

# 农业机械化发展水平评价方法比较

卢秉福<sup>1</sup>, 韩卫平<sup>1</sup>, 朱 明<sup>2※</sup>

(1. 黑龙江大学农作物研究院, 哈尔滨 150080; 2. 农业部规划设计研究院, 北京 100125)

**摘 要:** 农业机械化发展水平是反映农业机械化发展的一个重要指标, 是分析、衡量农业机械化发展的基础。目前普遍使用的农业机械化作业水平是根据种植业中的“耕、种、收”生产环节的机械化程度加权平均得到的; 在农业机械化作业水平的基础上, 将农业劳动力占全社会从业人员的比例纳入评价范围, 对农业机械化作业水平进行修正, 可得到农业机械化水平; 而根据农业机械作业费用占农业劳动力、畜力和机械作业总费用的比例可得到农业机械化指数。对比分析农业机械化作业水平、农业机械化水平和农业机械化指数可以发现, 农业机械化作业水平由于仅考虑了种植业中的“耕、种、收”生产环节的机械化程度, 没有反映农业机械对农业劳动力的替代作用, 不能准确反映农业机械化发展水平, 更适于评价农业机械作业情况。而农业机械化水平和农业机械化指数既包含农业机械作业情况, 也包含了农业机械对农业劳动力的替代作用, 因此, 能够更准确地反映农业机械化发展的真实情况。但由于农业机械化水平是在现行的农业机械化作业水平基础上修正而得到的, 可操作性更强。

**关键词:** 农业机械; 机械化; 费用; 农业机械化; 发展水平; 农业劳动力; 农业机械化指数

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.16.007

中图分类号: S23-01

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2015)-16-0046-04

卢秉福, 韩卫平, 朱 明. 农业机械化发展水平评价方法比较[J]. 农业工程学报, 2015, 31(16): 46—49.

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.16.007 http://www.tcsae.org

Lu Bingfu, Han Weiping, Zhu Ming. Comparison of evaluation method for agricultural mechanization development level[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(16): 46—49. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.16.007 http://www.tcsae.org

## 0 引 言

美国、欧洲发达国家在 20 世纪 50 至 60 年代已基本实现了农业机械化, 农业机械化发展水平是一个国家现代化程度的重要标志<sup>[1-2]</sup>。在农业生产中, 农业机械工程技术与先进的农艺技术密切结合, 可以大幅度地提高农业劳动生产率、农产品商品率、土地产出率与资源利用率, 改善农业生产环境, 实现农业可持续发展, 推进农业现代化的进程<sup>[3]</sup>。中国使用先进的农业机械化技术对粮食产量增加的贡献率达到 11.17%~20.79%, 对农产品加工可使其增值 1~2 倍<sup>[4-6]</sup>。农业机械化的发展是一个以先进的机械化生产方式逐渐代替传统的手工和畜力农具生产作业的过程, 内容包括植业、养殖业、农副产品加工、渔业生产等多领域。农业机械化发展水平评价涉及农业机械装备、农业机械化作业、农业机械化效应和农业劳动力资源等众多因素, 比较复杂<sup>[7-11]</sup>, 因此, 要全面、精细地考察农业机械化的各方面, 准确评价农业机械化发

展水平是十分困难的。农业机械化发展水平是反映农业机械化发展的一个重要指标, 是分析农业机械化发展的基础<sup>[12]</sup>。从农业机械化作业和农业机械对农业劳动力的替代着手, 研究农业机械化发展水平的评价方法, 科学地揭示出农业机械化发展进程不同阶段的基本特征, 具有一定的理论意义与现实意义。

## 1 农业机械化发展水平的评价方法

### 1.1 农业机械化作业水平

农业机械化作业水平是指在农业生产中使用农业机械作业面积占总作业面积的比例。目前广泛使用的农业机械化作业水平  $L$  的计算方法为机械化耕地水平  $s_1$ 、机械化播种水平  $s_2$ 、机械化收获水平  $s_3$  3 项指标的加权平均值<sup>[13]</sup>。其中, 械化耕地水平  $s_1$  为机耕面积  $b_1$  与总耕地面积  $B_1$  之比, 机械化播种水平  $s_2$  为机播面积  $b_2$  与总播种面积  $B_2$  之比, 机械化收获水平  $s_3$  为机收面积  $b_3$  与总收获面积  $B_3$  之比, 即:

$$s_1 = \frac{b_1}{B_1}; s_2 = \frac{b_2}{B_2}; s_3 = \frac{b_3}{B_3} \quad (1)$$

其集合为:

$$S = \{s_1, s_2, s_3\} \quad (2)$$

$S$  转置矩阵  $S'$ :

$$S' = \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{pmatrix} \quad (3)$$

收稿日期: 2015-04-04 修订日期: 2015-07-09

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目 (C201239) 和黑龙江省哲学社会科学规划项目 (11E058) 资助。

作者简介: 卢秉福, 男, 吉林省梅河口市人, 研究员, 博士, 主要从事农业机械化生产与管理方面的研究。哈尔滨 黑龙江大学农作物研究院, 150080。

Email: lubingfu@163.com

※通信作者: 朱 明, 男, 研究员, 博士生导师。主要从事农业机械、农业工程宏观发展战略方面研究。北京市朝阳区麦子店街 41 号 农业部规划设计研究院, 100125。Email: mingzhu@agri.gov.cn

机耕、机播和机收权重<sup>[9]</sup>集合为：

$$W = \{w_1, w_2, w_3\} = \{0.4, 0.3, 0.3\} \quad (4)$$

农业机械化作业水平  $L$  为：

$$L = W \cdot S' \quad (5)$$

## 1.2 农业机械化水平

根据农业机械化的定义，农业机械化是用机械代替人、畜力从事农业生产的过程，很明显农业机械化具有的 2 个重要功能，一是替代人力、畜力，二是从事农业劳动，因此，农业机械化水平应该是指在农业生产中农业机械代替人、畜力从事农业生产的程度。在评价农业机械化发展水平时应兼顾农业机械作业和农业机械对农业劳动力的替代。农业机械化水平  $L_x$  是在考虑农业劳动力占全社会从业人员比例  $x$  的前提下，对农业机械化作业水平进行修正而得到的，修正系数为  $k$ 。卢秉福等<sup>[14]</sup>认为全面实现农作物生产机械化阶段农业劳动力占全社会从业人员比例应低于 10%，据此可确定  $k$  值。即：

$$k = \begin{cases} 1 & x < 10\% \\ (1-x)/0.9 & x \geq 10\% \end{cases} \quad (6)$$

农业机械化水平  $L_x$  为：

$$L_x = kL \quad (7)$$

## 1.3 农业机械化指数

在农业生产过程中使用机械、人力和畜力来完成农业作业，农业机械化指数  $I_m$  指在农业生产作业过程中消耗的机械动力  $P_m$  占人力  $P_h$ 、畜力  $P_a$  和机械动力  $P_m$  总和的比例<sup>[15-16]</sup>，即：

$$I_m = \frac{P_m}{P_m + P_a + P_h} \quad (8)$$

但由于人力、畜力、动力的计算比较复杂，因此可以用在农业生产作业过程中机械作业费用  $C_m$  占人工费用  $C_h$ 、畜力费用  $C_a$  和机械费用  $C_m$  总和的比例计算农业机械化指数。即：

$$I_m = \frac{C_m}{C_m + C_a + C_h} \quad (9)$$

综合农业机械化指数  $I_m$  的计算<sup>[17]</sup>可根据：

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^q A_{ij} I_{mij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^q A_{ij}} \quad (10)$$

运用公式可实现计算全国或各省市自治区的综合农业机械化指数， $A_{ij}$  代表  $j$  地区  $i$  种作物的种植面积， $I_{mij}$  代表  $j$  地区  $i$  种作物的机械化指数， $n$  表示地区数量， $q$  表示某地区种植的作物种类数量。

## 2 不同评价方法测得的农业机械化发展水平

根据全国农产品成本收益资料汇编、中国农业年鉴、全国农业机械化统计年报、中国农业机械化年鉴获得相关原始数据，根据公式 (5)、(7)、(9) 可计算出农业机械化作业水平、农业机械化水平以及农业机械化指数，见图 1。由图 1 可以看出农业机械化作业水平由于没

有考虑农业劳动力占全社会从业人员的比例，明显高于农业机械化水平和农业机械化指数，高 10%~15%；而农业机械化水平和农业机械化指数均考虑了农业劳动力占全社会从业人员的比例，二者的变化趋势基本一致，但在个别年份拟合度较差，主要是因为该年农业劳动力价格快速上涨所致<sup>[18-19]</sup>，但剔除劳动力价格上涨因素拟合度亦较好。此外，从发展趋势上看，三者趋势基本一致。

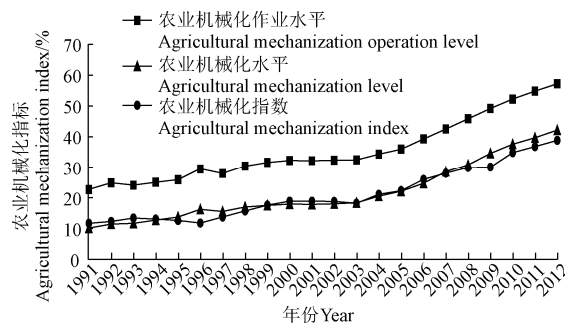


图 1 不同评价方法测得农业机械化发展水平的变化趋势

Fig.1 Change trend of agricultural mechanization development level by different evaluation methods

## 3 农业机械化发展水平评价方法对比分析

### 3.1 农业机械化作业水平指标的特点

农业机械化作业水平主要采用耕整地机械化水平、播种机械化水平和收获机械化水平 3 项指标来衡量，具有指标重点突出，简单易行，可操作性强的特点，总体上基本可以反映农业机械化作业水平，目前被普遍用来表示农业机械化发展水平。

由于农业机械化作业水平仅仅考虑了种植业中的“耕、种、收”生产环节的机械化水平，忽略了中耕机械化、植保机械化、排灌机械化等指标，也没有包括农业生产的产前与产后阶段机械化水平，内涵过于单薄，尤其是没有全面反映农业机械对农业劳动力的替代作用，实际上应用农业机械化作业水平来代表农业机械化发展水平不够准确、真实，易产生误导。

### 3.2 农业机械化水平指标的特点

农业机械化水平是在现行的农业机械化作业水平的基础上，考虑了农业劳动力占全社会从业人员的比例，并以此为依据对农业机械化作业水平进行了修正而得到的，更适于测度农业机械化的发展，能够真实反映农业机械化发展水平。如测度黑龙江省农业机械化发展水平，2012 年黑龙江省农业机械化作业水平已达到 91.67%，如果以此为依据认为黑龙江省已全面实现农业机械化，显然与事实不符，因为黑龙江省农业劳动力占全社会从业人员比例仍高达 36.69%；如果应用农业机械化水平测度 2012 年黑龙江省农业机械化的发展水平，结果为 64.44%，接近基本实现机械化水平，符合实际情况。但在测度北京、上海等城市农业机械化发展水平时，由于城市农业生产不占主导地位，耕地面积较少，农业劳动力占全社会从业人员比例较低， $k$  值较高，所以会造成对农业机械化发展水平的高估。如 2012 年北京市农业机械化作业水

平为 70.51%，农业劳动力占全社会从业人员比例为 5.2%， $k$  值为 1，则北京市农业机械化水平为 70.51%；而实际情况是，2012 年北京市郊区农业劳动力占全社会从业人员比例为 27.2%， $k$  值为 0.81，农业机械化发展水平为 57.11%，二者比较，显然后者较为合适，前者  $k$  值被高估，因此，在测度某地区农业机械化发展水平时则要根据实际情况来把握。

### 3.3 农业机械化指数指标的特点

农业机械化指数是依据农业生产过程中机械作业费用占总作业费用的比例来计算得到的，反映了农业机械化作业占农业生产作业的份额。应用农业机械化指数测度农业机械化发展水平既考虑了农业机械的作用，也考虑到了农业劳动力的作用，基本上可以反映农业机械化发展的真实情况。但由于应用作业费用来计算，并且农业劳动力成本与机械作业成本受技术、市场等因素影响，在不同时期上升幅度不同，尤其是近年来由于技术进步和规模化经营等原因<sup>[20]</sup>，单位面积农业机械化作业成本上升较慢，甚至还有下降，而农业劳动力则由于向城市转移步伐加快，农业劳动力成本迅速上升，因此，应用农业机械化指数测度某地区农业机械化发展水平时应该考虑价格变化的影响，对物价原因造成的误差进行修正，避免对农业机械化发展水平的评价失真。

### 3.4 三种评价指标比较分析

对比分析农业机械化作业水平、农业机械化水平和农业机械化指数，农业机械化作业水平因为仅考虑了“耕、种、收”生产环节的机械化水平，更适合评价农业机械作业情况，用其衡量农业机械化发展水平会偏高；农业机械化水平与农业机械化指数既包含了农业机械作业，又包含了农业劳动力占全社会从业人员的比例，能更接近真实地反映农业机械化发展水平，并且二者拟合度亦较高，相互印证。但二者也略有不同，农业机械化指数与作业费用有关，因此，会受到技术进步、市场变化等因素影响，其变化趋势与农业机械化作业水平和农业机械化水平会稍有不同，但对价格修正后二者基本一致。

## 4 结论与建议

1) 农业机械化作业水平具有简单易行，可操作性强的特点，总体上基本可以评价农业机械化作业情况。但作为现行的衡量农业机械化发展水平的指标，没有全面反映农业机械对农业劳动力的替代作用，不能全面、客观、准确、真实地反映农业机械化发展水平。

2) 农业机械化水平和农业机械化指数在计算时均考虑到了农业劳动力和农业机械在农业生产中的作用，尽管二者计算方式不同，但结果却趋于一致，彼此互为支撑，测度农业机械化发展水平更为合适。由于农业机械化水平是在现行的农业机械化作业水平基础上修正而得到的，可操作性更强。农业机械化指数受劳动力、油料价格等因素波动影响较大，今后研究是可以探讨固化人工、畜力、机械动力之间的折算方式，这样准确度更高，可以真实反映农业机械化发展情况。

3) 在农业机械化发展水平评价过程中可以根据需要和实际情况采用相应指标，评价农业机械作业情况时应选择农业机械化作业水平；评价农业机械化发展情况时选择农业机械化水平或者农业机械化指数。但在具体操实践作过程中，应注意每项指标各自的优缺点，根据实际情况进行选择。

4) 农业机械化发展水平既具有随时间推移的增长性趋势，又具有一定的波动性特征。在不同的社会经济发展阶段，农业机械化发展水平评价指标体系也应随着社会经济发展进行调整，既要考虑可操作性、又要考虑指标的代表性，全面、客观、准确、真实地反映农业机械化发展水平。如农业机械化作业水平评价指标体系就可以在现有指标基础上增加中耕机械化、植保机械化、排灌机械化指标，并赋予相应的权重。

### [参 考 文 献]

- [1] 鞠金艳, 王金武. 黑龙江省农业机械化作业水平预测方法[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 83—88.  
Ju Jinyan, Wang Jinwu. Prediction method for the operation level of agricultural mechanization in Heilongjiang province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(5): 83—88. (in Chinese with English abstract)
- [2] Morad M M, Elsaid G H, El-Sharabasy M M A, et al. Comparative study between manual and mechanical methods of harvesting sugar beet crop[J]. Journal of Agricultural Engineering, 2007, 24(4): 793—813.
- [3] 卢秉福. 黑龙江省农业机械化发展与农村剩余劳动力转移互动性研究[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(3): 268—271.  
Lu Bingfu. Study on interaction between agricultural mechanization development and rural surplus labor transfer in Heilongjiang province[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2014, 35(3): 268—271. (in Chinese with English abstract)
- [4] 洪仁彪, 杨邦杰, 贾栓祥. 农业机械化对全国种植业利润贡献率测算[J]. 农业工程学报, 2000, 16(6): 60—63.  
Hong Renbiao, Yang Bangjie, Jia Shuanxiang. Mechanization profit portion estimation in china's plant products industry[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2000, 16(6): 60—63. (in Chinese with English abstract)
- [5] 杨青, 朱瑞祥, 张捷, 等. 陕西省农业机械化对农业生产贡献率的研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(6): 64—67.  
Yang Qing, Zhu Ruixiang, Zhang Jie, et al. Mechanization profit portion estimation in plant products industry in Shaanxi province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2000, 16(6): 64—67. (in Chinese with English abstract)
- [6] 高连兴, 刘凤丽, 吕子湖, 等. 东北农业机械化特点及其对种植业纯收益的贡献率[J]. 农业工程学报, 2001, 17(6): 56—59.  
Gao Lianxing, Liu Fengli, Lü Zihu, et al. Analysis of characteristics and profit portion of agricultural mechanization in the northeast of China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2001, 17(6): 56—59. (in Chinese with English abstract)
- [7] 张庆霞, 刘从九. 2007—2017 年安徽省农业机械化作业水平定量预测[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(16): 164—165.  
Zhang Qingxia, Liu Congjiu. Quantitative analysis on agricultural mechanization operation level of Anhui province in 2007—2017[J]. Anhui Agri Sci Bull, 2007, 13(16): 164—165. (in Chinese with English abstract)
- [8] 周继鸿, 黄大明. 广西农业机械化发展水平评价与分析[J]. 广西农业机械化, 2011(3): 4—6.  
Zhou Jihong, Huang Daming. Evaluation and analysis on development level of agricultural mechanization in Guangxi

- province[J]. Guangxi Agricultural Mechanization, 2011(3): 4—6. (in Chinese with English abstract)
- [9] 吴晓涛. “农业机械化水平”与“农业装备水平”比较分析研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(8): 4257—4258, 4306. Wu Xiaotao. Comparative study on agricultural mechanization level and agricultural equipment level[J]. Journal of Anhui Agri Sci, 2010, 38(8): 4257—4258, 4306. (in Chinese with English abstract)
- [10] 张淑娟, 赵飞, 王凤花, 等. 山西省农业机械化发展水平的评价与分析[J]. 山西农业大学学报: 自然科学版, 2009, 29(1): 81—85. Zhang Shujuan, Zhao Fei, Wang Fenghua, et al. Evaluation and analysis of the agricultural mechanization development level in Shanxi province[J]. Journal of Shanxi Agricultural University: Natural Science Edition, 2009, 29(1): 81—85. (in Chinese with English abstract)
- [11] 郑文钟, 何勇, 岑益郎. 基于粗糙集和模糊聚类的农机化水平评价方法[J]. 农业机械学报, 2006, 37(2): 58—61. Zheng Wenzhong, He Yong, Cen Yilang. Study on evaluation methods for agricultural mechanization developing level based on rough set theory and fuzzy aggregation[J]. Transactions of the Chinese Society for agricultural Machinery, 2006, 37(2): 58—61. (in Chinese with English abstract)
- [12] 沈立峰, 王德成, 吴金环. 我国农机综合作业水平影响因素的计量分析[J]. 中国农机化, 2006(4): 58—61. Shen Lifeng, Wang Decheng, Wu Jinhuan. Measurement analysis of influencing factors of the synthesized operation standard of agricultural machinery in China[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2006(4): 58—61. (in Chinese with English abstract)
- [13] 杨敏丽, 白人朴. 我国农业机械化发展的阶段性研究[J]. 农业机械学报, 2005, 36(12): 167—170.
- Yang Minli, Bai Renpu. Study on development stage of agricultural mechanization in China[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(12): 167—170. (in Chinese with English abstract)
- [14] 卢秉福, 张祖立. 我国农作物生产机械化发展阶段分析[J]. 中国农机化, 2008(1): 63—66. Lu Bingfu, Zhang Zuli. Analysis on development stages of crops production mechanization in China[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2008(1): 63—66. (in Chinese with English abstract)
- [15] Gyanendra Singh. Estimation of a mechanisation index and its impact on production and economic factors: A case study in India[J]. Biosystems Engineering, 2006, 93(1): 99—106.
- [16] Ghorbani M. Evaluation of agricultural advisory services effects on sugar beet in Razavi Khorasan province[J]. Journal of Applied Sciences, 2008, 8(20): 3733—3737.
- [17] Leival F R, Morris J. Mechanization and sustainability in arable farming in England[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 2001, 79(1): 81—90.
- [18] Mario Coccia. New models for measuring the R&D performance and identifying the productivity of public research institute[J]. R&D Management, 2004(3): 267—280.
- [19] 卢秉福, 张祖立, 朱明, 等. 农业机械化发展效应的全局密切值法测度[J]. 农业机械学报, 2008, 39(5): 56—59. Lu Bingfu, Zhang Zuli, Zhu Ming et al. Evaluation for development effect of agricultural mechanization on the basis of a method of global osculating value[J]. Transactions of the Chinese Society for agricultural Machinery, 2008, 39(5): 56—59. (in Chinese with English abstract)
- [20] Marrit Van den Berg, Huib Hengsdijk, Joost Wolf, et al. The impact of increasing farm size and mechanization on rural income and rice production in Zhejiang province[J]. China Agricultural Systems, 2007, 94(3): 841—850.

## Comparison of evaluation method for agricultural mechanization development level

Lu Bingfu<sup>1</sup>, Han Weiping<sup>1</sup>, Zhu Ming<sup>2\*</sup>

(1. Crops Institute, Heilongjiang University, Harbin 150080, China;

2. Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100125, China)

**Abstract:** The development level of agricultural mechanization is an important index to reflect the extent of agricultural mechanization, and also is the foundation to analyze and measure the grade of agricultural mechanization. The evaluating methods were researched for the development level of agricultural mechanization from the 2 aspects of agricultural mechanization operation and farming machines in place of peasants. According to the concept of agricultural mechanization, the basic characteristics of the agricultural mechanization development were scientifically revealed in different stages, which had the certain theoretical and practical significance. Currently the adopted agricultural mechanization operation level was obtained based on the weighted average method of agricultural mechanization degree of “farming”, “planting” and “harvesting” in agricultural production process. Agricultural mechanization level was attained by the revision of agricultural mechanization operation level, which was adding the proportion of agricultural labors in total social workers in the evaluation system; agricultural mechanization index indicated the proportion of agricultural mechanization operation cost in total operation costs including mechanized, animal and manual operation costs. Through the comparative analysis among agricultural mechanization operation level, agricultural mechanization level and agricultural mechanization index, the results showed that agricultural mechanization operation level was suitable to evaluate agricultural mechanization operation degree, while could not truly assess the development of agricultural mechanization, because it only considered the mechanization level of the “farming”, “planting” and “harvesting” links in agricultural production process, and did not reflect the effect of farming machines in place of farmers. Nevertheless, agricultural mechanization level and agricultural mechanization index could more accurately reflect the real situation of agricultural mechanization development, because they synthetically took account of the agricultural labor decrease and farming machine operation. Although the 2 calculation methods were different, both of the results were consistent to support each other. Therefore, they could more accurately reflect the real development of agricultural mechanization. Relatively speaking, the maneuverability of agricultural mechanization level was stronger than agricultural mechanization index, because it was obtained from the modification of current agricultural mechanization operation level. In a word, the corresponding evaluation index should be chosen according to the needs and the actual situation in the evaluation process of agricultural mechanization development, but each index should be paid attention to its merits and demerits in the concrete operating practice.

**Key words:** agricultural machinery; mechanization; costs; agricultural mechanization; development level; agricultural labor; agricultural mechanization index