

农用地分等中最高单产和最高产量-成本指数确定方法

王令超, 宋艳华, 宋富强, 王磊, 杨喜会

(河南省科学院地理研究所, 郑州 450052)

摘要: 为提高农用地分等中最高单产和最高产量-成本指数确定方法的科学性和合理性, 该文以土地报酬递减理论为基础, 应用河南省农用地分等的小麦投入产出调查数据, 将样点小麦单位面积产量 (kg/hm^2) 作为土地报酬递减曲线中的总产量 (纵坐标), 将样点小麦单位面积投入 (元/ hm^2) 作为土地报酬递减曲线中的总投入 (横坐标), 从而使土地报酬递减理论中的平均产量 ($\text{kg}/\text{元}$) 与产量-成本指数具有相同的内涵。依据边际产量曲线的变化, 分2种情况最高单产的确定: 1) 边际产量曲线表现为下降趋势, 但没有与横坐标轴相交即边际产量仍大于0, 这时单产曲线最右端的产量为最高单产; 2) 边际产量曲线向下与横坐标轴相交即边际产量递减为0时, 边际产量曲线与横坐标轴相交点对应的产量为最高单产。依据产量-成本指数和边际产量2条曲线间的关系可以确定最高产量-成本指数: 产量-成本指数曲线向上与边际产量曲线相交点的产量-成本指数为最高产量-成本指数, 并建立了异常产量-成本指数的修正方法。采用研究数据和验证数据确定的最高单产和最高产量-成本指数分别相差0.12%、0.50%, 表明该研究方法确定的区域最高单产和最高产量-成本指数具有相对稳定性。该研究为确定最高单产和最高产量-成本指数提供了理论依据, 丰富了土地利用系数和土地经济系数的内涵。

关键词: 土地利用; 耕地质量; 作物; 报酬递减; 农用地分等; 最高单产; 最高产量-成本指数

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2017.12.033

中图分类号: F301

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2017)-12-0255-07

王令超, 宋艳华, 宋富强, 王磊, 杨喜会. 农用地分等中最高单产和最高产量-成本指数确定方法[J]. 农业工程学报, 2017, 33(12): 255-261. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2017.12.033 <http://www.tcsae.org>

Wang Lingchao, Song Yanhua, Song Fuqiang, Wang Lei, Yang Xihui. Determination method of highest yield and highest ratio of yield to cost for agricultural land quality grade[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2017, 33(12): 255-261. (in Chinese with English abstract)

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2017.12.033 <http://www.tcsae.org>

0 引言

最高单产和最高产量-成本指数是农用地分等中的2个重要参数。《农用地质量分等规程》(GB/T28407-2012)^[1] (以下简称《规程》)规定“由各省土地行政主管部门根据标准耕作制度中的指定作物中种类, 调查确定其最高单产”、由“各省组织有关专家在省内外分区确定第j种指定作物的产量-成本指数的最大值 A_j ”, 由于《规程》没有对这2个参数给出科学的确定方法, 给各地农用地分等工作带来了许多不便和困难。

在2001年的国土资源大调查中,规定最高单产取全国最高潜在产量。已有的有关最高单产的研究, 大体可分为2类, 第一类是对最高单产内涵的研究, 农用地分等初期, 一些研究者认为最高单产应为作物的土地生产潜力——土地的光温水土生产力^[2-3], 即以《规程》提供的光温(气候)生产潜力指数作为最高单产; 一些研究者认为最高单产为当地潜在产量^[4]; 随着研究的深入, 一些研究者认为最高单产应为各分等指标控制区指定作物

的最高单产^[5]; 一些研究者认为也可采用二级指标区内作物的高产试验样方的产量作为最高单产^[6]。第二类是用统计方法确定最高单产, 一些研究者将调查样点经验频率小于30%的区域视为粮食高产区, 选取所有调查样本发生频率为10%时的产量作为最高单产^[7]; 一些研究者对最高单产调查样本进行聚类分析确定最高单产, 选取样本比例接近70%的产量作为最高单产^[8]。目前, 有关最高产量-成本指数的研究较少。已有研究中, 有研究者以县域为单元确定最高产量-成本指数^[3], 有研究者认为最高产量-成本指数为区域最优平均投入产出^[9]; 一些研究者采用劳动生产率指数计算土地经济系数, 将最高产量-成本指数转化为可比区域“劳动生产率指数”的最大值^[10-11]; 没有检索到采用粮食投入产出数据确定最高产量-成本指数的研究文献。

已有研究在一定程度上可以提高农用地分等成果的科学性, 但是, 仍有2个问题需要解决: 1) 确定最高单产和最高产量-成本指数的理论依据, 即在理论上最高单产和最高产量-成本指数出现的条件。2) 最高单产和最高产量-成本指数确定方法的普遍实用性。在现有的方法中, 高产试验样方产量法不适用于无高产试验样方的二级指标区, 统计方法确定最高单产仍要较多地依赖于确定者的理论水平和实践经验。因而, 需要建立一种理论性强、

收稿日期: 2016-11-22 修订日期: 2017-06-08

基金项目: 全国农用地质量等级更新调查评价与监测项目

作者简介: 王令超, 男, 河南陕县人, 研究员, 主要从事土地评价、土地规划研究。郑州 河南省科学院地理研究所, 450052。

Email: wlch7758@163.com。

易于应用的确定最高单产和最高产量-成本指数的技术方法。本文以土地报酬递减理论为基础,探索最高单产和最高产量-成本指数出现的理论条件及其确定方法。

1 几个农用地分等基础参数及其作用

最高单产和最高产量-成本指数主要是用于计算产量比系数、土地利用系数和土地经济系数。

1.1 产量比系数计算

《规程》规定产量比系数采用式(1)计算。

某区内指定作物产量比系数 = $\frac{\text{基准作物单产}}{\text{指定作物单产}}$ (1)

式中基准作物和指定作物的单产是指区内最大单产, kg/hm²。

1.2 土地利用系数计算

《规程》中土地利用系数采用式(2)计算。

$K_{lij} = \frac{Y_{ij}}{Y_{jmas}}$ (2)

式中 K_{lij} 为第 i 个样点第 j 种指定作物土地利用系数, Y_{ij} 为第 i 个样点第 j 种指定作物正常投入下的单产, kg/hm², Y_{jmax} 为第 j 种指定作物省内分区最高单产, kg/hm²。

1.3 土地经济系数计算

《规程》规定土地经济系数采用下面方法计算。

1.3.1 计算“产量-成本”指数

$a_j = \frac{Y_j}{C_j}$ (3)

式中 a_j 为样点第 j 种指定作物“产量-成本”指数, kg/元, Y_j 为样点第 j 种指定作物实际单产, kg/hm²; C_j 为样点第 j 种指定作物实际生产成本, 元/hm²。

1.3.2 计算土地经济系数

$K_{cij} = \frac{a_{ij}}{A_j}$ (4)

式中 K_{cij} 为第 i 个样点第 j 种指定作物土地经济系数, a_{ij} 为第 i 个样点第 j 种指定作物“产量-成本”指数, kg/元; A_j 为省内分区第 j 种指定作物“产量-成本”指数的最大值, kg/元。

从式(1)~(4)可以看出,最高单产和最高产量-成本指数确定的是否合理,直接影响到产量比系数、土地利用系数和土地经济系数计算的科学性和合理性,进而对等指数计算产生重大影响。

表1是部分省(市、自治区)冬小麦最高单产与最高产量-成本指数的最大值,可以看出,冬小麦最高单产有的省份的分区选取试验田产量,如新疆维吾尔自治区、河南省;有的省份的分区选取调查样点高值区域的某一区间的平均值,如上海市、重庆市、湖北省等,不同省份之间相差较大,如新疆维吾尔自治区最高单产最大值高出湖北省两倍多。冬小麦最高产量-成本指数最高的河北省为4.10 kg/元,最低的重庆市为1.32 kg/元,两地冬小麦最高产量-成本指数最大值相差三倍多。由此可见,实际工作中最高单产和最高产量-成本指数的确定具有一定

的随机性。因而,研究确定最高单产、最高产量-成本指数的理论依据和操作方法具有一定的学术意义和实践价值。

表1 部分省(市、自治区)冬小麦最高单产与最高产量-成本指数最大值统计表

Table Highest yield and highest ratio of yield to cost of winter wheat standard farming system region in some provinces, municipalities and autonomous regions

省(市、自治区) Provinces (municipalities and autonomous regions)	最高单产 Highest yield/ (kg·hm ⁻²)	最高产量-成本指数 Highest ratio of yield to cost/(kg·元 ⁻¹)
新疆 Xinjiang	10 500	3.98
河南省 Henan Province	9 400	3.70
河北省 Hebei Province	9 090	4.10
山东省 Shandong Province	9 000	2.00
山西省 Shanxi Province	8 250	4.00
陕西省 Shanxi Province	8 250	2.34
天津市 Tianjin	8 250	1.57
西藏 Tibet	8 250	1.46
甘肃省 Gansu Province	7 500	3.00
北京市 Beijing	6 750	2.00
贵州省 Guizhou Province	6 690	1.68
江苏省 Jiangsu Province	6 630	1.98
上海市 Shanghai	6 000	1.56
重庆市 Chongqing	5 250	1.32
湖北省 Hubei Province	5 175	1.56

注:表中数据来自《中国耕地质量等级调查与评定》
Note: The data in the table comes from 《The Investigation and Evaluation of Cultivated Land Quality Grade in China》

2 报酬递减理论的启示

土地报酬递减是指在技术和其他要素不变的条件下,在同一块土地上连续追加物化劳动和活劳动,达到一定限度后,其边际收益递减的现象。

报酬递减理论具有以下3个基本特点:一是随着投入的增加,边际产量变化经历递增、递减、最后变为负数的过程;二是报酬递减理论适用于要素比例可变的生

产函数;三是报酬递减理论的前提条件是技术水平不变。许多学者从不同角度论证了粮食生产中存在的报酬递减规律^[12-19],也有研究者认为按土地投入产出状况对土地质量等级进行修正评价的理论依据是土地报酬递减原理^[9]。

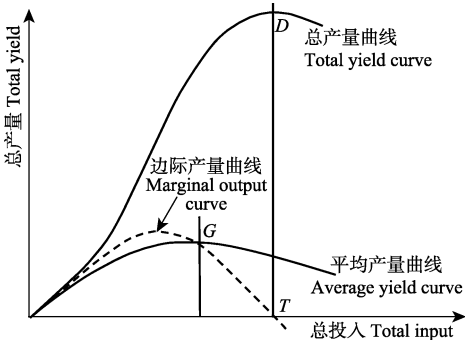


图1 经典报酬递减曲线图
Fig.1 Classic diminishing returns curves

图 1 中, 当平均产量曲线向上与边际产量曲线相交 (G 点) 时, 平均产量达到最大值; 当边际产量曲线向下与 X 轴相交即边际产量递减为 0 (T 点) 时, 总产量达到最大值 D 。若以单位面积的粮食产量 (kg/hm^2) 作为纵坐标, 单位面积投入水平 ($\text{元}/\text{hm}^2$) 作为横坐标, 则图 1 中的总产量曲线即变为单产 (kg/hm^2) 曲线, 平均产量则变为单产与投入之比 ($\text{kg}/\text{元}$), 其与农用地分等中的产量-成本指数内涵和具体数值相同, 边际产量则变为投入增加一元单产的增量。单产、边际产量、产量-成本指数的这种关系为确定最高单产和最高产量-成本指数提供了可能。

3 实证计算

1999—2006 年, 全国开展了农用地分等工作。河南省在 2004 年完成了全省农用地分等, 2011 年在农用地分等成果的基础上, 完成了基于第二次土地利用现状调查数据库的农用地分等成果补充完善工作, 补充完善后的成果基本上继承了 2004 年农用地分等时的主要参数和等别, 本文的目的是为了探寻最高单产和最高产量-成本指数的确定方法, 同时, 为了使研究确定的最高单产和最高产量-成本指数能够与已有的成果进行比较, 因此, 本文应用河南省 2004 年农用地分等时小麦投入产出数据进行探索研究。

3.1 基础数据处理

河南省农用地分等时对 42 380 个行政村进行了调查, 每个行政村调查 3 个样点, 共 127 140 个。

3.1.1 样本异常数据剔除

采用常规统计方法对调查数据进行处理, 分别计算产量的平均值 $\bar{X}_{\text{产}}$ 和标准差 $B_{\text{产}}$ 、投入的平均值 $\bar{X}_{\text{投}}$ 和标准差 $B_{\text{投}}$, 将产量位于区间 $[\bar{X}_{\text{产}} - 2B_{\text{产}}, \bar{X}_{\text{产}} + 2B_{\text{产}}]$ 以外、投入位于 $[\bar{X}_{\text{投}} - 2B_{\text{投}}, \bar{X}_{\text{投}} + 2B_{\text{投}}]$ 以外的样点视为异常样点删除。

3.1.2 空间异常数据剔除

由于粮食投入和产量样点数据都具有空间属性, 所以, 还需对样点的空间差异性进行处理。采用式 (5) 计算行政村平均半径:

$$R = \sqrt{\frac{S}{n\pi}} \quad (5)$$

式中 R 为行政村平均半径, km , S 为河南省总面积, km^2 , $n=42\ 380$ 为行政村个数。采用 3 倍 R 为搜索半径, 计算搜索范围内样点投入平均值 $P_{\text{投}}$ 和标准差 $b_{\text{投}}$ 、产量的平均值 $P_{\text{产}}$ 和标准差 $b_{\text{产}}$, 将投入位于 $[P_{\text{投}} - 2b_{\text{投}}, P_{\text{投}} + 2b_{\text{投}}]$ 以外、产量位于 $[P_{\text{产}} - 2b_{\text{产}}, P_{\text{产}} + 2b_{\text{产}}]$ 以外的样点视为异常样点剔除。

处理后样点数量为 120 156 个, 将样点随机分为 2 部分, 一部分样点数量为 96 105 个作为研究使用, 另一部分样点数量为 24 051 个用于对研究结果进行验证。

3.2 报酬递减曲线绘制

为了消除样点数量差异对绘制报酬递减曲线的影响, 将投入以 20 元为间距划分区段, 分段统计对应样点粮食产量的平均值。为了使最终确定的最高单产和最高

产量-成本指数具有代表性, 应保证投入最低和最高区间至少包含 3 个行政村的样点, 且数量不少于 9 个。对各区间产量进行移动平均平滑处理, 绘制出的小麦投入产出报酬递减曲线如图 2。图 2 中, 投入为横坐标、产量采用左侧纵坐标、产量-成本指数和边际产量采用右侧纵坐标表示。

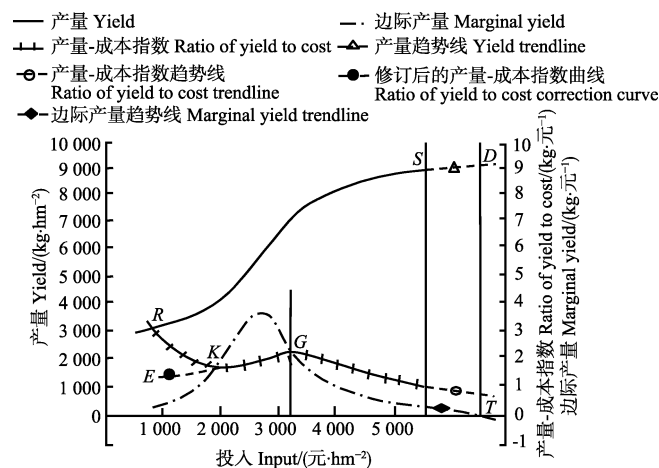


图 2 粮食产量报酬递减曲线图

Fig.2 Grain yield diminishing returns curves

从图 2 可以看出, 粮食生产的报酬递减曲线总体上与经典的报酬递减曲线变化规律相同, 但局部具有一定差异: 在低投入区域产量-成本指数较高且逐步下降, 这种现象的出现使得产量-成本指数和边际产量曲线有两次相交。在初期随着投入的增加, 产量-成本指数呈下降趋势, 并由上向下和边际产量曲线相交于 K 点; 然后开始上升, 在达到较高水平时由下向上再次和边际产量曲线相交于 G 点。造成这种情况的主要原因是由于耕地既有的自然生产能力, 在较低投入时也可获得一定产量, 就会出现产量虽低, 但产量-成本指数较高的现象; 初期随着投入的增加, 边际产量的增加比较缓慢, 在投入达到一定规模后, 边际产量才开始有较明显的增加, 产量-成本指数也随之达到一个较高水平。这种变化格局对科学合理地确定最高产量-成本指数造成了干扰, 一些学者在研究土地经济系数计算时也对这种现象进行了关注^[20-25]。

3.3 最高单产和最高产量-成本指数确定

3.3.1 最高单产的确定

与经典报酬递减曲线不同, 粮食单产的报酬递减曲线在达到较高投入水平时, 随着投入的增加, 单产仍会缓慢持续增长, 直至稳定在某一水平, 一般不会出现随着投入的增加单产下降的情况; 但是, 由于在达到较高投入水平后, 随着投入的增加, 产量的增长会越来越慢, 直至停滞, 造成产量-成本指数、边际产量持续降低。

在完整的报酬递减曲线中, 边际产量由大到小变为 0 时 (图 2 中 T 点), 其对应的产量达到最大值 (图 2 中 D 点), 这时, D 点的值就是最高单产。然而, 一般情况下, 正常生产的粮食生产不会过度追加投入而出现边际产量为 0 的情况, 因而, 调查的单产样点数据无法绘制出完整的报酬递减曲线, 也就是说正常生产的粮食单产报酬

递减曲线一般情况下达不到 D 点, 只能达到 S 点。对单产曲线进行趋势外推, 计算得到 D 点的产量为 $9\,041\text{ kg/hm}^2$, 较 S 点产量 $8\,850\text{ kg/hm}^2$ 高 2.16% , 从二者的产量看, S 点的产量已十分接近报酬递减曲线的理论最高单产, 同时, 《规程》中土地利用系数的定义为“用来修正土地的自然质量, 使达到接近土地的实际产出水平的系数”, 作为一种标杆, 具有实际产出意义的最高单产才有可能实现“修正土地的自然质量, 使达到接近土地的实际产出水平”, 综上, 选择实际最高产出 S 点的产量 $8\,850\text{ kg/hm}^2$ 作为最高单产。

3.3.2 最高产量-成本指数的确定

由于产量-成本指数曲线的形态与经典报酬递减曲线中平均产量的形态有较大差异, 造成边际产量曲线和产量-成本指数曲线出现两次相交 (图 2 中 K 点和 G 点), 并且 R 点处的产量-成本指数还高于 K 点和 G 点, 因而需要依据产量-成本指数出现的位置和合理性来确定最高产量-成本指数。

R 点及其附近的产量-成本指数虽然较大 (甚至最大), 但是由于其处于投入和产量的低值区域, 耕地的生产能力得不到充分发挥, 总体效益也较低, 不具有标杆意义, 故确定最高产量-成本指数时不应考虑该区域; 而 K 点处于 G 点左侧, 边际产量从 K 点到 G 点仍处于上升趋势, 若选择 K 点, 则投入的效能就无法发挥。 G 点对应的产量虽不是最大值, 但此点兼顾了总体效益, 又具有较高的边际产量和投入产出比, 投入效能和耕地生产能力都得到了较好发挥, 同时, G 点也符合经典报酬递减理论中平均产量 (产量-成本指数) 最大的条件: 产量-成本指数曲线向上与边际产量曲线相交处对应的产量-成本指数为最高产量-成本指数。故应选择 G 点处的产量-成本指数作为最高产量-成本指数, 对应数值为 2.00 kg/元 。

4 合理性分析

4.1 用验证样点数据确定最高单产和最高产量-成本指数

对验证样点数据做同样处理, 绘制粮食单产报酬递减曲线, 按同样的方式获得的最高单产为 $8\,861\text{ kg/hm}^2$ 、最高产量-成本指数为 2.01 kg/元 , 若以研究数据确定的最高单产 $8\,850\text{ kg/hm}^2$ 、最高产量-成本指数 2.00 kg/元 为基准, 则不同样点确定的最高单产仅相差 0.12% 、确定的最高产量-成本指数仅相差 0.50% 。说明应用粮食单产报酬递减曲线方法确定的区域最高单产和最高产量-成本指数具有相对稳定性, 同时, 由于 2 组样点数量都较大, 降低了样点随机性的影响, 也为最高单产和最高产量-成本指数确定结果趋向稳定奠定了基础。

4.2 最高单产的合理性分析

以报酬递减规律为依据确定的最高单产为 $8\,850\text{ kg/hm}^2$, 低于河南省 2004 年农用地分等时确定的小麦最高单产 $9\,400\text{ kg/hm}^2$ 。

从表 2 可以看出, 最高单产为 $9\,400\text{ kg/hm}^2$ 时计算的利用系数等值区没有充分体现出利用系数的差异性, 等值区 $(0.7, 0.8)$ 的面积占全省总面积的比例达到 49.03% ,

等值区 $(0.9, 1.0)$ 的面积仅占全省总面积的 1.99% ; 而最高单产为 $8\,850\text{ kg/hm}^2$ 时计算的利用系数差异性特征则较明显, 等值区 $(0.7, 0.8)$ 的面积占全省总面积的比例下降到 41.03% , 等值区 $(0.9, 1.0)$ 的面积占全省总面积比例上升到 4.23% , 不同等值区之间的过渡特征得以更好的显现, 利用系数的空间分异更符合生产实际。

表 2 不同最高单产计算的利用系数等值区面积占河南省总面积的比例

Table 2 Ratios of utilization coefficient equivalence regions areas calculated according to different highest yields to total areas of Henan Province %

利用系数 Utilization coefficient	利用系数等值区区间 Utilization coefficient equivalence regions					合计 Total
	(0.0,0.6]	(0.6,0.7]	(0.7,0.8]	(0.8,0.9]	(0.9,1.0)	
最高单产为 $9\,400\text{ kg/元}$ 时计算的利用系数	20.09	21.39	49.03	7.5	1.99	100
最高单产为 $8\,850\text{ kg/元}$ 时计算的利用系数	18.31	20.56	41.03	15.87	4.23	100

采用研究数据重新计算省级小麦利用等指数, 分析发现新省级小麦利用等指数与验证样点产量的相关系数为 0.79 , 而农用地分等时的省级小麦利用等指数与验证样点产量的相关系数为 0.73 , 前者明显高于后者。

4.3 最高产量-成本指数的合理性分析

2002—2004 年小麦平均价格^[26]大体为 $1\,260\text{ 元/t}$, 最高产量成本指数为 3.70 kg/元 时, 最高产量成本指数所在区域 1 元投入获得的产值为 4.66 元 , 毛收入为 3.66 元 , 若按 2004 年小麦的平均价格 $1\,600\text{ 元/t}$ 计算, 则最高产量成本指数为 3.70 kg/元 时, 最高产量成本指数所在区域 1 元投入所获得的产值高达 5.92 元 , 毛收入则达到 4.92 元 , 对于正常的小麦种植而言收益率显得过高; 而最高产量成本指数为 2.00 kg/元 时, 对应于 2002—2004 年小麦平均价格和 2004 年小麦平均价格, 其产值分别为 2.52 元 和 3.20 元 , 毛收入分别为 1.52 元 和 2.20 元 。相比之下, 在不考虑低投入低产量区域产量-成本指数异常高值的情况下, 以报酬递减理论为依据确定的最高产量-成本指数 2.00 kg/元 更接近实际。

通过计算, 验证样点的小麦产量-成本指数为 $0.11\sim 3.32\text{ kg/元}$, 平均为 0.97 kg/元 , 产量-成本指数大于 2.00 kg/元 的样点分布在单产小于 $3\,400\text{ kg/hm}^2$ 的样点中, 这部分低产量区域的高产量-成本指数样点不具有生产实践的标杆价值。依据资料可计算出 2000—2005 年全国小麦产量-成本指数平均为 0.82 kg/元 ^[27], 河南省 2004—2005 年、2006—2009 年小麦产量-成本指数均值分别 0.93 kg/元 、 0.90 kg/元 ^[28-30], 表明验证样点的平均产量-成本指数具有较高的可信程度。经济系数的区间为 $[0, 1]$, 若以原最高产量-成本指数 3.70 kg/元 为基准, 则验证样点平均产量-成本指数对应的经济系数仅为 0.27 , 造成大部分样点的经济系数被压低, 扭曲了经济系数的意义, 而以新的最高产量-成本指数 2.00 kg/元 为基准, 则验证样点平均产量-成本指数对应的经济系数为 0.49 , 能够反映平均产量-成本指数“均值”的特征。

采用以报酬递减理论为依据确定的最高产量-成本指数重新计算小麦土地经济系数。 K 点右侧的样点采用实际产量-成本指数计算经济系数, 由于 K 点左侧 R 点到 K 点的产量-成本指数不能代表该区域正常生产情况, 故采用式(6)计算获得, 并以此为依据计算其土地经济系数:

$$h_{ij} = h_{kj} \sqrt{\left(\frac{F_{ij}}{F_{kj}}\right)^2 + \left(\frac{M_{ij}}{M_{kj}}\right)^2} / 2 \quad (6)$$

式 h_{ij} 为第 i 个样点第 j 种指定作物修正后的“产量-成本”指数, $\text{kg}/\text{元}$; h_{kj} 为第 j 种指定作物 K 点处的产量-成本指数, $\text{kg}/\text{元}$; F_{ij} 为第 i 个样点第 j 种指定作物投入, $\text{元}/\text{hm}^2$; F_{kj} 为第 j 种指定作物 K 点处的投入, $\text{元}/\text{hm}^2$; M_{ij} 为第 i 个样点第 j 种指定作物产量, kg/hm^2 ; M_{kj} 为第 j 种指定作物 K 点处产量, kg/hm^2 。修正计算后 R 点到 K 点的产量-成本指数变为 E 点到 K 点的虚线所表示的水平, 从而使低产量区域的土地经济系数落在 $[0, 1]$ 区间里。

5 结 论

1) 采用研究数据和验证数据确定的最高单产和最高产量-成本指数分别相差 0.12%、0.50%, 显示在研究区域内, 采用不同样点通过绘制粮食单产报酬递减曲线的方法, 获得的最高单产和最高产量-成本指数十分相近, 表明该研究方法获得的区域最高单产和最高产量-成本指数是相对稳定的数值。

2) 在研究区域内, 以该研究方法确定的最高单产为基础计算的利用等指数与验证样点产量的相关性更高, 相关系数由 0.73 提高到 0.79。

3) 该研究建立的低产量区域产量-成本指数修正方法, 可确保低产量区域土地经济系数落在 $[0, 1]$ 内。

应用粮食单产报酬递减曲线确定最高单产和最高产量-成本指数本质上也是一种统计方法, 因而, 样点数量会影响最高单产和最高产量-成本指数的确定结果, 能够获得相对稳定的最高单产和最高产量-成本指数的最少样点数量还有待后续研究确定。

[参 考 文 献]

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会. 农用地质量分等规程(GB/T28407-2012) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012: 14—21.
- [2] 张凤荣, 阚文聚, 孔祥斌, 等. 对《农用地分等定级规程》土地利用系数的探讨[J]. 中国土地科学, 2002, 16(1): 16—19.
- [3] 王秋香. 广东省农用地分等工作中应注意的技术问题[J]. 中国土地科学, 2005, 19(5): 49—53.
Wang Qiuxiang. Technical problems of agricultural land gradation in Guangdong province[J]. China Land Science, 2005, 19(5): 49—53. (in Chinese with English abstract)
- [4] 黄志勤, 刘永湘, 朱明仓, 等. 四川省农用地分等关键技术研究[J]. 西南农业学报, 2007, 20(4): 681—685.
Huang Zhiqin, Liu Yongxiang, Zhu Mingcang, et al. Research in to key technologies for classification on agricultural land in Sichuan province[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2007, 20(4): 681—685. (in Chinese with English abstract)
- [5] 冯蓉晔, 谈志浩, 黄劲松, 等. 农用地分等中土地利用系数与经济系数计算方法改进探讨: 以江苏省无锡市为例[J]. 经济地理, 2004, 24(2): 246—249.
Feng Rongye, Tan Zhihao, Huang Jinsong, et al. Discussion on improvement of method for utilization coefficient and economic coefficient calculation in farmland classification: A case study in Wuxi City[J]. Economic Geography, 2004, 24(2): 246—249. (in Chinese with English abstract)
- [6] 张凤荣, 鄢文聚, 胡存志. 《农用地分等规程》的几个理论问题及应用方向[J]. 资源科学, 2005, 27(2): 33—38.
Zhang Fengrong, Yun Wenju, Hu Cunzhi. The theory and application of the regulations of farmland grading[J]. Resources Science, 2005, 27(2): 33—38. (in Chinese with English abstract)
- [7] 郑宏刚, 余建新, 肖光强, 等. 农用地分等最大标准粮产量确定方法[J]. 农业工程学报, 2008, 24(增刊 1): 124—127.
Zheng Honggang, Yu Jianxin, Xiao Guangqiang, et al. Methods for deciding the highest standard grain productivity in agricultural land grading[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(supp.1): 124—127. (in Chinese with English abstract)
- [8] 周子健, 吴克宁, 马建辉, 等. 耕地质量等级监测中县域土地利用系数更新方法研究: 以北京市大兴区为例[J]. 中国农业资源与区划, 2013, 34(3): 66—72.
Zhou Zijian, Wu Kening, Ma Jianhui, et al. Updating method of comprehensive land utilization coefficient based on quality level monitoring of arable land for county zone: A case study of Daxing district of Beijing[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning June, 2013, 34(3): 66—72. (in Chinese with English abstract)
- [9] 胡存智. 中国农用地分等定级理论与方法研究: 兼论《农用地分等规程》总体思路及技术方案设计[J]. 中国土地科学, 2012, 26(3): 5—13.
Hu Cunzhi. Theory and Method of China's Agricultural land classification and gradation: On general framework and technical scheme of the agricultural land classification rules[J]. China Land Sciences, 2012, 26(3): 5—13. (in Chinese with English abstract)
- [10] 马仁会, 李强, 崔俊辉, 等. 土地经济系数宏观分区计算方法比较研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(增刊): 159—163.
Ma Renhui, Li Qiang, Cui Junhui, et al. Comparative study of the macroscopical zoning method for calculating land economic coefficient[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE),

- 2005, 21(supp.): 159—163. (in Chinese with English abstract)
- [11] 崔俊辉, 马仁会, 崔建军, 等. 全国分县土地经济系数计算方法及比较[J]. 地理与地理信息科学, 2004, 20(4): 106—109.
- Cui Junhui, Ma Renhui, Cui Jianjun, et al. Calculation and comparison of land economic coefficients of counties in China[J]. Geography and Geo-Information Science, 2004, 20(4): 106—109. (in Chinese with English abstract)
- [12] 龙均云, 吴振先, 唐代喜. 粮食产业边际效益与价格效应双约束问题探析[J]. 价格理论与实践, 2013, (5): 50—51.
- [13] 程遥. 土地报酬递减规律与农业投资[J]. 黑龙江社会科学, 1996, (6): 27—28.
- [14] 陈秧分, 李先德. 中国粮食产量变化的时空格局与影响因素[J]. 农业工程学报, 2013, 29(20): 1—10.
- Chen Yangfen, Li Xiande. Spatial-temporal characteristics and influencing factors of grain yield change in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(20): 1—10. (in Chinese with English abstract)
- [15] 胡浩, 张锋. 中国农户耕地资源利用及效率变化的研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(6): 131—136.
- Hu Hao, Zhang Feng. Change of China arable land utilization and its efficiency for nearly a century in China: A comparison study based on buck's survey[J]. China Population Resources and Environment, 2009, 19(6): 131—136. (in Chinese with English abstract)
- [16] 周茂春. 农业生产要素组合规律分析及其运行模式探讨[J]. 经济论坛, 2015, (2): 72—74.
- [17] 王光宇, 孔令聪, 胡永年. 安徽省小麦生产投入产出及资源合理配置研究[J]. 农业经济问题, 2008, (3): 55—60.
- [18] 周明华. 中国粮食全要素生产率变化的实证分析: 1978—2010[J]. 广东商学院学报, 2013, (2): 70—76.
- Zhou Minghua. An empirical study on the total factor productivity of food production in China: 1978-2010[J]. Journal of Guangdong University of Business Studies, 2013, (2): 70—76. (in Chinese with English abstract)
- [19] 邵来峰, 魏彦杰, 罗亚东, 等. 安徽农业投入产出效率评价分析[J]. 沈阳农业大学学报: 社会科学版, 2012, 14(5): 515—518.
- Shao Laifeng, Wei Yanjie, Luo Yadong, et al. Analysis of Anhui agricultural input and output efficiency[J]. Journal of Shenyang Agricultural University: Social Science Edition, 2012, 14(5): 515—518. (in Chinese with English abstract)
- [20] 钱建平, 周勇, 江建国, 等. 基于线性模型的土地利用系数和土地经济系数修正对农用地分等的影响[J]. 国土资源科技管理, 2004, 21(6): 135—138.
- Qian Jianping, Zhou Yong, Jiang Jianguo, et al. Influence of land use coefficient based on linearity model and land economic coefficient revision on agricultural land classification[J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2004, 21(6): 135—138. (in Chinese with English abstract)
- [21] 孙志芬, 郝润梅. 农用地分等中土地利用系数与土地经济系数的确定: 以内蒙古和林格尔县为例[J]. 内蒙古师范大学学报: 自然科学汉文版, 2005, 34(1): 69—72.
- Sun Zhifen, Hao Runmei. Determination on coefficient of land use and economy in grading of agricultural land: taking example of Helingeer County[J]. Journal of Inner Mongolia Normal University: Natural Science Edition, 2005, 34(1): 69—72. (in Chinese with English abstract)
- [22] 王国强, 张荣军. 河南省农用地分等研究[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2005: 12—63.
- [23] 周卫平. 农用地分等土地经济系数计算方法比较研究: 以江西省上高县为例[J]. 宜春学院学报, 2009, 31(6): 114—117.
- Zhou Weiping. Comparative study on calculation method of the land economic coefficient in farmland classification of county-level: Taking an example of Shanggao[J]. Journal of Yichun College, 2009, 31(6): 114—117. (in Chinese with English abstract)
- [24] 孙兆金, 周生路, 王黎明, 等. 农用地分等中经济系数量化方法的探讨: 以无锡市为例[J]. 土壤, 2004, 36(5): 522—526.
- Sun Zhaojin, Zhou Shenglun, Wang Liming, et al. Quantification of economic coefficients in farmland classification: A case study of Wuxi[J]. Soils, 2004, 36(5): 522—526. (in Chinese with English abstract)
- [25] 赵丽红, 郭熙, 陈文波. 农用地分等中土地经济系数计算方法的探讨: 以江西省玉山县为例[J]. 土壤, 2007, 39(4): 652—657.
- Zhao Lihong, Guo Xi, Chen Wenbo. Calculation methods of land economic coefficient in farmland classification: A case study of Yushan County, Jiangxi Province[J]. Soils, 2007, 39(4): 652—657. (in Chinese with English abstract)
- [26] 张浩然. 中国小麦供需形势与 2006 年小麦价格走势[J]. 农业展望, 2006, (4): 23—26.
- [27] 王庆锋, 陶艳梅. 小麦生产成本测定与合理价格分析[J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2006, 16(4): 66—69.
- Wang Qingfeng, Tao Yanmei. Determination of generative cost and analysis on the reasonable price of the wheat[J]. Journal of Xinyang Agricultural College, 2006, 16(4): 66—69. (in Chinese with English abstract)
- [28] 施利敏, 余静. 从 2004、2005 两年河南小麦成本收益变化解析种植业增收困难[J]. 中国粮食经济, 2006(4): 42—43.
- [29] 卢向虎, 吕新业, 李先德, 等. 小麦生产成本收益分析: 基于河南省的调查[J]. 农业展望, 2008, (6): 8—11.
- [30] 曾广伟. 2009 年河南省小麦生产成本收益分析[J]. 农家参谋, 2009, (8): 4—5.

Determination method of highest yield and highest ratio of yield to cost for agricultural land quality grade

Wang Lingchao, Song Yanhua, Song Fuqiang, Wang Lei, Yang Xihui

(Institute of Geographical Sciences, Henan Academy of Sciences, Zhengzhou, 450052, China)

Abstract: Highest yield and highest ratio of yield to cost are 2 important parameters in agricultural land quality grade. *The procedures of agricultural land quality classification* (GBT28407-2012) points out that the highest yield should be investigated and determined by the land administrative departments of the provinces according to the specified crop species in standard farming system, and the maximum highest ratio of yield to cost for the specified crop species in the partitions of provinces should be determined by the relevant experts. Due to the lack of scientific basis, the determination of highest yield and highest ratio of yield to cost was subjective and random, which affects the comparability, scientificity and rationality of agricultural land quality grade results. In this paper, we applied wheat input-output survey data of farmland in Henan Province, and divided the data into 2 parts, one for research and the other for verifying the research results, after eliminating abnormal sample data. Based on the theory of land diminishing returns, the wheat per unit yield and per unit input of the agricultural land quality grade were used as the total yield and the total input of the land diminishing returns curve respectively, and accordingly the average yield had the same meaning as the production-cost index. Then the relationships among unit yield, production-cost index and marginal yield of diminishing returns curves were used to determine the highest yield and the highest ratio of yield to cost. The paper concluded that the theoretical conditions for achieving the highest yield and the highest ratio of yield to cost were as follows: In the complete marginal yield diminishing returns curves, the intersection point of the marginal yield curve and the X axis was the highest yield; in the incomplete marginal yield diminishing returns curves, the right end of the yield curve was the highest yield; the intersection point of the production-cost index curve and the marginal yield curves was the highest ratio of yield to cost. A correction method for the abnormal production-cost index was also proposed in this paper. In the incomplete marginal yield diminishing returns curves we obtained, the highest yield of wheat was $8\,850\text{ kg/hm}^2$, 2.16% lower than the highest yield of $9\,041\text{ kg/hm}^2$ obtained from the yield curve trend extrapolation theory, showing that they were very close. Compared with the original highest yield of $9\,400\text{ kg/hm}^2$, the space transition characteristics of wheat land use coefficient of equivalent area obtained by using the new highest yield calculation method could be showed better, the spatial differentiation of the coefficient was more in line with the actual production, and the correlation degree between new wheat utilization class index calculated at provincial level and validation sample yield was higher; compared with the original highest ratio of yield to cost of 3.70 kg/yuan, the highest ratio of yield to cost determined in this study was 2.00 kg/yuan according to the wheat price at the time, which conformed more to the local wheat gains at the time. The results showed that calculation method of the highest yield and the highest ratio of yield to cost was scientific and feasible. The determined highest yield had corresponding funding support and the determined highest ratio of yield to cost had economic significance and practical value. The results verified that "high land yield doesn't always mean high production-cost index". The research provides scientific basis for calculating the abnormal production-cost index, enriches the connotation of the utilization coefficient and the economic coefficient, and improves the compatibility, rationality and scientificity of the agricultural land utilization grade and the economy grade results.

Keywords: land use; land quality; crops; diminishing return; agricultural land quality grade; highest yield; highest ratio of yield to cost