

北京市设施蔬菜生产效率及结构分析 ——基于农户调研数据

王欢 穆月英*

(中国农业大学经济管理学院, 北京 100083)

摘要: 基于对北京市农户蔬菜生产的调研数据, 运用数据包络分析 (DEA) 对北京市农户蔬菜生产效率进行了分析, 并对大棚和温室两种设施蔬菜生产类型进行了对比分析。结果表明, 现阶段北京市蔬菜生产整体效率水平较低, 反映出农户技术和管理水平较低现状。同时对两类蔬菜生产设施进行对比后发现, 现阶段大棚蔬菜生产更有效率, 而温室生产的蔬菜则具有更高的经济价值。

关键词: 设施蔬菜; 数据包络分析 (DEA); 蔬菜生产效率

近年来, 随着北京市城市规模不断扩大, 居民食品消费结构的快速升级, 人们对蔬菜的需求量也越来越大。有关数据表明, 2011 年北京市常住人口已达到 2 019 万人 (国家统计局数据库), 全市年蔬菜消费量约 1 100 万 t (王耀林, 2012)。由于蔬菜具有不耐贮藏、运输成本大、风险高的特点, 因此保持京郊蔬菜的供给对保证北京市蔬菜供给的稳定性具有不可替代的作用。北京市的“十二五”设施蔬菜作为一种现代化蔬菜生产模式, 解决了蔬菜生产的季节性, 在北京市本地蔬菜的持续供给中占有重要地位, 对解决北京市蔬菜供需矛盾具有重要意义。到 2011 年北京市设施蔬菜产量已经占到全市蔬菜总产量的 37%。

同时, 设施蔬菜的发展也关系到农民收入水平的增加。设施农业是北京新农村建设的支柱产业之一, 也是京郊农民致富的首选产业 (陈春秀和刘明池, 2011), 而设施农业中最重要的部分就是设施蔬菜。2011 年北京市设施蔬菜播种面积约为

3 万 hm^2 , 占全市设施农业总播种面积的 78.9%。设施蔬菜收入为 30.95 亿元, 占设施农业总收入的 67.9%。目前, 北京市设施蔬菜生产有 3 种类型的设施, 分别是日光温室、大棚和中小棚。其中最主要的为大棚和日光温室, 两者的播种面积、蔬菜产量以及蔬菜收入均占到设施蔬菜整体生产水平的 90% 以上。本文的研究对象主要针对这两类设施蔬菜生产。

到目前为止, 关于蔬菜生产的已有研究主要集中在以下几个方面: 一是对蔬菜生产成本的分析。如郅东翔等 (2011) 对河北省各类型蔬菜生产的直接成本、间接成本和人工成本进行了调查和分析, 并据此提出了降低蔬菜生产成本的有效途径。项朝阳 (2012) 通过对我国蔬菜生产成本收益的波动研究, 分析了我国蔬菜生产成本收益的现状, 评价了现阶段蔬菜生产中的问题并针对蔬菜生产成本风险提出了建议。二是对蔬菜生产模式的讨论。如索艳青等 (2012) 对衡水市建设生态友好型蔬菜生产模式进行了探讨。三是对蔬菜供给的质量和数量问题的研究。赵明 (2011) 通过对上海、江苏两地的蔬菜生产发展状况的调研发现, 加大政策支持力度, 严格实行菜地最低保有量制度可以提高大中城市蔬菜自给能力。温晓玲 (2012) 认为建设无公害蔬菜生产基地, 提高蔬菜质量, 对青海省都兰县蔬菜生产的未来发展具有决定性作用。四是对蔬菜生产中

王欢, 女, 硕士研究生, 专业方向: 农业经济理论与政策, E-mail: abcwanghuan@163.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 穆月英, 教授, 博士生导师, 专业方向: 农业经济理论与政策, E-mail: yueyingmu@cau.edu.cn

收稿日期: 2014-03-28; 接受日期: 2014-06-08

基金项目: 现代农业产业技术体系北京市果类蔬菜产业创新团队项目, 高等学校博士学科点专项科研基金项目 (20120008110032), 公益性行业 (农业) 科研专项 (201103001)

的灾害及其防治措施的研究。龙静等(2012)在对贵州省七星关区的灾害性天气进行分析的基础上提出了农业防治的技术措施。

已有文献中蔬菜生产分析的内容、方法对本文具有借鉴意义。然而文献中从微观农户视角出发对生产进行研究的较少,并且大多是对蔬菜整体生产水平的研究,较少有针对设施蔬菜生产的研究。因此本文在以往文献的基础上,基于北京市农户数据对设施蔬菜的生产进行了对比分析。

1 研究方法与数据

1.1 模型的构建

在已有的对生产效率的研究中,主要采用的方法有两类,一类是参数方法的随机前沿分析(stochastic frontier analysis, SFA),另一类是非参数方法的数据包络分析(the data envelopment analysis, DEA)。参数方法是基于计量经济学对生产过程的投入和产出建立生产函数,并进行最大似然估计,而非参数方法是以运筹学为基础的线性规划求解。相比于参数方法,非参数方法可以适用于多输出多输入的有效性综合评价问题,不受特殊函数形式的要求,也无须考虑变量量纲的问题,因此在分析比较复杂的投入产出生产问题时比较明显的优势。由于蔬菜生产是一个复杂的综合性过程,涉及到多项投入和产出之间的相互关系,因此本文采用数据包络分析(DEA)作为分析的工具,对农户蔬菜生产效率进行测算和分析。

数据包络分析是由美国运筹学家 Charnes 等(1978)提出的,以相对效率为基础发展起来的一种效率评价方法。DEA 是一个线性规划模型,该方法的基本原理是把每一个被评价对象作为一个决策单元(decision making units, DMU),再由所有被评价对象(DMU)构成被评价群体,通过对投入和产出比率的综合分析,以 DMU 的各个投入和产出指标的权重为变量进行评价运算,确定“运营效率的最佳有效前沿面”,并根据各 DMU 与有效前沿面的距离状况,确定其是否 DEA 有效,DEA 有效表示经济系统的运营效率达到最佳。

根据规模报酬是否可变的阶段,DEA 模型可以分为基于固定规模报酬的 CCR 模型(Charnes et al., 1978)和基于可变规模报酬的 BCC 模型

(Banker et al., 1984)。在本文中,考虑到农业生产投入的可控性,因而采用投入导向型的 BCC 模型为分析工具。假设有 n 个不同类型的决策单元(农户) $DMU_j (j=1, 2, \dots, n)$, 每个决策单元均有 m ($m \geq 1$) 个投入变量和 p ($p \geq 1$) 个产出变量,那么该模型的基本原理是解如下线性规划模型:

$$D_{BCC} \begin{cases} \min \theta = V_D, \\ s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + S^- = \theta x_i, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - S^+ = y_i, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ \lambda_j \geq 0, j=1, \dots, n, \\ S^-, S^+ \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

其中 θ 为第 t 个 DMU 的技术效率值,即综合效率,满足 $0 \leq \theta \leq 1$, S^- 是投入的松弛变量, S^+ 是产出的松弛变量, λ_j 是第 j 个决策单元的非负权重。

在 BCC 模型下,效率分析结果可以分为 3 个部分。一部分是技术效率(TE)即综合效率,代表了决策单元的效率综合水平。而结束效率又可分解为 2 个部分,一部分是纯技术效率(PTE),代表了决策单元管理和技术水平所带来的效率;另一部分是规模效率(SE),代表了不考虑技术和管理水平的情况下,现有生产规模相对于最优生产规模的效率值。3 个效率值的关系可以表示为:

$$TE = PTE \times SE \quad (2)$$

在 BCC 模型中,决策单元的规模报酬值等于既定决策单元对应的所有 λ 的和,即 $k = \sum \lambda_j / \theta_j$,反映决策单元处于规模报酬的阶段。当 $k=1$ 时,表示决策单元的规模报酬不变,此时决策单元的生产规模达到最优。当 $k < 1$ 时,表示该决策单元的规模报酬递增,该决策单元在现有的投入基础上适当增加投入可以得到更高的回报。当 $k > 1$ 时,决策单元规模报酬递减,表明在现有基础上增加投入的回报较低。

根据 BCC 模型分析结果还可以计算各类产出可优化的程度以及各类投入要素可节省的比例,即产出不足率和投入冗余率。计算公式为 $\eta_i = \Delta_i / x_i$ 和 $\rho_o = \Delta y_o / y_o$, 分别代表决策单元实际投入与产出水平与优化后投入产出水平的差距。

1.2 数据和输入输出变量的选择

本文所研究的对象是京郊大棚和日光温室蔬菜生产农户。数据主要来自 2012 年对北京市 7 个蔬菜主产县的入户问卷调查,共得到有效样本 194 个,其中 98 个为大棚设施,96 个为日光温室设施。在 DEA 分析中本文选择种子育苗费、机耕费、肥料费、农膜费、其他费用以及人工成本等 6 类投入作为输入变量,产值和产量作为输出变量。由于本文各变量所取为每 667 m² 数据,即以相同的土地投入为基础,因此投入变量中不包含土地投入一项。各变量的描述性统计如表 1。平均来看,在所有投

入中人工费用、肥料费以及农膜费是最大的 3 项支出,其次是其他费用和种子育苗费,而机耕费的支出最少。大棚蔬菜生产的产量和产值以及总投入均高于温室生产。从各投入变量来看,大棚生产的种子育苗费、肥料费、其他费用以及人工费用均高于温室生产,而温室生产的农膜费则明显高于大棚。从农户数据的差异程度来看,不论是大棚生产还是温室生产,各变量的变异系数均很大,这表明农户之间生产规模的差距较大。同时,从设施类型来看,温室生产的各投入和产出变量变异系数更大,这也表示温室生产农户生产规模之间具有更大的差异。

表 1 变量及描述性统计分析

每 667 m² 每茬

变量	变量含义	均值		变异系数/%	
		大棚	温室	大棚	温室
产值/元	农户蔬菜总产值	19 056.41	17 149.52	136.55	141.27
产量/kg	农户蔬菜产出量	7 013.20	5 473.04	64.31	80.23
种子育苗费/元	包括购买种子以及育苗费用	688.57	424.00	125.90	139.74
机耕费/元	雇佣机械耕地费用	75.63	77.92	112.09	203.60
肥料费/元	化肥、农家肥以及有机肥花费	1 312.16	1 245.09	95.12	103.16
农膜费/元	地膜和棚膜费用	855.91	1 217.17	90.45	89.60
其他费用/元	包括水电、病虫害防治等其他费用	800.72	709.33	87.87	81.26
人工费用/元	包括雇工费用和家庭用工成本	1 809.35	1 709.58	112.00	91.09

注:数据来源于调研数据。

2 基于 DEA 的测算及结果分析

2.1 不同设施类型蔬菜生产效率测算及对比分析

对农户的生产效率估计结果如表 2。整体来看,所调查农户的平均生产效率并不高,其中纯技术效率较低而规模效率比较高,这表明设施农户的管理和技术水平并不高,但生产的规模比较接近最优生产规模。各项效率值的变异系数表示了农户效率分布的离散程度。综合效率分布较离散,纯技术效率的分布比规模效率分布更离散,这可以从一定程度上反映出技术的差异是农户综合效率差异的主要原因。

从不同设施类型来看,大棚生产比温室生产有更高的综合效率值。其中两种设施生产的纯技术效率相差并不大,分别为 0.693 和 0.688。这表明平均来看,大棚生产和温室生产农户的管理和技术水平处于相同水平。同时大棚和温室农户纯技术效率的变异系数没有明显差别,且与全部农户变异系数处于相同水平,这说明农户的管理和技术水平在两类设施中分布是相同的,即设施类型与农户蔬菜生产

技术和管理水平没有直接关系。而两种设施生产的规模效率相差较多,温室生产明显低于大棚生产,仅为 0.730,这说明温室生产农户的要素投入规模与最优规模相差更大。同时温室蔬菜生产规模效率的分布比大棚更加离散,这表明温室蔬菜生产农户投入规模之间差距也更大。

表 2 DEA 效率分析结果

调查对象	综合效率 (TE)		纯技术效率 (PTE)		规模效率 (SE)	
	平均值	变异系数/%	平均值	变异系数/%	平均值	变异系数/%
全部农户	0.555	53.90	0.691	41.64	0.789	26.33
大棚农户	0.597	50.58	0.693	41.57	0.846	21.16
温室农户	0.513	56.97	0.688	41.93	0.730	30.03

注:数据来源于 DEA 分析结果。

2.2 规模报酬判断和对比分析

对农户规模报酬的分析结果见表 3。从全部农户来看,194 个农户中有 72.68% 的农户处于规模报酬递增的阶段,这表明大多数农户能够通过扩大在每 667 m² 菜地上的要素投入得到更多的产出。有 20.62% 的农户处于规模报酬不变的阶段,并且从效率来看这些农户均为 DEA 有效的决策单元,

表明这些农户可以在现有投入产出水平以及技术和管理水平上通过增加播种面积的方式来增加产出。还有 6.70% 的农户处于规模报酬递减阶段，这些农户产出增加的比例小于投入要素的变化比例，因此不应再盲目增加投入，而要减少要素投入，进行生产管理模式的调整和技术更新以减缓规模报酬递减的趋势。

表 3 农户规模报酬阶段占比 %

调查对象	规模报酬不变	规模报酬递减	规模报酬递增
全部农户	20.62	6.70	72.68
大棚农户	25.51	10.20	64.29
温室农户	15.63	3.13	81.25

注：数据依据 DEA 分析结果整理。

从各类型设施蔬菜来看，大棚设施调查农户中规模报酬不变和规模报酬递减农户的比例较高，这也说明大棚蔬菜生产农户的投入规模较大且已达到规模报酬不变和规模报酬递减阶段的农户较多。而温室蔬菜生产农户的投入规模相对较小，这一类型中更多的农户处于规模报酬递增阶段，即生产投入的规模有待提高。这一结果也说明，在效率分析中温室蔬菜生产农户平均规模效率较低是由于大多数农户要素投入规模低于最优生产规模所导致的。

2.3 产出不足与投入冗余

对各项产出的产出不足率与各类投入要素的投

入冗余率分析见表 4。从产出不足率来看，产值的不足率略高于产量。这说明相对于最优前沿面决策单元产出的差距不仅在于产量还与蔬菜价值有关。而各项投入要素的冗余率整体较高，均在 30% 以上。因此整体来看，所调查设施生产农户中一方面普遍存在产出不足，而另一方面其产量的增加主要依赖劳动力和资本的投入来获得，从而与最优前沿面相比存在人力资源和资本的浪费造成设施蔬菜生产缺乏效率。

从不同设施类型农户均值来看，在各项要素投入上，大棚生产和温室生产的冗余率基本处于相同的水平，唯一相差较大的是农膜费的冗余，这与数据中温室农户的平均农膜费用支出明显高于大棚农户的数据特征相一致。其原因可能是由于日光温室对透光、保温等的建设要求使得温室农户在农膜上的投入更大。在产出方面，产值的不足率大棚与温室农户一致，与全部农户的平均水平相当，而产量不足率相差较大。大棚农户产量不足率仅为 9.22%，平均来看十分接近理想产出水平，而温室农户为 29.46%，有较大提升空间。这说明温室农户虽然产量不高，但产值可达到与大棚农户相当的水平，即温室生产的蔬菜平均来看可能具有更高价值。对比农户蔬菜生产的产出数据也印证了这一点，平均来看温室蔬菜价格为 2.97 元·kg⁻¹，略高于大棚蔬菜平均单价（2.89 元·kg⁻¹）。

表 4 各要素投入冗余率和产出不足率均值

调查对象	产出不足率		投入冗余率						%
	产值	产量	种子育苗费	机耕费	肥料费	农膜费	其他费用	人工成本	
全部农户	27.97	19.24	35.56	42.56	34.13	42.30	39.67	37.74	
大棚农户	27.25	9.22	35.85	43.35	33.40	39.39	39.61	37.21	
温室农户	28.71	29.46	35.26	41.75	34.87	45.27	39.74	38.28	

注：数据依据 DEA 分析结果整理。

3 小结

本文基于对北京市蔬菜种植农户的调研数据，运用数据包络分析（DEA）对北京市农户蔬菜生产效率、规模报酬阶段判断、投入产出结构等进行了分析。主要研究结论概括如下。

第一，从效率分析结果来看，所调研农户整体效率水平不高，技术效率低的特征明显，表明北京市设施蔬菜生产农户的技术和管理水平并不高。同时大多数农户仍然处于规模报酬递增阶段，这表示大多数农户可以通过增加单位要素投入来增加产

出。另外，分析结果显示有产出不足与投入冗余并存的问题，表明北京市设施农户蔬菜产量依赖要素的过度投入。

第二，从不同设施类型来看，日光温室相对于大棚的优势较小。大棚蔬菜生产效率整体高于日光温室蔬菜生产，两者的差异主要来自规模效率。而规模效率分析的结果表明，温室蔬菜生产中处于规模报酬递增阶段的农户更多，这表明温室蔬菜生产农户单位投入规模不足带来了与最优生产规模的差距从而具有较低的规模效率。同时温室蔬菜生产农户之间的规模效率分布较离散，表明这一类

型设施蔬菜生产各决策单元之间差距较大。另外, 大棚蔬菜生产的产量产出不足率与理想水平较接近, 而温室农户产量产出不足率较大, 但两者产值产出不足率相近, 这表明所调查的温室蔬菜生产虽然产量整体较低, 但所生产的蔬菜具有较高的经济价值。

根据以上分析得出结论, 对于北京市设施蔬菜生产应当在鼓励单位投入规模增加的同时, 通过技术指导等方式引导农户合理配置资源和科学管理, 更加有效地利用生产投入资源。另外, 对于日光温室蔬菜生产农户, 应当鼓励其扩大单位面积投入规模, 并对日光温室农户的生产制定相应标准水平以供农户参考。而对于大棚蔬菜生产农户, 应当鼓励其生产经济价值较高的蔬菜种类和品种, 以实现增加农户收入的目的。

参考文献

陈春秀, 刘明池. 2011. 北京设施蔬菜发展现状及高效生产模式.

蔬菜, (9): 41-45.

龙静, 连群, 成马丽, 王显立. 2012. 影响七星关区蔬菜生产的灾害性天气及其农业防治措施. 农业技术与装备, (9): 10-11.

郝东翔, 王振庄, 狄政敏, 张泽伟, 韩鹏, 刘柏彤. 2011. 2010年河北省蔬菜生产成本调查分析. 中国蔬菜, (17): 12-14.

索艳青, 曹雪梅, 张莹, 魏俊转. 2012. 衡水市蔬菜生产现状及发展经验探讨. 农业科技通讯, (9): 8-10.

王耀林. 2012. 关于北京蔬菜产业发展的建议. 今日科苑, (4): 71.

温晓玲. 2012. 都兰县蔬菜生产现状及对策措施. 青海农技推广, (3): 13-14.

项朝阳. 2012. 我国蔬菜生产成本收益波动研究. 长江蔬菜, (21): 2-5.

赵明. 2011. 稳定蔬菜生产发展、保障市场供应的政策建议——基于上海、江苏两地蔬菜生产的调研. 中国蔬菜, (5): 1-4.

Banker R D, Charnes A, Cooper W W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30 (9): 1078-1092.

Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 2: 429-444.

Analysis on Facility Vegetable Production Efficiency and Production Structure in Beijing—Based on Data Collected from Vegetable Farmer Householders

WANG Huan, MU Yue-ying*

(Economics and Management College, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: By using data envelopment analysis (DEA), this paper analyzes the production efficiency of 194 vegetable farmer households in Beijing, based on the investigation data on their vegetable production; and carries out contrastive analysis between 2 major facility vegetable production types—solar greenhouse and plastic covered tunnel. The results show that at present the vegetable production efficiency in Beijing as a whole is low, reflecting the status of lower level technology and management applied by farmer households. Meanwhile, after comparing these 2 types of facility production we discover that vegetable production in plastic covered tunnel is more efficient at present, while vegetable production under solar greenhouse has higher economic value.

Key words: Facility vegetable; Data envelopment analysis (DEA); Vegetable production efficiency

本刊常用计量单位表示法

1. 时间: 用 a (年)、d (天)、h (小时)、min (分)、s (秒) 表示。
2. 面积: 用 km² (平方千米)、hm² (公顷)、m² (平方米)、cm² (平方厘米) 表示, 不用亩, 可暂用 667 m² 代替。
3. 质量(原为重量): 用 g (克)、kg (千克)、t (吨) 表示。
4. 浓度: 可用 % 表示质量分数和体积分数。质量浓度用 kg·L⁻¹ (千克每升)、g·L⁻¹ (克每升)、mg·L⁻¹ (毫克每升)、μg·L⁻¹ (微克每升) 表示。ppm 并非单位符号, 不能使用, 可根据具体

情况改写成质量分数 mg·kg⁻¹、体积分数 μL·L⁻¹ 或质量浓度 mg·L⁻¹, 数值保持不变。

5. 组合单位:

① 组合单位中不能插入其他信息, 如“VC 含量 25 mg/100 g 鲜重”, 应为“VC 含量 250 mg·kg⁻¹ (鲜样质量)” ; “施肥量 140 kg N/hm²” 应为“施 N 肥量 140 kg·hm⁻²”。

② 组合单位书写错误, 如“mg/kg·d”, 应写为“mg·kg⁻¹·d⁻¹”。