种子质量对中国玉米产出的影响

陈龙江[1]，Michael R. Reed[2]

（1. 广东外语外贸大学 广州国际商贸中心重点研究基地，广东 广州 510006；
2. Department of Agricultural Economics，University of Kentucky，Lexington KY 40546，U. S. A）

摘　要：推动玉米持续增产的核心是主攻单产，而影响单产的诸多因素中，种子质量的提升至关重要。采用玉米主产区 20 个省（市）2002—2012 年的分省数据，实证评估了种子质量改进对中国玉米单位产出的影响。采用两种种子质量评估指标的估计结果均表明，种子质量水平的提升显著地促进玉米单位产出的增加，但是品种质量改善的促进作用近年有所弱化。因此，应大力支持优良新品种选育，健全生产质量标准体系，提高种子品种和生产质量，并通过健全社会化技术服务体系，加快农户品种选用的更新换代。

关键词：玉米单产；种子质量；品种选育；粮食供求

中图分类号：F326.11　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1672－0202(2016)03－0019－09

一、引言

近年来，中国玉米生产呈跨越式发展态势，总产量由 2000 年的 1.06 亿吨提高至 2014 年 2.16 亿吨①，十余年时间翻了一番多，玉米产量占全国粮食总产量的比重也相应由 22.93% 提升至 35.53%②，为中国粮食增产做出了重要贡献，在中国农业生产中的地位日益凸显。玉米总产量的增长一方面源于单位产量的提升，其从 2000 年的 4597.47 公斤/公顷提升至 2013 年的 6015.90 公斤/公顷③；另一方面则是种植面积的持续大幅增加，在 2007 年超越水稻成为中国第一大粮食作物。但是，在耕地面积总量有限的制约下，未来难以继续大幅增加玉米播种面积，而我国玉米的单产水平与农业发达国家如美国的差距仍很大，2000—2013 年，中国玉米平均单产比美国低 43.32%④，表明未来中国玉米单产仍有较大的提升空间。因此，为适应工业化、城镇化快速发展和人民生活水平不断提高带来的玉米消费需求快速增长，促进玉米生产发展，推动玉米持续增产的核心仍是主攻单产[1]。在此背景下，持续深入探讨玉米单产的影响因素仍然具有非常重要的意义。

玉米单位产出的提升显然受到多种因素的综合影响，已有较多研究[2-5]对此进行探讨，涉及了种子、化肥、资本、劳动、土地投入、耕作栽培技术及管理、农田灌溉水平、气候、政府政策等因素。

收稿日期：2016－04－06　　**DOI：**10.7671/j.issn.1672－0202.2016.03.003

基金项目：国家社科基金项目（12CGL064）、教育部人文社会科学项目（11YJC790013）、广东外语外贸大学引进人才科研启动项目（X3412008）

作者简介：陈龙江（1977—），男，湖南浏阳人，广东外语外贸大学广州国际商贸中心重点研究基地副教授，主要研究方向为农业经济、国际贸易。E－mail：ljchen@gdufs.edu.cn

① 数据来源：中国国家统计局“国家数据”网站。

② 根据中国国家统计局网站数据计算所得。

③ 数据来源：中国国家统计局“国家数据”网站。

④ 2000—2013 年，美国玉米平均单位产出为 9203.99 公斤/公顷，中国为 5216.81 公斤/公顷。美国原始数据来源：United States Department of Agriculture，National Agricultural Statistics Service，Crop Production 2014 Summary（January 2015），ISSN：1057－7823，P9.

在这些因素中,种子质量的改善不能忽视。我们认为,种子质量改善包括两个层面:一是品种改良带来的质量改进,良种是各种增产技术的核心[6],改良新品种的推广扩散对单位产量的提高做出了相当大的贡献[7];二是制种技术工艺水平改进带来的种子生产质量的提升——如更高的种子发芽率、种子活力等,提高了种子的出苗率,从而增加了单位产出。

那么,种子质量的提高对于中国玉米产出的实际影响如何?是否显著促进了玉米单位产出的增加?上述问题的答案,是相关部门政策制定的重要考量因素。中国农业部曾指出,良种对于中国粮食增产的贡献率达到40%以上,这是一个包括所有粮食作物在内的比较宽泛的说法,官方对此数据未有更进一步的解释说明。而从已有研究来看,国内对这一问题的学术探讨仍显不足。基于此,本文将采用实证研究方法,利用玉米主产区20个省(市)①2002—2012年的分省数据,实证评估种子质量水平提升对中国玉米产出的影响,并揭示其隐含的政策含义。

二、文献综述

已有较多研究[2-5,8-10]探讨过影响中国玉米单位产出的诸多因素,如种子、化肥、资本、劳动、土地投入、耕作栽培技术及管理、农田灌溉水平、气候、政府政策等。这些研究确认了以上因素在不同时期均在某种程度上促进或制约了中国玉米单位产出的增长,但是其对玉米单产影响的显著性和程度因不同研究中研究方法、样本时段、变量选择的不同而不同。

在早期对中国玉米生产的研究中,吴永常等[2]和张雪梅[8]都发现,良种推广和化肥投入对玉米单产的增产发挥了重要的作用。然而,最近的研究如张颖等[5]运用固定效应模型对中国21个玉米主产省份的面板数据进行估计,认为化肥投入对于玉米产出没有显著的影响,而种植面积影响显著。郭志超[11]则认为,在2003—2007年期间,相比其他影响中国玉米生产的因素,种植面积和化肥的投入产出弹性都更大。周伟娜、蒋远胜[9]在实证考察了1990—2005年影响中国玉米产出的主要因素后,认为玉米生产尽管受益于资本和土地投入以及灌溉的改善,但是最重要的影响因素是气候。

近年来量化研究天气和气候变化对玉米生产的研究文献快速增加,根据这些研究结果,玉米单位产出确实受制于天气。胡瑞法等[3]采用参与式方法(PRA)调查识别限制中国玉米生产的约束因素,发现干旱是主要的约束因素。Lobell、Asner[12]和Lobell、Field[13]分别考察了美国和全球农业单位产出中的气候—作物单位产出关系,表明气温升高确实将负面影响单位产出,但是这些影响小于同时期技术革新带来的产出增加效应。

最近,Maltais-Landry、Lobell[14]评估了天气及其各个组成部分对于近年单位产出趋势的贡献,发现天气对于模拟的玉米单位产出的贡献较低。然而,作者指出,用于计算单位产出的时期对于天气的重要性有相当大的影响,因此强调在估计天气有关的单位产出趋势时,要采用多种计算方法和不同的时期来估计。

在以上研究中,仅有吴永常等[2]和张雪梅[8]具体讨论了良种对中国玉米生产的影响,研究中都纳入了良种播种面积占全部种植面积的比重指标。吴永常等[2]发现,良种对于因科技带来的单产增加的平均贡献是35.5%,而张雪梅[8]则测算出良种对于单产增加的贡献为19.77%。然而,正如Duvick[15]所指出的,作物育种和管理实践的改善共同促进了单位产出的增长,这两者紧密联系在一起,任何一个都不可能单独带来单位产出的大幅提升。作者也进一步指出,未来遗传改良的

① 包括:河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、江苏、安徽、山东、河南、湖北、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏、新疆。

贡献可能会更大。

因此，许多研究重点评估了单位产出的遗传贡献。Russell[16]曾总结了遗传贡献的 14 个估计结果，这些结果在 29% 至 94% 之间，平均值为 66%。Cunha Fernandes 和 Franzon [17]发现，巴西玉米单位产出增加的 57% 归功于遗传贡献。Duvick、Smith、Cooper 等[18]揭示美国爱荷华州 1930—2001 年间玉米单位产出的 51% 源于育种的贡献。在近年一篇对玉米杂交种子的遗传贡献率研究中，Ci、Li、Liang 等[19]评估了中国 1970—2000 年育成的玉米杂交种子的遗传贡献，发现 40 年间单位产出中的遗传贡献为平均每年 94.7 公斤/公顷，这其中 53% 归功于中国的育种。显然，如 Russell[16]所言，试验计划、生长条件的不一致，以及由此导致的新旧基因与环境之间交互的差异，使得对遗传因素对于单位产出增加贡献的估计结果存在相当大的不同。尽管如此，所有估计结果均一致认为，玉米育种对于提高玉米单位产出做出了重要贡献[15]。

以上文献表明，尚未有研究明确评估种子质量对于玉米单位产出的影响。与已有研究不同，本文采用构建的评估种子总体质量水平的两种指标，聚焦于种子质量改善对玉米单位产出的影响，并尝试区分玉米种子生产质量和品种质量改善的不同影响，以及在不同时期的差异。

三、玉米种子质量的改善

（一）玉米品种改良

如前所述，种子质量水平提升包括品种改良和生产质量提升。从品种改良来看，由于品种是决定农作物产量和品质的内在因素，因此研发单产增加的新品种是中国玉米育种的重要方向，近年来改良新品种不断涌现。依据杨扬等[20]对 1972 年以来的中国玉米品种审定数据的统计，截至 2013 年，省级以上审定的总品种数为 6291 个，除去停止推广的品种，现存省级以上审定的总品种数为 2882 个。这些玉米品种主要是在 2000 年后通过国家或省级审定并推广的。在当前市场上合法存在的玉米审定品种中，国审品种数为 332 个，其中 2003 年后通过审定的品种数 276 个，占现存国审品种的 83.4%；现存的省级审定品种数 4754 个，2000 年以后通过审定的品种数为 4443 个，占现存省审品种的 94.1%。

在近年选育的新品种中，郑单 958、先玉 335、浚单 20 等一批高产、耐密型玉米品种均具有相对对照品种更高的单产（如表 1 所示），并且在全国得到了广泛地推广应用。据全国农技推广服务中心统计，2011 年全国玉米种植面积仍以郑单 958 为最高，其次是先玉 335 和浚单 20，种植面积 6.66 万公顷以上的品种共 75 个[21]。这表明，近年来中国玉米品种改良取得了相当的进展，高产优良品种数量的快速增加和推广从品种改良方面提升了中国玉米种子的总体质量水平。

（二）玉米生产质量提升

从玉米种子生产质量来看，中国目前从水分、纯度、净度和发芽率 4 个方面①来评估。农业部对玉米种子质量监督检查结果表明，近年来，玉米种子质量样品合格率由 1996 年的 48%②提高到 2002 年的 84.3%，再进一步提升至 2013 年 98.6%，企业合格率亦由 2002 年的 77.8% 提高至 2013 年的 98.2%（表 2）。从检测数据平均值来看，水分、纯度、净度和发芽率各项指标均有显著改善③。这表明，在近年玉米新品种倍出，全国玉米种子市场规模快速扩张的背景下，中国玉米种子的生产质量亦同步明显提升，促进了玉米种子总体质量水平的提高。

---

① 目前执行的玉米种子质量标准为：水分≤13%，净度≥99%，发芽率≥85%，纯度≥96%。

② 数据源自范小建《在全国南繁工作会议上的讲话》一文，载于《种子世界》，2006 年第 3 期。

③ 数据来源：《农业部办公厅关于 2005 年种子质量监督抽查情况的通报》（农办农[2006]33 号）；《农业部办公厅关于 2006 年种子质量监督抽查情况的通报》（农办农[2007]40 号）。

表1 近年选育的代表性玉米品种增产效果与种植情况

品种(审定号)	审定时间	增产效果	推广面积(2011)/万公顷
郑单958(国审玉20000009)	2000	1998、1999年参加国家黄淮海夏玉米组区试,其中1998年比对照掖单19号增产28%,达极显著水平,居首位;1999年比对照掖单19号增产15.5%,达极显著水平,居首位。	452.13
先玉335(国审玉2004017号(夏播))	2004—2006	2002—2003年参加黄淮海夏玉米品种区域试验,比对照农大108增产11.3%;2003年参加同组生产试验,比当地对照品种增产4.7%。	238.13
浚单20(国审玉2003054)	2003	2001—2002年参加黄淮海夏玉米组品种区域试验,比农大108增产9.19%;2002年生产试验,比当地对照品种增产10.73%。	220.07

数据来源:农业部相关品种审定公告和全国农业技术推广服务中心编《全国农作物主要品种推广情况统计表2011》。

表2 近年玉米种子生产质量监督抽查结果 单位:%

年份	水分	纯度	净度	发芽率	样品合格率	企业合格率
2002	87.6	95.5	100	98.9	84.3	77.8
2004	98.0	89.8	100	100	87.8	80.6
2005	98.6	86.8	100	99.3	85.4	76.5
2006	98.6	94.4	100	100	93.1	89.7
2008	100	94.8	100	96.9	91.7	90.3
2009	95.8	93.2	100	99.2	89.8	86.4
2010—2011	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	95.7	93.1
2012	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	96.1	94.2
2013	100	99.0	100	99.6	98.6	98.2

资料来源:农业部办公厅通报种子质量监督抽查结果(2002—2013)。

四、模型设定与数据来源

借鉴诸多探讨农业生产率的相关文献[5,22-23],我们基于经典的柯布—道格拉斯函数来实证评估玉米种子质量改进和其他因素对玉米产出的影响。

$$Y_{it} = \alpha_i + \gamma S_{it} + \sum \beta_k X_{ik} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中Y_{it}表示第i个省第t年的单位产出,S_{it}是表示种子质量改进的变量,X_{ik}是影响单位产出的其他因素,ε_{it}是误差项,α_i是与地区有关的特定效应。在影响单位产出的其他因素中,我们纳入了投入相关的变量,包括劳动投入、化肥施用、灌溉、灾害天气和播种面积。同时考虑到在玉米生产中可能存在蛛网模型效应,模型中也包括滞后的玉米价格变量,以反映当期生产投入受前期玉米价格影响的特征。除灾害天气和播种面积外,预期这些变量的增加将提升玉米单位产出。

对种子质量水平的总体评估是一个难点,已有研究中罕有涉及。Rozelle、Jin、Huang等[24]曾构建了两种衡量种子质量的方法:单位产出边界(yield frontier)和单位产出潜力(adopted yield potential),前者指某一品种的实验站最高单位产出量,后者指农民采用的所有品种在实验站的平均单位产出量。这两种方法由于采用的是实验站数据,更多地反映了在特定条件下的种子质量水

平，但可能未能反映农民大规模使用的种子的质量水平①。因此，本文并未沿用其评估方法。

如前文所指出的，我们认为，种子质量改进包括品种改良和生产质量提升。然而，由于缺乏满足实证研究要求的省级层面相应指标的详细统计数据，实证估计中难以构建一个能直接评估农民所采用的玉米种子质量的指标。基于以上考量，我们采用以下两种方法来间接测量玉米种子总体质量水平：一是基于单位面积种子用量构建的指数；二是基于单位种子平均价格构建的指数。

本文首先将基于单位面积种子用量构建指标（简称指标一）来评估种子总体质量水平变动。之所以采用这一方法，是因为基于单位面积用种量构建的指标可以间接衡量种子质量水平的总体变化，并且，这一指标主要评估反映了玉米种子生产质量的变动。近年主导的玉米品种郑单 958、先玉 335、农大 108、浚单 20 等均为耐密植品种，虽然种植密度提高了，但是近年单位面积的种子使用量却呈下降趋势②。出现这一情形一方面是玉米品种改进，更重要的则是种子生产质量的提高，特别是其中发芽率等指标的大幅提高，使得玉米种子播种由以前的多粒播种向单粒播种方向发展，从而大大减少了单位面积用种量[26-28]。因此，本文选择单位面积种子用量相应指标评估种子总体质量水平。在具体构建指标时，我们基于单位面积种子用量数据，构建以 2002 年为基期的定基指数。由于单位面积种子用量与种子质量成反向关系，为了后续估计结果分析的方便，我们对其进行了求倒计算，得到最终的定基指数。这一变量的估计系数符号预期为正，即种子生产质量水平的提高将增加玉米单位产出。

其次，我们也将采用基于单位种子均价计算的定基指数（简称指标二）间接评估种子总体质量水平。近年来单位面积玉米种子费用大幅增长，2013 年比 2002 年上涨了 161.6%③。而在此期间，单位面积种子用量却趋于减少，这意味着单位种子平均价格的提高。玉米种子均价上涨受多种因素驱动：一方面源于总体物价水平上升带来的种子行业成本上涨，另一方面则主要源于优良品种的高质高价，即种子质量的改进带来的均价上涨。因此，在尽可能剔除影响单位种子均价的通胀因素后，基于单位种子价格构建的指标能够从另一个角度间接评估玉米种子质量总体水平的变动，并且，这一指标主要评估反映了玉米品种改进带来的质量变动。为比较准确地评估，我们首先基于单位面积种子费用和单位面积种子用量数据计算得到单位种子平均价格，并转换为以 2002 年为基期的定基指数。然后，我们采用农用种子生产资料价格定基指数剔除总体物价水平上升造成的种子均价上涨因素，得到最终的评估指标数据。由于种子均价与种子质量水平成正向关系，因此我们预期变量的符号为正，表明种子总体质量提高将增加玉米单位产出。

本文将采用全国玉米主要种植区 20 个省（市）2002—2012 年数据进行实证估计。用于评估种子质量的原始数据来源于国家发展和改革委员会价格司编《全国农产品成本收益资料汇编》（2003—2013 年）和中国国家统计局的“国家数据”网站。所有数据均进行对数化处理。

五、估计结果

由于截面个数大于时序个数，我们采用截面加权的混合最小二乘法对模型进行估计。采用基于单位面积种子用量（指标一）和基于单位种子均价（指标二）构建的评估指标的估计结果分别如表 3 和表 4 所示。为考察比较种子质量对不同时期的影响，我们同时将样本期分为 2002—2007 年和 2008—2012 年两个时期，对其分别进行相应估计。

---

① 根据 Jin、Huang、Hu 等的研究[27]，单位产出潜力和实际单位产出之间存在较大的差距，如 1981 年两者相差 51%，1995 年为 38%，而单位产出边界和实际产出之间的差距则更大，分别为 61% 和 55%。

② 数据来源：国家发展和改革委员会价格司编《全国农产品成本收益资料汇编》（2003—2013 年）。

③ 数据来源：国家发展和改革委员会价格司编《全国农产品成本收益资料汇编》（2003—2013 年）。

表3 基于种子质量评估指标一的估计结果

变量名称	2002—2012		2002—2007		2008—2012	
	系数	T统计量	系数	T统计量	系数	T统计量
种子质量	0.110**	2.051	0.135***	2.224	0.155**	2.111
劳动投入	-0.020	-0.391	-0.043	-0.543	-0.129*	-1.762
化肥施用	0.072	1.643	0.008	0.163	0.105*	1.810
灾害天气①	-0.028***	-4.499	-0.048***	-5.989	-0.016**	-2.568
灌溉水平②	-0.058	-0.531	-0.352***	-3.007	0.052	0.441
种植面积	-0.137**	-2.109	-0.163*	-1.746	-0.001	-0.028
玉米价格③(-1)	0.132***	3.120	0.055	0.695	0.155**	2.097
常数项	9.067***	15.626	11.586***	7.795	7.687***	9.446
AR(1)	0.383***	6.682	0.980***	60.777	0.861***	24.751
R^2	0.947		0.948		0.920	
F统计量	101.579***		160.227***		131.423***	

注: ***、**、*分别表示系数估计结果在1%、5%、10%的水平上显著。

表3估计结果基本符合预期,玉米单位产出显著受种子质量水平、灾害天气、种植面积、玉米价格水平等因素的综合影响。对于本研究重点考察的种子质量因素,表3结果显示,种子质量变量的估计系数相当显著,系数符号符合预期,表明随着种子总体质量特别是生产质量的提高,玉米单位产出将增加。采用2002—2012年数据估计的系数值表明,在其他条件不变的情况下,玉米种子质量改善1%,将促进玉米单位产出增长约0.11%。而采用2002—2007年和2008—2012年数据估计的该变量系数值分别为0.14和0.16,显示近年玉米种子质量改善对玉米单位产出的影响

表4 基于种子质量评估指标二的估计结果

变量名称	2002—2012		2002—2007		2008—2012	
	系数	T统计量	系数	T统计量	系数	T统计量
种子质量	0.052**	1.635	0.184***	4.176	0.082**	2.042
劳动投入	-0.020	-0.396	-0.058	-0.899	-0.169**	-2.294
化肥施用	0.055	1.171	0.007	0.137	0.104	1.656
灾害天气	-0.026***	-4.203	-0.044***	-6.265	-0.021***	-3.171
灌溉水平	0.008	0.071	-0.075	-1.048	0.062	0.580
种植面积	-0.194***	-2.907	-0.394***	-4.090	0.021	0.541
玉米价格(-1)	0.153***	3.453	0.100	1.620	0.157**	2.027
常数项	8.841***	14.951	10.442***	14.309	7.026***	8.513
AR(1)	0.370***	6.360	0.230**	2.512	0.799***	17.877
R^2	0.947		0.985		0.917	
F统计量	98.050***		117.561***		117.414***	

注: ***、**、*分别表示系数估计结果在1%、5%、10%的水平上显著。

① 采用水灾旱灾受灾面积占比指标,该指标值等于水灾旱灾受灾总面积(千公顷)/农作物总播种面积(千公顷)×100。此处受制于数据可得性,采用了与周伟娜,蒋远胜[9]类似的处理方法,即假定天气灾害在不同种类作物中的分布是均匀的,因此各类作物的受灾比例相同。

② 采用有效灌溉面积占比指标,该指标值等于有效灌溉面积(千公顷)/农作物总播种面积(千公顷)×100。此处受制于数据可得性,同样采用了与周伟娜,蒋远胜[9]类似的处理方法,即假定有效灌溉在不同种类作物中的分布是均匀的,因此各类作物的有效灌溉比例相同。

③ 采用玉米生产价格指数,并将原始环比价格指数转换为2002年为基期的定基指数。

有所提升。总体而言，玉米种子质量水平特别是生产质量改善显著促进了过去十余年中国玉米单位产出的提高，并且这种促进作用近年有所增强，但是，从估计系数值来看，促进作用并不突出。

在其他影响因素中，滞后一期的玉米价格显著正向影响玉米单位产出，而灾害天气和种植面积则为显著的负向影响。表 3 也表明，劳动投入变量在所有估计中的估计系数为负值，与预期相反，这一估计结果与其他讨论中国玉米生产的文献[5,8]的结果类似。可能的主要原因在于，一是我们采用的衡量劳动投入的方法或者统计数据原因，使得我们没能真实地评估劳动投入的边际改变与玉米单位产出之间的关系；二是中国玉米生产中劳动力的投入相对过多，超过了要素组合的最佳比例，从而造成了劳动投入的弹性为负的结果。而劳动投入变量不显著亦表明，在该时期内，其并非约束中国玉米生产效率的显著因素。

另外一个令人意外的估计结果是，灌溉水平变量的估计结果或者为负，或者为正但不显著，表明有效灌溉面积占比的提高未能正向影响玉米单位产出水平。这一结果与 Rozelle、Jin、Huang 等[24]对玉米生产率影响因素的研究发现一致。原因一方面在于，中国农业灌溉系统仍相对落后，农田水利设施建设仍不足，特别是未能在灾害天气发生时发挥作用，因而未能显著正向促进玉米生产单位产出的提高；另一方面则可能是反映灾害天气因素的变量中已经部分包含其影响；最后，这一结果也可能是 Rozelle、Jin、Huang 等[24]所指出的统计数据和测量问题，因为本文采用的灌溉变量数据为替代数据，即农作物有效灌溉面积占比数据，并非玉米有效灌溉面积占比数据。

表 4 估计结果与表 3 类似，总体而言，除劳动投入变量外，其余变量的系数符号基本符合预期。除之前已探讨的变量外，值得注意的是，与张颖等[5]等研究结果类似，化肥使用量的估计系数在多数估计中均不显著，表明在这一时期，化肥施用量并不是影响玉米单产的显著约束因素。

表 4 亦表明，评估种子质量的变量的估计系数在所有估计中均显著，系数符号符合预期，显示出玉米种子质量提升将促进玉米单位产出增加。模型估计的系数值揭示，在其他条件不变的情况下，以 2002—2012 年样本期考察，玉米种子质量改善 1%，将促进玉米单位产出增长约 0.05%。而以 2002—2007 年和 2008—2012 年样本期考察，玉米种子质量改善的促进效用由 0.18% 显著下降至 0.08%。这一比较结果可能出乎期望，但却与近年中国农民采用的玉米主导品种更新趋势一致。前文已经指出，最近几年中国玉米种植品种中，占据前三位并大幅领先的品种仍然是郑单 958、先玉 335 和浚单 20，而这些品种均为 21 世纪初期育成并推广的品种，在这些品种推广初期的几年，其大量推广显著提升了中国玉米种子质量的总体水平，因此，在此时期内（2002—2007 年）对玉米单位产出的促进效果较大。而后，由于这些品种在最近的几年（2008—2012 年）仍占据主要的市场份额，在边际收益递减规律作用下，其对玉米单位产出的促进作用衰减亦在情理之中。这也意味着，未来需要推动更加优良的新品种的创新和推广，加速品种更新。

另外，特别值得说明的是，从表 4 和表 3 估计结果比较来看，在 2002—2007 年和 2008—2012 年两个时期中，表 4 揭示的是种子质量改善对玉米单位产出促进效应下降，而表 3 揭示的则是促进效应提高，两者结果似乎矛盾，但我们认为，这一结果实际上并不冲突。原因在于，本文评估种子质量水平的两种方法各有侧重，因而评估结果所反映的种子质量内涵有所不同。如前文所详细说明的，表 3 采用的种子质量评估指标主要评估反映的是种子生产质量的变动，而表 4 采用的指标主要评估反映的是品种质量变动。因此，两者结果并不相同。诚然，虽然从评估方法看，这两个评估种子质量水平的指标各有侧重，但由于数据和方法所限，两个指标无法精确地区分生产质量和品种质量，两者之间可能有交叉重叠之处。

六、主要结论与政策含义

本文利用玉米主产区 20 个省 2002—2012 年的分省数据，实证评估了种子质量水平提升对中国玉米单位产出的影响，主要结论如下：

一是玉米单位产出显著受种子质量水平的影响。估计结果显示，无论是种子生产质量提升，还是种子品种改良，均正面显著地促进玉米单位产出的增加，但玉米品种质量提升的促进作用近年有所弱化。

二是玉米单位产出亦受灾害天气、种植面积、玉米价格水平等因素的综合影响，特别是灾害天气的负面影响显著。

推动玉米持续增产，出路在科技进步，核心是主攻单产[1]。依本文的研究结论，提升单产的重点是进一步提升种子质量水平，同时应对灾害天气等负面因素的影响。具体措施如下：

首先，大力支持玉米种子品种创新，加快品种更新。应进一步创新种业研发体制，创新公共与私人部门的科研分工和对接机制，进一步释放创新活力。通过持续的资金投入和政策激励鼓励公共部门和私人企业分工合作，加强基础性、前沿性科学研究，选育高产优质新品种[21]，并通过新品种推广加快品种更新，以更大发挥品种质量提升对于玉米单位产出增加的促进作用。同时，应加强对品种真实性的检测和监督管理，保障品种权，为新品种研发提供公平的市场竞争环境。

其次，健全种子生产质量标准体系，进一步提高种子生产质量。可探索建立农作物种子质量标准“四级种子等级系统”和“八项质量指标系统”，由原来纯度、净度、发芽率、水分四项因子指标，调整和增加为纯度、净种子、发芽率、水分、杂质、其他作物种子总量、杂草种子、有毒（有害）杂草种子等八项指标[29]，并逐步提高相关指标标准，提升种子生产质量水平。同时，种子管理部门加强日常质量检查和监督。

再次，加大对现有政府农技推广服务体系的资金支持，并引入种子企业等市场力量，健全社会化技术服务体系，突破农技推广服务末端瓶颈，引导激励农民选择良种良法。

最后，大力推进新一轮农田水利基本设施建设，提高有效灌溉水平，大力增强玉米生产抵御干旱和洪涝灾害的能力[21]。同时，在推行农产品最低收购价改革中，稳定玉米收购价格，发挥价格对于玉米生产的促进作用。

参考文献：

[1]韩长赋. 玉米论略[J]. 农业经济问题, 2012, (6): 2.
[2]吴永常, 马忠玉, 王东阳. 我国玉米品种改良在增产中的贡献分析[J]. 作物学报, 1998, 24(5): 595 – 600.
[3]胡瑞法, 张世煌, 石晓华. 采用参与式方法评估中国玉米研究的优先序[J]. 中国农业科学, 2004, 37(6): 781 – 787.
[4]李少昆, 王崇桃. 我国玉米产量变化及增产因素分析[J]. 玉米科学, 2008, 16(4): 26 – 30.
[5]张颖, 赵宽辽, 路燕. 我国玉米生产要素贡献率和地区差异实证分析——基于 21 个玉米主产省（去，市）的面板数据[J]. 河南农业科学, 2013, 42(8): 182 – 185.
[6]李家洋. 加强种业科技创新 保障中国粮食安全[J]. 中国农村科技, 2012, (2): 21 – 25.
[7]ROSEGRANT M W, EVENSON R E. Agricultural Productivity and Sources of Growth in South Asia[J]. American Journal of Agricultural Economics, 1992, 74(3): 757 – 761.
[8]张雪梅. 我国玉米生产增长因素的分析[J]. 农业技术经济, 1999, (2): 32 – 35.
[9]周伟娜, 蒋远胜. 1990—2005 年中国玉米产出增长的主要影响要素分析[J]. 四川农业大学学报, 2009, 27(2): 157 – 161.
[10]王崇桃, 李少昆. 玉米生产限制因素评估与技术优先序[J]. 中国农业科学, 2010, 43(6): 1136 – 1146.
[11]郭志超. 我国玉米生产函数及技术效率分析[J]. 经济问题, 2009, (11): 74 – 78.
[12]LOBELL D B, ASNER G P. Climate and Management Contributions to Recent Trends in US Agricultural Yields[J]. Science, 2003, 299(5609): 1032 – 1032.
[13]LOBELL D B, FIELD C B. Global Scale Climate-Crop Yield Relationships and the Impacts of Recent Warming[J]. Environmental Research Letters, 2007, 2(1): 014002.
[14]MALTAIS-LANDRY G, LOBELL D B. Evaluating the Contribution of Weather to Maize and Wheat Yield Trends in

12 US Counties[J]. Agronomy Journal, 2012, 104(2):301 - 311.
[15]DUVICK, DONALD N. The Contribution of Breeding to Yield Advances in Maize (Zea mays L.)[J]. Advances in Agronomy, 2005, (86): 83 - 145.
[16]RUSSELL W A. Genetic Improvement of Maize Yields[J]. Advances in Agronomy (USA), 1991, (46):245 - 298.
[17]CUNHA FERNANDES J S, FRANZON J F. Thirty Years of Genetic Progress in Maize (Zea Mays L.) in a Tropical Environment[J]. Maydica, 1997, 42(1):21 - 27.
[18]DUVICK D N, SMITH J S, COOPER M. Long-Term Selection in a Commercial Hybrid Maize Breeding Program[J]. Plant Breeding Reviews, 2004, 24(2):109 - 152.
[19]CI X, LI M, LIANG X, et al. Genetic Contribution to Advanced Yield for Maize Hybrids Released from 1970 to 2000 in China[J]. Crop science, 2011, 51(1): 13 - 20.
[20]杨扬，王凤格，赵久然，等. 中国玉米品种审定现状分析[J]. 中国农业科学，2014，47(22)：4360 - 4370.
[21]赵久然，王荣焕. 中国玉米生产发展历程，存在问题及对策[J]. 中国农业科技导报，2013，15(3)：1 - 6.
[22]GRUERE G P, SUN Y. Measuring the Contribution of Bt Cotton Adoption to India's Cotton Yields Leap[R]. Washington, D. C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2012.
[23]O'GORMAN M, PANDEY M. Cross-Country Disparity in Agricultural Productivity: Quantifying the Role of Modern Seed Adoption[J]. The Journal of Development Studies, 2010, 46(10): 1767 - 1785.
[24]ROZELLE S, JIN S, HUANG J, et al. The Impact of Investments in Agricultural Research on Total Factor Productivity in China[M]//EVENSON R E, GOLLIN D. Crop Variety Improvement and Its Effect on Productivity: The Impact of International Agricultural Research. Oxon: CABI Publishing, 2003: 361 - 386.
[25]JIN S, HUANG J, HU R, et al. The Creation and Spread of Technology and Total Factor Productivity in China's Agriculture[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2002, 84(4):916 - 930.
[26]邢茂德，徐刚，王建华，等. 玉米单粒播种的发展现状与对策[J]. 中国种业，2013，(6)：14 - 15.
[27]陈宁，薛小花，郭建东，等. 玉米单粒播种技术刍议[J]. 中国种业，2011，(8)：28 - 29.
[28]赵庆华. 玉米单粒机械播种及栽培技术要点[J]. 种业导刊，2010，(12)：28 - 28.
[29]张万松，王春平，张爱民，等. 国内外农作物种子质量标准体系比较[J]. 中国农业科学，2011，44(5)：884 - 897.

The Effect of Seeds Quality Improvement on Maize Yield

CHEN Long-jiang[1], Michael R. Reed[2]

(1. *Guangzhou International Trade Center Key Research Base*, *Guangdong University of Foreign Studies*, *Guangzhou* 510006, *China*; 2. *Department of Agricultural Economics*, *University of Kentucky*, *Lexington KY* 40546, *U. S. A*)

Abstract: The core of the continuous increase of output lies on yield which is essentially affected by seed quality among many factors. This paper, using the data covering 20 key maize - producing provinces in China, empirically investigates the impact of seed quality improvement on maize yield. It is revealed, by using two measurements on seed quality, that maize yield is significantly positively affected by seed quality, but the positive effect of varieties improvement has weakened in more recent years. Therefore, some measures, including promoting the breed of new fine varieties, improving the system of seed production quality standard and strengthening the agricultural technology services system, should be taken to improve the varietal and production quality of maize seeds as well accelerate the update and replacement of varieties adopted by farmers.

Key Words: maize yield; seeds quality; varieties breeding; grain supply and demand