

基于自然地理分区的1990-2010年中国粮食生产格局变化

徐海亚^{1,2}, 朱会义¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 陆地表层格局与模拟院重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 1978年以来,在全球变化与工业化、城市化背景下,中国粮食生产格局发生了明显变化,这一变化不仅影响到国家尺度上的粮食供销格局,也影响农业资源的利用效率、农业生产的受灾风险,甚至区域生态安全。以往的研究大多在南北地区、三大地带、八大粮食产区等分区基础上考察这一变化,难以充分反映这一变化的自然地理特点。利用1990-2010年县域粮食产量数据和粮食生产集中度指标,通过考察不同雨量带、温度带和地貌类型区集中度指数的变化来揭示格局变化的自然地理特点。研究发现:1990-2010年间,中国各区粮食产量均有不同程度的增长,但由于增长幅度不同,中国粮食生产中心由800 mm以上雨量带向400~800 mm雨量带偏移,由亚热带向中温带和暖温带转移,并逐渐向平原地区集中。结果表明,中国粮食生产格局变化不利于水热资源的高效利用,但却有利于发展机械耕作,从而提高劳动生产率。应对格局变化,中国粮食生产应进一步提高水资源保障能力和防灾减灾能力。

关键词: 粮食生产格局;格局变化;自然地理分区;中国

DOI: 10.11821/dlxb201504006

1 引言

过去20年中,在全球变化与工业化、城市化背景下,中国粮食生产格局发生了明显变化,秦岭—淮河以北地区粮食产量占全国粮食总产量的比重由1990年的44.8%上升到2010年的54.4%,上升了9.6%;而秦岭—淮河以南地区粮食产量占全国粮食总产量的比重则由1990年的55.2%下降到2010年的45.6%,下降了9.6%。由于粮食生产格局的变化,中国粮食产销格局也由“南粮北调”逐步转变为“北粮南运”。

粮食生产格局的这一变化引起了国内学术界的广泛关注。黄爱军最早观察到中国粮食生产呈现出“全国粮食增长中心逐渐北上”的趋势^[1],随后一些学者利用省域或县域粮食产量数据,采用集中度指数^[2-7]、比较优势指数^[8-9]、重心变化^[10-12]、变异系数^[13-14]和空间统计分析^[15-17]等方法,在南北地区、三大地带和八大粮食产区等分区基础上,详细研究并刻画了这一变化的空间特性。刘彦随等^[6]、邓宗兵等^[7]通过对粮食生产的区域变化进行定量分析,进一步验证了中国粮食生产格局变动的总体特征已由“南粮北调”转变为“北粮南运”、“北进中移”以及北部和中部成为主要“增长极”等结论。刘玉杰等^[18]学者也

收稿日期: 2014-11-11; 修订日期: 2015-01-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(41171087) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41171087]

作者简介: 徐海亚(1990-), 女, 江苏南通人, 硕士, 主要从事土地利用/土地覆被变化研究。

E-mail: xuhaiy12s@igsnrr.ac.cn

通讯作者: 朱会义(1966-), 男, 博士, 副研究员, 中国地理学会会员(S110008010M), 主要从事土地利用变化研究。

E-mail: zhuhy@igsnrr.ac.cn

证实了“北粮南运”的存在,同时指出粮食增产中心北移可能会产生严重的生态问题。这些研究成果无疑加深了人们对中国粮食生产格局变化的认识。

然而,现有研究大多侧重中国粮食生产格局变化的经济地理特点,对自然地理特点的关注大多停留在南北地带上,即便有个别研究涉及自然地理特点,也是从水资源的角度,考察几大流域的粮食生产变化^[18]。粮食生产格局变化本质上是一种市场力量主导的经济地理过程,侧重其经济地理特点自然无可厚非,但是格局变化既受自然地理条件的约束,又对自然资源的合理利用、农业生产的受灾风险乃至生态环境产生重要影响,特别是全球气候变化背景下,粮食生产的自然地理条件和灾害风险也在发生变化,侧重经济地理特点的粮食生产格局变化研究,很难全面认识格局变化的资源环境基础及其潜在影响。

为了弥补上述不足,利用中国大陆 31 个省份 2344 个县域单元的粮食产量数据和粮食生产集中度指标,通过考察不同雨量带、温度带和地貌类型区集中度指数的变化来揭示中国粮食生产格局变化的自然地理特点,希望能够为全球变化背景下中国粮食生产格局变化研究提供一个新的视角。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 自然地理分区

粮食生产具有弱质性特征^[19],受地形、土壤、水文、气候等多种自然因素的影响,但在全中国尺度上,制约其空间格局的宏观自然因素主要包括降雨量、10℃以上积温和地貌类型,因此本文主要针对这 3 个自然因素进行地理分区,进而考察不同分区粮食产量和集中度指数的变化。

2.1.1 降雨量分区 降雨量等值线是一种重要的自然地理界线,其中 200 mm 等值线是半干旱区和干旱区的分界线;400 mm 等值线是半湿润和半干旱区的分界线;800 mm 等值线则是半湿润与湿润区分界线。本文依据上述界线进行降雨量分区,按照年平均降雨量小于 200 mm,200~400 mm,400~800 mm,大于 800 mm,将中国分为 4 个降雨量带(图 1a)。降雨量界线从中国农业科学院农业自然资源与农业区划研究所 1999 年编制的全国多年平均降雨分布图(分辨率 1 km)中提取,该数据由地球系统科学数据共享平台(www.geodata.cn)提供。

2.1.2 温度分区 本文中的温度分区依据郑景云等编制的 1990-2010 年中国气候区划成果^[20],

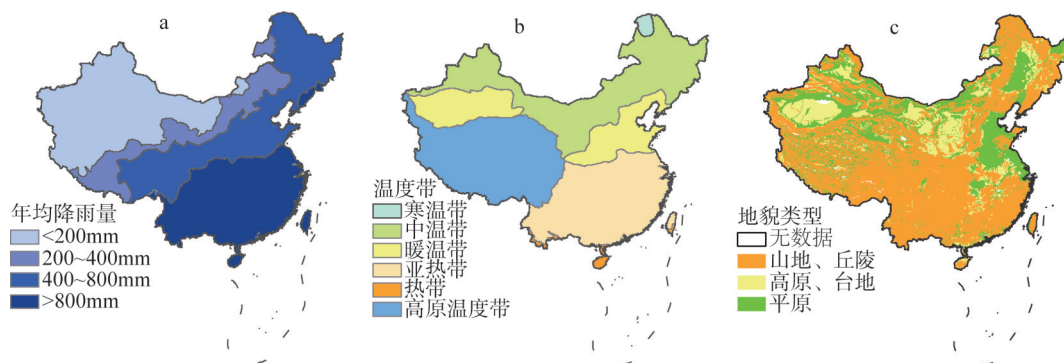


图1 中国年均降雨量(a)、温度(b)、地貌(c)分区图

Fig. 1 Geographical division of precipitation (a), temperature (b) and landform (c) in China

该成果以日平均气温稳定 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日数作为划分温度带的主要指标,以日平均气温稳定 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的积温为参考指标,并综合考虑了1月平均气温和极端最低气温的多年平均值,能够很好地反映不同地区农业生产的温度条件差异。上述成果中区域划分较细,具体工作中对一些区域进行了归并,最终将全国分为6个温度带(图1b),即寒温带、中温带、暖温带、亚热带(包括北亚热带、中亚热带、南亚热带)、热带(包括边缘热带、中热带、赤道热带)和高原温度带(包括高原亚寒带、高原温带、高原亚热带)。

2.1.3 地貌分区 文中地貌分区依据1994年中国科学院地理科学与资源研究所编制的1:400万中国地貌图,矢量化的数据产品来自于中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室。在原始数据中,地貌类型包括海洋地貌类型和陆地地貌类型,其中陆地地貌类型共划分为9类,又按照海拔高度、起伏度、成因类型等细分为115类。具体工作中去除海洋地貌类型部分,并将陆地地貌类型归并成3种类型(图1c),包括山地及丘陵、高原及台地、平原,其中高原及台地包含了原始分类中的黄土梁峁、台塬、塬、风蚀地貌和台地,平原主要对应原始分类中洪积平原、冲积平原、湖积平原、堆积平原等以及低河漫滩,其中也包括高海拔地区的洪积平原、冲积平原、湖积平原、堆积平原等类型。

2.2 粮食生产集中度

文中沿用集中度指数(location quotient)进行粮食生产格局变化分析。该指数来源于区域工业分布研究^[21],现被应用于粮食生产格局研究,即所谓的粮食生产集中度。粮食生产集中度是指某时期各分区粮食产量占全国粮食总产量的比重。该指标形式上虽然简单,但是却能够反映特定年份某一地区粮食产量对全国总产量的贡献,其时间序列变化可以较好反映一个地区在全国粮食生产中的地位变化,从而从横向和纵向角度反映出粮食生产区域格局变化趋势^[15]。利用粮食生产集中度指数来刻画粮食生产格局和格局变化,分区是关键,不同的区域划分方法反映粮食生产格局变化的不同侧面。

2.3 粮食产量数据的空间分割

要计算不同降雨量、温度带和地貌分区的粮食生产集中度必须首先统计各区的粮食产量,然而中国现有的各种粮食产量数据都是按行政区统计的省域或县域数据,在利用县域数据计算各自然地理分区的粮食产量过程中,难免有一些县出现跨区的情况,因此需要对这些跨区县份的粮食产量数据进行空间分割。由于缺乏详尽的县域粮食生产空间数据,本文依据跨区县份在不同分区的耕地面积进行粮食产量数据的空间分割。具体做法如下:

例如,县域单元I被自然地理分区界线分割为A、B两个区域,各区域内耕地面积分别为a、b(图2),则区域A、B的粮食产量按公式(1)、(2)计算。

$$X_A = \frac{a}{(a+b)} \times X_I \quad (1)$$

$$X_B = \frac{b}{(a+b)} \times X_I \quad (2)$$

式中: X_A 为区域A的粮食产量; X_B 为区域B的粮食产量; X_I 为县域单元I的粮食产量。

上述分割方法不可避免会带来一定的误差,误差大小取决于耕地面积的精度和县域范围内耕地利用的空间差异,包括种植结构的差异和粮食单产的差异。为此,利用20组相邻县域数据,假设相邻县域是由区域界线切割形成的,进而利用上述耕地面积分割法计算了各县域单元的粮食产量(图2),并将由分割法得到的粮食产量与实际统计数据进行比较。结果表明任意县域单元粮食产量误差相对全国粮食产量之比均低于0.001。

文中粮食产量是指稻谷、小麦、玉米、高粱、谷子、其他杂粮、薯类、大豆等粮食作物的总产量。1990-1999年中国县级粮食产量数据(不包括香港、澳门和台湾)由地球

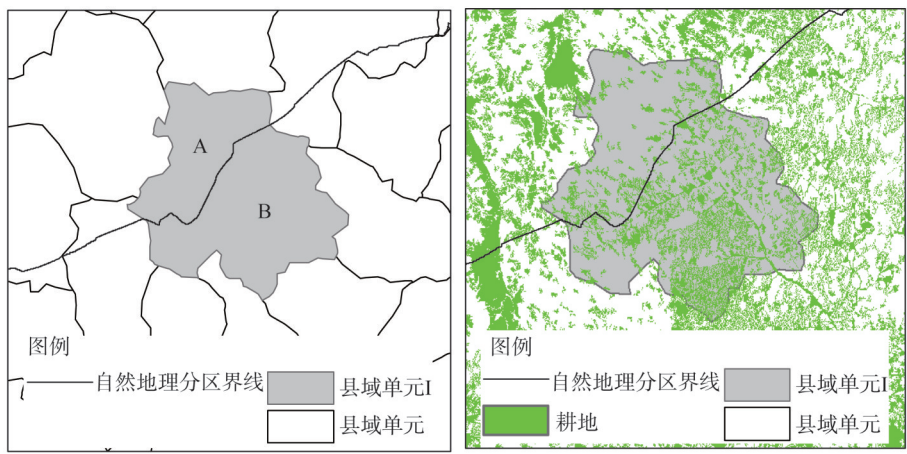


图2 县域粮食产量数据空间分割示意图

Fig. 2 Schematic diagram of yield data partition among divided parts in a county

系统科学数据共享平台 (www.geodata.cn) 提供。2000-2010 年中国县级粮食产量数据 (不包括香港、澳门和台湾) 来源于相应年份的《中国县域统计年鉴》以及各省、直辖市的统计年鉴。具体工作中选取 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年和 2010 年作为研究断面。为了消除灾害等偶然因素的影响, 各时间断面的粮食产量采用相应年份近 3 年的粮食产量均值进行处理 (如 1990 年粮食产量实际代表 1989、1990 和 1991 年 3 年粮食产量的均值)。考虑到行政区划调整, 文中以 1993 年行政区划为基准对行政区划调整及名称变更的县域单元进行归并和修正, 最终获得 2344 个县域单元。此外, 文中耕地数据参照中国科学院资源环境科学数据中心提供的 2000 年全国 1 km 网格土地利用数据。

3 结果分析

3.1 不同雨量带粮食生产集中度变化

从不同雨量带粮食生产集中度的计算结果看 (表 1), 中国粮食生产主要集中在降雨量 400 mm 以上地区, 该地区土地面积占全国土地面积的 55.44%, 耕地面积占全国耕地面积的 89%, 粮食产量占全国粮食总产量的比重一直保持在 94% 以上。而降雨量 400 mm 以下地区, 尽管土地面积占全国土地面积的 44.56%, 耕地面积占全国耕地面积的 10.9%, 但粮食产量不超过全国粮食总产量的 6%。

从 1990-2010 年粮食生产集中度指数的变动来看 (表 1), 降雨量 800 mm 以下地区,

表 1 1990-2010 年中国不同雨量带粮食生产集中度

Tab. 1 Location quotient of grain production for different precipitation divisions in China, 1990-2010

年均降雨量 (mm)	土地面积 比重(%)	耕地面积 比重(%)	不同年份粮食生产集中度(%)							
			1990	1995	2000	2005	2010	1990-2000	2000-2010	1990-2010
< 200	31.21	4.52	2.0	2.1	2.5	2.4	2.9	+0.5	+0.4	+0.9
200~400	13.35	6.38	2.0	2.4	2.3	2.8	2.8	+0.3	+0.5	+0.8
400~800	27.77	43.99	37.0	40.3	39.1	41.8	45.9	+2.1	+6.8	+8.9
≥800	27.67	45.10	59.0	55.2	56.2	52.9	48.4	-2.8	-7.8	-10.6

注: “+” 表示粮食生产集中度增加, “-” 代表粮食生产集中度下降。

包括 200 mm 以下、200~400 mm 和 400~800 mm 地区, 粮食生产集中度均呈上升趋势, 其中 400~800 mm 地区粮食生产集中度上升最为明显, 从 1990 年的 37.0% 上升至 2010 年的 45.9%, 上升了 8.9 个百分点; 而 800 mm 以上地区虽然在全国粮食生产中仍保持最为重要的地位 (48.4%), 但其粮食生产集中度从 1990 年的 59.0% 下降至 2010 年的 48.4%, 下降 10.6 个百分点。上述结果说明, 中国粮食生产中心有向降雨量 400~800 mm 地区偏移的趋势。

进一步分析 1990-2010 年不同雨量带粮食产量的变化 (表 2), 发现 1990-2010 年间, 各降雨分区的粮食产量实际上并未下降, 均呈增长趋势, 只是增长幅度不同, 其中 400~800 mm 雨量区增加了 75.5%, 高于全国平均水平 (41.3%), 而降雨量 800 mm 以上地区仅增加了 15.7%, 低于全国的平均水平。这一结果说明, 中国粮食生产中心由 800 mm 以上地区向 400~800 mm 地区偏移不是由 800 mm 以上地区粮食产量下降引起的, 而是由各分区粮食产量增幅不同引起的。

3.2 不同温度带粮食生产集中度变化

从不同温度带的计算结果看 (表 3), 中国粮食生产主要集中在亚热带、暖温带和中温带。中温带、暖温带和亚热带土地面积占全国土地面积的 71.07%, 耕地面积占全国耕地面积的 97.87%, 生产了全国 97% 以上的粮食; 而寒温带和高原温度带的粮食产量仅占全国粮食总产量的 3% 以下, 尽管该地区土地面积占全国土地总面积的 28.93%。

考察 1990-2010 年各温度带粮食生产集中度的变化, 可以看出: 尽管存在一些时段的波动, 但亚热带和热带粮食生产集中度总体呈下降趋势, 而中温带和暖温带则呈迅速上升趋势。中温带和暖温带粮食生产集中度从 1990 年的 40.1% 上升至 2010 年的 50.3%, 上升 10 个百分点以上, 已超过亚热带地区, 其中中温带粮食生产对全国粮食总产量的贡献发生了尤为明显的变化, 其粮食生产集中度从 1990 年的 14.6% 上升至 2010 年的 23.5%, 提高了 8.9 个百分点。与此同时, 在全国粮食生产中占主导地位的亚热带地区, 粮食生产

表 2 1990-2010 年中国不同雨量带粮食产量

Tab. 2 Grain yield for different precipitation divisions in China, 1990-2010

年均降雨量(mm)	不同年份粮食产量(10 ⁴ t)					1990-2010 粮食增产率(%)
	1990	1995	2000	2005	2010	
< 200	863.9	1044.9	1242.2	1284.3	1800.2	108.4
200~400	883.4	1195.2	1137.7	1496.9	1743.5	97.4
400~800	16177.3	20192.3	19425.3	22011.1	28389.9	75.5
≥ 800	25832.2	27663.7	27922.9	27851.7	29887.4	15.7

表 3 1990-2010 年中国不同温度带粮食生产集中度

Tab. 3 Location quotient of grain production for different temperature divisions in China, 1990-2010

温度带类型	土地面积比 重 (%)	耕地面积 比重 (%)	不同年份粮食生产集中度 (%)						
			1990	1995	2000	2005	2010	1990-2000	2000-2010
寒温带	0.79	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
中温带	29.38	28.22	14.6	17.4	16.6	19.8	23.5	+2.0	+6.9
暖温带	16.47	25.79	25.5	26.4	25.7	25.9	26.8	+0.2	+1.1
亚热带	25.22	43.86	58.5	54.8	56.1	53.0	48.6	-2.4	-7.5
热带	0.92	1.34	0.9	0.9	1.0	0.8	0.7	+0.1	-0.3
高原温度带	27.21	0.78	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4	+0.1	-0.2

注: “+” 表示粮食生产集中度增加, “-” 代表粮食生产集中度下降。

集中度却从 1990 年的 58.5% 下降至 2010 年的 48.6%，下降了 9.9 个百分点。上述结果显示，中国粮食生产中心呈现由亚热带向中温带和暖温带转移这样一种趋势。

分析 1990-2010 年不同温度带粮食产量的变化（表 4），看到 1990-2010 年间，各温度分区的粮食产量均呈增长趋势，只是增长幅度不同，其中中温带增加了 126.8%，暖温带增加了 48.3%，均高于全国平均水平（41.3%），而亚热带地区仅增加了 17.5%，低于全国的平均水平。这一结果说明，中国粮食生产中心由亚热带地区向中温带和暖温带地区转移也不是亚热带地区粮食产量下降引起的，而是由各分区粮食产量增幅不同引起的。

3.3 不同地貌类型区粮食生产集中度变化

从不同地貌类型分区的计算结果看（表 5），中国粮食生产主要集中在平原区，其次是山地、丘陵区以及高原、台地等地区。2010 年平原区的粮食产量占全国粮食总产量的 52.6%，山地、丘陵占 31.2%，高原、台地占 16.3%。尽管平原区土地面积不到全国土地面积的 30%，却生产了全国 50% 以上的粮食。

考察不同地貌类型区粮食生产集中度变化可以看出：1990-2010 年，山地、丘陵类型区粮食生产集中度呈下降趋势，其粮食生产集中度从 1990 年的 36.0% 下降至 2010 年的 31.2%，下降了近 5 个百分点。高原、台地类型区粮食生产集中度呈现出小幅上升趋势，提高了近 2 个百分点。而平原地区粮食生产集中度则呈明显上升趋势，由 1990 年的 49.1% 上升到 2010 年的 52.6%，上升 3 个百分点以上。上述结果说明，中国粮食生产有向

表 4 1990-2010 年中国不同温度带粮食产量

Tab. 4 Grain yield for different temperature divisions in China, 1990-2010

温度带类型	不同年份粮食产量 (10 ⁴ t)					1990-2010 粮食增产率 (%)
	1990	1995	2000	2005	2010	
寒温带	0.6	0.9	1.3	1.3	2.5	316.7
中温带	6397.7	8721.1	8264.0	10435.1	14509.0	126.8
暖温带	11158.7	13220.4	12797.7	13609.4	16544.1	48.3
亚热带	25586.5	27462.4	27899.8	27924.9	30058.0	17.5
热带	384.9	432.3	484.9	435.7	441.3	14.7
高原温度带	229.4	261.1	282.4	239.5	268.0	16.8

表 5 1990-2010 年中国不同地貌类型粮食生产集中度

Tab. 5 Location quotient of grain production for different landform divisions in China, 1990-2010

地貌类型	土地面积比 重 (%)	耕地面积比 重 (%)	不同年份粮食生产集中度 (%)							
			1990	1995	2000	2005	2010	1990-2000	2000-2005	1990-2010
山地、丘陵	56.73	35.73	36.0	34.8	35.6	34.5	31.2	-0.4	-4.4	-4.8
高原、台地	12.53	16.88	14.9	15.1	14.6	15.9	16.3	-0.3	+1.7	+1.4
平原	29.49	47.38	49.1	50.1	49.8	49.7	52.6	+0.7	+2.7	+3.4

注：“+”表示粮食生产集中度增加，“-”代表粮食生产集中度下降。

表 6 1990-2010 年中国不同地貌类型粮食产量

Tab. 6 Grain yield for different landform divisions in China, 1990-2010

地貌类型	不同年份粮食产量(10 ⁴ t)					1990-2010 粮食增产率(%)
	1990	1995	2000	2005	2010	
山地、丘陵	863.9	1044.9	1242.2	1284.3	1800.2	22.4
高原、台地	883.4	1195.2	1137.7	1496.9	1743.5	54.4
平原	16177.3	20192.3	19425.3	22011.1	28389.9	51.2

平原区集中的趋势。

考察不同地貌类型区同期粮食产量的变化(表6),发现1990-2010年间,各地貌类型区的粮食产量并未下降,均呈增长趋势,只是增长幅度不同,其中平原区增加了51.2%,高原、台地区增加了54.4%,均高于全国平均水平(41.3%),而山地类型区仅增加了22.4%,低于全国的平均水平。这一结果说明,中国粮食生产向平原地区集中也不是由局部地区粮食产量下降引起的,而是由各分区粮食产量增幅不同引起的。

4 结论与讨论

利用1990-2010年中国县域粮食产量数据,在降雨量、温度和地貌类型分区基础上,采用粮食生产集中度指标,分析了中国粮食生产格局变化,从自然地理的视角揭示了中国粮食生产格局演变的自然地理特征,主要结论如下:

(1) 从不同雨量带来看,400~800 mm,200~400 mm以及200 mm以下3个雨量带粮食生产集中度均呈现上升趋势,其中400~800 mm雨量带粮食生产集中度上升最为明显,而800 mm以上雨量带粮食生产集中度则明显下降,中国粮食生产中心由降雨量800 mm以上地区向400~800 mm地区偏移。

(2) 从不同温度带来看,中温带和暖温带粮食生产集中度上升,中温带上升趋势最为明显,到2010年这两个温度带粮食生产稳占半壁江山并逐渐取代亚热带的主导地位,而亚热带粮食生产集中度有所下降,中国粮食生产中心由亚热带向中温带和暖温带转移。

(3) 从不同地貌类型来看,山地类型区粮食生产集中度下降趋势明显,平原类型区和高原台地类型区粮食生产集中度呈现上升趋势,其中平原类型区上升趋势更为明显。中国粮食生产有向平原区集中的趋势。

(4) 中国粮食生产格局变化是由各分区粮食产量增幅不同引起的。1990-2010年间,各降雨、温度、地貌分区的粮食产量实际上并未下降,均呈增长趋势,只是增长幅度不同。粮食生产集中度上升的地区粮食产量增产幅度高于全国平均水平,下降的地区粮食产量增产幅度则低于全国平均水平。

上述结论与刘彦随、邓宗兵等学者^[6-7]在南北地区、三大地带、八大粮食产区等经济地理分区基础上的研究结果并不冲突,总体而言,中国粮食生产中心确实存在由南方向北方、由东部向中部推移的现象,不同的是,本文从自然地理视角定量揭示了中国粮食生产格局变化的自然地理特点,同时也提高了中国粮食生产格局变化研究的空间分辨率。

从中国粮食生产格局变化的自然地理特点来看,中国粮食生产中心由800 mm以上雨量带向400~800 mm雨量带偏移,由亚热带向中温带和暖温带转移,显然不利于水热资源的高效利用。另外近些年来在全球气候变化背景下,中国农业生产方面的自然灾害发生的频率和强度在加大,中国粮食生产格局的变化可能增加灾害风险,特别是旱灾风险。然而粮食生产格局变化毕竟是市场力量主导下,粮食生产向具有比较优势的地区偏移或集中过程,这一过程不仅有利于发挥根植于土地资源禀赋的区域比较优势,也有利于发展机械耕作,从而提高劳动生产率。应对粮食生产格局的这种变化,人为阻碍其进程有悖于市场经济规律,进一步提高中国粮食生产的水资源保障能力和防灾减灾能力才是关键问题。

参考文献(References)

- [1] Huang Aijun. Discussion on the change trend of the regional pattern of grain production in China. *Issues in Agricultural*

- Economy, 1995(2): 20-23. [黄爱军. 我国粮食生产区域格局的变化趋势探讨. 农业经济问题, 1995(2): 20-23.]
- [2] Zhang Luocheng. Food distribution change in China and its reasons. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2000, 9(2): 221-228. [张落成. 我国粮食生产布局变化特点及其成因分析. 长江流域资源与环境, 2000, 9(2): 221-228.]
- [3] Wu Shanlin. An empirical study of the regional characteristic of grain production and its main contributing factors in the central and west China. Journal of Finance and Economics, 2001, 27(2): 16-20. [伍山林. 中西部粮食生产区域变化与成因的实证分析. 财经研究, 2001, 27(2): 16-20.]
- [4] Luo Wanchun, Chen Yongfu. Research on the regional pattern of grain production and its affecting factors in China. Journal of Agrotechnical Economics, 2005(6): 58-64. [罗万纯, 陈永福. 中国粮食生产区域格局及影响因素研究. 农业技术经济, 2005(6): 58-64.]
- [5] Chen Yeqing, Zhang Pingyu. Regional patterns changes of Chinese grain production and response of commodity grain base in northeast China. Scientia Geographica Sinica, 2005, 25(5): 513-520. [程叶青, 张平宇. 中国粮食生产的区域格局变化及东北商品粮基地的响应. 地理科学, 2005, 25(5): 513-520.]
- [6] Liu Yansui, Zhai Rongxin. Spatial-temporal pattern changes and optimal strategy of grain production in China since 1990s. Areal Research and Development, 2009, 28(1): 1-5. [刘彦随, 翟荣新. 中国粮食生产时空格局动态及其优化策略探析. 地域研究与开发, 2009, 28(1): 1-5.]
- [7] Deng Zongbing, Feng Yonggang, Zhang Junliang, et al. Empirical studies on the regional pattern changes of grain production and its main contributing factors in China. Macroeconomics, 2014(3): 94-113. [邓宗兵, 封永刚, 张俊亮, 等. 中国粮食生产区域格局变动及成因的实证分析. 宏观经济研究, 2014(3): 94-113.]
- [8] Zhai Rongxin, Liu Yansui. Changes in regional pattern for grain production in China since the 90's of 20 century. China Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2008, 29(6): 49-54. [翟荣新, 刘彦随. 20世纪90年代以来中国粮食生产的区域格局变动. 中国农业资源与区划, 2008, 29(6): 49-54.]
- [9] Xin Liangjie, Li Xiubin, Tan Minghong. Changes of comparative advantages of regional grain production in China. Transactions of the CSAE, 2009, 25(2): 222-227. [辛良杰, 李秀彬, 谈明洪. 中国区域粮食生产优势度的演变及分析. 农业工程学报, 2009, 25(2): 222-227.]
- [10] Zhang Jun, Qin Zhihao, Li Wenjuan, et al. Change of grain production and its spatial distribution in China during the 1949-2009 periods. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(24): 13-20. [张军, 覃志豪, 李文娟, 等. 1949-2009年中国粮食生产发展与空间分布演变研究. 中国农学通报, 2011, 27(24): 13-20.]
- [11] Guo Bolin. Characteristic and dynamic force of pathway of center gravity of grain distribution in China. Acta Agriculturae Shanghai, 1992, 8(1): 68-74. [郭柏林. 我国粮食分布重心轨迹特征及动力. 上海农业学报, 1992, 8(1): 68-74.]
- [12] Liu Yu, Wang Guogang, Gao Bingbo, et al. Spatio-temporal analysis of grain production at different levels in China: Based on statistical data from 1998 to 2010. Research of Agricultural Modernization, 2012, 33(6): 673-677. [刘玉, 王国刚, 高秉博, 等. 中国粮食生产的区域格局变化研究: 基于1998-2010年的数据实证分析. 农业现代化研究, 2012, 33(6): 673-677.]
- [13] Zhong Funing, Xing Li. Studies on the regional differences and counter measures for regions with fluctuating grain yield per unit area. Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning, 2004, 25(3): 16-19. [钟甫宁, 邢鹏. 粮食单产波动的地区性差异及对策研究. 中国农业资源与区划, 2004, 25(3): 16-19.]
- [14] Li Yurui, Bian Xinmin. The regional pattern changes of grain production in Jiangsu Province. Areal Research and Development, 2008, 27(2): 113-117. [李裕瑞, 卞新民. 江苏省粮食生产地域格局变化研究. 地域研究与开发, 2008, 27(2): 113-117.]
- [15] Lu Wencong, Mei Yan. Empirical studies on the variation and contributing factors of regional grain production structure in China: Based on spatial econometrics models. China Agricultural University Journal of Social Sciences Edition, 2007, 24(3): 140-152. [陆文聪, 梅燕. 中国粮食生产区域格局变化及其成因实证分析: 基于空间计量经济学模型. 中国农业大学学报(社会科学版), 2007, 24(3): 140-152.]
- [16] Li Yurui, Lv Aiqing, Bian Xinmin. Regional change of per capita grain possession and its driving mechanisms in Jiangsu Province. Resources Science, 2008, 30(3): 423-430. [李裕瑞, 吕爱清, 卞新民. 江苏省人均粮食地域格局变化特征及驱动机制. 资源科学, 2008, 30(3): 423-430.]
- [17] Liu Yu, Guo Liying, Liu Yansui. Spatial-temporal dynamic change and analysis of grain production in county scale in Bohai Rim from 1980 to 2008. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(12): 230-236. [刘玉, 郭丽英, 刘彦随. 1980-2008年环渤海地区县域粮食的时空动态变化及分析. 农业工程学报, 2012, 28(12): 230-236.]

- [18] Liu Yujie, Yang Yanzhao, Feng Zhiming. The change of the main regions for China's foodgrain production and its implications. *Resources Science*, 2007, 29(2): 8-14. [刘玉杰, 杨艳昭, 封志明. 中国粮食生产的区域格局变化及其可能影响. *资源科学*, 2007, 29(2): 8-14.]
- [19] Tian Xiaoqing, Deng Zhong. The property of grain and the income increase of farmers. *Entrepreneur World*, 2008(5): 161-162. [田晓青, 邓忠. 粮食的属性与农民增收. *企业家天地*, 2008(5): 161-162.]
- [20] Zheng Jingyun, Bian Juanjuan, Ge Quansheng, et al. The climate regionalization in China for 1981-2010. *Chinese Science Bulletin*, 2013, 58(30): 3088-3099. [郑景云, 卞娟娟, 葛全胜, 等. 1981-2010年中国气候区划. *科学通报*, 2013, 58(30): 3088-3099.]
- [21] Yang Chun. *Research on Main Foodcrops Production Distribution and Regional Optimize China*. Beijing: China Agriculture Publishing House, 2011. [杨春. 中国主要粮食作物生产布局变迁及区位优势研究. 北京: 中国农业出版社, 2011.]

Spatial change of China's grain production based on geographical division of natural factors during 1990-2010

XU Haiya^{1,2}, ZHU Huiyi¹

(1. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The spatial pattern of grain production in China has changed remarkably under the background of global change, industrialization and urbanization over the past 20 years. This change has great impacts on grain supply and grain market, efficiency of agricultural resources, disaster risk of agricultural production on national scale, and ecological security on regional scale as well. Current research focused on the spatial change of China's grain production based on three schemes of geographical division including North and South China division, three economic regions, and eight grain-producing bases. These schemes reflected geographical features of grain production in China. In this paper, location quotients of grain production and yield data of 2344 counties were used to analyze variations of grain production in geographical regions defined by disparity of annual precipitation, effective temperature, and landforms. The results indicated that the grain production in all the geographical regions presented an increasing trend during the period 1990-2010. Due to the spatial disparity of regional growth rate, the centre of grain production in China moved northward: from the regions with precipitation over 800 mm to those with precipitation between 400 mm and 800 mm; from subtropical zone to mid-temperate zone and warm-temperate zone; and gradually concentrated in flat plains. The results implied that the change of spatial patterns of China's grain production went against the efficient use of water and heat resources, but it was beneficial to the application of agricultural machines and the improvement of labor productivity. Given the change trends of spatial pattern of grain production, background of climate change, and the national aim of grain security, China should enhance its ability to improve efficiency of water resources and reduce the risk of natural disasters.

Keywords: grain production; spatial pattern; geographical division; China