

# 西洞庭湖区土地生产潜力与人口承载力研究

## ——以湖南省安乡县为例

杨柳青青, 文倩, 霍金炜 (湖南农业大学资源环境学院, 湖南长沙410128)

**摘要** 采用“生产力衰减法”(逆向限制因子修正法), 估算了安乡县的土地资源生产潜力, 同时对土地资源人口承载力进行了研究。结果表明, 安乡县土地的开发空间和潜力较大, 水稻、油菜、棉花三种主要农作物的生产潜力指数分别为66.82%、88.06%和89.06%, 尚有2/3~4/5的土地生产潜力可开发。在温饱型、宽裕型、小康型和富裕型粮食消费水平下的土地资源人口承载力分别为88.54万人、77.48万人、68.87万人和61.98万人; 土地资源能够保障全县人口小康水平的粮食消费量, 但若要实现富裕型社会发展目标, 则必须提高土地生产力水平、并控制人口增长速度。

**关键词** 土地生产潜力; 人口承载力; 西洞庭湖区; 安乡县

中图分类号 F301.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)15-07107-03

### A Study on the Potential Land Productivity and Population Carrying Capacity in the West Dongting Lake Region

YANG Liu-qing-qing et al (College of Resource and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128)

**Abstract** Based on the situation of food security and sustainable agricultural development, this research attempted to study systematically the issues of potential land productivity and population carrying capacity in Anxiang county by applying environmental elements step up method. The results showed that there was still 2/3 to 4/5 of the potential land productivity to be developed in Anxiang County. The potential productivity index of three chief crops, rice, rapeseeds and cotton, were 66.82%, 88.06% and 89.06% resp. At the food consumption level of basic-living, fairly comfortable, well-off and better-off, the land could carry 885 400, 774 800, 688 700 and 619 800 people. At the current level of land productivity, it could satisfy the demand of people and reach the well-off standard according to the regional food security, therefore, to secure a better-off life, the land productivity must be improved and the growth rate of population should be controlled.

**Key words** Potential land productivity; Population carrying capacity; West Dongting Lake region; Anxiang County

随着世界人口的高速增长, 耕地与人口间的矛盾变得日益突出, 基于土地生产潜力的人口承载力问题也受到广泛关注。土地生产潜力是理想生产条件下农作物所能达到的最高理论产量<sup>[1]</sup>, 对其进行正确地估算与评价可揭示区域土地资源的利用程度、产量形成的限制因子和粮食增产的前景以及人口承载条件。唐冲等人对河北省尚义县的气候资源生产潜力及耕地人口承载力的研究表明, 该县近期粮食生产的目标应定位在以温饱为消费标准的粮食需求<sup>[2]</sup>; 杨艳昭等人的结果则显示, 内蒙古县域土地资源生产潜力均值为4.37 t/hm<sup>2</sup>, 大兴安岭—阴山—贺兰山—一线以东、以南地区生产潜力较高, 以西、以北潜力较低, 基于粮食安全的人口发展空间较大, 但旗县差异显著<sup>[3]</sup>; 李方敏等研究表明, 湖北省宜昌市在现有耕地资源状况下, 要达到宽裕型或小康型消费标准, 全市尚缺少粮食21.79万~47.11万t<sup>[4]</sup>。以上研究表明, 土地生产潜力的研究对于因地制宜地制定土地与人口政策、确保粮食安全、实现资源和环境的可持续发展均具有十分重要的意义。

该研究以地处湖南省洞庭湖区西北部的全国重要商品粮基地安乡县为例, 应用“生产力衰减法”(逆向限制因子修正法)估算了土地的生产潜力<sup>[5]</sup>与人口承载力, 以期揭示该县人口发展的粮食安全水平与耕地保障程度, 并为区域土地、人口与经济的持续、协调发展提供理论和实践指导。

### 1 研究区概况

安乡县位于东经111°59'~112°18', 北纬29°08'~29°46', 土地总面积1 087.032 km<sup>2</sup>, 人口59万。全县现有耕地46 228 hm<sup>2</sup>, 其中水田31 135 hm<sup>2</sup>, 旱地15 093 hm<sup>2</sup>; 地势低平开阔, 由

东北向西南微倾, 地面坡度小; 气候属中亚热带向北亚热带过渡的季风湿润气候区, 年平均气温16.6℃、年均降水量1 212.7 mm、年均蒸发量871.7 mm、平均无霜期275 d, 年均日照1 842 h; 县内主要粮食作物为水稻, 主要经济作物为棉花和油菜。

县境水路交通十分便利, 为长江三口泄洪与澧水进入洞庭湖的必经之地。水资源丰富, 年平均径流量994.69亿m<sup>3</sup>; 有湖泊和哑河140个(条), 总面积0.62万hm<sup>2</sup>, 有效调蓄水量0.46亿m<sup>3</sup>。境内土壤主要有水稻土、潮土和红壤3类; 质地较好, 沙壤土、壤土和粘壤土占全部土壤的95.9%。

2007年全县国民生产总值62.60亿元, 工业增加值增长16.8%, 农林牧渔业总产值35.51亿元。全县粮食播种面积4.62万hm<sup>2</sup>, 粮食总产量30.99万t。

### 2 土地生产潜力的估算

土地生产潜力采用“生产力衰减法”(逆向限制因子修正法)计算, 即从光合作用入手, 依据作物能量转化以及粮食生产形成过程, 逐步衰减来估计粮食生产潜力。

**2.1 光合生产潜力** 光合生产潜力是指作物在温度、水分和养分等条件完全有保证的情况下, 由太阳辐射所决定的产量, 也称光能生产潜力。光合生产潜力是粮食产量的理论上限, 其计算公式为:

$$r_Q = 10^5 / CgFgEgQ \quad (1)$$

式中,  $r_Q$  为光合生产潜力(kg/hm<sup>2</sup>);  $F$  为最大光能利用率, 最大理论值为15.68%;  $E$  为作物经济系数;  $C$  为干物质发热量(kc/g);  $Q$  为太阳总辐射(kc/cm<sup>2</sup>)。

黄秉维先生曾全面考虑作物群体对太阳辐射的反射、漏射、吸收、转化和消耗等10多个因子, 计算得到的  $F$  值为6.13%<sup>[6]</sup>。该研究结合安乡县实际情况将光能利用率  $F$  确定为5%。安乡县主要作物是水稻、油菜和棉花, 经济系数  $E$  分别取0.42、0.30和0.37。物质发热量  $C$  用1g干物质所结

合的化学能来表示,多数作物的平均值为4.25 kc/g。安乡县多年平均太阳辐射总量为100.03 kc/cm<sup>2</sup>。通过计算得到安乡县主要作物的光合生产潜力,其中水稻的光合生产潜力最

高,达49 426.59 kg/hm<sup>2</sup>;棉花次之,为43 542.47 kg/hm<sup>2</sup>;油菜最低,为35 304.71 kg/hm<sup>2</sup>(表1)。

表1 安乡县主要作物生产潜力

Table 1 The productivity potential of chief crops in Anxiang County

主要作物 Chief crops	光合生产潜力 $r_Q$ Photosynthetic potential productivity	光温生产潜力 $r_T$ Photo-thermal potential productivity	气候生产潜力 $r_W$ Climatic potential productivity	土地生产潜力 $r_S$ Productivity land potential
水稻 Rice	49 426.59	37 069.94	32 250.85	20 221.28
油菜 Rapeseeds	35 304.71	26 478.53	23 036.32	14 443.77
棉花 Cotton	43 542.47	32 656.85	28 411.46	17 813.99

kg/hm<sup>2</sup>

**2.2 光温生产潜力** 光温生产潜力是在光合生产潜力的基础上,考虑温度对作物光合生产潜力的衰减作用、经过温度有效系数修正后形成的作物生产潜力,是在其他自然条件均适宜的条件下,由光能和温度所决定的作物产量,其计算公式为:

$$r_T = r_Q f(T) \quad (2)$$

式中, $r_T$  为光温生产潜力(kg/hm<sup>2</sup>); $f(T)$  为温度有效系数, $f(T) = n/365$ ,其中 $n$  表示研究区无霜期天数。

安乡县多年平均无霜期为275 d,温度有效系数为0.75。通过计算得到安乡县主要作物的光温生产潜力(表1),其中水稻最高,棉花次之,油菜最低,分别为37 069.94、32 656.85和26 478.53 kg/hm<sup>2</sup>。

**2.3 气候生产潜力** 气候生产潜力(光温水生产潜力)是在土壤养分保持最适宜的状态下,光温生产潜力受水分条件 $f(W)$  限制而衰减后的作物生产潜力,其计算公式为:

$$r_W = r_T f(W) \quad (3)$$

式中, $r_W$  为气候生产潜力(kg/hm<sup>2</sup>); $f(W)$  为水分有效系数。水分有效系数 $f(W)$  采用经验公式计算:

$$f(W) = \begin{cases} R/E_0 & \text{当 } R \geq E_0 \text{ 时} \\ 1 - \frac{R - E_0}{3E_0} & \text{当 } E_0 < R < 4E_0 \text{ 时} \\ 0 & \text{当 } R < E_0 \text{ 时} \end{cases} \quad (4)$$

式中, $R$  为年降水量(mm), $E_0$  为年可能蒸发量(mm)。

安乡县多年平均降水量为1 212.7 mm,多年平均可能蒸发量为871.7 mm,水分有效系数 $f(W)$  为0.87,将其带入气候生产潜力公式,即得到3种主要作物的气候生产潜力,以水稻最高,为32 250.85 kg/hm<sup>2</sup>;油菜最低,为23 036.32 kg/hm<sup>2</sup>;棉花居中,为28 411.46 kg/hm<sup>2</sup>(表1)。

**2.4 土地生产潜力** 土地生产潜力是在气候生产潜力基础上对土壤进行修正,由光照、温度、水分和土壤因子共同决定的产量,其计算公式为:

$$r_S = r_W f(S) \quad (5)$$

式中, $r_S$  为土地生产潜力(kg/hm<sup>2</sup>); $f(S)$  为土壤有效系数,表示土地生产力的自然评价指数<sup>[7]</sup>,可作为土地质量等级的划分标准;该值越大,土地质量越高,反之则越低。

由安乡县土地分等定级情况(表2)可知,全县差等土地面积最大,达12 195.01 hm<sup>2</sup>,占总土地面积的26.38%;其次为中等和较高等土地,分别占总面积的23.67%和22.42%;高等土地面积较少,仅占土地总面积的9.87%。该县土壤有效

系数一般介于0.4~0.8,占全县耕地总面积的83.38%;全县平均土壤有效系数为0.627<sup>[8]</sup>。

各作物的土地生产潜力结果见表1,其中水稻最高,棉花次之,油菜最低,分别为20 221.28、17 813.99和14 443.77 kg/hm<sup>2</sup>。可知3种作物中油菜和水稻的生产潜力相差较大。

表2 安乡县土地分级结果统计

Table 2 The land classification statistics in Anxiang County

土地等级 Land grade	土壤有效系数 Effective soil coefficient	面积 hm <sup>2</sup> Area	面积比 % Area ratio
极差 Worst	<0.4	3 121.93	6.75
差等 Inferior	0.4~0.5	12 195.01	26.38
较差 Poor	0.5~0.6	5 044.66	10.91
中等 Average	0.6~0.7	10 942.34	23.67
较高 High	0.7~0.8	10 363.86	22.42
高等 Higher	>0.8	4 560.54	9.87
合计 Total		46 228.33	100.00

**2.5 生产潜力指数分析** 为了评价安乡县目前土地生产力的水平,该研究引入生产潜力指数( $D$ )的概念:

$$D = \frac{\text{土地生产潜力} - \text{现实生产力}}{\text{土地生产潜力}} \times 100\% = \frac{r_S - r}{r_S} \times 100\%$$

$D$  值越大,表明生产力水平越低,可挖掘的潜力越大,但土地改造的难度也越大;反之, $D$  值越小,表明生产力水平越高,也说明生产条件越适宜。

表3 安乡县主要作物产量及潜力结果指数

Table 3 The output and potential productivity index of chief crops in Anxiang County

主要作物 Crop kinds	土地生产潜力 kg/hm <sup>2</sup> Productivity land potential	现实生产力 kg/hm <sup>2</sup> Realistic pro- ductivity	生产潜力指数 Potential productivity index
水稻 Rice	20 221.28	6 709.35	66.82%
油菜 Rapeseeds	14 443.77	1 948.96	88.06%
棉花 Cotton	17 813.99	1 724.26	89.06%

根据安乡县主要作物实际产量资料和潜力分析结果,计算可得该县主要作物生产潜力指数(表3)。由表3可见,水稻的现实生产力水平仅达到其潜在生产力的33.2%,潜力指数为66.82%,尚有2/3的土地生产潜力有待开发;油菜和棉花的生产潜力指数分别为88.06%和89.06%,仅实现其潜在生产能力的10%。这反映出目前安乡县的粮食生产水平还

很低,现实生产力与土地生产潜力相差巨大,土地的开发空间和粮食增产潜力均很大。

### 3 土地资源人口承载力估算

根据国务院2000年制定的《2001~2010年中国食物与营养发展纲要》和国家食物与营养咨询委员会2003年提出的中国食物发展的阶段性目标以及安乡县粮食生产与食物消费的现状与趋势<sup>[9]</sup>,以人均粮食消费350 kg(温饱)、400 kg(宽裕)、450 kg(小康)和500 kg(富裕)为标准,计算了不同消费水平下安乡县的土地资源人口承载力(表4)。

由表4可见,现有生产力水平下若保持耕地规模和作物

结构不变,粮食消费水平为温饱型(350 kg/人)和宽裕型(400 kg/人)时,土地的人口承载力分别为88.54和77.48万人,现状人口规模与承载力尚有较大差距,土地资源可在较长时间内支撑人口的增长;但在小康型(450 kg/人)和富裕型(500 kg/人)粮食消费水平下,土地资源人口承载力的空间较小,特别是富裕型消费水平时,人口承载力仅为61.98万人,人口的增长空间仅有2.5万人。这表明若要在保证全县的粮食安全的同时又不断提高生活水平,就必须深入挖掘土地生产潜力,提高单位面积土地生产力和粮食产量。

表4 安乡县土地资源人口承载力

Table 4 The population carrying capacity of land in Anxiang County

粮食消费水平	2007年人口 万人	粮食总产量 万t	可承载人口数 万人
Grain consumption level	Population in 2007	Total grain output	Carrying population
温饱型(350 kg/人) Basic-living type	59.54	30.99	88.54
宽裕型(400 kg/人) Fairly comfortable type	59.54	30.99	77.48
小康型(450 kg/人) Well-off type	59.54	30.99	68.87
富裕型(500 kg/人) Better-off type	59.54	30.99	61.98

### 4 对策

**4.1 加强农田基本建设、提高土地利用效率** 安乡县降水的年际变化与季节差异明显、以及洪患威胁大是提高该县土地生产力的重要限制因素之一,因此,要加大水利投入,尤其是水利工程的维修、保护与建设,积极实施抗洪工程,保护农业生产安全,提高抗御自然灾害的能力;要节地挖潜、推广土地整理,实现土地利用从粗放到集约的转变;要努力提高生产潜力,迅速消除耕地大量减少和土地粗放并存的现象,力争在有限的土地上取得最佳的社会、经济和生态效益。

**4.2 改善生态环境、提高耕地质量和粮食单产** 改善土地的生态环境,必须依靠先进科学技术,提升与改造传统产业,大力发展循环经济,减少工业对耕地的污染,要加快生态农业建设,发展生态农业、有机农业和节水农业,开发与生产无公害和绿色农产品,防止农业利用对耕地造成破坏;要加大科技投入力度,改良粮食作物品种和推广新品种,提高粮食单产,提高土壤肥力和耕地的生产力。同时还要推广立体农业,以有效提高农业综合生产能力和农业资源利用率。

**4.3 控制人口增长** 严格控制人口增长是降低粮食需求量,缓解耕地安全压力的有效手段。应结合行政、经济和法律手段,控制人口数量,提高人均耕地占有量,保障耕地安全。同时,应科学制定粮食消费模式,正确引导消费趋向,在坚持以谷类为主的饮食结构基础上,引导人民对动物食品和水产品等的合理消费,以缓解对粮食需求的压力。

### 5 结论

该研究对安乡县的土地生产潜力进行了估算,并在此基

础上分析了土地资源人口承载力状况。结果表明,该县的土地的开发潜力较大,水稻、油菜和棉花3种主要农作物的生产潜力指数分别为66.82%、88.06%和89.06%,尚有近2/3~4/5的土地生产潜力有待开发。在现有生产力水平下,若保持耕地规模和作物结构不变,土地资源能够保障全县人口小康水平(450 kg/人)的粮食消费量;在富裕型(500 kg/人)粮食消费水平下,土地资源人口承载力仅为61.98万人,人口的增长空间仅为2.5万人。由此可见,若要在保证全县的粮食安全的同时不断提高生活水平,就必须深入挖掘土地生产潜力,提高土地生产力和粮食产量,同时控制人口增长速度。

#### 参考文献

- [1] 联合国粮农组织. 产量与水的关系[M]. 罗马,1979.
- [2] 唐冲,马礼,杜淑焕,等. 尚义县气候资源生产潜力及其耕地人口承载力研究[J]. 农业系统科学与综合研究,2005,21(4):283-287.
- [3] 杨艳昭,张晶,张蓬涛. 基于GIS的内蒙古土地资源生产潜力与未来人口承载力[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(4):1-5.
- [4] 李方敏,秦巧燕,程彩虹. 宜昌市耕地生产潜力和人口承载力研究[J]. 农业系统科学与综合研究,2007,23(3):342-346.
- [5] LIU J, XU X L, ZHUANG D F, et al. Impacts of LUC processes on potential land productivity in China in the 1990s[J]. Science in China, 2005, 48(8):1259-1269.
- [6] 黄秉维. 关于农业生产潜力研究[M]//中国土地资源的人口承载能力研究. 北京:中国科学技术出版社,1992:1-3.
- [7] 孙希华. 水土条件约束下基于GIS的土地生产力评价研究[J]. 国土资源遥感,2001,47(1):47-52.
- [8] 孙希华. 基于GIS的农用地增产潜力研究——以济南市长清区为例[J]. 国土与自然资源研究,2003(4):27-29.
- [9] 湖南省统计局. 湖南省统计年鉴(2008)[M]. 北京:中国统计出版社,2008.
- [10] 孙蕊. 城市园林绿化建设植物配置原则[J]. 黑龙江科技信息,2008(35):71,196.
- [11] 王辉,卞正富,齐淑娟,等. 复垦重建土壤质量评价[C]. 中国土地学会. 全国高等院校土地资源管理院长系主任联谊会第六次会议暨中国土地科学学术论坛论文集,2006:61-65.
- [12] 云舒. 基质化学性质的要求[EB/OL]. (2007-02-26). <http://www.ssy.sh.cn/tonato/show.asp?id=59>.

(上接第7106页)

- [6] 邱炳文,池天河,王钦敏,等. 基于GIS的土壤适宜性评价方法研究与系统实现[J]. 农业工程学报,2005,21(5):167-170.
- [7] 许云飞. 灰色聚类分析方法介绍[J]. 山东交通科技,1999(2):41-44.
- [8] 杨俐苹. 评价区域性土壤肥力的取样技术的回顾与展望[J]. 土壤肥料,2000(1):3-8.
- [9] 陈署晃. 土壤养分变异及合理取样数的初步研究[J]. 新疆农业科学,