

超级稻农业技术推广到位效率分析

吕新业¹, 朱晓莉², 周宏³

(¹中国农业科学院农业经济与发展研究所, 北京 100081; ²南京农业大学理学院, 南京 210095; ³南京农业大学经济管理学院, 南京 210095)

摘要:【目的】从投入产出角度分析超级稻种植过程中各生产环节的技术推广到位效率。【方法】通过对超级稻种植环节的分解, 确立农业技术推广到位效率的关键指标, 借助于超效率 DEA 方法对获取的第一手田间数据进行分析处理。【结果】超级稻示范户水稻生产效率都有效, 非示范户的生产效率平均仅有 80%; 3 个时间偏差指标对产量的总影响占 15%; 通过松弛变量分析, 对于非有效指标的离差程度进行了分析和定量说明。【结论】超级稻推广环节的到位情况对超级稻的产量和效率有重要影响, 研究充分说明农业技术推广的效率在种植管理中不仅影响到产量, 也影响到种植成本。

关键词: 超效率 DEA; 推广效率; 超级稻; 技术推广

Analysis of Agricultural Technology Extension Efficiency in Super Rice Production

LÜ Xin-ye¹, ZHU Xiao-li², ZHOU Hong³

(¹Institute of Agricultural Economics and Development of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; ²College of Science of Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095; ³College of Economics and Management of Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095)

Abstract: 【Objective】 This paper analyzes the efficiency of technology extension in super rice's each production links from the angle of input and output. 【Method】 Through decomposing the planting links of super rice, using the first-hand field data and applying super-efficiency DEA method, the key indicators of agricultural technology extension efficiency were established. 【Result】 The results show that the model household's production was efficient, while the production efficiency of non-model household was only 80% in average. The three time deviation indexes accounted for 15% on yield of the total impact. Through analyzing the relaxation variables, the analysis and quantitative description of degree of deviation of the non-effective indexes was made. 【Conclusion】 The promotion situation of super rice has an important influence on its output and efficiency. This study fully explained that agricultural technology extension efficiency in growing management not only affects the output, but also affects the cost of planting.

Key words: super-efficiency DEA; extension efficiency; super rice; technology extension

0 引言

【研究意义】农业是国民经济的基础, 是关系国计民生的重要行业, 是安天下、稳民心的战略性产业。而农业中水稻生产关系着中国粮食安全, 其重要性不言而喻。随着中国农业科技实力的增强, 通过加强水稻研究的原始创新, 显著提高稻作研究的科技含量,

超级稻产量的理论研究水平达到了新高, 可如何有效地把科技转化为生产力, 在这其中, 超级稻农业技术推广就显得尤为重要。农业技术推广工程是中国实施科技兴农战略的重要手段, 是将农业科技直接运用于现实农产品生产的有效而便利的途径。农业技术推广工程实施的效果在一定程度上不仅影响农产品产量, 也影响农户的种植成本。【前人研究进展】目前关于

收稿日期: 2011-09-29; 接受日期: 2011-11-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (71173109)、教育部人文社科规划基金资助项目 (09YJA790106)

联系方式: 吕新业, Tel: 010-82109791; E-mail: luxy@mail.caas.net.cn. 通信作者周宏, Tel: 13851415489; E-mail: zhouhong@njau.edu.cn

农业技术推广方面的研究，主要集中在对中国农业技术推广体系机制及其效果等方面的探讨，如农业技术推广体系和模式^[1-10]，农技推广人员^[11-15]，农户需求^[16-18]等，这些相关研究为中国农业技术推广体系的健全和发展起到了有力推动作用。【本研究切入点】从超级稻种植环节角度来研究技术推广到位效率没有范例可循，本文以超级稻为研究对象，通过分解其生长周期环节，从超级稻技术推广在各个生长环节的到位情况，比较分析超级稻生产示范户和非示范户种植技术到位的效率状况，探寻提高超级稻产量的可能途径，拓展农业技术推广体系的研究领域。【拟解决的关键问题】针对从种植技术环节研究农业技术推广到位效率未见相关报道的现状，本文通过分解种植环节，创新设计了种植环节中关键时点的时间偏差指标，确立本研究中体现技术推广到位效率的指标变量，并通过合理途径实现量化分析到位效率的模型选择，探讨技术推广到位率状况，为农业技术推广体系的深入开展提供有力的科学验证。

1 数据来源与模型选择

1.1 变量、样本与数据

科学技术是超级稻农业技术推广的源动力，科学种植、合理利用现有资源并达到高效高产是农户迫切关心的问题。本文从资源配置的角度对超级稻技术推广到位情况进行效率评价，通过对超级稻生长周期过程的分析，把超级稻生长周期分为4个重要环节，即育秧期、移栽后15天、齐穗期和收获期，这些环节的准确、到位、有效和合理，直接影响到水稻的产量，也关系到水稻种植成本。育秧期指从浸种到移栽前，主要环节有浸种、播种、秧田整理、覆盖保温、施肥、用药和除草；移栽后15天是根据水稻的有效分蘖期来估计，移栽后的水稻早返青、早分蘖、尽早达到需要的群体穗数是丰产栽培的重要环节，主要管理环节有大田整理、移栽方式、施肥管理、灌溉、除草和烤田等；齐穗期指幼穗分化至抽穗扬花期，是根据水稻的生殖生长期来确定，该时期是确定颖花数量、结实率的关键期，主要环节有施肥、灌溉、除草和用药；收获期指水稻灌浆到成熟收获，是决定千粒重的关键期，主要环节如齐穗期。

根据对4个关键时期主要技术内容的分析，可以看出，播种时间、移栽时间、施肥时间、用药时间、灌水，以及劳动力和资本费用，是本研究的关键指标。播种和移栽相关性较强，本研究仅取播种时间指标；

对于灌水指标，本研究发现，农户选择自然灌溉和集中灌溉，变化差异不大，因而没有考虑此变量。本文最后选取5个投入指标：劳动力用工总量、资本费用总量、播种时间偏差、施肥时间偏差和用药时间偏差；产出指标为超级稻单位面积产量。劳动力用工总量指各个环节中劳动力用工的总和；资本费用总量指施肥、用药等除劳动力外的费用总和；播种时间偏差、施肥时间偏差和用药时间偏差表示实际时间和正常（理论）时间的偏差，用来反映农业技术推广到位效果的程度，偏差越小，表示农户接收农业技术推广遵守自然规律进行水稻种植理念越清楚；偏差越大，表示农户将科技带入田间管理意识越淡薄。随着时间偏差的增大，简单线性无量纲化处理无法反映农业生产偏离程度，本文选取曲线无量纲化方法处理。

考虑到研究的代表性和广泛性，本文共选取在超级稻种植上具有代表性的4个农业大省（江苏、四川、江西、辽宁）作为数据收集对象，为了便于比较和分析，所选农户皆为超级稻种植农户，农户的选取符合统计规律，汇总有效数据中，超级稻科技入户项目示范户1280户，超级稻非示范户1280户。本文作为农业部和教育部研究课题成果的一部分，所用数据均来自课题组成员的第一手实地调研资料，并经过有效处理之后运用于本文。

1.2 模型选择

据投入和产出指标所呈现的特点，在进行效率分析时采用数据包络分析（DEA）^[19-21]，为了比较有效决策单元之间的效率高低，本文选择了由Andersen和Petersen^[22]提出的“超效率”DEA模型。

“超效率”DEA模型可以用图1表示。以决策单元DMU_c为例，C点处在有效生产前沿面，DEA的

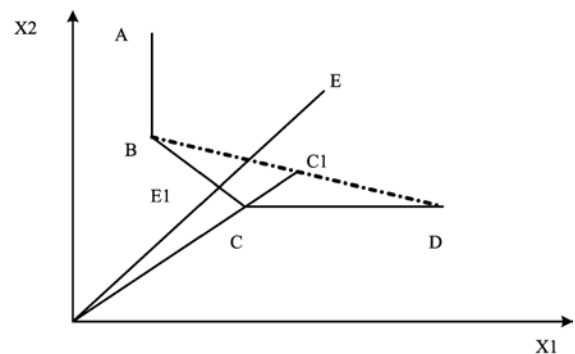


图1 超效率DEA的二维投影

Fig. 1 2D projection of super-efficient DEA

CCR 模型下 DMU_c 的效率值为 1。根据“超效率”模型理论,在计算 DMU_c 的效率值时,C 点排除在决策单元的参考集合之外,于是生产前沿面就由 ABCD 变为了 ABD,此时 C 点的效率值 $C=OC_1/OC > 1$ 。对于 CCR 模型中本来就是非 DEA 有效的决策单元 E,在“超效率”模型中其生产前沿面仍然是 ABCD,效率值与 CCR 模型中的一致,仍然是 $E=OE_1/OE < 1$ 。

“超效率”DEA 模型形式如下:

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ & s.t. \begin{cases} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq j_0}}^n \lambda_j X_j + S^- = \theta X_0 \\ \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq j_0}}^n \lambda_j Y_j - S^+ = Y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

S^- , S^+ 分别为输入输出松弛向量; λ 是被赋予的指标权重。求解后非有效决策单元的 $\theta < 1$, 有效决策单元的 $\theta > 1$, 与 DEA 的 CCR 模型进行比对可以看出, 非有效决策单元在两个模型中相同, 有效决策单元也相同, 不同的是, “超效率”DEA 模型可以对有效决策单元效率的高低进行再排序, 从而达到评价全面、反映真实的目的。本文将利用“超效率”DEA 模型, 系统分析超级稻生产过程中各个环节的投入产出情况及其效率。

在对超级稻农业技术推广到位效率进行评价时, 本文选取超级稻示范户和非示范户同时对比, 故在决策单元 DMU 的构建时, 将 1 280 户示范户按 4 个省分成 4 个决策单元 (DMU₁—DMU₄), 将 1 280 户非示范户按 4 个省分成 4 个决策单元 (DMU₅—DMU₈)。

表 2 超级稻产量影响权重

Table 2 Weights influencing super rice's output

决策单元 DMU	VX(1)	VX(2)	VX(3)	VX(4)	VX(5)	UY(1)
DMU1	0.1238	0.7475	0.0411	0.0672	0.0203	1
DMU2	0.2017	0.6585	0.0404	0.0432	0.0562	1
DMU3	0.7008	0.1265	0.0523	0.0743	0.0461	1
DMU4	0.7233	0.1225	0.0398	0.0597	0.0547	1
平均影响程度 Average influence	0.4374	0.4138	0.0434	0.0611	0.0443	1

2 模型主要结果分析

2.1 总体分析

利用“超效率”DEA 软件 EMS 对模型求解。结果见表 1。

表 1 超级稻决策单元运行效率

Table 1 Super rice's DMU efficiency

决策单元 DMU	运行效率 Efficiency (%)
DMU1	155.11
DMU2	155.99
DMU3	107.33
DMU4	107.24
DMU5	83.83
DMU6	68.80
DMU7	83.40
DMU8	83.91

求解结果显示, 示范户的超级稻生产效率全都有效, 其中按照效率高低排序分别为 $DMU_2 > DMU_1 > DMU_3 > DMU_4$ 。而非示范户的超级稻生产效率全都小于 100%, 即未达到最优效率状态, 平均效率为 79.99%。由此可见, 超级稻技术推广试点工程在超级稻生产环节的作用是明显的, 富有成效的。

2.2 影响因素分析

本内容针对效率全部有效的超级稻示范户进行进一步分析, 考察不同投入指标对效率的影响程度, 通过对软件 EMS 求出的投入指标权重和对应数据的乘积来反映影响程度, 公式为: $VX_{ij} = V_{ij} \times X_{ij}$, 其中 V_{ij} 为第 i 个决策单元第 j 个指标对应的权重, X_{ij} 为第 i 个决策单元第 j 个指标对应的数据。计算结果见表 2。

从表 2 可以看出, 劳动力用工总量和资本费用总量是影响最终产量高低的 2 个主要因素, 所占权重分别是 43.74% 和 41.38%, 而剩余的 3 个时间偏差指标中施肥时间偏差较为突出, 3 个时间偏差指标总体影响所占权重为 15%。

超级稻生产过程中, 劳动力用工量对超级稻的效率影响较大。水稻种植离不开劳动力的投入, 但是面对无法大幅度改变的水稻单产, 劳动力用工量的合理分配, 可以节约劳动力资源和成本。在关键时期投入合适的劳动力用工量, 提高劳动力生产效率, 换一个视角, 从机会成本方面考虑, 节省劳动力用工数量, 实际就将闲置的劳动力有效利用视为提高农民其它收入的一个重要方面。超级稻技术推广试点工程的最终目的是提高农民收入, 利用科技的力量振兴农业, 将科学技术贯穿于农业生产的每个环节。

资本费用总量的平均影响程度为 0.4138。资本费用总量主要指的是施肥和农药费用的支出。肥料的科学合理使用, 能够保证超级稻的生产环节不受影响, 并最大可能的促进生长; 农药播撒的准确性和合理性,

能以最小成本支出实现最大杀虫效果。在科学种田推广技术的指导下, 合理的利用农户手中的农业投入资金, 实现超级稻最佳产量, 是解决农户增产增收的关键。

3 个时间偏差中, 施肥时间偏差所占比重最大, 可以看出, 施肥时间的准确是影响超级稻产量不可忽视的因素。由于超级稻是露天种植, 养料的补给时机十分重要, 农作物所需营养除了自然环境所提供的养分之外, 为保证最终产量, 应当在适当的时候施肥, 而施肥要在关键时点进行才能实现最佳效果, 因此施肥时间偏差是超级稻试点工程评价的重要方面。分析中可以看出, 三个时间偏差的总体影响占 15%, 说明农业技术推广关键环节是否到位非常重要。

2.3 松弛变量分析

表 3 给出非 DEA 有效决策单元 DMU5、DMU6、DMU7、DMU8 的松弛变量。利用此变量数据, 在产出水平不变, 即产量固定不变的前提下, 考察能够节约的投入变量和需要提高农业技术推广效果的关键环节。

表 3 非有效决策单元松弛变量求解结果

Table 3 Results of inefficient DMU's relaxation variable

决策单元 DMU	Score	S_1^-	S_2^-	S_3^-	S_4^-	S_5^-
DMU5	0.8383	0.0639	35.6381	0	9.7291	22.1625
DMU6	0.6880	1.2114	0	0	37.0780	20.8185
DMU7	0.8340	0	35.9702	0	17.5800	4.74794
DMU8	0.8391	0	26.5082	22.1467	20.2319	71.4945

以决策单元 DMU8 为具体分析对象, 为了能够使其生产效率达到最优, 至少提高 0.1609 (1—0.8391) 的生产效率才能达到 1 及以上, 从松弛变量中可以看出, 资本费用总量需要减少 26.5082 的投入; 播种时间偏差的值需要减少 22.1467, 即需要加强播种时间的科学性; 施肥时间偏差的值需要减少 20.2319, 即需要保证施肥时间的合理性; 用药时间偏差的值需要减少 71.4945, 即需要提高用药的及时性。这样可以使得投入产出的效率达到理想状况。

上述调整给出了提高效率的具体措施。如决策单元 DMU8 在 3 个时间偏差指标上的较大失误, 说明对应地区的农户没能很好的在适当的时间播种、施肥和用药, 使得存在较大的偏差, 最终直接影响到水稻的产量。其它几个决策单元在播种时间上把握较好, 但施肥和用药上还存在较大偏差, 在劳动力和资本费用

上也需不同程度的节约。从非示范户劳动力和资本费用的浪费及关键时点的把握不准确可以说明, 必须狠抓科技入户项目政策, 把科技兴农的观念深入农户心中, 尤其是在各个时间点把握上加大努力, 做到遵循自然规律和科学准则, 保证田间管理规范化、科学化。综合分析, 4 个决策单元在时间偏差指标上都出现相应的不足, 在播种时间、施肥时间和用药时间上出现了不同程度的偏差, 而且偏差程度较大, 影响了超级稻产量。

3 讨论

本文通过分解超级稻种植环节, 设计了 3 个时间偏差指标作为投入指标, 加上传统的劳动力和资本指标, 投入产出分析时投入指标共有 5 个, 使用这种方法, 运用超效率 DEA 模型讨论超级稻技术推广到位

效率, 研究结果可为中国农业技术推广体系的推广政策制定提供参考。但是, 本研究也存在一些问题, 需要在进一步研究中补充和完善。

3.1 在研究对象选择上, 本文决策单元 (DMU) 的选取为超级稻种植较为典型的 4 个省 4 个县, 研究对象具有一定的代表性, 但仍不够全面。本文研究中使用的 3 个时间偏差指标, 在数据获取过程中是以正常 (理论) 时间和实际时间差为计算依据, 而对正常时间的不同理解, 会造成一定的偏差。

3.2 在研究方法选择上, 已有文献主要通过对农技员和农户的调查, 设计评价指标体系分析推广绩效, 所运用的模型基本是回归模型和概率模型^[2,12,16,18]。本文在比较分析前人研究的基础上, 通过分解超级稻种植环节, 创新设计了 5 个投入指标, 运用超效率 DEA 模型, 在研究方法和思路上进行了全新设计, 对农业技术推广绩效进行深入研究。

3.3 研究结果发现, 需要加大技术推广力度, 让更多超级稻农户受益。在 8 个决策单元中 4 个 DEA 有效的决策单元都是超级稻技术推广科技入户示范户, 生产效率较高, 对应的超级稻非示范户的生产效率平均值仅为 79.99%, 由此可见, 非示范户对科学种植超级稻的技术还很缺乏, 技术推广工程所涉及的面还不够, 导致时点把握不准, 成本上升, 产量不高。加大推广力度和范围, 逐步扩大示范户的范围, 让更多的农户受益, 需要对农业技术推广模式进行更深入研究。

3.4 研究结果发现, 必须加强技术指导效果, 提高农户种植的科技成分。通过对 4 个 DEA 有效决策单元的分析可知, 3 个时间偏差指标对产量的影响权重占 15%, 可见在不增加资本和劳动力的投入情况下, 技术推广的科学和到位能增加 15% 的产量贡献。如何把农业技术推广中科技入户工程深入到田间每一户中去, 加强对农户的技术指导, 使农户能够科学合理的使用劳动力用工和资本费用, 准确把握种植关键时点, 提高农户田间管理的科技成分和规范性, 最终实现在不增加成本的前提下通过科学种田提高超级稻产量, 这是未来需要加强研究的工作。

4 结论

通过对超级稻种植环节的分解, 运用超效率 DEA 模型对 4 个省的超级稻示范户和非示范户的调研数据分析, 研究发现超级稻示范户的生产效率明显高于非示范户, 示范户关键时点的科学掌握贡献了 15% 的生产效率, 非示范户不仅投入成本高, 而且科学种田的

关键技术把握不准。需要扩大农业技术推广范围, 加强技术扩散, 让更多的农户得到相应的技术指导, 同时应加强农户自身科学种田素质培训, 在不增加成本的前提下提高产量, 这就需要政府从政策机制上保证农业技术推广的不断深入, 探讨农业技术推广和扩散模式的研究, 使得农业技术推广工程更好的服务于“三农”。

References

- [1] 黄季焜, 胡瑞法, 孙振玉. 让科学技术进入农村的千家万户——建立新的农业技术推广创新体系. 农业经济问题, 2000(4): 17-25.
Huang J K, Hu R F, Sun Z Y. Let science and technology into rural families-set up new agricultural technology extension innovation system. *Issues in Agricultural Economy*, 2000(4): 17-25. (in Chinese)
- [2] 黄季焜, 胡瑞法, 智华勇. 基层农业技术推广体系 30 年发展与改革: 政策评估和建议. 农业技术经济, 2009(1): 4-11.
Huang J K, Hu R F, Zhi H Y. Thirty years reform and development of the agricultural technology extension system: policy evaluation and suggestion. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2009(1): 4-11. (in Chinese)
- [3] 黄祖辉, 扈 映. 乡镇农技推广机构职能弱化现象透视——以浙江省为例. 中国软科学, 2005(8): 63-69.
Huang Z H, Hu Y. Research on weakening of the function of extension agency for agricultural technology: a case study of Zhejiang province. *China Soft Science*, 2005 (8): 63-69. (in Chinese)
- [4] 胡瑞法, 黄季焜, 李立秋. 中国农技推广: 现状、问题及解决对策. 管理世界, 2004 (5): 50-57.
Hu R F, Huang J K, Li L Q. Chinese agricultural technology: present situation, problems and countermeasures. *Management World*, 2004(5): 50-57. (in Chinese)
- [5] 农业部农村经济研究中心课题组. 我国农业技术推广体系调查与改革思路. 中国农村经济, 2005(2): 46-54.
Department of Agriculture Rural Economic Research Center Task Group. The survey with Chinese agricultural technology extension system and the reform in investigation. *Chinese Rural Economy*, 2005(2): 46-54. (in Chinese)
- [6] Feder G, Just R, Silberman D. Adoption of agricultural innovation in developing countries: a survey. *Economic Development and Cultural Change*, 1985(33): 255-297.
- [7] Chambers R. The origins and practice of participatory rural appraisal. *World Development*, 1994, 22(7): 953-956.
- [8] Tripathi U, Sarada R, Ramachandra Rao S, Ravishankar G A. Production of astaxanthin in *haematococcus pluvialis* cultured in

- various media. *Bioresource Technology*, 1999, 68(2): 197-199.
- [9] Marsh S P, Pannell D J, Lindner R K. Does agricultural extension pay? a case study for a new crop, lupins, in Western Australia. *Agricultural Economics*, 2004, 30(1): 17-30.
- [10] Pannell D J, Glenn N A. A framework for economic evaluation and selection of sustainability indicators in agriculture. *Ecological Economics*, 2000, 33(1): 135-149.
- [11] 胡瑞法, 孙顶强, 董晓霞. 农技推广人员的下乡推广行为及其影响因素分析. 中国农村经济, 2004(11): 29-35.
Hu R F, Sun D Q, Dong X X. The analysis of the promotion behavior of agricultural technology personnel to the country and the main influence factors. *Chinese Rural Economy*, 2004(11): 29-35. (in Chinese)
- [12] 申红芳, 廖西元, 王志刚, 王 磊. 基层农技推广人员的收入分配与推广绩效——基于全国 14 省(区、市) 44 县数据的实证. 中国农村经济, 2010(2): 57-67.
Sheng H F, Liao X Y, Wang Z G, Wang L. Research on basic-level agro-technique extension personnel of the income distribution and promotion performance based on the empirical data of 14 provinces (autonomous regions and municipalities) and 44 county. *Chinese Rural Economy*, 2010(2): 57-67. (in Chinese)
- [13] 智华勇, 黄季焜, 张德亮. 不同管理体制下政府投入对基层农技推广人员从事公益性技术推广工作的影响. 管理世界, 2007(7): 66-74.
Zhi H Y, Huang J K, Zhang D L. The influence of government investment on basic-level agro-technique extension person engaged in public welfare technology promotion work under different management system. *Management World*, 2007(7): 66-74. (in Chinese)
- [14] 乔方彬, 张林秀, 胡瑞法. 农业技术推广人员的推广行为分析. 农业技术经济, 1999(3): 12-15.
Qiao F B, Zhang L X, Hu R F. The analysis of the promotion behavior of agricultural technology. *Journal of Agrotechnical Economics*, 1999(3): 12-15. (in Chinese)
- [15] 王建国, 李广泗, 张 蕾. 基层农业技术推广制度对农技员技术推广行为影响的实证分析. 中国农村经济, 2011(3): 4-14.
Wang J M, Li G S, Zhang L. The empirical analysis of the technology promotion behavior caused by agricultural technology extension system. *Chinese Rural Economy*, 2011(3): 4-14. (in Chinese)
- [16] 廖西元, 王志刚, 朱述斌, 申红芳, 胡慧英, 王 磊. 基于农户视角的农业技术推广行为和推广绩效的实证分析. 中国农村经济, 2008(7): 4-13.
Liao X Y, Wang Z G, Zhu S B, Sheng H F, Hu H Y, Wang L. The empirical analysis agricultural technology extension behavior and promotion of the performance based on the angle of farmers. *Chinese Rural Economy*, 2008(7): 4-13. (in Chinese)
- [17] 曹建民, 胡瑞法, 黄季焜. 技术推广与农民对新技术的修正采用. 中国软科学, 2005 (6): 60-66.
Cao J M, Hu R F, Huang J K. Agricultural technology extension and farmers modification of new technology. *China Soft Science*, 2005(6): 60-66. (in Chinese)
- [18] 李 平, 张俊飏. 推广部门对技术推广绩效满意度评价的影响因素——以食用菌产业技术为例. 华中农业大学学报: 社科版, 2011(1): 43-49.
Li P, Zhang J B. Influencing factors of extension sector' satisfactory evaluation on technological extension performance—a case study in mushroom industrial technology. *Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition*, 2011(1): 43-49. (in Chinese)
- [19] 周 宏, 褚保金. 中国水稻生产效率的变动分析. 中国农村经济, 2003(12): 42-46.
Zhou H, Chu B J. The analysis of the rice production efficiency changes in China. *Chinese Rural Economy*, 2003(12): 42-46. (in Chinese)
- [20] 魏权龄. 数据包络分析. 北京: 科学出版社, 2004.
Wei Q L. *Data Envelopment Analysis*. Beijing: Science Press, 2004. (in Chinese)
- [21] 盛昭瀚, 朱 乔, 吴广谋. DEA 理论、方法与应用. 北京: 科学出版社, 1996.
Sheng Z H, Zhu Q, Wu G M. *The Theory, Method and Application of DEA*. Beijing: Science Press, 1996. (in Chinese)
- [22] Andersen P, Petersen N C. A procedure for ranking efficient units in data Envelopment analysis. *Management Science*, 1993, 39(10): 1261-1264.

(责任编辑 郭燕枝)