主题栏目：中国“三农”问题研究

DOI：10.3785/j.issn.1008-942X.CN33-6000/C.2016.05.135

【编者按】粮食安全一直是我国“三农”政策的基本目标之一，确保国家粮食安全构成了我国的重大战略。尽管2004年以来，我国粮食实现了“十二连增”，但粮食的增产潜力问题仍然值得研判，这关系到我国农业政策的重点及其导向。研究我国粮食的增长潜力不仅要考虑技术进步的作用，还需考虑区域间的差异性。

如何在坚持农业家庭经营制度的基础上通过农户的组织化实现分散小农户发展能力的提升，同样是学界和实务界关注的重点。农民专业合作社通过发挥其教育功能，有效提升了农户的自我发展能力，对小农户应对大市场的挑战具有积极意义。此外，在扶贫攻坚背景下，合作社所具有的天然益贫性也使其成为农户减贫脱困、带动农业产业发展的组织基础。自2007年我国首部《农民专业合作社法》出台以来，我国的合作社数量呈现迅猛发展的态势，但合作社的异化现象却日益突出，其本质属性及规范化问题也成为合作组织研究学者讨论的核心议题。然而，从既有的文献看，多数研究停留于理论探讨，较少结合我国合作社多样化发展的实际。

以上两方面作为“三农”领域的重要议题，仍然需要众多学者从不同的视域，结合我国“三农”发展的实际展开研究，为我国粮食安全政策及合作社的规范化发展提供理论支撑和现实研判。为此，本期中国“三农”问题研究栏目特设“我国粮食生产潜力及合作社本质属性”专题，以飨读者，并诚挚期盼海内外学者继续为本刊“三农”研究栏目惠赐大作！

本栏目特约主持人：黄祖辉教授

中国粮食生产潜能分析：一个基于“俱乐部收敛”的视点

田 旭[1,2] 于晓华[3,4] 张晓恒[1]

(1.南京农业大学 经济管理学院，江苏 南京 210095；2.南京农业大学 中国粮食安全研究中心，江苏 南京 210095；3.浙江大学 管理学院，浙江 杭州 310058；4.哥廷根大学 农业经济与农村发展系，下萨克森 哥廷根 37073)

[摘 要]我国的粮食单产存在显著的地区差异，不同地区粮食单产的收敛分析有助于预测粮食生产潜能。对1980年至2012年全国30个省区市稻谷、玉米、小麦三种主粮单产数据的收敛分析发现，传统收敛β收敛与σ收敛的分析结果相互冲突，并且与现实不符。而俱乐部收敛分析发现，稻谷单产全国范围内趋于收敛；玉米单产同样在全国范围内收敛；但小麦单产则不存在总体收敛趋势，而是收敛于三个不同的俱乐部。进一步以“俱乐部”内最高单产为参照测算三种主粮历年的生产潜能，预测结果显示，实际产量与潜在产量的差距在不断缩小；三种主粮在2012年的潜在总产量为6.6万亿吨，仍比实际产量高26%；初步估计，未来10—20年之内，三种主粮的增产潜能会保持在10%以上。

[关键词]粮食生产潜能；粮食单产收敛；俱乐部收敛；log$t$检验

[收稿日期]2016-05-13
[在线优先出版日期]2016-08-15
[本刊网址·在线杂志]http://www.journals.zju.edu.cn/soc
[网络连续型出版物号]CN33-6000/C

[基金项目]国家自然科学基金面上项目(71473123)；国家自然科学基金重点项目(71333008)；国家社会科学基金重大项目(14ZDA037)；江苏省高校优势学科建设工程资助项目

[作者简介]1.田旭(http://orcid.org/0000-0002-1070-3581)，男，南京农业大学经济管理学院副教授，中国粮食安全研究中心研究人员，农业经济学博士，主要从事农业生产和营养转型研究；2.于晓华(http://orcid.org/0000-0003-4257-8081)，男，德国哥廷根大学农业经济与农村发展系教授，浙江大学求是讲座教授，农业经济学、人口学双博士，主要从事农业经济学、发展经济学以及应用计量经济学研究；3.张晓恒(http://orcid.org/0000-0003-0146-8687)，男，南京农业大学经济管理学院博士研究生，主要从事农业生产和农产品贸易研究。

Grain Output Potential in China: A Perspective from Club Convergence

Tian Xu[1,2]　Yu Xiaohua[3,4]　Zhang Xiaoheng[1]

(1. *College of Economics and Management*, *Nanjing Agricultural University*, *Nanjing* 210095, *China*; 2. *China Center for Food Security Studies*, *Nanjing Agricultural University*, *Nanjing* 210095, *China*; 3. *School of Management*, *Zhejiang University*, *Hangzhou* 310058, *China*; 4. *Department of Agricultural Economics and Rural Development*, *University of Göttingen*, *Göttingen* 37073, *Germany*)

Abstract: China has achieved remarkable progress in grain production since 1978, in which yield increase played an important role. We can expect that future growth in grain output will highly depend on yield increase. Current literatures mainly adopt the productivity analysis to estimate the production potential, which assumes an identical production frontier in whole China and ignores the heterogeneities in agricultural policies, geography, and climates across regions.

This paper sheds light on the club convergence in the yield of three main grains among provinces in China. With provincial yield data of rice, maize, and wheat from 1980 to 2012, we first investigate the yield convergence for China by using the conventional convergence tests. Contradictory results are found between β and σ convergence tests. In particular, β convergence test provides strong evidence that the yields of all three grains are converging, which is inconsistent with the data. On the contrary, σ convergence test finds that wheat yield is diverging, while no clear trend is found for rice and maize yields. Therefore, we further adopt a newly developed statistical method proposed by Phillips and Sul (2007) to re-test the convergence, which allows for different time paths and individual heterogeneity. Their methodology is particularly useful in measuring transition toward a long-run growth path or a common steady state. We first adopt this method to test the population convergence for the three grains.

Results show that rice yield is converging into one club in whole China except for Shanxi Province. Moreover, maize yield is converging in whole China, while no population convergence is found for wheat yield. Instead, we find three convergent clubs for wheat yield: Beijing, Tianjin, Hebei, Shanxi, Inner Mongolia, Liaoning, Jilin, Heilongjiang, Shandong, Anhui, Jiangsu, Zhejiang, Fujian, Shaanxi, Xinjiang and Henan converge to the first club with the highest average yield; Hubei, Hunan, Guangdong, Sichuan, Gansu, Qinghai, Ningxia, Jiangxi and Shanghai converge to the second club with the middle average yield; Yunnan, Guangxi and Guizhou converge to the third club with the lowest yield; Tibet has the highest yield and diverges. A brief analysis indicates that convergence of rice and maize yields might be attributed to the popularization of high-yield variety and low dependence on natural condition, while wide heterogeneity in natural ecological condition, various seed variety, and great difference in input factors result in three convergence clubs for wheat. Furthermore, using the maximum yield in each club as the potential production frontier, we project the grain output for each year. Our results show that the gap between real output and potential output is shrinking over time. In particular, the gap between real output and potential output of wheat is the highest in the 1980s, which however experienced the largest decline in the past three decades, and dropped down to 11.76% in 2012. The potential output of the three main grains reaches 6.6 trillion tons in 2012, which is still 26% higher than the real output. Our results indicate that the potential increase of

the three main grains will remain above 10% in the next 10 - 20 years.
Key words: grain output potential; grain yield; club convergence; log*t* test

一、引 言

改革开放近40年来,我国在解决温饱问题上取得了巨大成就。粮食总产量由1978年的3.05亿吨增长到2014年的6.07亿吨,年均增长率为2%。尤其是2004年以来,粮食总产量实现了"十二连增",极大地缓解了我国粮食供给压力。然而,粮食供需矛盾并未就此解决。一方面,粮食需求仍然保持增长态势。随着生活水平的提高,居民饮食消费结构也在不断变化,其中,鱼类、肉类的消费需求不断上升[1-2]。根据国家统计局2015年的数据,1995—2014年我国水产品总产量由2 517万吨增至6 461万吨,而同期肉类总产量由5 260万吨增至8 707万吨。由于水产畜禽养殖过程中需要消耗大量饲料粮食,料肉转换比基本都在2∶1以上,故其需求的持续增长导致我国饲料粮需求量呈"刚性"增长态势,饲料用粮已经成为我国粮食需求增长的主要动因[3-6]。另一方面,在粮食需求不断增长的同时,我国粮食生产却面临着土地、劳动力等农业生产要素趋于减少的问题。受城镇化发展与粮争地、土地成本不断攀升的影响,我国粮食总播种面积由1978年的1.2亿公顷下降到2014年的1.1亿公顷。与此同时,全国新增建设用地占用耕地年均约480万亩,被占用耕地的土壤耕作层资源浪费严重,而占补平衡补充耕地质量不高[7],可以预期,未来粮食播种面积仍然会保持稳中略降的趋势。此外,工业化和城镇化的快速发展吸引了大量农村青壮年劳动力进城务工,使从事粮食生产的劳动力趋于"老龄化、妇女化",导致农村劳动力数量和质量下降,最终影响劳动力流出地的粮食生产①。由此可见,未来保障我国粮食安全将主要依赖单产的提高[8]。改革开放以来的经验同样表明,单产水平提高才是我国粮食总产量增加的关键[9]。1978年,我国粮食单产仅为每公顷2 527千克,其中,三种主要粮食稻谷、小麦以及玉米单产分别为3 978、1 845和2 803千克/公顷。到2013年,粮食单产水平增至每公顷5 385千克,三种主要粮食则分别为6 717、5 056以及6 016千克,均已超过世界平均水平(如图1)。



图1 粮食以及三种谷类全国平均单位产量(1978—2012年)

随着中国粮食进口的不断增加,自给率不断下降,研究中国各地区主要粮食(小麦、水稻和玉

① B. Yue & T. Sonoda, "The Effect of Off-farm Work on Farm Technical Efficiency in China," Working Paper, Nagoya University, Japan, 2012.

米）单产的差异以及收敛趋势显得尤为重要。因此，我们可以通过分析中国粮食单产未来的发展趋势，并在此基础上进一步研究粮食生产潜能，从而为我国的粮食安全政策提供重要参考。

我国的粮食单产存在显著的区域差距（见表 1）。表 1 列出了各地区四个代表性年份的单产数据，结果显示西北地区和华北地区的平均粮食单产明显低于华东地区和中南地区。具体到单个粮食作物，数据显示西北地区和华北地区的稻谷单产居全国首列，远高于中南地区和华东地区两个稻谷主产区；而小麦单产的区域差异则有所不同，其中，西北地区和华北地区单产水平不仅低于中南地区和华东地区，也低于全国平均水平，西南地区单产远低于其他地区；玉米单产较高的区域则集中在几个主产区，东北、华北以及华东地区。

表 1　各地区粮食单产

单位：千克/公顷

粮食种类	年份	华北地区	东北地区	华东地区	中南地区	西南地区	西北地区	全国平均
粮食单产	2010	4 175.16	5 030.11	5 593.41	5 481.04	4 410.12	4 120.51	4 973.58
	2000	3 234.27	3 660.07	4 998.89	4 888.73	4 183.81	3 169.65	4 261.15
	1990	3 128.51	4 161.15	4 435.65	4 222.71	3 769.25	2 740.17	3 932.84
	1980	1 831.41	2 519.68	3 210.44	3 023.69	2 984.25	1 751.51	2 734.31
稻谷单产	2010	7 454.09	6 966.24	6 524.60	6 193.73	7 020.76	7 714.40	6 552.96
	2000	5 220.98	6 693.40	6 113.65	6 101.15	6 800.06	7 288.90	6 271.59
	1990	5 642.81	5 950.34	5 641.08	5 559.89	6 284.88	6 485.26	5 726.12
	1980	5 349.72	4 977.62	3 997.17	4 001.62	4 628.44	4 368.78	4 129.61
小麦单产	2010	4 398.39	3 347.42	5 301.04	5 432.96	2 653.91	4 004.17	4 748.44
	2000	3 905.79	1 883.84	4 246.11	4 222.75	2 757.83	2 986.77	3 738.22
	1990	3 339.93	2 723.04	3 566.17	3 230.06	2 676.42	2 828.52	3 194.11
	1980	1 281.60	1 823.88	2 316.49	2 112.41	2 071.75	1 636.62	1 913.89
玉米单产	2010	5 321.14	5 762.35	5 943.00	5 239.65	4 854.51	5 230.55	5 453.68
	2000	4 295.81	4 307.43	5 713.43	4 519.99	4 342.93	4 790.77	4 597.47
	1990	4 465.12	5 671.13	4 484.90	3 850.71	3 495.21	3 692.70	4 523.94
	1980	2 953.15	3 374.08	3 684.97	2 691.76	3 168.45	2 521.99	3 116.38

已有研究表明，我国粮食单产的提升主要取决于劳动、化肥、机械、灌溉设施等传统和现代要素投入的增加，农业科研投入带来的技术进步贡献的提升，以及农村经营体制、市场化改革和城乡户籍制度改革带来的农民积极性与资源配置效率的提高[10-15]。那么，随着农村经营体制、市场化改革和城乡户籍制度改革的推进，全国统一的市场经济体制的逐步建立，以及地区间技术、要素的自由流动，粮食的单产水平（即单产）理论上应该还有上涨的空间，并且单产水平较低的地区上涨潜力更大，最终各地区可能趋于收敛。Fan 的研究认为，1965—1986 年生产效率提升对中国农业增长的贡献为 26.6%，如果能不断完善土地产权制度并推进农业生产要素和产品的市场化进程，农业生产的资源配置效率将进一步提升，农业生产仍然具有较大的潜力[10]。Wang 等采用利润函数研究发现，我国农业生产的平均生产效率分别为 61%和 62%，还有很大的提升空间[16-17]。Mao 等通过 DEA 方法实证研究认为，1984—1993 年中国很多地区农业生产的技术效率发生恶化，农业产出增长的潜力仍然较大[18]。Tian 等认为中国三种粮食生产的技术效率损失低于 15%，并在样本期

内基本稳定,对于保障我国粮食安全作用不大,但是随着粮食种植结构由主产区向非主产区转移,粳稻生产技术效率呈现下降趋势,在一定程度上威胁到我国未来的粮食供给[19]。此外,高鸣、宋洪远[20],以及周端明[21]、匡远凤[22]的研究均发现技术效率提升在我国粮食增产中发挥了重要作用。

以生产效率作为主要分析工具的生产潜能分析,假设全国各地区具有相同的生产前沿函数,忽略了农业生产的区域间政策、地理以及气候等因素差异。中国是一个大国,由于农业生产受自然条件、气候以及自然资源的限制,各地的农业生产都会体现出自己的特色。而单产数据综合了自然条件、气候以及政策等众多信息,最能反映不同地区土地生产力的差异和增长潜力,适合用于收敛分析和潜能预测。此外,由于经济发展水平存在区域性差异,中国各地之间的土地生产力可能存在显著的差异,各地区粮食单产水平上涨的潜力不同,更有可能收敛于几个不同的俱乐部。当前研究收敛的文献大多根据空间相邻地区人为划分收敛区间,这种方法不一定能完全抓住不同地区的生产相似性以及相邻地区的断点差异。因此,有必要通过规范的统计分析来重新检验单产的收敛情况。

本文选择稻谷、小麦以及玉米三种主要粮食作物作为研究对象,检验它们的单产收敛情况。当全国范围内的收敛并不存在时,我们应用 Phillips 等提出的"俱乐部收敛"分析三种主粮单产的俱乐部收敛情况,探讨不同地区是否收敛于几个不同的均衡水平[23]。从理论上讲,在一个收敛俱乐部内,产量最高的成员即为所有成员的潜在产能。通过对每个俱乐部的分析,我们可以得出中国总体的粮食生产潜能。

二、俱乐部收敛理论

由于对经济发展的巨大政策意义,长期以来,收敛一直是经济学关注的热门话题。大体而言,收敛机制可以分为β收敛和σ收敛。β收敛指的是落后地区比发达地区增长更快[24],而σ收敛描述的是地区间的差距随着时间的推移而缩小[25]。这两种收敛方式是紧密相关的,Lichtenberg 证明了β收敛是σ收敛的必要但非充分条件[26]。然而,当前检验收敛的方法均存在一定缺陷。Lichtenberg 指出,如果落后地区的增长速度远高于领先地区,导致末期落后地区超过领先地区,且两者的差距高于初期,那么,传统的 Barro 方程得出的β收敛结果是错误的[26]。此外,如果数据生成过程中存在大量的噪声,传统的 t 检验同样是不合适的。Phillips 等进一步指出,如果数据是不稳定的,例如存在布朗运动(Brownian motion),那么方差的自然增长会使传统的σ收敛出现误导性。更关键的是,这两种收敛分析忽视了样本中不同的收敛俱乐部[23]。

有鉴于此,Phillips 等提出了一种新的收敛检验方法[23],这种方法类似于条件σ收敛检验,它允许数据存在各种不同的时间趋势和个体异质性。相对于传统β收敛和σ收敛方法,这种检测收敛的方法最大的优点在于:当总体样本不存在收敛趋势时,不需要人为划分收敛组别,而是可以通过不断地试错将所有个体的收敛情况进行聚类,收敛于同一稳态水平的个体被划为一个收敛俱乐部,这样我们就可以将所有局部收敛情况运用统计方法甄别出来,形成不同的收敛俱乐部[27]。下面对这种方法做一个简单的介绍。

对于任何面板数据 X_{it},我们都可以将其分解成两个部分:

$$X_{it} = \delta_{it}\mu_t \tag{1}$$

其中,μ_t 是所有个体的共同因子,而 δ_{it} 则是时间变化因子的载荷系数(time varying factor loading coefficient),它可以进一步用一个半参数方程来表示:

$$\delta_{it} = \delta_i + \frac{\sigma_i}{L(t)t^{\alpha}}\xi_{it} \tag{2}$$

δ_i 是固定成分,不随时间变化;ξ_{it} 服从标准正态分布且独立同分布,但在时间上弱相依且平稳。$L(t)$

是用来消除方差随时间自然增长的增长变化方程(increasing varying function)。如果面板数据是平稳的，$L(t)$ 可以忽略。这样的话，我们就可以保证，对于任何大于等于 0 的 a，当时间 t 趋于无穷大的时候，δ_{it} 会收敛于 δ_i。因此，如果所有个体拥有相同的共同因子 $\delta_i = \delta$，那么，当 a 大于等于 0 时，所有个体将收敛于相同的均衡状态。这样的话，收敛与否就可以通过检验 a 是否大于等于 0 来判断。实证分析中，我们可以通过下面的模型来检验收敛。

原假设为 H_0：$\delta_i = \delta$，即 $a \geqslant 0$。

$$\log\left(\frac{H_1}{H_t}\right) - 2\log L(t) = b_0 + 2a\log t + u_t \tag{3}$$

其中，$H_t = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(h_{it}-1)^2$；$h_{it} = \frac{X_{it}}{N^{-1}\sum_{i=1}^{N}X_{it}}$；$b_0 = -2\log L(1) + u_1$。$t = [rT], [rT]+1, \cdots, T$，且 $r > 0$，表明回归中我们仅使用一部分数据。这样，收敛的原假设就可以通过一个自回归和异方差稳健的单边 t 检验来判断 $\log t$ 的系数，所以我们称之为 $\log t$ 检验。

这种方法不仅可以判定总体的收敛情况，还可以在总体不收敛时进一步判定个体是否收敛于不同俱乐部，即俱乐部收敛。在实证分析中，我们可以按照下面的步骤进行操作。

第一步，将所有个体按照最后某个时间段的平均值 $\overline{X}_i$ 进行排序：

$$\overline{X}_i = \frac{1}{\omega T}\sum_{t=[T-\omega T]+1}^{T} X_{it} \tag{4}$$

T 是总时间长度，ω 是时间的最后一部分(例如：ω 等于 1/2 或者 1/3)。

第二步，找出核心组成员。用 $\log t$ 检验依次对均值最高的 k($k = 2, \cdots, N$) 个个体进行回归检验，计算出 $\log t$ 的 t 检验值 t_k。当 t_k 小于 -1.65(5% 显著性水平) 时，停止回归，在已有的 t 检验值中找出最大的 t_k，与之对应的那个 k^* 就是核心收敛组包含的成员数量(即均值最高的 k^* 个个体)。

如果所有的 t_k 均大于 -1.65，这表明所有个体均收敛于一个俱乐部，即样本总体收敛。反之，如果均值最高的两个个体对应的 t 检验值 t_k 都小于 -1.65，则需要将均值最高的个体剔除，对剩下的个体重新逐步回归。如果剩下的个体中均值最高的两个仍然不能满足 $t_k > -1.65$，我们照例剔除均值最高的那个，然后重复上述操作，直到找出 $t_k > -1.65$ 的核心组。如果找不到任何连续的个体满足 $t_k > -1.65$，则表明样本中不存在收敛组。

第三步，构建第一个收敛组。一旦找到了核心组，我们将其他个体一个一个加入到核心组中进行回归检验并计算出 $\log t$ 的 t 检验值 t_k。然后将所有 t_k 大于某个阈值(如 0) 的个体加入到核心组中，对新形成的组再次进行回归检验。如果 $t_k > -1.65$，我们认为这些个体收敛并且组成了第一个收敛组；如果 $t_k < -1.65$，则提高阈值，剔除一些对应 t_k 值较小的个体，再次进行回归检验，如此直到 $\log t$ 的 t 检验值 > -1.65，从而形成第一个收敛组。

第四步，构建第二个收敛组。第一个收敛组形成以后，我们对剩下的个体进行 $\log t$ 检验，如果 $t_k > -1.65$，表明剩下的个体收敛于另外一个组，即全部样本收敛于两个俱乐部。如果 $t_k < -1.65$，我们对剩下的个体重复第一步至第三步的操作，从而找出其他收敛组。如果此时在第二步中找不出满足 $t_k > -1.65$ 的连续个体，则表明剩下的个体均发散，即全体样本中，一部分收敛于一个小组，剩下的个体全部发散。

三、数据

本文数据主要来源于《新中国农业 60 年统计资料》，里面包含了全国 31 个省区市(港、澳、台地区除外)1978 年至 2008 年各种农作物单位产量数据。2009 年至 2012 年的数据来源于《中国农村

统计年鉴》。之所以选择稻谷、小麦和玉米作为本文的研究对象,是因为它们的种植面积广泛,几乎涵盖了全国各大省区,而且是我国三大主要粮食作物,同时也是世界上总产量最高的三大粮食作物(FAOSTAT)。根据国家统计局的统计,2013年稻谷、小麦以及玉米的播种面积占粮食播种总面积的比重达到了81.1%,占谷物播种总面积的比重则高达96.8%。相应的,它们的产量占粮食总产量和谷物总产量中的份额分别高达90.4%和98.4%。

此外,上述资料中没有广东1998年和海南1978至1987年以及1998年的稻谷单产数据,我们分别用《广东统计年鉴》1999年和《海南统计年鉴》1987、1990、1999年的数据作为补充。福建1978年至1984年的玉米种植较少,统计年鉴中没有汇报;此外,西藏1985年以前的稻谷种植较少,统计年鉴中也没有汇报,但我们从中国玉米网①和中华粮网数据中心②分别找到了相应的数据进行补充。另外,海南没有小麦种植数据,玉米种植也非常少且大部分年份数据缺失;青海没有稻谷种植数据,其玉米种植也非常少且大部分年份数据缺失;重庆1997年才设立直辖市,所有没有包含在分析中。1978和1979年数据不全,我们选择1980—2012年作为研究区间。最后,我们得到29个省区市33年(1980—2012年)的稻谷数据(不包括青海和重庆)和小麦数据(不包括海南和重庆),28个省区市33年(1980—2012年)的玉米数据(不包括青海、海南以及重庆)。图1展示了三种作物的年均单产变化趋势,我们发现稻谷的单产最高,玉米次之,小麦最低。

四、实证分析

(一)传统收敛检验实证结果

我们首先用传统的方法检验三种粮食单产的收敛性。表2汇报了用Barro等提出的方法得出的β收敛检验结果[24]。结果显示各省区市三种粮食的单产均趋于收敛,且在1%水平上显著。其中,玉米收敛速度最快,为1.13%;其次为小麦和稻谷,分别为0.67%和0.54%。这样的结果很容易解释:中国在改革开放后市场经济不断深化,技术扩散迅速,从而使全国粮食单产收敛。

表2 β收敛结果

谷类	β	t值	p值
稻谷	0.005 4	3.12	0.00
小麦	0.006 7	3.45	0.00
玉米	0.011 3	11.25	0.00

但是,正如上文所提到的,如果初期时单产较低的地区的土地生产率有了极大的提升,且在末期远远超过初期时领先的地区,那么,β收敛并不意味着地区间差距的缩小。相关数据也证明这种可能性确实存在。表3列出了最初5年(1980—1984年)单产最高的5个省区市和最低的5个省区市,以及它们在最初5年和最后5年(2008—2012年)的平均单产以及这个时间段内的增长情况。我们发现20世纪80年代上半期稻谷单产位居第三的山西,单产水平急剧下降,到最近5年已经远远落后于80年代初单产最低的5个省区市。同样,早期玉米单产最高的辽宁到最近5年已经被大多数早期单产较低的地区所超越。至于小麦,虽然各省区市单产水平均有提升,但增长幅度有

① 参见http://www.chinamaize.com.cn/scgk/index.htm,2016年5月13日。

② 参见http://datacenter.cngrain.com/IndexProduce.aspx?Flag=2&PId=27&TId=2?,maize1978—1979,2016年5月13日。

极大差异。其中，早期小麦单产最高的上海，增长比例居全国末位，已被大部分地区超越。

当然，表 3 中的结果并不表明 β 收敛的结论一定是错误的，但至少对检验结果提出了质疑，因此需要进一步检验单产的 σ 收敛情况。我们首先计算了三种粮食的变异系数（图 2），结果显示玉米呈现出明显的收敛特征，但稻谷和小麦的收敛趋势并不明显，尤其是小麦，1981 年之后变异系数并没有任何下降趋势。用标准差对时间进行回归，我们发现小麦模型中时间趋势项系数显著为正，表明小麦的单产存在发散趋势；而稻谷和玉米模型中的时间趋势项均不显著，无法判断收敛与发散趋势。

表 3　三种粮食单产的变化

单位：千克/公顷

初期排名	稻谷				小麦				玉米			
	省区市	1980—1984 年	2008—2012 年	增长比例	省区市	1980—1984 年	2008—2012 年	增长比例	省区市	1980—1984 年	2008—2012 年	增长比例
1	宁夏	7 743.0	8 364.4	8.03%	上海	3 694.6	3 973.9	7.56%	辽宁	5 177.8	5 906.4	14.07%
2	辽宁	6 697.4	7 493.2	11.88%	江苏	3 671.8	4 845.5	31.96%	上海	5 088.6	6 299.3	23.79%
3	山西	6 395.6	4 175.9	−34.71%	北京	3 022.2	4 998.5	65.39%	北京	4 353.4	6 070.5	39.44%
4	河北	5 861.2	6 683.7	14.03%	河南	3 004.8	5 852.1	94.76%	吉林	4 305.2	7 027.9	63.24%
5	四川	5 717.6	7 538.7	31.85%	西藏	2 828.6	6 654.1	135.24%	江苏	4 103.8	5 373.1	30.93%
25	西藏	3 757.5	5 598.3	48.99%	广东	1 309.8	2 960.1	126.00%	广西	2 110.0	4 192.0	98.67%
26	黑龙江	3 488.2	6 696.3	91.97%	内蒙古	1 256.8	3 133.4	149.31%	湖南	1 684.6	5 648.5	235.30%
27	新疆	3 357.6	7 687.0	128.94%	贵州	1 201.8	1 649.8	37.28%	广东	1 605.6	6 580.9	309.87%
28	内蒙古	2 761.0	7 708.6	179.20%	江西	888.2	1 948.1	119.33%	江西	1 359.0	4 389.0	222.96%
29	海南	2 676.0	4 572.0	70.85%	广西	845.2	1 392.1	64.70%	福建	846.0	3 837.5	353.60%

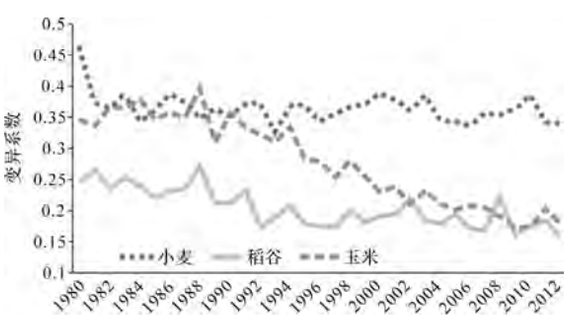


图 2　三种粮食单产的 σ 收敛（1980—2012 年）

（二）“俱乐部收敛”分析结果

传统 σ 收敛检验方法虽然直观，但不能给出明确的判定；此外，如果数据不稳定，变异系数同样会给出误导性的结论[23]。因此，有必要用“俱乐部收敛”方法来重新检验收敛情况。

在进行回归检验之前，我们首先采用 Hadri 和 Breitung 的面板数据单位根检验[28-29]判断三种粮食的单产是否平稳（见表 4）。Breitung 检验的原假设是面板数据包含单位根，因此，拒绝原假设意味着面板数据是平稳的；而 Hadri 检验的原假设是所有的面板均平稳，因此，拒绝原假设意味着至少部分面板是非平稳的。我们的检验结果显示 Breitung 检验均无法拒绝原假设，而 Hadri 检验

均在1%显著性水平上拒绝了原假设,因此,我们判定面板数据存在单位根。在应用 log$t$ 检验判定收敛情况时,必须加入 $L(t)$ 来消除方差随时间的自然增长。根据 Phillips 等的建议,本文采用 $L(t) = \log(t+1)$[23]。

表4 面板数据单位根检验

谷类	检验方法	Statistics	p	结论
稻谷	Breitung	1.81	0.964 7	面板包含单位根
	Hadri	66.34***	0.000 0	至少部分面板包含单位根
小麦	Breitung	3.00	0.999 8	面板包含单位根
	Hadri	70.69***	0.000 0	至少部分面板包含单位根
玉米	Breitung	3.53	0.998 7	面板包含单位根
	Hadri	73.07***	0.000 0	至少部分面板包含单位根

注:***表示在1%显著性水平上拒绝原假设。

我们根据最近12年(2001—2012年)的平均粮食单产对各省区市进行排序。此外,参照Phillips等的建议,我们将 r 设定为0.3[23],回归检验就从 $t = [rT] = [0.3 \times 33]$ 的整数部分即第9年开始,一共有25个观测值。为了进一步控制回归中的自相关和异方差,我们采用Newey-West的回归模型[30]。根据Green的建议,将滞后期选为 $L = T^{1/4} = (33)^{1/4} \approx 2$[31]。

我们首先对三种粮食总体收敛情况进行检验,结果显示玉米在全国范围内趋于收敛(t 值大于−1.65),而稻谷和小麦则不存在总体收敛趋势(t 值小于−1.65)(见表5)。这与变异系数揭示的信息是吻合的,并进一步否定了β收敛检验的结果,表明β收敛在理论和实践中均存在缺陷,这也为今后的β收敛分析提出了警示。

表5 总体收敛检验

谷类	t 值	结果
稻谷	−3.42	发散
小麦	−14.51	发散
玉米	5.15	收敛

然而,拒绝总体收敛并不意味不存在收敛,成员完全有可能收敛于几个区域性俱乐部,呈现出俱乐部收敛的态势[23]。因此,我们接着应用 log$t$ 检验找出稻谷和小麦的收敛组,其结果报告在表6中。

我们的结果显示:(1)稻谷单产除了山西,其他省区市(青海、重庆无数据)均向同一均衡水平收敛。(2)玉米单产在全国范围内收敛。(3)小麦收敛成三个俱乐部:其中,华北五省市、东北三省、华东大部、西北部分地区(北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、安徽、江苏、浙江、福建、陕西、新疆)以及河南等16个省区市收敛于第一个俱乐部;中部和西部大部以及华东部分地区(湖北、湖南、广东、四川、甘肃、青海、宁夏、江西、上海)收敛于第二俱乐部;西南云桂黔(云南、广西、贵州)三省区收敛于第三俱乐部;西藏的小麦单产远高于其他地区,不与其他任何地区收敛。稻谷在历史上一直是我国总产量最高的粮食作物,直到2012年才被玉米超越。2013年我国稻谷总产量达到了2.04亿吨,占粮食总产量的33.83%。虽然存在区域性差异,但由于改革开放后全国统一市场的建立,杂交水稻在全国范围内的推广以及气候变暖等因素,传统上水稻低产地区(如北方)的产量取得了长足的增长,促进了水稻单产水平在全国范围内趋向于同一均衡水平[32],即存在一个全国性的单产收敛。但是,我们也发现山西稻谷单产水平并没有与其他省区市保持收敛趋势,

原因可能在于山西省过低的耕地利用效率和较差的农业生产基础设施。叶浩等发现，2008 年山西省耕地利用效率低于 0.5，为全国最低[33]。统计数据显示，2009 年山西的有效灌溉面积远低于周边的河北、河南、山东、内蒙古等地区（仅为 1/4 至 1/3）；农用机械总动力和化肥施用量也同样低于内蒙古，仅为河北、河南、山东三省的 1/6 至 1/3 左右。

表 6　三种粮食收敛以及单产情况

省区市	收敛俱乐部			近五年平均单产（千克/公顷）		
	稻谷	小麦	玉米	稻谷	小麦	玉米
北京	第一组	第一组	第一组	6 486.6	4 998.5	6 070.5
天津	第一组	第一组	第一组	7 258.8	4 869.3	5 370.6
河北	第一组	第一组	第一组	6 683.7	5 230.9	5 173.5
山西	发散	第一组	第一组	4 175.9	3 372.8	5 002.4
内蒙古	第一组	第一组	第一组	7 708.6	3 133.4	5 961.7
辽宁	第一组	第一组	第一组	7 493.2	4 980.2	5 906.4
吉林	第一组	第一组	第一组	8 297.0	3 316.5	7 027.9
黑龙江	第一组	第一组	第一组	6 696.3	3 567.8	5 315.2
江苏	第一组	第一组	第一组	8 164.0	4 845.5	5 373.1
浙江	第一组	第一组	第一组	7 145.4	3 768.1	4 494.3
安徽	第一组	第一组	第一组	6 232.2	5 106.9	4 393.9
福建	第一组	第一组	第一组	5 995.9	2 971.5	3 837.5
山东	第一组	第一组	第一组	8 351.6	5 838.0	6 580.9
河南	第一组	第一组	第一组	7 449.0	5 852.1	5 633.2
陕西	第一组	第一组	第一组	6 796.4	3 553.8	4 546.1
新疆	第一组	第一组	第一组	7 687.0	5 441.9	6 896.8
上海	第一组	第二组	第一组	8 341.4	3 973.9	6 299.3
江西	第一组	第二组	第一组	5 788.3	1 948.1	4 389.0
湖北	第一组	第二组	第一组	7 860.4	3 388.1	4 864.9
湖南	第一组	第二组	第一组	6 355.5	2 417.0	5 648.5
广东	第一组	第二组	第一组	5 482.8	2 960.1	4 505.8
四川	第一组	第二组	第一组	7 538.7	3 402.8	4 965.7
甘肃	第一组	第二组	第一组	6 886.8	2 948.1	4 969.4
青海	无数据	第二组	第一组	无数据	3 792.8	8 092.4
宁夏	第一组	第二组	第一组	8 364.4	3 282.1	7 423.6
广西	第一组	第三组	第一组	5 347.8	1 392.1	4 192.0
贵州	第一组	第三组	第一组	5 983.9	1 649.8	4 708.8
云南	第一组	第三组	第一组	6 088.5	1 883.1	4 275.2
西藏	第一组	发散	第一组	5 598.3	6 654.1	6 221.0
海南	第一组	无数据	无数据	4 572.0	无数据	无数据

小麦是我国北方的主要粮食作物，同时也是我国总产量第三的粮食。2013 年全国小麦总产量达到了 1.22 亿吨，占粮食总产量的 20.26%。小麦的单产主要受以下四个因素影响：(1)气候生态条件。小麦是喜低温长日作物，产量和品质受太阳总辐射能、平均气温变化、降水量以及日

照百分率影响较大①。其中,太阳能辐射有助于提高小麦的光合生产潜力;气温升高则会使小麦播种期推迟,收获期提早,缩短小麦生育期,影响苗期生长对光热资源的利用,降低单产;生育期降雨量过大以及变异幅度过大都会使小麦产量波动较大;日照百分率可以提高太阳总辐射量,从而提高小麦生产潜力[34]。(2)品种。小麦品种繁多,不同地区受其自然气候条件限制,适合种植特定类型的小麦,而不同种类的小麦单株成穗数、穗粒数、千粒重等指标各不相同,导致单产存在较大差异[34]。(3)基础设施与劳动、机械、化肥、农药等各种投入要素。(4)统计误差。由于小麦种植非常集中,河南、山东、河北、安徽、江苏五省产量近9 000万吨,占全国76%以上,而广东、广西等地产量不足1万吨,播种面积太小的地区,土地面积与产量的统计误差会对单产的计算造成较大影响。

我们的结果显示小麦单产并不存在总体收敛情况,而是收敛于三个组。其中,小麦主产区(河南、山东、河北、安徽、江苏五省)和华北地区、东北三省、华东和西北部分地区收敛于第一个组,单产较高。原因可能是黄淮地区和华北地区气候温暖,雨量适度,生态环境最适宜种植高产优质的强筋、中筋冬小麦;东北地区土地肥沃,矿产营养丰富,土壤结构良好,日照充足,是我国重要的强筋、中筋硬红春小麦产区;内蒙古土壤质地多为壤土,耕性较好,适合种植小麦;新疆地区由于麦田长期有积雪覆盖,有利于冬小麦安全越冬,且日照量为全国之首,对小麦生长发育极为有利[34-36]。这些因素的共同作用以及优良的品种和较高的机械化、水利化水平,使这些地区的小麦单产收敛于较高水平。与此对应,汉水上游地区土壤偏酸性,肥力较差;江西、湖南、广东、上海降雨太多,不适合小麦生长;西南日照不足,影响小麦后期灌浆和结实;西北温度偏低,气候干旱,降水量太少,制约了单产提高[36]。因此,这些地区的小麦单产收敛于一个相对较低的水平。云桂黔三省单产较低,增长较慢,收敛于更低的均衡水平。根据赵广才的分析,云南的土壤类型主要为红壤,质地黏重,酸性较强,土质较差,不适合小麦生长。贵州的小麦主产区主要分布在海拔800—1 400米地区,土壤类型主要为黄壤,具有过黏、过沙、过酸三大特点,缺磷,日照不足,直接影响小麦后期灌浆和结实;加之贵州灾害性天气种类较多,干旱、秋风、凌冻、冰雹频度大,不利于小麦生长。广西主要种植冬小麦,播种季节通常在11月,来年3、4月收割,而此期间正值旱季,降水量仅占年降水量的15%—30%,且太阳辐射较少[36]。我们还发现,西藏的小麦单产增长较快,不与其他任何地区收敛。其小麦单产在20世纪80年代初每公顷不足3 000千克,但近10年来每公顷产量均高于6 000千克,远远领先于其他地区。原因可能在于西藏的小麦大部分种植在海拔2 600—3 800米的河谷地,日照时数常年在3 000小时以上。由于气温日夜差较大,因而小麦光合作用强,净光合效率高,容易形成大穗大粒,适合种植高产的强冬性中筋小麦[34,36]。此外,20世纪90年代以后,西藏的农业生产条件得到极大改善,有效灌溉面积、化肥施用量、农药使用量、塑料薄膜使用量、农业机械总动力等相关指标至少增加了1倍,因此,单产能保持极高的增长速度。

除了自然条件的差异外,我们还发现小麦生产中不同地区在投入要素上存在巨大差异。表7根据《2013年农产品成本收益统计资料汇编》计算了2012年三个收敛组的投入要素均值,我们将书中汇报的15个省区市按照收敛情况划为三个组,遗憾的是没有西藏的数据。结果显示,第一个收敛组(河北、内蒙古、黑龙江、江苏、安徽、山东、河南、新疆)的种子、化肥、农药以及机械投入远高于第三收敛组(云南),也高于第二收敛组(山西、湖北、四川、陕西、甘肃、宁夏),但劳动的投入为所有组中最低;第三收敛组的劳动投入最高,但其他要素投入均远低于第一、二收敛组。这说明投入要素的巨大差异可能也是造成不同地区小麦单产收敛于不同俱乐部的原因。此外,在小麦不是主要粮食作物的地区,政府对小麦生产基础设施的投入以及种子技术的研发力度较小,这也会造成小

① 参见孙芳《我国主要作物对气候变化的敏感性和脆弱性研究》,中国农业科学院生态系2005年硕士学位论文。

麦单产的发散。

表 7　不同收敛组小麦投入要素使用比较(每公顷)

分组	单产（千克）	劳动（标准工作日）	种子（千克）	化肥（元）	农药（元）	机械费用（元）
第一组	5 738.4	60.1	286.0	2 307.6	221.6	1 714.7
第二组	5 051.3	99.8	249.5	1 840.1	186.8	1 758.6
第三组	2 721.9	128.0	175.7	952.1	174.2	365.4

玉米是全世界总产量最高的粮食作物。在中国，玉米于 20 世纪 90 年代末超过小麦成为总产量第二的粮食，2012 年超过稻谷成为我国产量最高的粮食作物，2013 年总产量占粮食总产量的 36.30％。我们的检验显示，玉米单产在全国范围内趋于收敛，这可能归因于玉米对生长条件的要求较低，可以在多种土壤上种植，且新品种更新和推广应用速度快，加之科学的施肥和灌溉，以及覆膜技术的推广和新技术跨区域的快速传播，这些都导致了玉米单产的快速增长和趋同[37]。李少昆和王崇桃指出，在确定了玉米在饲料中的主导地位之后，我国的玉米生产很大程度上受工业消费量和畜牧业增长拉动，2006 年以来玉米价格的连续上涨调动了农民生产和农技人员科技服务的积极性，促进了先进技术和优良品种的应用和推广[37]。

以上结果表明，影响作物单产收敛的可能原因包括高产品种的推广情况，对自然生态条件的敏感程度以及相应投入要素的使用差异。稻谷的收敛主要归功于高产杂交稻的推广，而玉米的收敛则主要由于需求的快速增长刺激了新品种的研发和推广，而且品种受自然生态条件影响较小。孙芳利用嵌套 CERES 作物模型估计了三大主粮对气候变化的敏感性和脆弱性，她的研究发现，小麦对气候变化最为敏感，玉米受影响最小①，这也解释了为什么小麦未能克服自然条件的差异。此外，小麦的单产收敛情况还可能受到地方性的品种保护、投入要素的地区性差异以及统计误差等因素影响。

五、三种粮食生产潜能分析

基于上述俱乐部收敛分析，我们进一步测算了三种粮食在全国范围内的潜在产能。这对我们制定有效的粮食安全政策至关重要。由于农作物潜在产出水平的决定因素较多，包括技术、气候、土壤状况以及各地的生产模式和经济环境，这些因素最终都会影响土地生产率，并通过单产水平反映出来。因此，我们从单产提升空间的角度来分析生产潜能。

具体而言，我们以历年各收敛俱乐部中最高的单产作为该俱乐部所有成员在该年的潜在单产水平，用各年度的潜在单产水平乘以实际播种面积得出各俱乐部历年的潜在产量，加总所有俱乐部的潜在产量即为全国潜在产量。计算结果汇报在表 8 中。根据统计结果可以得出以下四点结论：(1)三种主粮均有较大的增产空间，其中，玉米和稻谷的增产潜力高于小麦；(2)三种主粮的增产潜力随时间呈现不断下降趋势，即实际产量与潜在产量之间的差距不断缩小，这也进一步验证了俱乐部内部单产差异在不断减少；(3)1980 至 2012 年间实际产量的增长速度远高于潜在产量的增速；(4)2012 年稻谷、小麦、玉米的潜在产量分别为 25 251 万吨、13 523 万吨、27 097 万吨，分别比同期实际产量高出 27.7％、11.7％、33.6％。

① 参见孙芳《我国主要作物对气候变化的敏感性和脆弱性研究》，中国农业科学院生态系 2005 年硕士学位论文。

表8 三种粮食实际产量以及潜在产量情况

年份	稻谷			小麦			玉米		
	实际产量	潜在产量	增产空间	实际产量	潜在产量	增产空间	实际产量	潜在产量	增产空间
2012	19 769.8	25 251.2	27.73%	12 102.4	13 523.2	11.74%	20 276.8	27 097.1	33.64%
2011	19 461.5	26 491.5	36.12%	11 740.1	13 258.4	12.93%	18 995.6	24 650.1	29.77%
2010	18 919.1	25 591.8	35.27%	11 518.1	13 073.3	13.50%	17 453.1	23 752.8	36.09%
2009	18 853.1	24 084.8	27.75%	11 511.5	13 033.2	13.22%	16 140.7	22 321.0	38.29%
2008	18 516.3	25 110.1	35.61%	11 246.4	12 727.8	13.17%	16 336.6	21 347.0	30.67%
2007	17 975.4	24 907.5	38.56%	10 929.8	12 542.5	14.76%	14 987.5	21 552.9	43.81%
2006	17 692.7	24 636.2	39.24%	10 846.6	12 382.4	14.16%	14 952.3	20 053.2	34.11%
2005	17 426.8	24 079.1	38.17%	9 744.5	11 537.4	18.40%	13 697.1	18 534.9	35.32%
2004	17 252.1	22 512.8	30.49%	9 195.2	10 531.6	14.53%	12 795.1	17 425.1	36.19%
2003	15 425.0	20 788.6	34.77%	8 648.8	10 355.6	19.73%	11 369.9	16 086.0	41.48%
2002	16 824.4	24 068.5	43.06%	9 029.0	11 022.9	22.08%	11 927.1	16 232.7	36.10%
2001	17 134.4	25 806.8	50.61%	9 387.3	11 436.1	21.83%	11 222.1	17 021.1	51.68%
2000	18 107.7	24 831.0	37.13%	9 963.6	13 496.6	35.46%	10 396.1	16 034.8	54.24%
1999	19 147.9	28 232.2	47.44%	11 388.0	14 786.3	29.84%	12 610.3	18 071.9	43.31%
1998	19 193.1	28 770.6	49.90%	10 972.6	15 050.1	37.16%	13 097.6	19 627.7	49.86%
1997	19 358.8	27 596.0	42.55%	12 328.9	15 368.8	24.66%	10 217.8	16 407.8	60.58%
1996	19 355.4	26 497.8	36.90%	11 056.9	15 037.6	36.00%	12 743.2	17 299.5	35.76%
1995	18 361.7	24 848.7	35.33%	10 220.7	15 284.1	49.54%	11 194.9	14 565.6	30.11%
1994	17 439.5	25 047.3	43.62%	9 929.7	15 246.2	53.54%	9 924.0	15 218.3	53.35%
1993	17 601.3	23 601.9	34.09%	10 639.0	16 171.3	52.00%	10 268.9	14 367.8	39.92%
1992	18 462.4	23 764.1	28.72%	10 158.7	16 214.5	59.61%	9 534.3	13 932.6	46.13%
1991	18 230.4	30 199.8	65.66%	9 595.3	15 862.5	65.31%	9 874.5	13 473.0	36.44%
1990	18 788.9	29 920.3	59.24%	9 822.9	15 222.6	54.97%	9 679.4	14 742.5	52.31%
1989	17 882.9	27 642.4	54.57%	9 080.7	13 491.0	48.57%	7 890.9	13 508.9	71.20%
1988	16 809.7	26 738.8	59.07%	8 543.2	12 395.3	45.09%	7 733.7	12 281.1	58.80%
1987	17 426.2	26 730.5	53.39%	8 590.2	11 431.1	33.07%	7 924.1	11 729.5	48.02%
1986	17 222.4	26 598.8	54.44%	9 004.0	12 061.0	33.95%	7 085.6	11 208.4	58.19%
1985	16 856.9	26 981.3	60.06%	8 580.5	10 992.3	28.11%	6 382.6	11 539.5	80.80%
1984	17 825.5	27 394.0	53.68%	8 781.5	11 693.8	33.16%	7 341.0	12 014.5	63.66%
1983	16 886.5	26 332.4	55.94%	8 139.0	10 485.1	28.83%	6 820.5	11 372.3	66.74%
1982	16 159.5	25 951.6	60.60%	6 847.0	10 700.6	56.28%	6 056.0	10 801.8	78.37%
1981	14 395.5	25 139.2	74.63%	5 964.0	8 776.5	47.16%	5 920.5	9 201.0	55.41%
1980	13 990.5	24 093.0	72.21%	5 520.5	10 521.8	90.60%	6 260.0	9 269.3	48.07%

注：海南、青海、重庆数据不全，鉴于三地粮食产量占全国比重很小，我们没有将其纳入预测分析。实际产量与潜在产量单位均为万吨。

为了进一步研究三种主要粮食的生产潜能，我们汇总了稻谷、小麦、玉米历年的实际产量与潜在产量，并计算了总产量增长空间，结果展示在图3中(海南、青海、重庆数据不全，我们没有将其纳入预测分析)。其中，左侧纵坐标为产量测度，右侧纵坐标为增产潜力。从图中可以明确看出潜在产量与实际产量呈现相同的变化趋势，2004年以后粮食潜在产量也出现了“九连增”现象。2012年，三种主

粮的潜在产量达到 65 871 万吨，比当年的实际产量(52 149 万吨)高 26.3%。我们对增产潜力的预测要明显低于 Wang 等用生产效率指标得出的预测[16-17]，这可能因为我们考虑了不同俱乐部的差异性。即便如此，这一结果同样显示当前我国的主粮生产仍然有较大的增长空间。此外，我们还发现实际产量与潜在产量之间的差异呈现出不断缩小的趋势，20 世纪 80 年代初产量增长潜力高达 70%，到 2010 年后已经下降到 30%以下。用增产潜力对时间趋势项进行简单线性回归，结果显示增产潜力每年大约下降 1.1 个百分点；到 2020 年，预期增产潜力会下降到 18.7%；到 2030 年，预期增产潜力会进一步下降到 7.7%。然而，我们还可以观察到 2004 年以来增产潜能大体在 30%左右波动，所以我们可能高估了潜能下降的速度。结合潜能变化的长期时间趋势回归结果和 2004 年以来的波动情况，我们可以初步认为，未来 10—20 年之内，粮食生产仍然存在一定的增产空间(10%以上)。

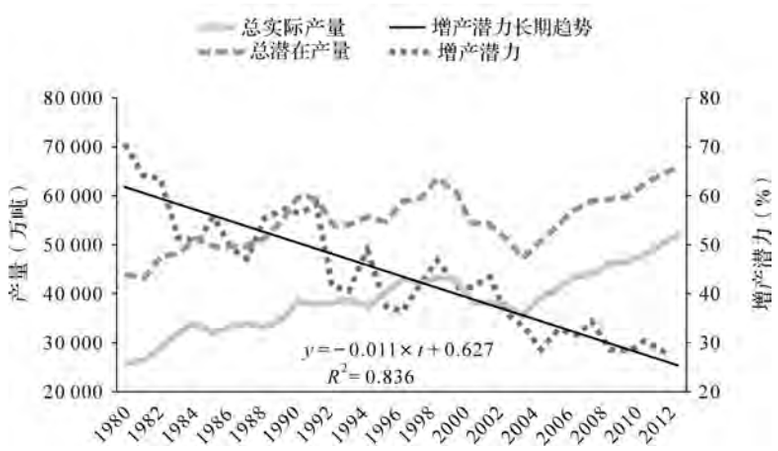


图 3　三种粮食历年实际产量与潜在产量(1980—2012 年)

六、结　语

作为世界上人口基数最大的国家，确保粮食安全是我国当前以及未来相当长的一段时间内面临的重大挑战。未来保障粮食安全将主要依赖单产的提高。为了加深对我国粮食生产潜能的理解，本文从俱乐部收敛的角度分析了我国稻谷、玉米、小麦三种主要粮食作物单产的收敛情况。鉴于传统收敛检验方法(β 收敛和 σ 收敛)存在的缺陷，我们采用了 Phillips 等提出的俱乐部收敛检验来判定收敛情况[23]。实证结果显示，玉米全国范围内收敛；稻谷除山西单产增加缓慢，不与其他地区趋向同一均衡水平之外，全国总体也存在收敛情形。而小麦则收敛于三个不同的俱乐部，其中，作为小麦主产区的黄淮地区和东北、华北、华东大部以及西北部分地区收敛于第一组，单产较高；而汉水流域、西部大部以及华东部分地区收敛于第二组，单产稍低；云桂黔收敛于第三组，单产增长最慢，水平也最低；西藏的小麦单产增长远高于其他地区，也不与任何地区收敛。

我们认为，高产品种的推广力度、对自然生态条件的敏感程度以及相应投入要素的使用差异是影响单产收敛的关键因素。稻谷单产的收敛主要归功于高产杂交稻的推广，而玉米单产的收敛则主要由于需求的快速增长刺激了新品种的研发和推广，而且品种受自然生态条件影响较小。与之相反，小麦对自然气候条件较为敏感，且播种品种和投入要素地区差异较大，从而导致单产收敛于三个俱乐部。当然，我们的研究主要是从统计学的角度揭示粮食单产收敛与发散的事实，至于背后的推动因素有待于进一步研究。

基于此,我们进一步测算了我国的粮食生产潜能。用历年各收敛组中单产最高的指标作为该组当年的潜在单产水平,我们发现三种主要粮食实际产量与潜在产量之间的差距在不断缩小。截止到2012年,潜在产量高达65 871万吨,仍比实际产量高26%,即我国三种主要粮食产量仍有较大的增长空间。通过简单分析,我们可以初步判断未来10—20年内,我国粮食仍然会有10%以上的增产潜力。根据收敛原因的分析,潜能的激发可能依赖于高产品种的研发和推广以及农业基础设施等投入的均等化。

需要注意的是,我们的预测是以同一收敛组内各地区均能实现组内最大单产为前提,但现实中影响粮食单产的因素太多,有些因素如地理气候的差异并不能通过技术外溢、人力资本投资等渠道消除,所以,即便同一收敛组内不同地区也可能无法实现同样的单产水平。进一步的研究应当对导致同一收敛组内部单产差异的因素进行分解,剔除无法消除差异的因素,从而测算出真实的增产潜能。

[参 考 文 献]

[1] X. Tian & X. Yu, "The Demand for Nutrients in China," *Frontier of Economics China*, Vol. 8, No. 2(2013), pp. 186-206.

[2] X. Tian & X. Yu, "Using Semiparametric Models to Study Nutrition Improvement and Dietary Change with Different Indices: The Case of China," *Food Policy*, Vol. 53(2015), pp. 67-81.

[3] 辛贤、蒋乃华、周章跃:《畜产品消费增长对中国饲料粮市场的影响》,《农业经济问题》2003年第1期,第60-65页。[Xin Xian, Jiang Naihua & Zhou Zhangyue, "The Impact of Livestock Produce Consumption Increases on Grain Market of Fodder in China," *Issues in Agricultural Economy*, No. 1(2003), pp. 60-65.]

[4] Z. Y. Zhou, W. M. Tian & B. Malcolm, "Supply and Demand Estimates for Feed Grains in China," *Agricultural Economics*, Vol. 39, No. 1(2008), pp. 111-122.

[5] 聂振邦主编:《2011中国粮食发展报告》,北京:经济管理出版社,2011。[Nie Zhenbang(ed.), *China Food Development Report* 2011, Beijing: Economy & Management Publishing House, 2011.]

[6] 胡小平、星焱:《新形势下中国粮食安全的战略选择》,《中国农村经济》2013年第1期,第92-96页。[Hu Xiaoping & Xing Yan, "China's Food Security Strategy under the New Situation," *China Rural Economy*, No. 1(2013), pp. 92-96.]

[7] 农业部:《全国农业可持续发展规划(2015—2030年)》,2015年5月28日,http://www.moa.gov.cn/sjzz/jgs/cfc/yw/201505/t20150528_4620635.htm,2016年5月13日。[Ministry of Agriculture, "Sustainable Development Planning of China's Agricultural Sector (2015-2030)," 2015-05-28, http://www.moa.gov.cn/sjzz/jgs/cfc/yw/201505/t20150528_4620635.htm, 2016-05-13.]

[8] 陈飞、范庆泉、高铁梅:《农业政策、粮食产量与粮食生产调整能力》,《经济研究》2010年第11期,第101-114页。[Chen Fei, Fan Qingquan & Gao Tiemei, "Agricultural Policies, Food Production and Food Production-adjustment Ability," *Economic Research Journal*, No. 11(2010), pp. 101-114.]

[9] 林毅夫:《我国主要粮食作物单产潜力与增产前景》,《中国农业资源与区划》1995年第3期,第4-7页。[Lin Yifu, "Yield Potential and Growth Expectation of China's Main Grain Products," *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, No. 3(1995), pp. 4-7.]

[10] S. Fan, "Effects of Technological Change and Institutional Reform on Production Growth in Chinese Agriculture," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 73, No. 2(1991), pp. 266-275.

[11] J. Huang & S. Rozelle, "Environmental Stress and Grain Yields in China," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 77, No. 4(1995), pp. 853-864.

[12] S. Fan & P. G. Pardey, "Research, Productivity, and Output Growth in Chinese Agriculture," *Journal of Development Economics*, Vol. 53, No. 1(1997), pp. 115-137.

[13] 党安荣、阎守邕、王世新：《GIS 在中国粮食单产空间变化研究中的应用》，《地理科学》1999 年第 3 期，第 205－210页。[Dang Anrong，Yan Shouyong & Wang Shixin，"GIS Application in Spatial Variation Studying on China's Grain Yield，" *Scientia Geographica Sinica*，No. 3(1999)，pp. 205－210.]

[14] 卢布、陈印军、吴凯等：《我国中长期粮食单产潜力的分析预测》，《中国农业资源与区划》2005 年第 2 期，第 1－5页。[Lu Bu，Chen Yinjun & Wu Kai et al.，"Analysis and Forecast for the Potentiality of Grain Unit Yield in the Middle-long Term in China，" *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*，No. 2(2005)，pp. 1－5.]

[15] X. Yu & G. Zhao，"Chinese Agricultural Development in 30 Years：A Literature Review，" *Frontiers of Economics in China*，Vol. 4，No. 4(2009)，pp. 633－648.

[16] J. Wang，E. J. Wailes & G. L. Cramer，"A Shadow-price Frontier Measurement of Profit Efficiency in Chinese Agriculture，" *American Journal of Agricultural Economics*，Vol. 78，No. 1(1996)，pp. 146－156.

[17] J. Wang，G. L. Cramer & E. J. Wailes，"Production Efficiency of Chinese Agriculture：Evidence from Rural Household Survey Data，" *Agricultural Economics*，Vol. 15，No. 1(1996)，pp. 17－28.

[18] W. Mao & W. W. Koo，"Productivity Growth，Technological Progress，and Efficiency Change in Chinese Agriculture after Rural Economic Reforms：A DEA Approach，" *China Economic Review*，Vol. 8，No. 2(1997)，pp. 157－174.

[19] W. Tian & G. Wan，"Technical Efficiency and Its Determinants in China's Grain Production，" *Journal of Productivity Analysis*，Vol. 13，No. 2(2000)，pp. 159－174.

[20] 高鸣、宋洪远：《粮食生产技术效率的空间收敛及功能区差异——兼论技术扩散的空间涟漪效应》，《管理世界》2014 年第 7 期，第 83－92 页。[Gao Ming & Song Hongyuan，"Spatial Convergence and Disparity in Functional Zone of Grain Technology Efficiency，" *Management World*，No. 7(2014)，pp. 83－92.]

[21] 周端明：《技术进步、技术效率与中国农业生产率增长——基于 DEA 的实证分析》，《数量经济技术经济研究》2009 年第 12 期，第 70－72 页。[Zhou Duanming，"Technical Progress，Technical Efficiency，and Productivity Growth of China's Agriculture，" *The Journal of Quantitative & Technical Economics*，No. 12(2009)，pp. 70－72.]

[22] 匡远凤：《技术效率、技术进步、要素积累与中国农业经济增长——基于 SFA 的经验分析》，《数量经济技术经济研究》2012 年第 1 期，第 3－18 页。[Kuang Yuanfeng，"Technology Efficiency，Technology Progress，Factor Accumulation and China's Agricultural Economic Growth，" *The Journal of Quantitative & Technical Economics*，No. 1(2012)，pp. 3－18.]

[23] P. Phillips & D. Sul，"Transition Modeling and Econometric Convergence Tests，" *Econometrica*，Vol. 75，No. 6(2007)，pp. 1771－1855.

[24] R. J. Barro & X. Sala-i-Martin，"Convergence，" *Journal of Political Economy*，Vol. 100，No. 2(1992)，pp. 223－251.

[25] D. Quah，"Galton's Fallacy and Test of the Convergence Hypothesis，" *Scandinavian Journal of Economics*，Vol. 95，No. 4(1993)，pp. 427－443.

[26] F. R. Lichtenberg，"Testing the Convergence Hypothesis，" *The Review of Economics and Statistics*，Vol. 76，No. 3(1994)，pp. 576－579.

[27] X. Tian，X. Zhang & Y. Zhou et al.，"Regional Income Inequality in China Revisited：A Perspective from Club Convergence，" *Economic Modeling*，Vol. 56(2016)，pp. 50 － 58.

[28] K. Hadri，"Testing for Stationarity in Heterogeneous Panel Data，" *The Econometric Journal*，Vol. 3，No. 2(2000)，pp. 148－161.

[29] J. Breitung，"The Local Power of Some Unit Root Tests for Panel Data，" https://www. econstor. eu/bitstream/10419/61764/1/722394276. pdf，2016－05－13.

[30] W. K. Newey & K. D. West，"A Simple，Positive Semi-definite，Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix，" *Econometrica*，Vol. 55，No. 3(1987)，pp. 703－708.

[31] W. H. Greene，*Econometric Analysis*(5th *Edition*)，New Jersey：Prentice Hall，2002.

[32] R. Holst，X. Yu & C. Grün，"Climate Change，Risk and Grain Yields in China，" *Journal of Integrative Agriculture*，Vol. 12，No. 7(2013)，pp. 1279－1291.

[33] 叶浩、濮励杰:《我国耕地利用效率的区域差异及其收敛性研究》,《自然资源学报》2011年第9期,第1467-1474页。[Ye Hao & Pu Lijie, "A Study on the Cultivated Land Use Efficiency between Different Regions of China and Its Convergence," *Journal of Natural Resources*, Vol. 26, No. 9(2011), pp. 1467-1474.]

[34] 尹钧:《中国小麦产业化》,北京:金盾出版社,2010年。[Yin Jun, *Wheat Industrialization in China*, Beijing: Jindun Publishing House, 2010.]

[35] 庄巧生:《中国小麦品种改良及系谱分析》,北京:中国农业出版社,2003年。[Zhuang Qiaosheng, *Chinese Wheat Improvement and Pedigree Analysis*, Beijing: China Agricultural Press, 2003.]

[36] 赵广才:《中国小麦种植区划研究》,《麦类作物学报》2010年第5期,第886-895页。[Zhao Guangcai, "A Study on Chinese Wheat Planting Regionalization," *Journal of Triticeae Crops*, No. 5(2010), pp. 886-895.]

[37] 李少昆、王崇桃:《中国玉米生产技术的演变与发展》,《中国农业科学》2009年第6期,第1941-1951页。[Li Shaokun & Wang Chongtao, "Evolution and Development of Maize Production Technique in China," *Scientia Agricultura Sinica*, No. 6(2009), pp. 1941-1951.]

"亚洲与美洲:跨越太平洋的社会、历史及文化的联系和比较"国际学术研讨会在浙江大学召开

叶君剑

(浙江大学 中国近现代史研究所,浙江 杭州 310028)

2016年6月12—15日,由浙江大学人文学院历史学系主办,加拿大维多利亚大学亚太发展促进中心、浙江大学亚洲研究中心合办的"亚洲与美洲:跨越太平洋的社会、历史及文化的联系和比较"国际学术研讨会在浙江大学紫金港校区召开。浙江大学副校长罗卫东,浙江大学人文学院院长黄华新、副院长吕一民,加拿大维多利亚大学亚太发展促进中心主任Andrew Marton在开幕式上致辞。开幕式由历史学系主任梁敬明主持。

此次会议共邀请来自加拿大维多利亚大学、加拿大布鲁克大学、中国社会科学院、南开大学、南京大学、厦门大学、浙江大学等国内外高校和科研机构的学者五十余名,与会学者围绕会议主题展开了深入交流和探讨。

在大会发言中,南京大学范金民教授考察了在清代中外贸易中扮演过重要角色的"南京布"的产地及其命名、外销情形和贸易量等。加拿大维多利亚大学陈忠平教授讨论了加拿大维多利亚和温哥华的华侨在1897至1911年间介入的海内外华人改良和革命运动,试图突破"民族—国家"框架,推动以地方为中心的地方史和走向全球联系的世界史。浙江大学冯培红教授以美国学者韩森的《丝绸之路新史》一书为例,评析了美国学界对丝绸之路研究的新动向。宁波大学龚缨晏教授介绍了晚清时期美国传教士玛高温撰写的《博物通书》一书及其在中国电报史上的意义。厦门大学王日根教授叙述并分析了1908年、1910年美国舰队与商团访问厦门的情形。加拿大维多利亚大学Eric Sager教授探讨了加拿大社会的不平等问题。浙江大学陶磊副教授从东西方神秘主义与主流文化关系的角度出发,认为中国文明的演进路径是断裂的,西方文明则是连续的。浙江大学肖如平教授考察了"冷战"时期国民党当局对苏联的政策从"反共抗俄"转变为"联苏反攻"的过程。

在分会场的讨论中,第一分会场以"亚洲与美洲的交通、移民、贸易、外交、战争和文化的形式研究"为主题。加拿大维多利亚大学John Price、Lynne Marks、Andrew Marton,中国社会科学院周祖文,北京师范大学徐鹤,上海师范大学唐力行,浙江师范大学陈国灿,浙江工商大学杨齐福,杭州师范大学夏卫东,浙江大学杨雨蕾、安成浩、徐立望、李庆、陈群元、赵晓红、徐亮等学者进行了精彩发言。

第二分会场以"太平洋两岸社会、经济、政治、思想、宗教、语言等的特点比较"为主题。加拿大维多利亚大学Helen Lansdowne,加拿大布鲁克大学Ning Wang,马来西亚孝恩文化基金会王琛发,上海大学陈明华,上海工程技术大学梁治平,南开大学许檀,浙江工商大学宫云维,杭州师范大学丁贤勇,温州大学王兴文、徐欢,浙江大学千勇、马娟、周维煦、陈麟、包晨岚、叶君剑等学者陆续发言。

近年来,随着全球化的深入发展以及中国国际影响力的迅速提升,国内外学术交流活动日趋频繁。本次国际学术研讨会既有宏观层次的探讨,又有现实指向的命题,且不乏细致的考证,涵盖古今中外,呈现出学术交流的丰富内容。会议期间,浙江大学和维多利亚大学还就进一步加强双方的学术交流等问题进行了讨论。