

中国粮食生产潜力和化肥增产效率 的区域分异

曾希柏¹, 陈同斌², 胡清秀³, 林忠辉²

(1. 中国农业科学院土壤肥料研究所, 北京 100081; 2. 中国科学院地理和资源研究所环境修复室, 北京 100101;
3. 中国农业科学院农业自然资源和农业区划研究所, 北京 100081)

摘要: 根据我国各地区 1990~1998 年化肥施用量和作物产量, 以粮食作物为主要研究对象, 从不同年份单位播种面积的粮食产量和肥料施用量变化, 求出相应的单位播种面积可能达到的粮食生产潜力, 并以此为基础计算出该地区单位播种面积的粮食的增产潜力。研究表明: 我国粮食单产大多在 3500~5250 kg/hm² 范围, 粮食单产增产潜力一般在 300~600 kg/hm² 左右, 增施化肥的增产效果一般在 5~10 kg/kg (粮食 / 化肥) 范围, 但是各地区的差异较大。对不同地区的比较研究表明: 我国粮食单产 (5372 kg/hm²) 和生产潜力 (7462 kg/hm²) 均东部地区 (高施肥水平) 最高; 中部地区 (中等施肥水平) 的粮食单产和生产潜力居中, 分别为 4940 kg/hm² 和 7216 kg/hm²; 西部地区 (低施肥水平) 的粮食单产和生产潜力最低, 分别为 3844 kg/hm² 和 5470 kg/hm²。按播种面积计算, 粮食单产的增产潜力以西部地区最高, 平均达 948 kg/hm²; 东部地区居中, 平均为 754 kg/hm², 中部地区则相应较低, 为 714 kg/hm²。化肥增产效率(增施单位化肥的粮食增产量)以西部地区最高, 达 9.41 kg/kg (粮食 / 化肥); 中部地区居中, 为 7.17 kg/kg (粮食 / 化肥); 而东部地区最低, 为 -11.1 kg/kg (粮食 / 化肥)。从全国来看, 东部地区虽然粮食生产潜力大, 但是增产潜力很小, 由于施肥量较大, 增施化肥的增产效果不明显, 因此, 今后我国的化肥应该重点考虑投向中部和西部地区。

关 键 词: 化肥; 粮食; 生产潜力; GIS; 中国

中图分类号: F329.9

粮食安全问题一直来都受到国内外的普遍关注, 尤其是随着我国人口数量的增加和耕地面积的逐渐减少, 这一问题更加引人瞩目。粮食产量的提高, 在很大程度上依赖于作物品种的改进、生产技术的提高及施肥量增加等因素^[1]。我国化肥的施用总量从 1949 年的 0.6×10^4 吨 (纯养分) 增加到 1998 年的 4.014×10^7 吨, 单位面积的化肥施用量相应从 1952 年的 0.75 kg/hm² 增加到 1997 年的 262.0 kg/hm², 年粮食总产量也大幅度增加, 但是近年大致稳定在 5.00×10^8 吨左右。我国的粮食生产之所以能取得如此成就, 在很大程度上与化肥用量的增长及施肥技术水平的提高密不可分^[2, 3, 5-13]。FAO 的资料表明, 化肥对世界粮食增产的贡献率为 40%~60%。国内研究也认为, 我国 52 % 的农作物增产是化肥施用的结果^[14]。另一方面, 由于施肥量的迅速增加, 化肥已成为我国大田作物栽培中最大的一项物质投入。目前, 我国粮食生产中化肥投入的费用占物质成本费用的 30

收稿日期: 2001-12-20; 修订日期: 2002-07-09

基金项目: 国家 "九五" 攻关项目 96-013-01-04 的部分内容。[Foundation Item: National Key Project for the Ninth Five-Year-Plan, No.96-013-01-04]

作者简介: 曾希柏 (1965-), 男, 博士, 副研究员。主要从事农业资源利用、农业生态与环境保护等研究。

通讯联系人: 陈同斌 E-mail: chentb@igsnrr.ac.cn

539-546 页

%左右^[15],明显高于病虫害防治、作物品种改良和灌溉等其他农业技术。因此,正确估算我国化肥对粮食的增产潜力,对计划和稳定粮食种植面积、保证我国的粮食安全等显得尤为重要。

20世纪90年代以前,国内许多学家曾系统地研究过我国作物生产潜力,试图从光热资源的角度探讨我国的粮食生产潜力^[16-18]。这些研究工作对于指导我国的农业生产、农业规划和区划曾起到良好的指导作用。但是,基于光热资源角度估算的粮食生产潜力往往高于农业的实际生产力水平。导致这一差异的重要原因是:对于一个具体的地区而言,作物产量往往是受水肥条件的限制,而不是主要取决于光热条件。因此,从肥料效应和农业技术水平的角度研究粮食的生产潜力,往往更加接近农业生产的实际情况,对指导农业生产具有更直接的现实意义。本文根据我国不同地区的化肥施用、粮食产量等资料,通过各地的肥料-产量效应函数,研究现有施肥及生产技术下全国的粮食增产潜力。

1 资料来源

本研究中1990~1998年我国不同地区(分县)化肥年施用总量、作物播种面积、作物产量等结果主要来源于国家统计局、《中国分县农村统计年鉴》、1991~1999年全国统计年鉴及有关省(市、区)1991~1999年统计年鉴等。

2 有关的计算方法

2.1 数据预处理

将1990~1998年共9年的相应数据,按MapInfo软件中的地理编码等信息,分年度输入数据库中并保存,以便于与MapInfo软件中相应的地图联结。有关计算结果亦按编码导入MapInfo数据表中,以便于创建专题地图。

2.2 粮食单产

按1997年、1998年二年的有关结果平均值,以某一地区(县)粮食总产量除以相应的粮食作物播种面积。

2.3 单位播种面积的粮食生产潜力

进行单位播种面积粮食生产潜力计算之前,首先要计算各地区作物的最高产量、不施肥时的作物产量以及最高产量时的施肥量。本研究中,上述3指标的计算以粮食作物为代表进行计算^[2,7,12],具体步骤为:

(1) 根据1990~1998年9年中单位播种面积的化肥施用量和粮食单产,为保证计算时有足够的数据,选择地区一级(或地级市)的行政建制作为基本单元,将其中施肥量差异较小的3~5个县化肥为一组,以肥料-产量效应方程为基础计算施肥量与粮食单产的回归方程。根据前人的大量研究结果^[2,4,7,12],化肥施用量与粮食产量间的效应曲线符合报酬递减率,即满足下述抛物线方程:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 \quad (1)$$

式中, Y 为粮食单产 (kg/hm^2), X 为单位播种面积的化肥施用量 (kg/hm^2), b_0 为不施肥时的粮食产量 (kg/hm^2), b_1 、 b_2 为常数。

(2) 根据方程[2]回归求得各地区的肥料-产量效应函数。通过该函数求出各地区不施肥时的粮食产量(b_0)、粮食生产潜力(在现有条件下通过施肥可达到的最高产量)及达到粮食生产潜力时所需的施肥量;

(3) 在求得各组中所有县施肥量和粮食平均产量的基础上,计算每个地区中各县的实

际施肥量和粮食单产与平均值的距离, 并以此为依据重新进行计算;

(4) 参照 1990 年以来国内发表的有关研究结果(陈同斌等整理)^[14], 再对相应地区的数据进行校正, 将所得结果作为最终结果输入 MapInfo 数据库, 作为有关计算及作图的依据。

2.4 粮食增产潜力

粮食增产潜力是指在当前的粮食产量水平下进一步提高产量的潜力。其计算方法是: 根据各地区的肥料 - 产量效应函数计算该地区的粮食最高产量 (产量潜力), 用粮食最高产量减去当前的实际产量 (1997、1998 年 2 年平均值), 即得到相应的粮食增产潜力。

2.5 化肥增产效率

据方程[2]计算最高产量时的需肥量(最高产量施肥量)。化肥增产效率(A)是指在现有施肥和粮食产量水平下进一步提高单位化肥用量的增产效果。其计算公式为:

$$A = (\text{最高产量} - \text{当前粮食产量}) \div (\text{最高产量施肥量} - \text{当前施肥量}) \quad (2)$$

其中, 当前粮食单产和当前施肥量为 1997 年和 1998 年 2 年的平均值。

3 结果及分析

3.1 粮食单产的区域差异

根据有关计算所得的全国各县粮食单产分布结果可以看出(图 1), 我国单位播种面积的粮食产量主要在 3500~7000 kg/hm² 范围, 其中有 930 个县集中在 3500~5250 kg/hm², 占全国县级行政单元总数的 39.04%; 有 685 个县集中在 5250~7000 kg/hm², 占全国县级行政单元总数的 28.76 %。而单位播种面积粮食产量在 1750~3500 kg/hm² 的县仅 480 个, 占全国县级行政单元数的 20.15 %; 在上述范围以外的县则较少, 其总量仅占总县数的 12.05 %。

从图 1 可以看出, 我国不同地区的粮食单产存在较大差异。单产 >7000 kg/hm² 的县

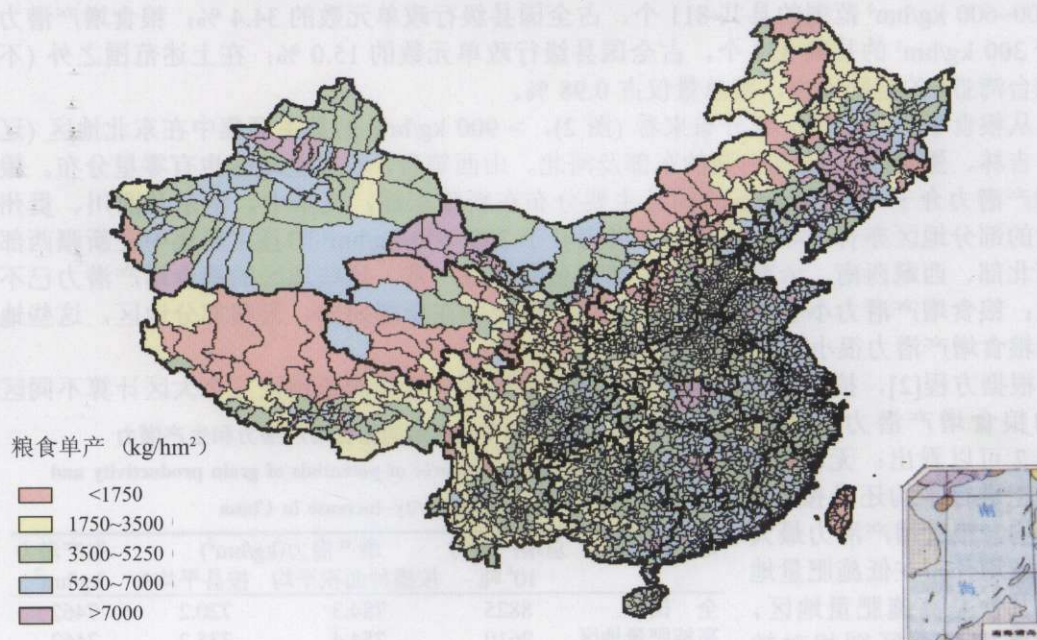


图 1 中国分县单位播种面积粮食产量

Fig. 1 Difference of grain yield per sowing area in China

主要集中在东北平原 (吉林中部) 和甘肃北部; 单产在 5250~7000 kg/hm² 范围的县主要集中在山东、江苏、广东等省及湖南东部、湖北中部 (江汉平原) 等地区; 单产在 3500~5250 kg/hm² 范围的县主要集中在福建、江西、浙江、安徽、河南等省和山西南部、贵州东南部、及广西和云南的部分地区; 而单产在 1750~3500 kg/hm² 范围的县则

主要集中在从我国东北地区西部至西南地区中部, 即从内蒙东北部到四川和云南西南部的连线上; 单产 <1750 kg/hm² 的县除西藏部分地区外, 亦集中在从东北到西南的连线上。

根据图 1 并参照陈同斌等人的有关研究结果^[1,4], 按单位播种面积化肥施用量及其增产效应, 将全国分成高施肥量地区、中施肥量地区、低施肥量地区三个大区, 计算出不同区域的粮食单产 (表 1)。

从表 1 可知, 我国高施肥量地区 (东部地区) 的粮食播种面积仅占全国的 30.5 %, 而产量却占全国的 34.4 %; 中施肥量地区 (中部地区) 播种面积占全国近 44.7 %, 产量占全国的 46 %; 低施肥量地区 (西部地区) 虽然播种面积占全国的 24.6 %, 但产量不到全国的 20 %。从各地区粮食单产的比较来看, 差异更加明显: 高施肥量地区 > 中施肥量地区 > 低施肥量地区。

3.2 粮食增产潜力的区域差异

根据方程[1]求得单位播种面积的粮食增产潜力, 并利用 MapInfo 创建专题地图 (图 2)。图 2 的结果显示, 我国粮食增产潜力大多在 300 kg/hm² 以上。其中, 粮食增产潜力 >900 kg/hm² 的县共 601 个, 占全国县级行政单元总数的 25.5 %; 粮食增产潜力在 600~900 kg/hm² 范围的县共 568 个, 占全国县级行政单元总数的 24.1 %; 粮食增产潜力在 300~600 kg/hm² 范围的县共 811 个, 占全国县级行政单元数的 34.4 %; 粮食增产潜力小于 300 kg/hm² 的县共 353 个, 占全国县级行政单元数的 15.0 %; 在上述范围之外 (不包括台湾省) 的县则很少, 其总量仅占 0.98 %。

从粮食增产潜力的区域分布来看 (图 2), > 900 kg/hm² 的县主要集中在东北地区 (辽宁、吉林、黑龙江) 3 省和内蒙的东部及河北、山西等省, 在其他地区也有零星分布。粮食增产潜力介于 600~90 kg/hm² 的县主要分布在新疆东部, 在华中、华东及四川、贵州等省的部分地区亦有分布; 粮食增产潜力介于 300~600 kg/hm² 的县主要集中在新疆西部和西北部、西藏西南、云南、广西中部及东南沿海一带, 这些地区的粮食增产潜力已不太大; 粮食增产潜力小于 300 kg/hm² 的县主要集中在新疆西部、云南部分地区, 这些地区的粮食增产潜力很小。

根据方程[2], 按高施肥量地区、中施肥量地区、低施肥量地区三个大区计算不同区域的粮食增产潜力 (表 2)。

从表 2 可以看出: 无论按播种面积进行平均还是按县进行平均, 粮食增产潜力最大的区域均分布在低施肥量地区, 其次是高施肥量地区, 而中施肥量地区则相对较低。但粮食生产潜力则以高施肥量地区较高 (7462

表 1 中国不同地区的粮食生产状况 (1997~ 1998)

Tab. 1 Regional differences of grain productivity in China (1997~ 1998)

地 区	播种面积 10 ⁶ hm ²	粮食总产量 10 ⁶ t	平均单产 kg/hm ²	最高产量 kg/hm ²
全国	11.25	54.04	4803	11123
高施肥量地区	3.460	18.59	5372	10325
中施肥量地区	5.026	24.82	4940	11123
低施肥量地区	2.766	10.63	3844	9386

表 2 中国不同区域的粮食增产潜力和生产潜力

Tab. 2 Regional differences of potentials of grain productivity and productivity-increase in China

地 区	总增产潜力 10 ⁴ 吨	增产潜力(kg/hm ²)		生产潜力 kg/hm ²
		按播种面积平均	按县平均*	
全 国	8825	784.3	720.2	7462
高施肥量地区	2610	754.4	735.2	7462
中施肥量地区	3590	714.3	682.2	7216
低施肥量地区	2625	948.8	784.6	5470

* 为按县平均单位播种面积增产量的平均数。

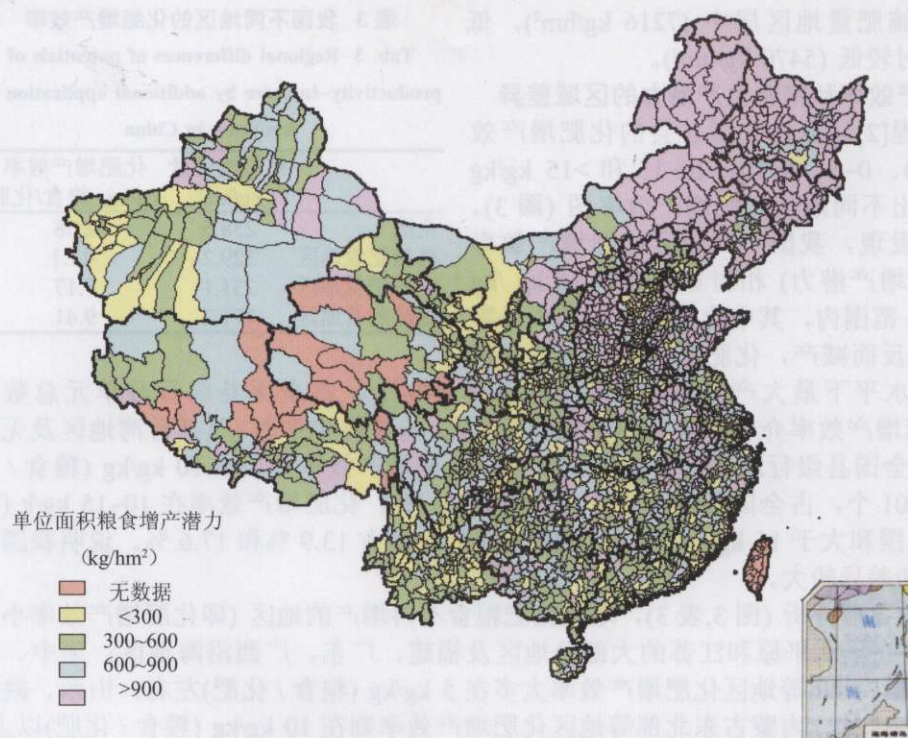


图2 中国不同地区单位面积粮食增产潜力

Fig. 2 Potential of grain yield increase in China

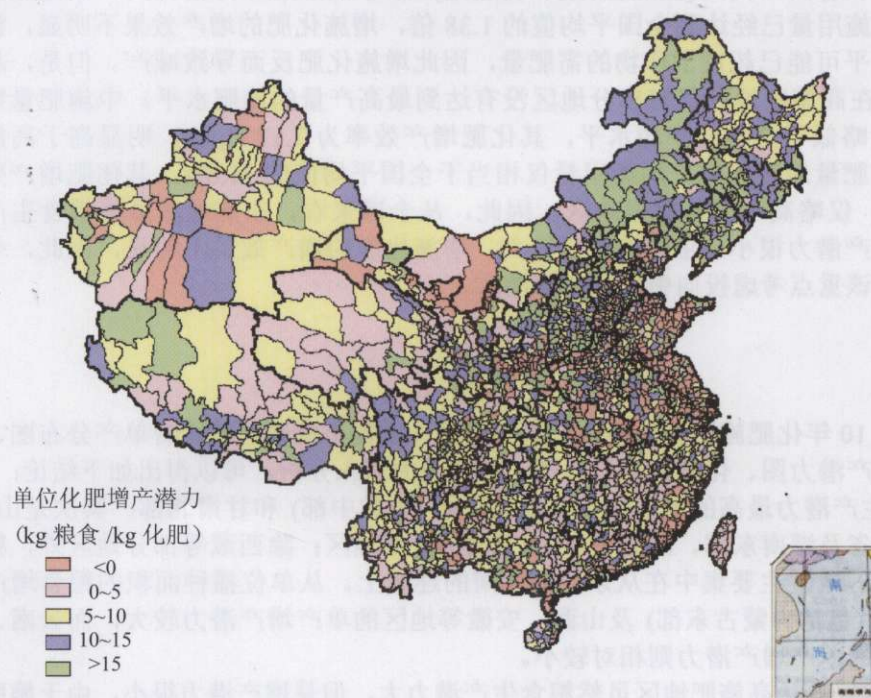


图3 中国不同地区化肥增产效率

Fig. 3 Potential of grain yield by increasing fertilizer use in China

kg/hm²), 中施肥量地区居中 (7216 kg/hm²), 低施肥量则相对较低 (5470 kg/hm²)。

3.3 化肥增产效率和粮食生产潜力的区域差异

根据方程[2]计算出全国各县的化肥增产效率, 并按 <0、0~5、5~10、10~15 和 >15 kg/kg 分级, 可做出不同地区化肥增产效率图 (图 3)。从图 3 可以发现, 我国不同地区化肥增产效率 (增施化肥的增产潜力) 相对集中在 0~10 kg/kg (粮食 / 化肥) 范围内, 其中化肥增产效率小于零 (即增施化肥反而减产, 化肥施用量已达到或超过目前生产水平下最大产量的需肥量) 的县达 449 个, 占全国县级行政单元总数的 19.1%; 化肥增产效率介于 0~5 kg/kg (粮食 / 化肥) 的县共 479 个 (包括台湾地区及无数数据的县), 占全国县级行政单元总数的 20.1 %; 化肥增产效率介于 5~10 kg/kg (粮食 / 化肥) 的县共 701 个, 占全国县级行政单元总数的 29.4%; 化肥增产效率在 10~15 kg/kg (粮食 / 化肥) 范围和大于 15 kg/kg (粮食 / 化肥) 的县分别占 13.9 %和 17.6 %。说明我国化肥增产效率的差异较大。

从区域的角度分析 (图 3, 表 3), 增施化肥粮食不再增产的地区 (即化肥增产效率小于 0 kg/kg) 主要在华北平原和江苏的大部分地区及福建、广东、广西沿海地区; 华中、华南及西南大部、西北等地区化肥增产效率大多在 5 kg/kg (粮食 / 化肥) 左右; 山西、陕西北部、辽宁、吉林、内蒙古东北部等地区化肥增产效率则在 10 kg/kg (粮食 / 化肥) 以上; 黑龙江大部分地区的化肥增产效率在 5~10 kg/kg (粮食 / 化肥) 范围。因此, 增施化肥在不同地区的粮食增产效果差异十分明显。

从表 3 可以看出, 我国化肥施用量和化肥增产效率的区域差异情况是: 高施肥量地区的化肥平均施用量已经达到全国平均值的 1.38 倍, 增施化肥的增产效果不明显, 说明其总体施肥水平可能已超过了作物的需肥量, 因此增施化肥反而导致减产。但是, 从图 3 可以看出, 在高施肥地区仍有部分地区没有达到最高产量的施肥水平。中施肥量地区的平均施肥量略低于全国的平均水平, 其化肥增产效率为 7.17 kg/kg, 明显高于高施肥量地区。低施肥量地区化肥平均施用量仅相当于全国平均值的 71.8%, 其化肥增产效率为 9.41 kg/kg, 仅略高于中施肥量地区。因此, 从全国来看, 东部地区虽然粮食生产潜力大, 但是增产潜力很小, 由于施肥量较大, 增施化肥的增产效果不明显, 因此, 今后我国的化肥应该重点考虑投向中部和西部地区。

4 结论

利用我国 10 年化肥施用量和粮食产量等数据, 求得不同地区的粮食单产分布图、单位面积粮食增产潜力图、化肥增产效率图。对该图的深入分析, 可以得出如下结论:

(1) 粮食生产潜力最高的地区分布在东北平原 (吉林中部) 和甘肃北部; 其次是山东、江苏、广东等省及湖南东部、湖北中部 (江汉平原) 等地区; 除西藏等部分地区外, 粮食生产潜力最低的地区主要集中在从东北到西南的连线上。从单位播种面积的粮食增产潜力考虑, 东北 (包括内蒙古东部) 及山西、安徽等地区的单产增产潜力较大, 而云南、广东、福建等地的单产增产潜力则相对较小。

(2) 从全国来看, 高施肥地区虽然粮食生产潜力大, 但是增产潜力很小, 由于施肥量较大, 增施化肥的增产效果不明显甚至造成减产, 而且还可能导致农业生态环境的污染, 同时, 也不利于提高农产品质量; 而中施肥量和低施肥量地区的化肥增产效率较高, 增

表 3 我国不同地区的化肥增产效率

Tab. 3 Regional differences of potentials of productivity-increase by additional application of fertilizers in China

	化肥施用量 kg/hm ²	化肥增产效率 kg/kg, 粮食/化肥
全国	238.5	2.58
高施肥量地区	329.2	-11.1
中施肥量地区	231.1	7.17
低施肥量地区	171.2	9.41

产潜力也较大。因此, 从提高农业生产效益和降低化肥对环境污染等角度出发, 今后我国的化肥应该重点考虑投向中部和西部地区 (即中施肥量和低施肥量地区)。

(3) 本研究中, 由于所采用的数据为分年度化肥施用总量, 将其中氮磷钾肥区别是很难的, 且要计算不同作物的实际施用量同样是很困难的, 因此, 所求得的结果实际上系平均值。对不同作物、不同类型化肥的相关结果, 特别是过量施用化肥对环境污染等问题, 则尚有待进一步探讨。

参考文献 (References)

- [1] Chen Tongbin, Chen Shiqing, Xu Hongtao *et al.* Simulation study on ratios of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers required for crop production in China. *Acta Geographica Sinica*, 1998, 53(1): 32-41. [陈同斌, 陈世庆, 徐鸿涛等. 我国农用化肥氮磷钾需求比例的研究. 地理学报, 1998, 53(1): 32-41.]
- [2] International Fertilizer Industry Association. World Fertilizer User Handbook. Beijing: China Agricultural Press, 1999, 1-84. [国际肥料工业协会(唐朝友译). 世界肥料使用手册. 北京: 农业出版社, 1999, 1-84.]
- [3] Lin Bao. Some problems in production and utilization of China's chemical fertilizer and their strategy. *Phosphorus and Compound Fertilizers*, 1997, 12(2): 1-6. [林葆. 当前我国化肥的若干问题和对策. 磷肥与复肥, 1997, 12(2): 1-6.]
- [4] Lin Zhonghui, Chen Tongbin, Zhou Lixiang. Characteristics of the chemical fertilizers consumed and their optimum allocation in China. *Resource Science*, 1998, 20(5): 26-31. [林忠辉, 陈同斌, 周立祥. 中国不同区域化肥资源利用特征与合理配置. 资源科学, 1998, 20(5): 26-31.]
- [5] Agricultural Technology Center of China. Nutrient Annals of Organic Fertilizers in China. Beijing: China Agricultural Press, 1999. 53-63. [全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料养分志, 北京: 农业出版社, 1999. 53-63.]
- [6] Agricultural Technology Center of China (ed.). Resources of Organic Fertilizer in China. Beijing: China Agricultural Press, 1999. 121-139. [全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料资源. 北京: 农业出版社, 1999. 121-139.]
- [7] Sun Xi (ed.). Agricultural Encyclopedia of China—Agrochemistry. Beijing: China Agricultural Press, 1996. 79. [孙羲 主编. 中国农业百科全书——农业化学卷. 北京: 农业出版社, 1996. 79.]
- [8] Wu Hongye. Discussion on improving fertilizer use efficiency in China. *Phosphorus and Compound Fertilizers*, 1999, 14(1): 6-12. [伍宏业. 论提高我国化肥利用率. 磷肥与复肥, 1999, 14(1): 6-12.]
- [9] Wu Zhijie. Problems in production and utilization of China's chemical fertilizer and their strategy. *Science and Technology Review*, 1997, (9): 37-39. [武志杰. 我国化肥生产应用中的问题及对策. 科技导报, 1997, (9): 37-39.]
- [10] Xu Xiucheng. What can the chemical industry do to improve fertilizer use efficiency. *Phosphorus and Compound Fertilizers*, 1999, 14(3): 6-11. [许秀成. 提高化肥利用率化工部门能干什么. 磷肥与复肥, 1999, 14(3): 6-11.]
- [11] Branch of Biology, CAS. Key problem and proposal on China's chemical fertilizers. *Science and Technology Review*, 1997, (9): 35-36. [中国科学院生物学部. 我国化肥面临的突出问题及建议. 科技导报, 1997, (9): 35-36.]
- [12] Soil and Fertilizer Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences (ed.). China Fertilizers. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1994. 199-315, 431-482. [中国农业科学院土壤肥料研究所 主编. 中国肥料. 上海: 上海科学技术出版社, 1994. 199-315, 431-482.]
- [13] Chen Tongbin, Zeng Xibai, Hu Qingxiu. Study on grain productivity and its potential as related to fertilizer consumption among different counties of China. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57 (5): 531-538. [陈同斌, 曾希柏, 胡清秀. 中国化肥增产潜力的区域差异. 地理学报, 2002, 57(5): 531-538.]
- [14] Chen Tongbin, Lin Zhonghui, Zeng Xibai. Regional study on optimum allocation of chemical fertilizers in China. In: Balance and Management of Nutrient in Agricultural Fields. Nanjing: Hohai University Press, 2001. 73-76. [陈同斌, 林忠辉, 曾希柏. 中国化肥资源区域优化配置. 农田养分平衡与管理. 南京: 河海大学出版社, 2001. 73-76.]
- [15] Huang Jikun. Study on the application and structure of China's fertilizer use. *Journal of Agricultural Economy*, 1994, (5): 36-40. [黄季焜. 探讨中国化肥合理使用结构与对策. 农业技术经济, 1994, (5): 36-40.]
- [16] Editing Committee of Huang Bingwei Collection (ed.). Resource conditions and potential crop productivity: photosynthetic potential. Selected Papers of Huang Binwei's Integrated Research in Physical Geography. Beijing: Science Press, 1993, 183-196. [《黄秉维文集》编辑小组. 资源条件与作物生产: 光合潜力. 见: 自然地理综合工作六十年——黄秉维文集. 北京: 科学出版社, 1993. 183-196.]
- [17] Editing Committee of Zuo Dakang's Collection in Geography Research (ed.). Light energy utilization efficiency and photosynthetic potential of main crops in Huang-Huai-Hai Plain. In: Zuo Dakang's Collection in Geographical Research. Beijing: Science Press, 1993. 273-279. [左大康地理研究文选编辑组. 黄淮海平原主要作物光能利用率和光合潜力. 见: 左大康地理研究文选. 北京: 科学出版社, 1993. 273-279.]
- [18] Yu Huning, Wei Shuqiu. On the light and thermal resources and the crop potential productivity. In: Study on

Agroecology and Environment. Beijing: Meteorological Press, 1989. 66-74. [于沪宁, 魏淑秋. 光热资源和农作物的光热生产潜力. 见: 农业生态环境研究. 北京: 气象出版社, 1989. 66-74.]

Grain Productivity and Its Potential as Related to Fertilizer Consumption among Different Counties of China

ZENG Xibo¹, CHEN Tongbin², HU Qingxiu³, LIN Zhonghui²

(1. *Inst. of Soil and Fertilizer, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China*; 2. *Laboratory of Environmental Remediation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China*; 3. *Inst. of Agricultural Natural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China*)

Abstract: According to the total amount and statues of chemical fertilizer consumption, and grain yields during the last 10 years (1990-1998) in each county of China, regional differences in grain productivity and grain productivity increased by additional application of fertilizers were analyzed and compared. Results of the study are concluded as follows:

Grain productivity and grain yield increased by additional application of fertilizers in most of the counties varied from 3500 kg/hm² to 5250 kg/hm² and from 300 kg/hm² to 600 kg/hm², respectively. The index of grain yields increased (IGYI) by additional application of per kilogram of fertilizers varied from 5 kg grain/ kg fertilizer to 10 kg grain/ kg fertilizer.

The grain yield and grain productivity were found to be 5372 kg/hm² and 7462 kg/hm² in Eastern Region with high input of fertilizers, to be 4940 kg/hm² and 7216 kg/hm² in the Central Region with middle input of fertilizers, and to be 3844 kg/hm² and 5470 kg/hm² in the Western Region with low input of fertilizers. It was indicated that potential of grain productivity increase per sowing area was 754 kg/hm² in the Central Region that was lower than that in the Western Region (948 kg/hm²) and higher than that in the Eastern Region (714 kg/hm²).

The IGYI for different regions were found to decrease as the following order: Western Region (9.41 kg grain /kg fertilizer) > Central Region (7.17 kg grain /kg fertilizer) > Eastern Region (-11.1 kg grain /kg fertilizer).

It is concluded that the Eastern Region had the highest grain productivity, but had lowest potential for yield increase when more fertilizer is used because less response of grain yield was found to the additional application of fertilizer. However, the response of grain yields in the Western and Central Regions were higher to the additional application of fertilizer. Therefore, more fertilizer should be used in the Western and Central Regions to improve China's grain production.

Key words: chemical fertilizer; grain; productivity; regional difference; GIS; China