 年	2015 年	2005 年	2010 年	2015 年	2005 年	2010 年	2015 年
综合效率	13	16	21	10	7	6	7	7	3
纯技术效率	10	15	15	10	4	7	10	11	8
规模效率	1	2	7	21	21	20	8	7	3

表 7 2005—2015 年各省份效率值发展趋势的分布情况

类别	各发展趋势的数量(个)		
	上升	下降	不变
综合效率	12	16	2
纯技术效率	7	17	6
规模效率	6	22	2

注:趋势变化标准为比较 2005 年与 2015 年各省份效率值。

4 结语

本研究通过熵值法计算出各省份的农业科技发展水平与

相对农业科技产出,运用 DEA 模型测算 DEA 效率,并对我国各省份在 2005、2010、2015 年的 DEA 效率进行比较静态分析,得出如下结论:第一,我国大部分省份农业科技 DEA 效率是非 DEA 有效的,绝大部分省份受技术无效和规模无效的双重作用,且 2005—2015 年我国农业科技水平整体上呈下降趋势。第二,在部分省份农业科技水平发展过程中,增强规模效率、提高规模报酬是使其转变为 DEA 有效的最佳途径。第三,大部分省份特别是偏远地区,纯技术效率的提高是其农业科技 DEA 效率提高的关键因素。第四,大部分省份纯技术效率与规模效率发展严重失衡,导致其综合效率低的原因是其中一方面发展良好,而另一方面发展落后。

因此,提高我国各省份农业科技水平主要应在以下几个方面进行调整:(1)继续深化农业科技研究,努力促进农业科技成果转化。中国正处于传统农业向现代农业转型的关键时期,构建现代农业科技创新体系是实现我国农业现代化和农业经济持续增长的重要战略支撑^[21],因此,我国要继续加大对农业科研的支持力度,对农业科技方面提供政策支持,培养专门的农业科研与技术人才。然而,现阶段我国农业科研过于看重学术价值,忽视其应用价值及推广价值,从而导致我国农业科技成果转化率低。所以,我国各省份不仅要继续深化农业科技研究,更要努力促进农业科技成果的转化,以便更好地服务于我国农业现代化。(2)调整优化农业科技资源投入结构,增强规模优势。相对于美国等农业发达国家实行大规模现代化作业,我国多数地区农业分布相对分散,虽然各省份整体上规模效率良好,但我国农业的发展并不具有规模优势。因此,在我国大部分非 DEA 有效的省份要在努力提高技术效率的同时,完善农业科技管理体制,大力宣传规模经济的优势,促进农业合作社等农业集约化生产方式的发展,以促进机械化程度的提高。并在此基础上,有步骤地继续支持农业适度扩大规模经营,对农业科技资源结构进行调整优化,增强规模优势、规模效益。(3)深刻剖析导致农业科技非 DEA 有效的原因,合理配置农业科技资源。导致各省份之间农业科技 DEA 效率非 DEA 有效的原因不尽相同,因此,对于非 DEA 有效的省份应该深入剖析其无效的根本原因,不能盲目地增加农业科技投入,各省份不能盲目增加农业科技资源投入,应找出导致各省份综合效率低下的根源,进而有针对性地采取措施,力求全面提升农业科技水平。(4)着重建设农业科技水平落后地区,全面提高我国农业科技水平。我国幅员辽阔,区域间自然要素禀赋与农业发展水平差距甚大。各省份间农业科技水平发展程度的不一致,导致整体上我国农业科技发展水平的低下。而各省份间农业科技发展水平的巨大差距是导致我国 30 个省份综合效率平均值落后的主要原因。因此,增强我国农业科技整体实力,需要国家对农业科技发展水平落后地区进行重点扶持,以缩小各省份农业科技 DEA 效率之间的差距。

须要提出的是,本研究所测算出来的农业科技 DEA 效率相对于其他学者的研究结果来说偏低,因为本试验运用研究与发展机构中关于农业科技的数据,利用熵值法计算农业科技产出,构建的投入指标与产出指标之间更具有 consistency。

参考文献:

- [1] 孙慧波,赵霞,何晨曦. 农业科技服务对农业生产效率的影响研究[J]. 科技管理研究,2016,36(12):256-260,266.
- [2] 杨剑波. 1978—2003 年我国农业科技投入和粮食产量关系的计量分析[J]. 科技管理研究,2007(5):69-71.
- [3] 张红辉,李伟. 农业科技投入与农业经济发展的动态关联机制分析[J]. 科技管理研究,2013,33(11):149-151,159.
- [4] 黄敬前,郑庆昌. 我国农业科技投入与农业科技进步长期均衡关系研究[J]. 福州大学学报(哲学社会科学版),2013,27(3):48-51.
- [5] 刘敦虎,赖廷谦,王卿. 农业科技投入与农业经济增长的动态关联关系研究——基于四川省 2000—2015 年的经验数据[J]. 农村经济,2017(10):118-122.
- [6] 罗小锋. 农户对生产中科技作用的认知及影响因素分析——基于 9 省 1 311 户农户的调查[J]. 农业技术经济,2010(8):80-86.
- [7] 宋德军. 中国农业产业结构优化与科技创新耦合性评价[J]. 科学学研究,2013,31(2):191-200.
- [8] 尹朝静,李谷成,范丽霞,等. 气候变化、科技存量与农业生产率增长[J]. 中国农村经济,2016(5):16-28.
- [9] 金怀玉,营利荣,焦立新. 安徽省农业技术效率变动的实证分析[J]. 中国科技论坛,2011(7):129-133,146.
- [10] 杜娟. 基于 DEA 模型的我国农业科技创新投入产出分析[J]. 科技进步与对策,2013,30(8):82-85.
- [11] 杜宇能,潘驰宇,宋淑芳. 中国分地区农业现代化发展程度评价——基于各省份农业统计数据[J]. 农业技术经济,2018(3):79-89.
- [12] 丁雪,潘晨晔. 基于 DEA 模型的我国主要省市农业科技投入产出效率分析[J]. 现代农业科技,2015(3):319-320.
- [13] 杨印生,王舒,王海娜. 基于动态 DEA 的东北地区玉米生产环境效率评价研究[J]. 农业技术经济,2016(8):58-71.
- [14] 李子君. 基于 DEA 的辽宁省农业生产效率分析[J]. 农业经济,2018(2):54-56.
- [15] 许云芳. 基于 DEA 模型的山西省农业资源利用效率研究[J]. 山西农业大学学报(社会科学版),2018,17(4):55-61.
- [16] 黄安胜,许佳贤,刘振滨,等. 中国绿色农业技术效率及其省际差异分析——基于 1998—2012 年的面板数据[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版),2014,15(4):68-75.
- [17] 杨丽,孙之淳. 基于熵值法的西部新型城镇化发展水平测评[J]. 经济问题,2015(3):115-119.
- [18] 杨龙,胡晓珍. 基于 DEA 的中国绿色经济效率地区差异与收敛分析[J]. 经济学家,2010(2):46-54.
- [19] 辛岭,高睿璞. 我国新型农业经营体系发展水平评价[J]. 经济学家,2017(9):73-80.
- [20] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European journal of operational research, 1978,2(6):429-444.
- [21] 王雅鹏,吕明,范俊楠,等. 我国现代农业科技创新体系构建:特征、现实困境与优化路径[J]. 农业现代化研究,2015,36(2):161-167.