

农业资源利用效率评价方法及其比较

靳京^{1,2},吴绍洪¹,戴尔阜¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101; 2. 中国科学院研究生院,北京 100039)

摘要:农业资源利用效率评价是资源科学研究的重要内容。探讨农业资源利用效率科学评价方法,不仅在理论层面上可以促进资源科学综合研究、丰富资源科学理论,而且在实践层面上对保障国家或区域粮食安全、改善生态环境、提高粮食生产地位等也具有很强的指导意义。本文首先阐述了农业资源高效利用的概念和内涵,在此基础上,综述了国内外农业资源利用效率的评价方法,包括比值分析法、生产函数法、包络分析法、能量效率评价方法、因子-能量评价方法、能值评价方法和指标体系评价方法,对各种评价方法的原理、过程、优点及不足进行分析和论述。在此基础上,提出综合的理论指导和研究途径是农业资源利用效率评价方法和模型的发展方向,即在理论综合的指导下,农业资源利用效率评价应当在尺度综合、多因素综合和方法综合等层面展开今后的研究工作。

关键词:农业资源;资源利用效率;评价方法;发展方向

农业资源利用效率研究不仅可以促进资源科学综合研究,丰富资源科学理论,而且有利于保障粮食安全、改善生态环境,提高粮食产量,因此,农业资源利用效率研究具有很强的理论和现实意义。目前,国内外许多学者将经济学、社会学、生态学、数学等学科的理论和方法与农业生产实践相结合,在计算机等现代分析手段的辅助下,对如何更好地评价农业资源利用效率进行不断地探索。我国农业资源具有绝对量大、相对量小的特点,特别是耕地资源紧张,水资源匮乏,构成了农业持续发展的重要限制因素。粮食生产过程中不当的资源利用方式不但没有达到稳产高产的目的,而且给环境带来了很大的负效应。如何对有限的农业资源进行内涵挖潜,提高资源利用效率,协调粮食生产过程中生态效益、经济效益与社会效益三者间的关系,实现农业资源的高效持续利用,是一个具有理论和实践意义的课题。

1 农业资源高效利用:农业持续发展的前提和保证

世界农业经历了从原始农业、传统农业到现代农业的发展历程,在此过程中无论是西方发达国家的“石油农业”还是发展中国家的“绿色革命”,它们在创造了农业增产奇迹同时,也带来了土壤退化、环境破坏、病虫害爆发等一系列农业生态问题,它们所

追求的高效都是建立在能源巨大消耗和环境破坏基础上的,以投入产出进行成本核算,“高效”的意义殆尽,只能说是一种“高消耗”的农业。20世纪80年代以来全球可持续发展思潮的涌动使人们开始重新审视现代农业发展模式引发了全球农业可持续性的思考。

1991年4月,FAO在荷兰召开的“农业与环境”国际会议上所通过的《登博斯宣言》,给持续农业以新的完整定义:管理和保护自然资源基础,调整技术和机构改革方向,以便确保获得和持续满足目前几代人和今后世代代人的需要。这种持续发展能保护土地、水资源、动植物遗传资源,而且不会造成环境退化,同时技术上适当,经济上可行,能被社会所接受^[1]。发展可持续农业是目前全球的一项共识,而集约高效利用农业资源则是实现农业可持续发展的重要途径。在农业资源利用过程中,既要维持或不断提高资源利用的潜力,降低农业生产风险,又要保持农业生产环境的趋良性,促进经济和社会的健康发展。在判定农业自然资源利用效率时,不能仅以农产品产出状况为依据,判别“高效”利用的第一位标准是农业自然资源的开发利用必须是可持续的^[2]。所以,有学者认为必须从更大范围和尺度来界定农业资源高效利用。衡量农业资源利用高效与

收稿日期:2004-02-24;修订日期:2004-05-20

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目“中国不同地区粮食生产的资源利用效率与生态环境效应”(编号:KZCX3-SW-333)。

作者简介:靳京(1980~),女,山西大同市人,硕士生,主要从事资源管理、农业持续发展、资源环境遥感地理信息模型等方面研究。

E-mail: jinj @igsrr. ac. cn

否的标准应该包括以下几个方面:节约利用资源,资源利用率高;有效利用资源,资源产出率高;投入少产出多,经济效益高;不造成资源退化、枯竭,可持续利用资源;不污染环境,保持高质量的农业生态环境^[3]。由此可见,持续农业对农业资源高效利用提出了现实要求,而农业资源高效利用正是农业持续发展的重要前提和根本保证。

2 农业资源利用效率评价方法

2.1 比值分析法

比值分析法是一种简便而又实用的方法,农业资源效率计算可以表达为^[5]:

$$R_{ec} = \frac{E_0 - N_0}{R_i} \quad (1)$$

式中: R_{ec} 为广义的农业资源效率, R_i 为资源消耗量或占有量, E_0 为有效价值产出, N_0 为伴随该资源消耗利用过程产生的负面效应价值。利用比值分析法可以直接求算资源利用效率^[4];还可以通过计算资源消耗系数来间接求算资源利用效率^[5]。消耗系数越大,资源的利用效率就越低。

比值分析法计算农业资源利用效率具有形式简单、涵义明确的特点,当所消耗的资源数量比较容易量化,其数据易于获得,并且所要评价的对象具有同质性,形成的评价指标具有可比性时,通常会用比值分析法。但使用比值分析法的关键是投入要素和产出要素数量的确定以及纲量的统一。由于农业资源利用效率评价中社会、生态、经济资源的投入难于量化,也很难在投入与产出之间建立统一的量纲,因此,比值分析法在这一方面受到了限制。比值分析法通常是对单因素进行评价,不利于发现阻碍整体资源潜力充分发挥的限制因素,为了更全面地了解农业生产系统特征,高效配置农业资源,开展相应的技术体系集成,还需结合其他评价方法展开。

2.2 生产函数法

利用生产函数进行农业资源利用效率评价是指通过生产函数的建立与参数的求解,将实际观察值与生产函数所要求达到的水平相比,来反映资源利用效率,并且分析各投入要素对产出的影响大小^[6-9]。其基本表达式为^[10]:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (2)$$

式中: Y 表示某一农产品的产出量; X_1, X_2, \dots, X_n 表示参与该农产品生产的 n 项资源投入; f 是投入转化为产出的函数关系。在所有的 n 项资源投入

中,有些是可控的,有些是不可控的,还有一些是当前条件下无法观测的。通常研究的是可控投入对产出的影响,而把不可控和不可观测投入作为一个随机扰动项,因此,农业生产函数又可以表示为^[10]:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_k) + \quad (3)$$

式中:前 k 项投入表示可控投入; ϵ 为代表随机扰动项的随机量。

利用生产函数进行农业资源利用效率评价内容包括:利用生产函数模拟出固定投入下的理论最大产出,采用实际产出/理论产出来评价农业生产过程中的效率;采用同样原理评价固定产出条件下最佳生产过程与被评价生产过程投入量之间的关系;采用农业生产函数中的系数(产出弹性),评价各投入要素对产出的影响;计算农业科技进步贡献率,通过把除要素投入以外的其它所有因素对产出的综合影响均看作科技进步的作用,常以余值或残差的形式来评价农业科技对农业资源利用效率的影响。

生产函数方法是针对同一农业部门(或单位)而言,不同农业部门(或单位)借助于回归分析技术各自建立的生产函数模型是无法进行比较的。生产函数法是目前分析科技进步效果较为普遍的一种方法,但是它不能反映科技投入是如何影响科技进步进而影响农业资源利用效率的,这样就容易导致人们对科技投入的忽视,最终延缓科技进步。

2.3 包络分析法

包络分析法(Data Envelopment Analysis)是美国著名运筹学家 Chares 和 Cooper 等人在 1978 年提出的,主要采用数学规划方法,利用观察到的有效样本数据对决策单元(Decision Making Units, DMU)进行生产有效性评价。DEA 法用一组输入——输出数据来估计相对有效生产前沿面,这一前沿能够很方便地找到,生产单位的效率度量是该单位与确定前沿相比较的结果。应用 DEA 法可以进行农业资源相对生产效率评价^[11]及农业技术效率评价^[12]。

应用 DEA 法进行农业资源相对生产效率评价时,需要考察不同农业生产区域(作为决策单元),选取它们的主要投入指标作为输入,选取一些主要的产出指标作为输出。应用模型求各决策单元的最优解 θ^* ,值为 1 的决策单元对应着最高的投入产出效率,从技术有效和规模有效的角度,它们构成了投入产出效率最高的一类农业生产区。由于行业投入产出的效率高低总是相对的,总可以将 DEA 有效的决策单元剔除,再对余下的单元进行 DEA 评价,以确

定在余下的农业生产区中哪一个行业的投入产出效率最高,且构成一个类别(对应的 θ 值为1)。经过有限多轮的 DEA 评价,就可以将不同发展水平的农

业生产区按投入产出效率的高低自然而客观地分成不同的类^[13](图 1)。

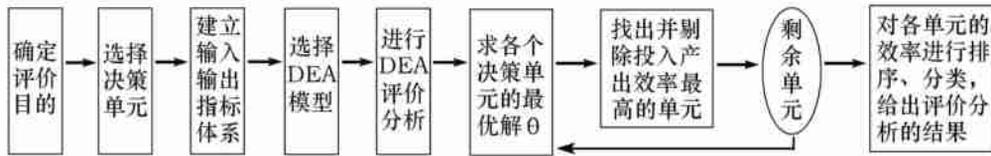


图 1 DEA 模型用于农业生产相对效率评价工作流程

Fig. 1 Framework and process of DEA model application to comparative efficiency on agricultural resource utilization

在农业资源利用效率评价中当某些数据不易于直观获得,尤其是评价对象结构较为复杂时,DEA 法显出其优势。利用 DEA 模型进行评价可以得到一些相对性的结果,有利于具有相同类型的部门(或单位)之间进行对比,同时也可以对于同一部门不同时间段进行对比与评价^[14]。该法主要用于多投入,多产出系统的相对效率的评价。其与生产函数的区别在于所估计前沿面的差别。生产函数的前沿面是一种理论前沿,代表一种理想状态,而 DEA 的前沿面是一种相对有效生产前沿面,具有实际意义。但是 DEA 方法评价的结果只是农业资源利用效率相对高低,并不能说明相对效率低的原因,还需要结合其他方法来找出提高效率的对策;同时,有关 DEA 的模型大多没有考虑实际生产过程中的随机不确定性,因此评价结果与实际情况间会产生一定的偏移。在这一方面,国内外的许多学者正在进行研究与改进,如 Banker^[15]和肖渡^[16]等把统计方法引入 DEA,提出了用最大似然估计法处理 DEA 中的随机性;Olesen 和 Petersen^[17]使用可信度域的分段线性包络方法提出了概率约束 DEA 模型;Cooper^[18]等把满意度概念引入 DEA,提出了满意度 DEA 模型等。

2.4 能量效率分析的评价方法

农业资源利用效率评价指标体系中除包括水、土、气、生等单项资源利用效率评价指标外还包括物质、能量转化效率等一些综合性指标。能量效率分析就是要研究系统的能量流,从能量利用转化的角度进行效率分析。在研究能量流的过程中,利用能量折算系数把各种性质和来源不同的实际投入产出物质转换成能流量,通过计算机和统计分析确定系统内各成分间各种能流的实际流量。

对于农业生产系统,主要是研究其辅助能量投入产出以及转化率的大小,包括生物辅助能,工业辅助能,人工辅助能,产出能等。目前能流分析方法有

统计分析法、输入/输出分析法、过程分析法三种^[19]。以输入输出法为例,首先测定输入输出实际的流量,利用能量折算系数统一量纲;在此基础上,进行能量效率分析,分别计算各种辅助能的能量利用效率(总产出能/各辅助能投入),太阳能利用率(系统能量总产出/系统太阳能输入),总的能量利用效率(总产出能/总投入能)以及能量投入边际产出等;还可以利用统计的方法,对各辅助能投入与能量总产出之间进行回归分析,寻找农业生产中的限制性因子;应用灰色系统理论的关联分析方法对影响能量总产出的各项投入因子的重要性进行量化分析,寻找较能影响系统产出的因素;计算各种能量的投入比例,分析系统的能量投入结构,以反映能量投入效果,确定能量投入是否合理^[20]。

能量效率分析把各种性质和来源根本不同的物质均以能量单位表示后进行比较和数量研究,然而,不同类型能量并不可比较和加减,例如,农业生态系统输入的石化能和生物能存在根本差异,同是石化能煤炭燃烧产生的 1J 能与 1J 电能也存在极大差异,不可作简单相加和比较。能量效率分析无法对系统的能物流、货币流、人口流、信息流进行综合分析,能量单位也不能用于表达生态与经济效率的关联。能量效率分析主要计算系统能量的产投比,显示投入能对产出能形成的效率,但通常对于自然资源能量的投入(如雨水能等)考虑得比较少,因此,其分析结果得出的各种产投比并不反映自然的巨大作用和贡献,不能表示生态效益。

2.5 因子-能量评价模型

因子-能量评价模型是基于能量分析,以能量作为评价“媒介”,采用能量的形式,将诸多功能、性质、量纲等都不一致的因子置于统一的衡量指标下^[21,22];不同于能量效率分析的是,它以能量运动转化的衰减过程为评价主线,不仅是对辅助能的评价,

而且更多地是对自然资源利用效率的评价,评价过程也具有更好的层次性。

因子-能量评价模型将农作物产量形成过程划分为若干环节,每个环节加入一个资源因子,对应一个理论产量,随着环节的深入,影响因子逐渐增多,理论产量呈衰减趋势。通过建立因子间相互关系来寻找限制性资源因子及其定量制约程度。因子对生产过程的影响主要通过以下几个方面体现:因子-能量损失量(相邻理论产量的差值);因子-能量衰减率(差值与上一级理论产量的比值);资源组合利用效率(实际产量与各级理论产量的比值)。

因子-能量评价模型最大的优点体现在通过“能量”作为载体,将不同类型、性质的评价对象统一在相同的量纲下,具有不同类型、不同部门、不同时段、不同区域的可比性。但由于模型中的阶段变量均来源于不同生产级别的农业生产力模型的计算结果,因此,在实际应用中无论评价思路、评价环节划分,还是评价结果都受到农业生产力模型研究进展及其精确程度的制约。同时,在实际工作中,划分评价环节时,由于生产方式、制度及管理等因素难以量化,对应的因子评价工作难以进行。

2.6 能值评价方法

能值(Energy)是由著名生态学家 Odum 创造的一个新词,其定义为:一流动或贮存的能量所包含的

另一种类别能量的数量,称为该能量的能值^[23]。在实际应用中通常以太阳能值为标准来衡量其它各类能量的能值,即一定数量的某种类型的能量中所包含的太阳能的数量。将单位数量(1J、1kg等)的能量或物质所包含的太阳能值称为“太阳能值转换率”。能值的提出是系统能量分析在理论和方法上的一个重大飞跃。借助太阳能值转换率,生态系统的能量流、物质流和货币流等,均可换算为统一的能值。因此系统研究包含了自然和经济资源,而且这些作用流可以直接加减和相互比较,从而实现了系统生态分析和经济分析的有机统一。

能值分析已被大量用在生态系统可持续性评价研究当中。利用能值分析可以得出一系列反映农业生态与经济效率的能值指标体系,与传统的能量分析相比,能值分析一方面延用了能流分析的一些基本思路与方法,反映系统投入-产出的情况,而且能够更深刻地反映系统的能量等级、环境容纳能力,生态经济效率等,从而更好地说明系统的结构功能特征。根据能值分析的基本原理,可以构造以下常用的利用能值进行农业资源利用效率评价指标(表1)。这些指标从不同的侧面反映农业资源利用系统特性,也可以综合这些指标对系统进行效率与可持续性总体评价。

表 1 基于能值的农业资源利用效率基本评价指标

Table 1 Diagnostic index system for Energy-based agricultural resource utilization efficiency assessment

| 评价指标 | 数学表达 ^[24] | 指标涵义 |
|--------|----------------------|---|
| 净能值产出率 | $EmY/(EmF+EmT)$ | 用来衡量系统的投入能值的转化率,值越高说明系统的能量利用率越高,该值体现系统的整体功能和转化效率。 |
| 环境承载力 | $(EmF+EmN+EmT)/EmR$ | 体现系统对于环境的压力,越高表明环境压力越大 |
| 能值密度 | EmU/A | 单位面积的能值投入量,体现能值的利用强度和农业的发展水平。 |

注: EmY 代表总能值产出(主要包括林业产品,渔业产品,种植业产品,畜牧业产品); EmU 代表总能值投入(主要包括可更新环境资源 EmR ,不可更新环境资源 EmN ,工业辅助能 EmF ,可更新有机能 EmT); A 代表土地面积。

能值评价方法的最终结果表现为不同农业资源在能值数量及其综合评价指标上的差别,不同资源的能值最终以能值表示的价值来体现,从而掩盖了不同类型的资源所包含的不同性质和类别的价值,及其相关的社会、经济、生态服务功能。对于具有相同能值含量的石头与金子,该评价方法最终显示的将仅是数量相同的能值,这在一定程度上掩盖了石头与金子所包含的内在差别。如何将能值评价与不同资源类型所包含的社会、经济、生态服务价值建立直接的联系,是能值分析中需要深入探讨的问题。

能值分析评价方法在农业资源利用效率方面的应用尚处于初级阶段,如何准确求得各种能量的太阳能转换率,如何揭示能值内在差异,如何建立能全面评价系统特性的指标体系将是今后研究的重点。

2.7 指标体系评价方法

为评价目标建立评价指标体系是较基础而常用的方法,在农业资源利用效率研究中建立评价指标体系,根本目的在于通过制定适当的度量指标,并依据指标间的前后、左右关系,形成有序而全面的评价指标系统,用以定量反映和衡量农业资源利用的有

效性状况,识别和诊断不同地区、不同类型和不同模式农业生产和再生产过程中的限制性因素及其制约程度,藉以勾绘出农业发展的资源利用基本轮廓^[25]。

农业资源利用效率评价指标体系建立的基本思路为:由本底指标推算潜力指标,通过对现实生产力与潜力的对比计算出效率指标。其中,效率指标是评价价值指标体系的核心和关键。在基本原则和思路的指导下,国内学者从多方面进行了深入探讨,建立了类别多样的农业资源利用效率评价指标体系,如李道亮等从农业资源高效利用基本内涵出发,充分考虑资料来源和实现可能性,建立了农业资源综合利用效率评价指标体系和辅助指标体系^[26];为便于研究分析,徐勇将农业生产系统概念性划分为农业自然生产和经济生产两个相互嵌套的过程,并将农业资源利用效率评价指标体系从结构上划分为自然资源评价指标体系和社会经济资源评价指标体系两大类,每个大类各含五个亚类,每个亚类又分别由本底指标、潜力指标和效率指标组成,并以效率指标为基础形成评价指标体系^[25];谢高地等人则在此基础上,按衡量标准类别将评价指标划分为资源利用效率评价指标、资源利用社会满足程度评价指标、经济评价指标、环境评价指标和可持续评价指标5个类别,而在指标层次方面,则沿用两大类10个亚类思想,经过进一步的综合与基础层次归位而设计为综合评价指标层和基础评价指标层两个层次^[21]。

指标体系方法虽然比单纯用模型方法评估更为全面,但是指标体系的研究中仍然存在以下问题:

有些指标看似合理,但由于数据不易获得,实际操作起来就很困难;有些指标在选择上存在概念模糊和交叉现象,不少具体指标之间存在较高的正、负关联性^[27];指标数据太多,不便操作。同时,评价指标体系中权重或贡献率的确定也是很困难的技术问题,目前国内研究中常采用层次分析法、特尔菲法等方法,有很强的主观性。

3 结语

农业资源利用效率评价是指根据农业生产的过程、特点及发展目标,选取一定评价指标,通过适宜的指标量化和集成,定量分析农业生产状况和可持续程度。农业资源利用效率评价是衡量资源是否达到合理利用的评判标准,在对国内外农业资源利用效率评价方法分类、总结和评述的基础上可以看出,无论何种评价方法都具有资源利用现状功能描述、

结果功能评价和未来发展的预警导向功能,是农业发展方向政策制定、农业土地利用规划和适宜开发战略选择的重要依据。只有科学的对农业资源利用方式做出评价,才能合理、高效的利用土地资源,保护耕地,进而保障整个社会经济的可持续发展。

农业资源利用效率评价主要从农业生产系统整体出发,思维过程依照“从上至下”(top down)的分析方法,指标聚合则采取“从下到上”(bottom up)的实现过程,具有系统分析的优势。针对特定区域可选择具有代表性的指标和评价模型,通过一定数量指标的分析,能够找出制约区域农业资源高效利用的主要限制因素,从而为区域制定农业持续发展战略服务。但是不同评价方法指标数量和综合模型的选择差别很大,进行区域对比和可移植性差。指标选取过程中的指标共线性、重叠性、因数据获取而导致的指标缺失等经常出现。由于农业资源利用涉及直接、间接因素众多,相互之间存在复杂的作用过程与机理,少量指标难以穷尽所有的影响因素;而要对每一因素的影响程度做出准确判断,就应该分析该因素对系统整体的影响机理,存在很大难度。上述各种农业资源利用评价方法各有优缺点,为了更加科学地进行农业资源利用效率评价,拓展资源科学的研究领域和内容,并且能够为区域粮食安全、资源合理利用、持续发展提供科学的决策依据,需要在上述方法的基础上进行寻求综合的研究途径。这种综合首先是理论上的综合,在理论综合的指导下,需要在尺度综合、多因素综合和评价方法综合等多层面展开:理论的综合:资源利用效率的研究以人们对资源的认识为基础,现在的研究综合了可持续发展的理论、系统理论、经济学理论、生态学理论、社会学理论和市场理论等,今后,还需要对农业资源的概念不断地加以审视,将不同学科的理论综合起来,以形成一个综合的科学理论框架;尺度的综合:由于农业生产模式的空间异质性,小范围的资源利用效率不能代表大区域的整体状况。这就需要多个典型地区的研究联结为一个可代表区域空间异质性的网络,作多空间尺度的研究,从而将地方尺度和区域尺度联系起来,达到区域综合研究的目的;多因素的综合:综合考虑多因素的影响,发展综合的评价模型,进行指标的集成以及多个集成指标的配合使用,以求既能更加客观地反映生产实际,又能以简单明了的方式反映评价结果,为决策应用服务;方法的综合:为了更为客观地评价农业资源利用效

率,寻找限制因子,为资源高效、持续利用提供决策支持,使用单一的评价方法是不够的,需要多种方法的配合使用,取长补短。

参考文献 (References):

- [1] 杨友孝. 中国农村的持续发展区域评价与对策研究[M]. 北京:中国财政经济出版社,2002. 1~8. [YANG You-xiao. Regional Assessment and Response of the Sustainable Development in Rural China[M]. Beijing: Financial Economy Press, 2002. 1~8.]
- [2] 谢高地,章予舒,齐文虎. 农业资源高效利用评价模型与决策支持[M]. 北京:科学出版社,2002. 1~7. [XIE Gao-di, ZHANG Yü-shu, QI Wen-hu. Assessment Model and Decision Support on Agricultural Resources Effective Utilization[M]. Beijing: Science Press, 2002. 1~7.]
- [3] 封志明,李飞,刘爱民. 农业资源高效利用优化模式与技术集成[M]. 北京:科学出版社,2002. 1~3. [FENG Zhi-ming, LI Fei, LIU Ai-ming. Optimization Model and Technology Integration on Agricultural Resources Effective Utilization[M]. Beijing: Science Press, 2002. 1~3.]
- [4] 崔读昌. 中国粮食作物气候资源利用效率及其提高的途径[J]. 中国农业气象,2001,22(2):25~32. [CUI Du-chang. Efficiency and developing approaches on climate resources utilization to grain crops of China[J]. *China Agricultural Climate*, 2001, 22(2): 25~32.]
- [5] 谢高地,齐文虎,章予舒,等. 主要农业资源利用效率研究[J]. 资源科学,1998,20(5):7~11. [XIE Gao-di, QI Wen-hu, ZHANG Yü-shu, et al. Study on utilization efficiency of main agricultural resources[J]. *Resources Science*, 1998, 20(5):7~11.]
- [6] Liu, Z. Determinants of technical efficiency in post-collective chinese agriculture: evidence from farm-level data[J]. *Comparative Economics*, 2000, 28: 545~564.]
- [7] Thirtle C, Piesse J, et al. Multi-factor agricultural productivity, efficiency and convergence in Botswana[J]. *Development Economics*, 2003, 71(2): 605~624.
- [8] 苏旭霞,王秀清. 农用地细碎化与农户粮食生产——以山东省莱西市为例分析[J]. 中国农村经济, 2002, (4): 22~28. [SU Xu-xia, WANG Xiu-qing. Relationship on agricultural land fragmentation and former crop product—a case study in Laixi County, Shandong Province[J]. *China Agricultural Economy*, 2002, (4): 22~28.]
- [9] 方创琳. 区域发展规划论[M]. 北京:科学出版社,2000. [FANG Chuang-lin. Regional Development Planning[M]. Beijing: Science Press, 2000.]
- [10] 李相银,沈达尊. 农业生产函数研究与应用中的几个问题[J]. 农业技术经济,1995, (1): 19~22. [LI Xiang-yin, SHEN Da-zun. Several problems about production function. in agriculture [J]. *Technical Economy in Agriculture*, 1995, (1): 19~22.]
- [11] 刘玉勋,李金,吕锡铮,等. DEA 分析方法在农业生产单位相对效率评价中的应用[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,1994, 7(3):104~108. [LIU Yu-xun, LI Jin, LV Xi-zheng, et al. DEA application to comparative resources utilization efficiency on agricultural productive units[J]. *Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University*, 1994, 7(3): 104~108.]
- [12] 杨旭. DEA 方法在测定农业技术效率中的应用[J]. 西南农业学报,1994,7(4):54~58. [YANG Xu. Application of DEA model to measure agricultural technological efficiency[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 1994, 7(4): 54~58.]
- [13] 陈丽能,谢永良. DEA 方法在农业综合生产能力评价中的应用[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2000, 26(4): 447~450. [CHEN Li-neng, XIE Yong-liang. DEA application to agricultural comprehensive productivity[J]. *Journal of Zhejiang University (Agri & life sci)*, 2000, 26(4): 447~450.]
- [14] 杜栋,赵瑶卿. 农业科技投入效果的横向和纵向 DEA 评价[J]. 农业系统科学与综合研究, 1998, 14(2): 93~96. [DU Dong, ZHAO Yao-qing. DEA evaluation on input of agricultural science and technology[J]. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 1998, 14(2): 93~96.]
- [15] Baker, R D. Maximum likelihood, consistency and DEA statistical foundations[J]. *Management Science*, 1993, 39: 1265~1273.]
- [16] 肖渡. 数据包络分析与极大似然估计[J]. 系统工程理论与应用,1996,16(1):45~50. [XIAO Du. Data envelopment analysis and maximum likely estimation[J]. *Journal of Theory and Application on Systematic Engineering*, 1996, 16(1): 45~50.]
- [17] Olesen, O. B, Petersen, N. C. Chance constrained efficiency evaluation[J]. *Management Science*, 1995, 41: 442~457.
- [18] Cooper, W. W, Huang Z. M, et al. Satisfying DEA models under chance constraints[J]. *Annals of Operational Research*, 1996, 66: 279~295.
- [19] 闻大中. 农业生态系统能流的研究方法(一)[J]. 农村生态环境, 1985, (4): 51~56. [WEN Da-zhong. Method on energy flow on agricultural ecology system (part 1)[J]. *Agricultural Ecological Environment*, 1985, (4): 51~56.]
- [20] 王宏广,刘巽浩. 黄淮海平原几个典型县农田生态系统能量分析[J]. 北京农业大学学报,1987,13(4):475~483. [WANG Hong-guang, LIU Xun-hao. Energy analysis on agricultural ecological system: some typical counties in Huang-Huai-Hai plateau[J]. *Journal of Beijing Agricultural University*, 1987, 13(4): 475~483.]
- [21] 徐勇,齐文虎,谢高地,等. 农业自然资源利用效率的因子-能量评价模型及其应用[J]. 资源科学,2002,24(3):86~91. [XU Yong, QI Wen-hu, XIE Gao-di, et al. The factor-energy evaluation model of agricultural natural resources utilization efficiency and its application[J]. *Resources Science*, 2002, 24(3): 86~91.]
- [22] 徐勇. 农业资源高效利用评价的程序、内容及方法[J]. 资源科学,1998,20(5):12~17. [XU Yong. Procedures, contents and methods for evaluating the effective utilization of agricultural resources [J]. *Resources Science*, 1998, 20(5): 12~17.]
- [23] 严茂超. 生态经济学新论——理论、方法与应用[M]. 北京:中国致公出版社,2001. 68~74. [YAN Mao-chao. New Thinking on Ecological Economy: Theory, Method and Application[M]. Beijing: China Zhigong Press, 2001. 68~74.]
- [24] 蓝盛芳,钦佩,陆宏芳. 生态经济系统能值分析[M]. 北京:化

- 学工业出版社, 2002. 366 ~ 386. [LAN Sheng-fang, QIN Pei, LU Hong-fang. Energy Analysis of Ecological-Economic Systems [M]. Beijing: Chemical Industry Press., 2002. 366 ~ 386.]
- [25] 徐勇. 农业资源高效利用评价指标体系初步研究[J]. 地理科学进展, 2001, 20(3): 240 ~ 246. [XU Yong. A study on the evaluation index system of agricultural resources effective utility [J]. *Progress in Geography*, 2001, 20(3): 240 ~ 246.]
- [26] 李道亮, 丁娟娟, 傅泽田, 等. 农业资源综合利用效率的评价方法及案例分析[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(2): 19 ~ 22. [LI Dao-liang, DING Juan-juan, FU Ze-tian, et al. Appraisal method and case study on comprehensive utility efficiency of agricultural resources [J]. *Journal of China Agricultural University*, 1999, 4(2): 19 ~ 22.]
- [27] 彭建, 王仰麟, 宋治清, 等. 国内外土地持续利用评价研究进展[J]. 资源科学, 2003, 25(2): 85 ~ 93. [PENG Jian, WANG Yang-lin, SONG zhi-qing, et al. Research progress in evaluation for sustainable land use [J]. *Resources Science*, 2003, 25(2): 84 ~ 93.]

Assessment on Agricultural Resources Efficiency: Comparison on Methods and Integrated Approaches

JIN Jing^{1,2}, WU Shao-hong¹, DAI Er-fu¹

(1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: High efficiency on agriculture resource utilization is indispensable to sustainable agriculture development from farm, local to national as well international levels. To realize sustainable and effective utilization of resources is considered an important aspect to agriculture industry. For a long time, many researchers, both locally and internationally, concentrated on developing scientific assessment methods on agricultural resources utilization, which has significance both on theoretical and practical aspects. On one hand, such research will promote study on resource discipline, so as to deepen and enlarge integrated scope on the branch. On the other hand, by performing this kind of research, guidelines and countermeasures for regional or national food security, eco-environment restoration, as well as agricultural development, will be proposed. Reviewing what have been done in these researches, there is necessity to summarize these methods to help people find more suitable one for a specific problem both on spatial and temporal insights. Based on the analysis of concept and connotation of high efficiency utilization on agricultural resources, this paper reviews international and national literatures on assessment methods for agricultural resources utilization, including merits and deficiencies, also proposes future direction in this field. The major assessment methods include Ratio Assessment Method (RAM), Productivity Function Method (PFM), Data Envelopment Analysis Method (DEAM), Energy Analysis Method (EAM), Energy Flow Analysis Method (NAM), Energy Analysis Method (EmAM) and Multi-index System (MIS). Based on the analysis and comments of these methods, future directions on assessment methods on agricultural resources utilization are proposed as follows: 1) more integrated research framework and system; 2) synthesis of the assessment methods on multi-scale; 3) synthesis of the assessment methods on multi-factor; 4) synthesis of various methods issues. That is to say the future direction is integration, which means to build up integrated theoretical framework and system, within the framework, to synthesize the assessment methods on multi-scale, multi-factor and various methods issues.

Key words: Agricultural resources; Resource utilization efficiency; Assessment method; Research progress