

“哥伦布大交换”终结了 “气候—治乱循环”吗？

——对玉米在中国引种和农民起义发生率的一项历史考察

陈永伟 黄英伟 周 羿*

内容提要 本文利用长期面板数据,对玉米被引入中国后,对明清农民起义发生率的影响进行了定量分析。分析结果显示,玉米播种时间和农民起义发生率存在 U 形关系:短期内,玉米的引种确实有助于降低气候灾害引发的农民起义的发生率,但这种效应是逐渐减弱的。到清朝中后期,玉米播种时间更久的地区甚至更易受水旱灾害危害,进而更易爆发农民起义。这说明了以玉米为代表的美洲作物的引种并未能让中国像欧洲国家那样摆脱“气候—治乱循环”。

关键词 玉米, 气候—治乱循环, 哥伦布大交换

一、引言

公元 1500 年前后,人类社会开始了从传统社会向现代社会转型的历程。随着新大陆和通往亚洲的新航路被发现,整个世界首次被联系在了一起,新旧大陆之间在农作物、人口、制度等方面展开了一场史无前例的“哥伦布大交换”(Columbian Exchange)(Crosby, 1973)。在这场大交换中,玉米、甘薯、土豆等美洲作物被引入欧亚大陆,从而对“旧大陆”的生产、生活方式进行了重塑。关于“哥伦布大交换”对经济社会各方面产生的影响,已经有了广泛的研究(Nunn and Qian, 2010; Hersh and Voth, 2009)。不过,关于其对“旧大陆”社会治乱所产生的影响,目前的研究还较为缺乏。

在传统社会中,社会的治乱状况是和农业的丰歉紧密相联的。由于农业状况在很大程度上受到气候波动的影响,因此从整体上看,传统社会中的经济社会发展呈现出了一种“气候—治乱循环”:在气候相适宜的时期,农业生

* 陈永伟,清华大学社会科学学院;黄英伟,中国社会科学院经济研究所;周羿,美国加州大学伯克利分校人口系。通信作者及地址:陈永伟,北京市海淀区清华大学新斋 119 室,100084;电话:13811828648;E-mail:chenyongwei1982@gmail.com。本文是中国社科院经济所创新工程项目《中国传统经济制度转型研究》部分成果。感谢张维迎、陈志武、魏明孔、史志宏、龙登高、彭凯翔、袁为鹏、李楠、颜色、赵红军等师友在本文写作过程中提供的帮助和关照。尤其是李楠教授提出的建议,使本文增色不少。同时感谢两位匿名审稿人和姚洋主编给出的建议。当然,本文的错误和纰漏由作者自己负责。

产状况良好,整个社会能承受的人口数量也随之较多,“大治”的局面就会出现;而当气候变得恶劣后,农业遭到破坏,社会冲突也随之出现,“大乱”的局面随之到来。纵观人类历史,无论是非洲的古埃及、欧洲的罗马,还是东方的中国,在其发展过程中都呈现出了这种“气候—治乱循环”(Diamond, 2006; Fagan, 2009; Büntgen *et al.*, 2011)。

在“哥伦布大交换”将美洲作物引入“旧大陆”后,这种和气候波动紧密相联的“治乱循环”发生了变化。例如,Warman (2003)就指出,以玉米为代表的美洲作物凭借突出的抗灾性能,为气候变化引起的农业产量周期提供了平滑作用。这对欧洲社会秩序的稳定起到了关键作用,也为工业革命和资本主义的发展奠定了基础。而Fan (2010)则指出,自美洲作物在明朝中叶传入中国后,气候因素对社会秩序的影响大为降低了。但也有不少学者认为以上观点并不正确。陈亚平(2003)¹、郭松义(2008)²等认为,美洲作物的引种使得山区流民的队伍大为增加,从而给社会治安埋下了严重的隐患。而由于美洲作物的过度种植引发的水土条件破坏,则使得气候灾害对农业生产的影响变得更为明显,从而引发了更为严重的社会动荡。如果以上观点成立,那么美洲作物的引种并没有破解“气候—治乱循环”,而仅仅是延长了循环的时间,并使循环的危害也变得更大了。

尽管美洲作物的引入对社会治安的影响存在很大的争议,但对其进行的经验检验尚较为缺乏。为填补相关文献的不足,本文考察了一项代表性美洲作物——玉米在中国的引植同农民起义发生率之间的关系。玉米作为播种面积最广、产量贡献最大的美洲作物,被用来检验引植对社会治安的影响是非常有代表性的。通过对1470—1900年省级面板数据的经验分析,我们发现,在短期内,玉米的引种确实有助于稳定社会秩序、降低地区农民起义的发生率,但这种效应随着时间的流逝而逐渐减弱。到清朝中后期,玉米播种时间更久的地区甚至更容易发生农民起义。这说明了以玉米为代表的美洲作物的引种并不能让中国像欧洲那样摆脱“气候—治乱循环”,而其原因是值得深思的。

本文是中文文献中为数不多的利用长期面板数据对经济史进行分析的研究,我们认为,其发现不仅对前述的争议作出了经验性的回答,有助于加深对于中国历史上“治乱循环”形成机制的理解,也有助于对引种美洲作物所带来的经济社会价值进行更为科学的评价。同时,关于抗灾作物推广的影响仍是目前国际上政策问题的关注点之一(Padma, 2008),本文的结论能够为相关的政策讨论提供可靠的经验依据,从这点上看,本文也具有很强的现实意义。

¹ 陈亚平,“玉米与明清的移民开发”,《读书》,2003年第1期,第48—52页。

² 郭松义,“玉米、番薯在中国传播的一些问题”,载中国社会科学院历史研究所清史研究室主编,《清史论丛》,中华书局,1997年,第80—114页。

本文分为六个部分：第一部分是引言，第二部分是文献综述，第三部分是相关背景介绍，第四部分是使用数据介绍，第五部分是计量分析，最后是结论和政策讨论。

二、相关文献综述

在已有研究中，和本文探讨的问题较为相关的主要有两类研究：

第一类研究是关于气候波动与社会治乱关系的研究。气候是影响人类社会发展的重要因素，它不仅会对经济发展直接发挥作用（Dell *et al.*, 2008; Kicker and Cochrane, 1973），而且会通过影响社会稳定，对经济生活发生间接的影响（Zhang *et al.*, 2007b）。正如 Homer-Dixon（1994）指出的，气候的变化和异常无疑会扰乱生产、增加资源的稀缺程度，从而激化人们对于稀缺资源的争夺，从而增加冲突和战争的发生率。Miguel *et al.*（2004, 2011）和 Burke *et al.*（2009）的研究发现，由于撒哈拉以南地区的农业对于降水的依赖性很强，因此气候异常会对该地区的农业乃至整个国民经济发展产生严重干扰，并提高内战的发生率。Hsiang *et al.*（2011）则通过对热带国家的研究发现，在发生气候异常的年份，内战发生率会提升。根据该研究，过去五十多年里，世界范围内 21% 的战争和冲突可以归结于厄尔尼诺现象所造成的气候异常。

在我国数千年的文明进程中，气候因素也在决定社会治乱的过程中扮演了重要角色（Fan, 2010；章典等，2004；赵红军，2012；Zhang *et al.*, 2007a）。³一方面，北方边疆的游牧民族是我国中原王朝所面临的重要安全隐患，而气候的变化是引起“逐水草而居”的游牧民族迁移和南侵的重要原因（王会昌，1996）。⁴Bai and Kung（2011）对中国历史上两千多年的游牧民族侵扰状况的时间序列进行了分析，发现在降水量减少的年份，中原王朝和游牧民族的冲突会上升，而雪灾则会大幅提升游牧民族侵扰发生的概率。另一方面，气候灾害也是诱发中原王朝农民起义的主因。由于整个中原王朝的经济是建立在农业基础之上的，当正常的经济活动被气候变化扰乱之后，暴动、起义等活动会变得更更为有利可图，因此其发生概率就会大大提升（Chu and Lee, 1994）。从历史上看，导致王朝兴替的农民起义，其直接导火索都是水旱灾害（夏明方，2010；

³ 事实上，我国的先民们早已发现了气候和王朝兴衰之间存在某种联系，例如“河竭而商亡，三川竭而周亡”这样的谚语就将商、周两朝的灭亡和干旱联系起来，而董仲舒提出的“天人感应”则可以视为对气候灾异和王朝兴衰之联系的一种朴素的经验概括。参见章典等，“气候变化与中国的战争、社会动乱和朝代变迁”，《科学通报》，2004年第23期，第2468—2474页；赵红军，“气候变化是否影响了我国过去两千年的农业社会稳定？一个基于气候变化重建数据及经济发展历史数据的实证研究”，《经济学（季刊）》，2012年，第11卷第2期。

⁴ 王会昌，“2000年来中国北方游牧民族南迁与气候变化”，《地理科学》，1996年第3期，第83—88页。

葛全胜、王维强, 1995)。⁵Jia (2013) 通过基于近五百年面板数据的研究, 发现水旱灾害会大幅增加农民起义的发生率。同时, 该研究还发现在抗灾性能良好的甘薯引入中国后, 气候对农民起义发生率的影响大为降低了。这一发现验证了气候波动主要是通过影响粮食的丰歉对社会治乱发生影响的猜想。

需要指出的是, 尽管目前有关气候和冲突发生率之间关系的研究文献已经比较丰富, 但总体来说, 现有文献存在两类不足: 第一, 限于资料的可得性, 现有的研究基本是基于时间序列数据的分析, 这种方法的局限是很明显的。第二, 现有研究的着眼点主要放在气候和冲突发生率的联系上, 而很少对影响这种“气候—治乱循环”的因素进行讨论。从这两点上看, 本文的发现将有助于弥补已有文献的不足。

第二类研究是关于“哥伦布大交换”所产生的经济、社会影响的研究。Nunn and Qian (2011) 考察了土豆引入欧洲后对欧洲的人口增长和城市化带来的影响。根据他们的研究, “旧大陆”在 1700—1900 年间近 1/4 的总人口增长和城市化可以由土豆的引植来解释。Chen and Kung (2012) 则发现, 玉米的种植大约可以解释 1500—1900 年间中国总人口增长的 23%。不过, 玉米引植对于同期城市化的影响是负面的。Hersh and Voth (2009) 发现, “哥伦布大交换”共使英国居民的福利提升了 15% 左右, 其中由“新大陆”种植的蔗糖和咖啡分别使得英国居民的福利提升了 8% 和 1.5%。Inikori (2002)、Acemoglu *et al.* (2005)、Nunn and Qian (2010) 等研究指出, “哥伦布大交换”重新划分了世界各国的产业和贸易结构, 这种重新划分使得欧洲各国的生产力及财富水平获得了飞跃, 这为欧洲工业革命和资本主义的兴起奠定了基础。而 Mintz (1985) 则指出, 由于美洲蔗糖的引入, 英国产业工人的再生产成本大大降低, 这对于英国城市无产阶级的形成起到了推动作用。

需要指出的是, 尽管目前对农作物“哥伦布大交换”所带来的影响的研究已经很多, 但已有的文献却忽略了一个重要的方面, 即美洲作物的传播对社会稳定所起的作用。在传统的农业社会中, 作物的丰歉可能是社会治乱的内在原因。因此, 当美洲抗灾能力较好的作物被传入旧大陆, 尤其是中国这样传统的农业国家后, 其对维护社会稳定所起的作用是不容忽视的。不过从目前的文献看, 相关的讨论仍然较为缺乏。

三、背景介绍和理论假说

本节将对有关玉米特性、传播历史的背景进行介绍, 并就玉米种植对社会治乱所起的作用进行重点介绍。在此基础上, 将归纳出本文的理论假说。

⁵ 夏明方, “旱魃为虐”——中国历史上的旱灾及其成因, 《光明日报》2010年4月27日; 葛全胜、王维强, “人口压力、气候变化与太平天国运动”, 《地理研究》, 1995年第4期, 第32—41页。

（一）玉米的特性及其传播历史

玉米学名“玉蜀黍”，又称“玉麦”、“包谷”、“西番麦”、“珍珠米”、“苞米”等，原产于中美洲和南美洲。玉米的营养价值较高，是优良的粮食作物。相对于中国传统的稻、麦等粮食作物，玉米具有众多优势：首先，其对于环境的适应性很强，具有耐旱、耐寒、耐贫瘠、容易在山区和沙质土壤地带种植等特性，“不择硗确”，“但得薄土，即可播种”⁶，“虽山巅可植，不滋水而生”⁷，“盘根极深，西南山陡绝之地最宜”⁸。这些特性使得玉米的引种事实上等同于扩展了全国可垦的耕地面积。根据梁方仲（1985）⁹，在清初的一百多年时间内，各省耕地面积增加了近一倍（0.64亿亩），而在新垦耕地中，有相当部分是播种玉米等美洲作物的。其次，和传统粮食作物相比，玉米在单位产量上具有明显优势。据赵冈（1995）¹⁰估计，清代生产技术下，玉米的播种可使亩产增加10%左右。如果采用与小麦、春谷或高粱轮作的方式，其产量提升更高。最后，和传统作物相比，玉米具有良好的抗灾性，“涝水之患弗及”，“旱蝗俱不能灾”¹¹。这些特性使得播种玉米的地区在面对水旱灾害时的产量波动变得更小。Jia（2013）将上述的前两个特征归结为玉米的“生产率效应”（Productivity Effect），最后一个特征归结为“风险分担效应”（Risk-Sharing Effect），并认为这两个不同的效应在影响社会治乱的过程中起到了不同的作用。关于Jia的这一观点，我们将在下文中详细说明。

美洲大陆被发现后，原产于美洲的玉米也随着“哥伦布大交换”被引入中国。关于玉米最早引入中国的确切时间难以断定，一般认为其时间应在16世纪后半期（何炳棣，1979；陈树平，1980；咸金山，1988；曹树基，1988）¹²。尽管关于玉米向中国的具体传播过程仍然存在争议，但基本可以断定，其传播是沿着三条路线进行的（陈树平，1980；曹树基，1988；韩茂莉，2007）¹³：第一条是由西班牙传入麦加，再从麦加经中亚传入中国西北地区；第二条是由

⁶（清）李拔：《请种包谷议》，载（清）朱珪修、（清）李拔纂：《（乾隆）福宁府志》卷十二·食货·物产，清乾隆二十七年修，清光绪六年重刊本。

⁷（清）王粤麟修、（清）曹维祺纂：《（光绪）普安直隶厅志》卷十·食货·物产，清光绪十五年刊本。

⁸（清）康基渊纂修：《（乾隆）嵩县志》卷十五·食货·物产，清乾隆三十二年刊本。

⁹梁方仲，《中国历代户口、田地、田赋统计》。北京：中华书局，1985年。

¹⁰赵冈，《清代粮食亩产量研究》。北京：中国农业出版社，1995年。

¹¹（清）郭云升：《救荒简易书》，清光绪二十二年刻本。

¹²何炳棣，“美洲作物的引进、传播及其对中国粮食生产的影响（二）”，《世界农业》，1979年第5期，第21—31页；曹树基，“玉米和番薯传入中国路线新探”，《中国社会经济史研究》，1988年第4期，第62—66页；咸金山，“从方志记载看玉米在我国的引进和传播”，《古今农业》，1988年第1期，第99—111页；陈树平，“玉米和番薯在中国传播情况研究”，《中国社会科学》，1980年第3期，第187—204页。

¹³陈树平，“玉米和番薯在中国传播情况研究”，《中国社会科学》，1980年第3期，第187—204页；曹树基，“玉米和番薯传入中国路线新探”，《中国社会经济史研究》，1988年第4期，第62—66页；韩茂莉，“近五百年来玉米在中国境内的传播”，《中国文化研究》，2007年第1期，第44—56页。

欧洲传入南亚的印度、缅甸等国,然后经这些国家传入中国西南地区;第三条是由欧洲传入菲律宾,再由菲律宾传入我国东南地区。由于中国地域辽阔,这三条传播路径很可能是彼此独立的(韩茂莉,2007)。¹⁴

在传入中国后,玉米被迅速传播到了各地。截至明末,全国已有十余省有了玉米种植(陈树平,1980;咸金山,1988)。¹⁵关于玉米引入各省的时间,表1给出了详细的信息。容易发现,在玉米种植的扩散过程中,其先后顺序不仅取决于地理距离,而且取决于各地种植玉米的比较优势。例如广西,虽然在地理位置上靠近玉米的传入地之一——云南,但由于其在水稻栽培上拥有太强的比较优势,因此较成规模种植玉米的时间较晚。

表1 各省关于玉米种植的最早记载一览

| 省别 | 年代 | 资料 | 省别 | 年代 | 资料 |
|----|--------------|-------------|-----|---------------|---------|
| 河南 | 嘉靖三十五年(1556) | 《襄城县志》 | 江西 | 康熙十二年(1673) | 《湖口县志》 |
| 江苏 | 嘉靖三十七年(1558) | 《兴化县志》 | 广东 | 康熙二十年(1681) | 《阳江县志》 |
| 甘肃 | 嘉靖三十九年(1560) | 《华亭县志》 | 辽宁 | 康熙二十一年(1682) | 《盖平县志》 |
| 云南 | 嘉靖四十二年(1563) | 《大理府志》 | 湖南 | 康熙二十三年(1684) | 《零陵县志》 |
| 浙江 | 隆庆六年(1572) | 田艺衡《留青日札》 | 四川 | 康熙二十五年(1686) | 《筠连县志》 |
| 安徽 | 万历二年(1574) | 《太和县志》 | 台湾 | 康熙五十六年(1717) | 《诸罗县志》 |
| 福建 | 万历三年(1575) | 传教士哈拉达“追忆录” | 广西 | 雍正十一年(1733) | 《广西通志》 |
| 山东 | 万历三十一年(1603) | 《诸城县志》 | 新疆 | 道光二十六年(1846) | 《哈密志》 |
| 陕西 | 万历四十六年(1618) | 《汉阴县志》 | 青海 | 同治十二年(1873) | 《西宁县志》 |
| 河北 | 天启二年(1622) | 《高阳县志》 | 吉林 | 光绪十一年(1885) | 《奉化县志》 |
| 贵州 | 明(1644年前) | 《遵义府志》 | 黑龙江 | 宣统二年(1910) | 《宾州府政书》 |
| 湖北 | 康熙八年(1669) | 《汉阳府志》 | 西藏 | “民国”十四年(1925) | 《西藏通志》 |
| 山西 | 康熙十一年(1672) | 《河津县志》 | | | |

注:本表格摘自咸金山《从方志记载看玉米在我国的引进和传播》,《古今农业》,1988年第1期。

需要指出的是,尽管玉米在明末清初时已被众多省份引进,但除了云南等个别省份外,其实际种植范围仅局限于沿海、沿河等交通比较便捷、人们来往较多的地区,且基本上是一些传统农业生产区。这种种植模式使得玉米耐旱涝、适于山地沙砾种植的优势很难体现(郭松义,2008)。¹⁶事实上,当时玉米作为粮食的价值也没有被人们所认识,例如明末学者屈大均在谈到明清之际广东农村种植玉米情况时曾指出“玉膏黍,一名玉膏粱,岭南少以为食”¹⁷。在一些地区,它甚至仅被用作园艺作物,在“田畔园圃间艺之”¹⁸。

¹⁴ 韩茂莉,“近五百年来玉米在中国境内的传播”,《中国文化研究》,2007年第1期,第44—56页。

¹⁵ 陈树平,“玉米和番薯在中国传播情况研究”,《中国社会科学》,1980年第3期,第187—204页;咸金山,“从方志记载看玉米在我国的引进和传播”,《古今农业》,1988年第1期,第99—111页。

¹⁶ 郭松义,“玉米、番薯在中国传播的一些问题”,载中国社会科学院历史研究所清史研究室主编,《清史论丛》。北京:中华书局,1997年,第80—114页。

¹⁷ (明)屈大均:《广东新语》,卷一四·食语·黍稷,清康熙文汇得堂刻本。

¹⁸ (清)张云龙等修、张凤羽等纂:《(顺治)招远县志》卷五·物产,清道光二十六年刊本。

明清之交，战乱频繁，导致大片地区毁弃为荒地。为了恢复生产，全国范围内展开了“江西填湖广、湖广填四川”等大规模的移民活动。在此过程中，玉米、甘薯等新引入的美洲作物发挥了重要的作用（李映发，2003）。¹⁹至康乾之际，社会生产逐步恢复，人口大幅增加，土地兼并也日趋严重，人地矛盾开始突出。广大贫农迫于生计，开始背井离乡，进入人口相对稀少、封建势力又相对薄弱的山区，从事垦荒活动（曹树基，2001）²⁰，而适合山区种植的玉米也在此过程中被带入山区大规模种植，一些地区出现了“遍山漫谷皆包谷”²¹的局面。由清代中后期至民国初年，玉米开始被全国众多地区接受为主要的粮食作物²²，尤其是在穷人中，甚至“恃此为终岁之粮”²³。

（二）玉米的引植和“气候—治乱循环”：一个理论阐释

“气候—治乱循环”是“马尔萨斯陷阱”（Malthusian Trap）的一个特殊表现。在前现代社会中，农业生产率的进步相对滞缓，甚至在相当长的时间段内，农业生产率会保持在一个稳定的状态。这一相对的稳定生产率决定了经济中潜在的粮食产量，而该潜在产量正是决定社会中人口容量（population capacity）的最重要因素。根据 Malthus（1826）的理论，在不受限制的情况下，人类繁殖的本能总会将人口推进到人口容量的边界上。²⁴当然，人们在进行生育决策时，所依据的是潜在的粮食产量，而在现实中，实际的粮食产量往往是偏离潜在水平的。决定实际产量和潜在水平偏离程度的两个原因是气候的变化和农业的抗灾能力。在气候条件较差、水旱灾害频发的年景，如果缺乏良好的抗灾能力，农业的实际产量就会严重低于潜在水平。此时，粮食相对于人口而言，就显得极为稀缺，人口压力将随之显现出来。在严重的人口压力之下，人们为了争夺有限的粮食资源，发生冲突的概率就会大为增加，社会动乱也就更容易发生。图1中，右侧方框中的内容就是对以上机制的一个简要概括。

前现代社会中，农业的一个重要特征是使用的技术、种植的作物都相对固定，这就使得潜在粮食产量以及农业的抗灾能力都可以被认为是基本不变的。在这样的条件下，外生的气候波动就成了影响人口压力程度和动乱发生

¹⁹ 李映发，“清初移民与玉米甘薯在四川地区的传播”，《中国农史》，2003年第2期，第7—13页。

²⁰ 曹树基，《中国人口史》（第五卷）。上海：复旦大学出版社，2001年。

²¹ （清）张沆等纂、赵德林等修：《（道光）石泉县志》卷三·食货，清道光十四年刻本。

²² 值得一提的是，和玉米上甘薯在热量、产量和对环境的适应性上都更有优势（Jia, 2012）。但甘薯的传播速度和范围都远远不如玉米。Chen and Kung（2012）对此给出的解释是玉米的口味和中国传统的主食稻米更为接近，因此更容易被接受。

²³ （清）甘山等修、程在崧等纂：《（乾隆）霍山县志》卷七·物产，乾隆四十一年刊本。

²⁴ Malthus 在其著作中认为，古代中国缺乏对于人口的“积极抑制”，人口往往超过农业生产率所允许的人口容量，这导致了饥荒、战争、瘟疫等“消极抑制”的频发。新近的一些研究（如 Lee and Wang, 2001）表明，Malthus 的以上论述并不确切，事实上在前现代的中国，人们曾采取很多措施控制人口，让人口不超过经济中的最大人口容量。

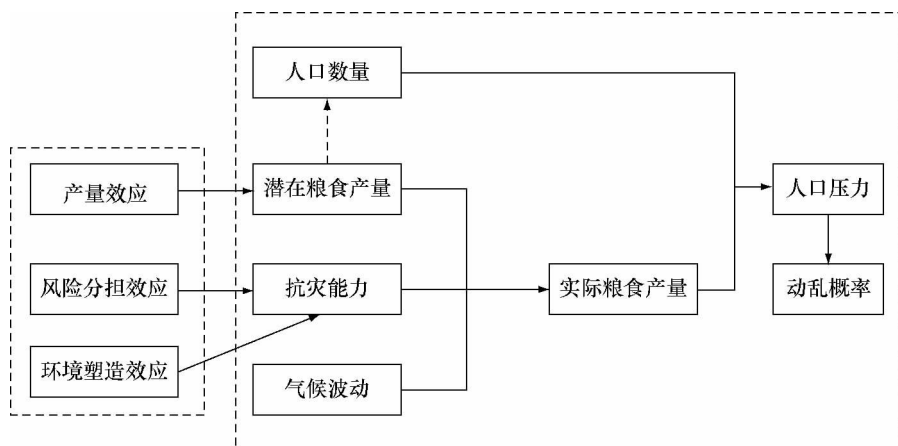


图1 玉米引植对“气候—治乱循环”的影响渠道示意图

率的主要原因，而从表现上看，气候波动和社会治乱的同步变化就呈现了出来。在美洲作物传入之前，中国的农业恰好处于上述意义上的均衡状态，因此“气候—治乱循环”现象就表现得十分明显（Fan, 2010）。

玉米等美洲作物被引入中国后，会通过三个渠道对“气候—治乱循环”发生影响（如图1所示）：

第一个渠道是“生产率效应”。如前所述，在明清之际，随着人口的增长和土地兼并的严重，人地矛盾开始尖锐化。玉米等农作物的引植不仅使得农业单产大为提高，而且使得广大的山地、盐碱地都能够被利用，这几个因素的叠加使得农业的潜在产量大幅增进，社会的人口容量也极大增加。失地或少地的农民可以通过开荒来弥补生计所需，这就使得一段时期内人口的大幅增长和社会的相对稳定同时发生成为可能。从这个意义上看，玉米等美洲作物确实扮演了“社会减压阀”的重要角色。一些研究认为，美洲作物是成就“康乾盛世”的重要原因（何炳棣，1979）²⁵，这是不无道理的。

第二个渠道是“风险分担效应”。在中国历史上，水旱灾害是引发社会动乱的重要诱因（夏明方，2010）²⁶，而玉米等美洲作物良好的抗灾性极大地减少了气候波动对农业产量的影响，因此也能够降低由此带来的社会动乱发生率（Fan, 2010）。

第三个渠道是“环境塑造效应”（Environment-Shaping Effect）。作为外来物种，玉米等美洲作物被引入后，也在相当程度上影响了中国的农业环境，从而对农业的抗灾能力产生了影响。以本文关注的玉米为例，它“最耗地力，

²⁵ 何炳棣，“美洲作物的引进、传播及其对中国粮食生产的影响（二）”，《世界农业》，1979年第5期，第21—31页。

²⁶ 夏明方，“‘旱魃为虐’——中国历史上的旱灾及其成因”，《光明日报》，2010年4月27日。

根入土深使土不固”²⁷，因此如果过度种植，会对生态环境、水土质量产生严重的破坏（樊志民、冯风，2004；曹玲，2005；郭松义，2008；张祥稳、惠富平，2006）。²⁸这会大大增加水旱灾害的频率和烈度，间接增加社会动乱的发生率。

尽管在玉米被引植后，上述的三种效应是同时发生作用的，但从其影响力度来说，存在一个消长过程。在引种初期，由于山地、荒地大量存在，因此“产量效应”被瞬间激发出来，加之“风险分担效应”的存在，这使得在一段时期内农业产量大幅提升，产量的稳定性得到了明显改善。而相比之下，“环境塑造效应”的作用体现得并不明显。²⁹不过在农业潜在产量大幅提升后，人口的增速也显著提高。不久之后，人口的总量又会遵循马尔萨斯的预言，回到人口容量的边界上。值得一提的是，由于美洲作物适宜山地种植的特性，在人口膨胀过程中，聚集在山地的流民比例大幅上升，这构成了重大的社会安全隐患，因此只要遭受天灾，人口压力加剧后，积蓄的各类矛盾将会以比以往更为激烈的方式表现出来。³⁰

需要说明的是，尽管如 Jia (2013) 所指出的，在“产量效应”的作用耗尽后，“风险分担效应”的作用仍然会有助于社会的稳定，但事实上后者的作用很容易被“环境塑造效应”的作用所抵消。从清代中期开始，由于玉米等美洲作物的种植造成“石骨尽露、山头无复有土”的情况已屡见不鲜。³¹当时，已有不少地方政府开始下令对其种植进行限制。例如，嘉庆初年，浙江开始下令“不得仍种苞芦”³²；道光初年，陕西西乡县令方传恩下令“永将北山封禁”，以禁止玉米种植³³；道光十三年，更有御史上奏朝廷，请求通过禁止“棚民开山”、“种植包米”来保持水土³⁴，显然，这些政府官员的举措都从侧面佐证了玉米等美洲作物的种植所带来的负面影响已开始凸显。

（三）理论假说

根据以上论述，我们可以归纳出如下三个理论假说：

²⁷ (清)沈垚：《七古一章》，见(清)汪曰桢纂修：《(咸丰)南浔镇志》，同治二年刊本。

²⁸ 见樊志民、冯风，“关中历史上的旱灾与农业问题研究”，《农业考古》，1997年第3期，第249—253页；曹玲，“美洲粮食作物的传入对我国农业生产和社会经济的影响”，《古今农业》，2005年第3期，第79—88页；郭松义，“玉米、番薯在中国传播的一些问题”，载中国社会科学院历史研究所清史研究室主编，《清史论丛》。北京：中华书局，1997年，第80—114页；张祥稳、惠富平，“清代中晚期山地种植玉米引发的水土流失及其遏止措施”，《中国农史》，2006年第3期，第13—21页。

²⁹ 事实上，当有大批荒地存在的时候，即使某地水土破坏严重，流民们也可以通过迁移来加以应对。³⁰ 有研究(如何炳棣，1979；陈亚平，2003)认为，在白莲教、太平天国等产生重大破坏的农民起义过程中，山区流民都扮演了重要角色。

³¹ (清)沈垚：《七古一章》，见(清)汪曰桢纂修：《(咸丰)南浔镇志》，同治二年刊本。

³² (清)詹锡龄等纂修：《(嘉庆)黟县志》卷十一·政事，清道光五年刻本。

³³ (清)张廷槐：《(道光)西乡县志》卷四·水利，清道光八年刊本。

³⁴ (清)汪元方：《请禁棚民开山阻水以杜后患疏》，见(清)盛康辑：《皇朝经世文续编》卷三九·户政·屯垦，清光绪三年思补楼刻本。

假说1 玉米的播种强度和农民起义的发生率呈现出一种U形关系。当玉米的播种强度达到某个临界值前,更多的玉米播种可以降低社会动乱的发生率;而当超过这个临界值后,更多的玉米播种则会提高社会动乱的发生率。

假说2 随着玉米播种强度的增大,气候波动对农民起义发生率的影响力度也存在U形关系。当玉米的播种强度达到某个临界值前,增加玉米种植所带来的“风险分担效应”超过了“环境塑造效应”,因此从整体上看,它能够减少气候灾害对粮食产量的影响,进而降低社会动乱的发生率;而当超过这个临界值后,“环境塑造效应”的影响开始占据主导地位,因此更多的玉米种植会增加气候灾害对粮食产量的影响,进而提高社会动乱的发生率。

假说3 从时间段上看,在明朝中后期,由于玉米并不是主要的粮食作物,因此其对社会治乱的作用主要体现在“风险分担效应”上。在清朝前期,玉米迅速得到推广,因此其“生产率效应”和“风险分担效应”都明显显现。在清朝中期之后,玉米的种植趋于饱和,其“生产率效应”将逐渐消失;同时“风险分担效应”的作用被“环境塑造效应”所带来的负面作用抵消,因此更多的玉米种植会影响其对气候风险的抵御能力。

如果以上的三个假说都成立,那么就说明玉米在中国的引植并未从根本上破解“气候—治乱循环”。在下文中,我们将对上述三个理论假说进行计量检验。

四、数据介绍

在本文中,我们利用多个数据来源,构建了1470—1900年的省级面板数据。

本文用“农民起义数量”作为社会治乱的指标。在中国历史上,农民起义是社会动乱的主要来源,在多数时间,它对社会秩序的影响要远大于外族侵扰。并且在考察的时间段内,农民起义的发生率要远高于对外战争。

我们使用的农民起义数据来自《中国历代战争年表》(《中国军事史》编写组,1995)。³⁵该书记录了从传说中的神农氏开始直到辛亥革命为止的历次战争的简要信息,包括战争的发生时间、对战各方、战争原因及基本经过等。出于研究的需要,我们仅选择了1470—1900年间的农民起义资料。³⁶在此基础上,我们计算了各省每年的农民起义数量,并将其除以100作为当年农民起义的发生频率。

本文中使用的气象资料来自国家气象局提供的《中国五百年旱涝等级数

³⁵ 中国军事史编写组,《中国历代战争年表》,中国人民解放军出版社,1995年。

³⁶ 《年表》中提供的战争资料截止到清王朝覆灭,但考虑到1900年后,由革命党领导的以推翻清王朝为目标的武装革命已经和传统的农民起义斗争有了本质的区别,我们没有考虑这段时期的起义。

据集》。³⁷这一数据集记载了全国120个代表性观测点1470—1979年的旱涝情况。数据集中的旱涝分为五个等级，用数值1、2、3、4、5分别表示“大涝”“涝”“正常”“旱”和“大旱”。这些数据等级是根据各个观测点的地方志记载进行整理的，并且和已有的降水记录进行了比对校准，因此能够比较全面正确地反映出过去五百年以来我国各地旱涝分布的状况。

在本文中，我们的分析是基于省级层面进行的³⁸，因此需要对原始的数据进行必要的加总处理。对于某一个省区，如果其范围内至少有一个观测点的观测数据大于3，那么我们认为这个省在当年发生过旱灾；如果其范围内至少有一个观测点的观测数据小于3，我们则认为这个省在当年发生过涝灾。

我们无法获取各省在历年的玉米种植面积和强度。作为替代，我们将采用各省的玉米种植时间来对假说进行检验。一般来说，玉米在一个省份种植时间更久，其播种强度就更大，因此“种植时间”在很大程度上可以作为“播种强度”的代理变量。

具体来说，我们定义“玉米种植时间”（Maize）如下：

$$\text{Maize} = \begin{cases} \text{Year} - \text{Initial Year} & \text{if Year} \geq \text{Initial Year} \\ 0 & \text{if Year} < \text{Initial Year} \end{cases}$$

其中Year是当前年份，Initial Year是最早引种玉米的年份。本文中，“最早引种玉米的年份”的信息来自咸金山（1988）³⁹的研究。该研究从全国各县上千份县志中搜寻了关于玉米的记载，在此基础上得到了各省最早引植玉米的时间，因此具有较强的可信性。

在传统社会，赋税征收是引发农民起义的重要诱因。为了控制该因素，我们将在回归中加入“货币田赋率”（分/亩）及“谷物田赋率”（升/亩）作为控制。这部分数据主要来自梁方仲（1985）。⁴⁰需要说明的是，原始数据并没有给出各省在每一年的田赋数据，而只给出了若干时间点的信息。为了弥补数据的缺失，我们将全部观测时间分成十段，并假设每一时间段内的田赋率是相同的。

此外本文还采用了两个省级的地理因素作为控制变量。第一个考虑的控制变量是省区和京城之间的距离（用该省省会到京城的距离作为刻画）。根据Sng（2010）、Xi（2012）等文献，这一变量反映了政府对于该地区的控制力度。所谓“天高皇帝远”“穷山恶水出刁民”，在远离中央、政府控制力较弱

³⁷ 该数据集的部分内容曾被绘制成图集于1981年以《中国近五百年旱涝图集》出版。此后，国家气象局的研究人员对数据进行了整理和补充。目前，该数据集可以通过“中国气象科研数据共享服务网”（网址为 <http://cdc.cma.gov.cn>）进行申请。

³⁸ 在明清两朝，全国的行政区划经历了不少演变，因此本文无法在一个固定的区划上进行分析。为简明起见，在分析中我们简单地用当前的各省区划划分进行分析。所幸的是，虽然各省的具体边界从明清以来已有了很多变化，但总体上看，当前的省级划分基本反映出了当时区划的经济和政治特征。

³⁹ 咸金山，“从方志记载看玉米在我国的引进和传播”，《古今农业》，1988年第1期，第99—111页。

⁴⁰ 梁方仲，《中国历代户口、田地、田赋统计》，中华书局，1985年。

的地区往往容易爆发起义。我们加入了如上变量后就对这一效应进行了控制。第二个考虑的控制变量是省区的经纬度(用该省省会的经纬度衡量)。根据Diamond(2006)等文献,经纬度可以综合反映出地区的农业结构、居民性格等特征的变量。因此我们将在回归分析中加入经纬度,以控制上述因素的影响。

表2给出了本文所使用数据的描述统计。

表2 主要数据的描述统计

| 变量 | 含义 | 观测数 | 均值 | 标准差 |
|-------------------------|------------------------------|------|---------|--------|
| PR | 当年农民起义发生数乘以100 ⁴¹ | 8169 | 4.164 | 25.123 |
| Drought | “是否发生旱灾”(“是”=1,“不是”=0) | 8169 | 0.533 | 0.498 |
| Flood | “是否发生水灾”(“是”=1,“不是”=0) | 8169 | 0.469 | 0.499 |
| Maize | 玉米种植时间 | 8169 | 90.112 | 97.859 |
| Land Tax (in Grain) | 实物田赋率(单位:升/亩) | 8169 | 3.231 | 4.932 |
| Land Tax (in Silver) | 货币田赋率(单位:分/亩) | 7564 | 2.362 | 2.341 |
| Distance to the Capital | 距离京城的距离(公里)的对数值 | 8169 | 6.882 | 0.687 |
| Latitude | 纬度 | 8169 | 30.490 | 5.030 |
| Longitude | 经度 | 8169 | 116.870 | 5.711 |

注:在明朝中后期的样本中,没有货币地租信息。

五、计量分析

(一) 假说1、假说2的检验

为了对第三部分中提出的假说1进行检验,我们需要估计如下模型:

$$PR_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Maize_{it} + \alpha_2 Maize_{it}^2 + \theta_i + \theta_t + \theta_{it} \quad (1)$$

其中, PR_{it} 是 i 省在年度 t 时农民起义的发生数乘以100。 $Maize_{it}$ 表示 i 省到 t 年为止的“玉米种植时间”(年)。 θ_i 和 θ_t 分别刻画了地区和时间的固定效应, θ_{it} 是误差项。 α_1 、 α_2 是待估计的参数。如果假说1成立,即“农民起义发生率”和“玉米种植时间”存在U形关系,那么 $\alpha_1 < 0$, 而 $\alpha_2 > 0$ 。我们将用固定效应模型(FE Model)和随机效应模型(RE Model)来对(1)进行估计。在得到 α_1 和 α_2 的估计系数之后,可以得到临界年份 $T = -\alpha_1 / (2\alpha_2)$ 。如果“玉米种植时间”小于 T , 则其对“农民起义发生率”的边际作用是负的,而当“玉米种植时间”超过 T 时,其边际作用将是正的。

为对假说2进行检验,需要估计如下模型:

⁴¹ 将农民起义发生数乘以100的目的是让回归表格便于阅读。变换后,回归的系数解释为变量对农民起义发生频率的影响。

$$\begin{aligned}
 PR_{it} = & \beta_0 + \beta_1 Maize_{it} + \beta_2 Maize_{it}^2 + \beta_3 Drought_{it} + \beta_4 Flood_{it} \\
 & + (\beta_5 Maize_{it} + \beta_6 Maize_{it}^2) \cdot Drought_{it} + (\beta_7 Maize_{it} + \beta_8 Maize_{it}^2) \\
 & \cdot Flood_{it} + X_{it} \gamma + \epsilon_i + \epsilon_t + \epsilon_{it}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

其中 PR_{it} 和 $Maize_{it}$ 的定义和模型 (1) 相同。 $Drought_{it}$ 和 $Flood_{it}$ 分别是该地区在当年是否发生旱灾以及水灾的虚拟变量。 X_{it} 是相关的控制变量，包括当地的货币田赋率和实物田赋率状况。 ϵ_i 和 ϵ_t 分别刻画了地区和时间的固定效应， ϵ_{it} 是误差项。 β_1 至 β_8 以及 γ 都是待估计的参数。

在 (2) 中系数 β_5 和 β_6 刻画了玉米播种时间对旱灾的“风险分担/环境塑造效应”。如果 $\beta_5 < 0$ 、 $\beta_6 > 0$ ，则说明随着一个地区玉米播种时间的延长，当地旱灾的发生对农民起义发生率的影响存在 U 形关系，即当玉米播种时间低于某个年限时，对旱灾的“风险分担效应”占据主导地位，而当玉米播种时间较长时，“环境塑造效应”带来的负面作用则占据了主导。类似地， β_7 和 β_8 刻画了玉米播种时间对水灾的“风险分担/环境塑造效应”。如果 $\beta_7 < 0$ 、 $\beta_8 > 0$ ，则说明随着一个地区玉米播种时间的延长，当地水灾的发生对农民起义发生率的影响存在 U 形关系。

系数 β_1 和 β_2 刻画了排除了“风险分担效应”和“环境塑造效应”后，“玉米种植时间”对农民起义发生率的主效应 (Main Effect)，它可以理解为对于“生产率效应”的度量。同样的，我们将分别用固定效应模型和随机效应模型对 (2) 进行估计。在得到估计参数后，同样可以计算“风险分担/环境塑造效应”的临界年份 $T_D = -\beta_5 / (2\beta_6)$ 、 $T_F = -\beta_7 / (2\beta_8)$ 及“生产率效应”的临界年份 $T_P = -\beta_1 / (2\beta_2)$ 。

表 3 给出了公式 (1)、(2) 的估计结果：

表 3 公式(1)、(2)的回归结果

| 被解释变量 | Revolts×100 | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| | (I) FE 模型 | (II) RE 模型 | (III) FE 模型 | (IV) RE 模型 | (V) FE 模型 | (VI) RE 模型 |
| Maize | -0.012** (0.005) | -0.012* (0.006) | 0.005 (0.017) | 0.005 (0.017) | 0.006 (0.021) | 0.001 (0.020) |
| Maize ² | 7.32×10 ⁻⁵ ** (3.34×10 ⁻⁵) | 6.73×10 ⁻⁵ ** (3.33×10 ⁻⁵) | 3.03×10 ⁻⁵ (6.59×10 ⁻⁵) | 2.34×10 ⁻⁵ (6.58×10 ⁻⁵) | 2.41×10 ⁻⁵ (7.34×10 ⁻⁵) | 1.97×10 ⁻⁵ (7.19×10 ⁻⁵) |
| Drought | — | — | 1.988** (0.869) | 1.699** (0.856) | 2.104** (0.958) | 1.211 (0.927) |
| Flood | — | — | -0.004 (0.872) | -0.183 (0.857) | -0.222 (0.958) | -0.847 (0.931) |
| Maize×Drought | — | — | -0.002* (0.001) | -0.002** (0.001) | -0.003** (0.002) | -0.002** (0.001) |
| Maize ² ×Drought | — | — | 8.63×10 ⁻⁶ *** (1.12×10 ⁻⁶) | 7.90×10 ⁻⁶ *** (2.32×10 ⁻⁶) | 9.09×10 ⁻⁶ *** (3.07×10 ⁻⁶) | 8.17×10 ⁻⁶ *** (2.25×10 ⁻⁶) |
| Maize×Flood | — | — | -0.025 (0.018) | -0.025 (0.018) | -0.024 (0.019) | -0.023 (0.019) |
| Maize ² ×Flood | — | — | 7.03×10 ⁻⁵ (6.86×10 ⁻⁵) | 7.03×10 ⁻⁵ (6.85×10 ⁻⁵) | 7.05×10 ⁻⁵ (7.22×10 ⁻⁵) | 6.93×10 ⁻⁵ (7.21×10 ⁻⁵) |
| Land Tax (in Silver) | — | — | — | — | 0.068 (0.219) | 0.035 (0.180) |

(续表)

| 被解释变量 | Revolts×100 | | | | | |
|-------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | (I) FE 模型 | (II) RE 模型 | (III) FE 模型 | (IV) RE 模型 | (V) FE 模型 | (VI) RE 模型 |
| Land Tax (in Grain) | — | — | — | — | 0.021 (0.085) | 0.052 (0.072) |
| Provincial Time-Invariant Characteristics | — | Not Controlled | — | Not Controlled | — | Controlled |
| Constant | 3.908*** (0.421) | 4.031*** (0.562) | 2.974*** (0.755) | 3.320*** (0.822) | 3.385*** (1.088) | 4.629*** (1.012) |
| 观测数 | 8189 | 8189 | 8189 | 8189 | 7564 | 7564 |
| R ² | 0.001 | — | 0.003 | — | 0.003 | — |

注：*表示在10%显著性水平下显著，**表示在5%显著性水平下显著，***表示在1%显著性水平下显著。括号中数值为估值的标准误。

表3的(I)、(II)两列给出了公式(1)的估计结果。可以看到,采用固定效应模型和随机效应模型都得到了类似地估计结果:系数 α_1 的估计值显著为负,而 α_2 的估计值则显著为正,这表明“玉米种植时间”和地区农民起义的发生率间的U形关系确实存在。在短期内,玉米的种植会降低农民起义的发生率,但这种社会稳定效应会随时间逐渐减弱。在一段时间后,玉米的种植反而会提高农民起义的发生率,这支持了假说1的结论。根据系数,可以计算出“玉米种植时间”对“起义的发生率”的边际作用发生由负到正转换的时间大约在玉米开始种植后80—90年。

在(III)、(IV)两列中,我们估计了简化的公式(2),没有加入田赋率等控制变量。回归结果发现, β_5 的系数显著为负, β_6 的系数则显著为正。这说明,“玉米种植时间”和对旱灾的“风险分担/环境塑造效应”之间确实存在U形关系。根据系数,可以计算出“玉米种植时间”对旱灾的“风险分担/环境塑造效应”的边际作用由负到正的转换大约发生在玉米开始种植后120年左右。值得注意的是, β_1 、 β_2 、 β_7 和 β_8 的估计结果都是不显著的。这说明,玉米播种对农民起义发生率的影响主要是通过对旱灾的“风险分担效应”实现的,而其对水灾的抵御能力并不明显。此外,其“生产率效应”也不显著。这些估计结果是部分支持假说2的。此外,我们发现 β_3 的估计结果显著为正,即旱灾会显著增加社会动乱,而 β_2 的估计结果则不显著,即水灾对于社会治乱的影响并不明显,这和夏明方(2010)的论断一致。⁴²

在(V)、(VI)两列中,我们加入了货币田赋率和实物田赋率作为控制变量,重新对公式(2)进行了估计,其结论和之前一致。这说明我们的结论是稳健的。值得注意的是,在我们的回归中,两类田赋比率的估计系数都不显著。这说明在明清两代,田赋的征收可能并不是引发农民起义的主要原因,这看似和传统观点相悖。由于其原因已经偏离了我们的主题,因此在本文中

⁴² 根据夏明方(2010)的观点,相对于水灾,旱灾的波及面更大、持续时间也更广,因此可能对受灾地区的社会秩序产生更为深远的影响。夏明方,“旱魃为虐”——中国历史上的旱灾及其成因,《光明日报》2010年4月27日。

暂时不做考虑。

(二) 假说3的检验

为了对假说3进行检验，我们将考察的时间分成三段：第一个阶段是明朝中后期，时间跨度为1470—1643年，这是玉米开始被引入中国的时期；第二阶段是清朝前期，时间跨度为1644—1795年（即从清朝顺治时期至乾隆时期），这是玉米在中国迅速推广普及的阶段；第三阶段是1796—1910年（即从嘉庆时期至清朝末年），在这个阶段，玉米已经成为中国居民普遍接受的主食之一。对于每一个时间段，我们考虑如下回归：

$$PR_{it} = \delta_0 + \delta_1 Maize_{it} + \delta_2 Drought_{it} + \delta_3 Flood_{it} + \delta_4 Maize_{it} \cdot Drought_{it} + \delta_5 Maize_{it} \cdot Flood_{it} + X_{it}\varphi + \xi_i + \xi_t + \xi_{it} \quad (3)$$

和(2)略有不同的是，在该估计中没有加入玉米播种历史平方的交互项。这样处理的目的是避免过多高次项和高次项造成的共线性对结论准确性的影响。系数 δ_4 刻画了“玉米种植时间”的“旱灾风险分担效应”。如果 $\delta_4 < 0$ ，则表示在考察时间段内，更长的“玉米种植时间”可以降低旱灾导致的农民起义的发生率；而 $\delta_4 > 0$ ，则说明该时间段内，更长的“玉米种植时间”将提高旱灾导致的农民起义的发生率。类似地，系数 δ_5 和 δ_1 分别反映了“玉米种植时间”的“水灾风险分担效应”及“生产率效应”；而 δ_2 、 δ_3 则分别刻画了旱涝灾害的发生对起义发生率的效应。 ξ_i 和 ξ_t 分别刻画了地区和时间的固定效应， ξ_{it} 是误差项。

如果假说3成立，那么在第一阶段中， δ_1 应该不显著，而 δ_4 、 δ_5 则应该为负；在第二阶段， δ_1 、 δ_4 、 δ_5 应该都为负；在第三阶段，则 δ_1 应该不显著，而 δ_4 、 δ_5 应该都为正。

表4给出了公式(3)的估计结果：

表4 公式(3)的回归结果

| 被解释变量 | Revolts×100 (明中晚期,1643年前) | | Revolts×100 (清前期,1644—1795年) | | Revolts×100 (清中后期,1796年后) | |
|---------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------------|-------------------|
| | (I) | (II) | (III) | (IV) | (V) | (VI) |
| | FE模型 | RE模型 | FE模型 | RE模型 | FE模型 | RE模型 |
| Maize | -3.36×10^{-4} (0.062) | -0.049 (0.053) | -0.091*** (0.027) | -0.043* (0.024) | -0.025 (0.038) | -0.016 (0.013) |
| Drought | 1.850* (1.028) | 0.844 (0.988) | 2.372 (1.839) | 2.754 (1.772) | 2.677 (1.514) | 2.472* (1.268) |
| Flood | -0.148 (1.029) | -1.039 (0.980) | 0.288 (1.638) | 0.178 (1.699) | 0.722 (0.531) | 0.839 (0.516) |
| Maize×Drought | -0.009** (0.004) | -0.010* (0.006) | -0.021*** (0.007) | -0.022*** (0.007) | 0.009* (0.005) | 0.007* (0.005) |

(续表)

| 被解释变量 | Revolts×100 (明中晚期,1643年前) | | Revolts×100 (清前期,1644—1795年) | | Revolts×100 (清中后期,1796年后) | |
|-------------------------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------|
| | (I) | (II) | (III) | (IV) | (V) | (VI) |
| | FE 模型 | RE 模型 | FE 模型 | RE 模型 | FE 模型 | RE 模型 |
| Maize×Flood | 0.024 (0.058) | 0.019 (0.055) | -0.008 (0.016) | -0.005 (0.018) | 0.025** (0.012) | 0.024* (0.013) |
| Land Tax (in Silver) | — | — | -0.817 (0.722) | -0.422 (0.490) | 1.350 (1.227) | -1.265 (1.149) |
| Land Tax (in Grain) | -0.067 (0.126) | -0.004 (0.080) | -0.196 (0.741) | 0.305 (0.322) | 1.899* (0.974) | 1.816** (0.747) |
| Constant | 3.356** (1.365) | 4.216*** (1.151) | 12.391*** (3.822) | 7.511*** (2.355) | 8.469 (5.712) | 9.980** (3.657) |
| Provincial Time-Invariant Characteristics | Controlled | Controlled | Controlled | Controlled | Controlled | Controlled |
| 观测数 | 2841 | 2841 | 2764 | 2764 | 1976 | 1976 |
| R ² | 0.005 | — | 0.023 | — | 0.020 | — |

注:*表示在10%显著性水平下显著,**表示在5%显著性水平下显著,***表示在1%显著性水平下显著。括号中数值为估值的标准误。

由表4,利用第一阶段(即明中晚期)的子样本进行的回归中, δ_4 的估计结果显著为负,这表示玉米发挥了“旱灾风险分担效应”。而 δ_1 、 δ_5 的估计系数都不显著,这说明“生产率效应”和“水灾风险分担效应”在这个时期都不显著。利用第二阶段(即清朝前期)的子样本进行的回归中, δ_1 和 δ_4 的估计结果都是显著为负的,这说明了在当时玉米种植的“生产率效应”和“旱灾风险分担效应”都得到了发挥。而利用第三阶段(即清朝中后期)的子样本进行的回归中, δ_1 的估计结果并不显著,而 δ_4 和 δ_5 则显著为正。这说明在这个时期,玉米种植的“生产率效应”已经消失,且会增加水旱灾害对农民起义发生率的影响。

这些估计结果基本上是和假说3的预言一致的。唯一不同的是在(I) — (IV)的回归中, δ_5 的估计系数都不显著,这可能是玉米对水灾的抵御效果不佳引起的。

(三) 内生性检验

可能影响公式(1) — (3)估计结果的一个因素是玉米引植的内生性。如果玉米在各地播种状况本身就受当地农民起义发生率的决定,那么公式(1) — (3)式估计所得到的系数将不能准确刻画出玉米引植情况对农民起义发生率的影响。

为了考察这种可能情况,本文对如下式进行了估计:

$$\text{Adoption}_i = M_i \eta_i + \zeta_i \quad (4)$$

其中 $Adoption_i$ 是刻画玉米引植状况的变量，仿照 Jia (2013)，本文采取了两个指标：一是标准化的引植年份 (Normalized Adoption Year)，定义为“最初引植年份/100”；二是当地引植玉米时间在全国的排名状况 (Adoption Order)。 M_i 是刻画玉米引入前各省状况的变量，包括 1470—1550 年间各省旱涝灾害的发生率、农民起义发生率，以及 1491 年（明代弘治四年）各省的人口密度以及田赋状况。

表 5 汇报了公式 (4) 的估计结果。容易发现，无论是农民起义发生率、旱涝灾发生率还是地租状况，都和玉米引植的时间或顺序无关。这表明，玉米在中国各省的传播，可能主要是受地域位置和区域种植条件的影响，和其他因素关系不大。这在一定程度上排除了 (1) — (3) 回归中的内生性问题，从而说明了回归结果的可靠性。

表 5 公式(4)的回归结果

| 被解释变量: | Normalized Adoption Year | | | Adoption Order | | |
|-------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | (I) | (II) | (III) | (IV) | (V) | (VI) |
| Revolts Frequency | 11.122 (6.819) | 11.913 (7.424) | 11.552 (7.755) | 113.038 (76.507) | 119.844 (78.532) | 115.457 (71.871) |
| Drought Frequency | — | 1.053 (0.72) | 0.643 (0.817) | — | 9.516 (4.962) | 5.384 (7.584) |
| Flood Frequency | — | -1.133 (0.691) | -0.951 (0.684) | — | -10.872 (7.404) | -9.402 (7.499) |
| Land per capita | — | — | 0.007 (0.005) | — | — | 0.059 (0.050) |
| Land Tax | — | — | -0.006 (0.017) | — | — | -0.066 (0.162) |
| Constant | 15.831*** (0.120) | 15.796*** (0.329) | 15.888*** (0.693) | 5.516*** (1.110) | 5.521* (3.010) | 6.905 (6.439) |
| 观测数 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| R^2 | 0.626 | 0.758 | 0.813 | 0.669 | 0.790 | 0.833 |

注：* 表示在 10% 显著性水平下显著，** 表示在 5% 显著性水平下显著，*** 表示在 1% 显著性水平下显著。括号中数值为估值的标准误。

六、总结和政策评论

本文对玉米从美洲引入中国后对于社会治乱所产生的影响进行了定量分析。通过对 1470 年至 1900 年的面板数据的回归，我们发现各省的玉米种植时间和当地的农民起义发生率存在一种 U 形关系，即在引种初期，农民起义发生率会逐渐降低，而随后其发生率则会逐渐上升。从作用机制上看，玉米种植主要是通过对旱灾的“风险分担机制”和社会治乱发生联系的。如果分时间段看，在明朝中后期，玉米对社会治乱的作用主要体现在“风险分担效应”上。而在清朝前期，是玉米的“生产率效应”和对旱灾的“风险分担效

应”都得到了充分体现。在清朝中期之后,其“生产率效应”消失;并且在玉米播种强度更高的地区,旱灾引起农民起义发生率的可能也变得更高了。

我们认为,本文的发现具有比较重要的理论意义:

一方面,本文的发现有助于更好理解“气候—治乱循环”的形成机制。在玉米引入初期,更高的播种强度能够更好地在旱灾发生时稳定粮食产量;而在玉米传播的后期,更高的播种强度则会加大水土破坏的程度,从而使得旱灾对粮食产量的影响更为严重。而这正好和“玉米传播时间”同“农民起义发生率”之间的U形关系相一致。这就为“传统社会中‘气候—治乱循环’是通过粮食产量波动发生作用”的猜想提供了佐证。

另一方面,本文的发现提供了“哥伦布大交换”对中国产生影响的经验证据。经济史学家认为,“哥伦布大交换”后,玉米、甘薯等美洲作物的种植缓解了欧洲的粮食短缺,稳定了社会秩序,从而支撑了欧洲的人口增长、城市化和近代化进程(Crosby, 1973; Warman, 2003; Nunn and Qian, 2010)。但美洲作物引入中国后,产生的影响则和欧洲不尽相同。Chen and Kung (2011)已经指出,虽然玉米等美洲作物让中国的人口高速增长,但并没有促进中国的城市化进程。而本文的研究又发现了中国和欧洲之间的另一不同:玉米等美洲作物的种植并没有让社会发展突破“气候—治乱循环”,因此并未起到像在欧洲那样,为近代化进程创造良好环境的作用。

为何同样的作物,在中国和欧洲会造成不同的影响呢?我们认为,这可能是中国和欧洲在对待流民的处理方式上存在的差异决定的:在欧洲,美洲作物推广后所滋生的广大人口进入了城市,这为新兴的城市手工业提供了劳动力;而在中国,由此滋生的大量人口则进入了更为偏僻的山区继续从事农业生产。正是由于这种差异,造成美洲作物成了欧洲近代化的推进器,而并没有能帮中国走出传统社会。当然,这种猜想本身还有待检验。

此外,从现实角度看,本文也具有较强的政策含义。在众多的发展中国家,抗灾作物引植的经济社会效益评价是政策制定者关注的焦点。不少研究认为,种植具有良好抗灾性能的作物不仅可以平滑农业生产周期,从而带来经济收益,更可以起到稳定社会秩序、减少社会冲突的作用,因此政府应当大力支持抗灾作物的引植(Padma, 2008)。本文的研究从历史的角度对这一观点进行了考察。我们发现,对外来的抗灾作物进行引植,虽然在短期确实可以获得较好的经济社会效益,但如果处理不当,则可能带来意想不到的负面效应。这说明,在引种外来抗灾作物前,必须进行更为审慎的考虑,对成本收益进行更为认真的权衡。

附录:灾害强度和数量的影响

在正文的讨论中,仅采用了虚拟变量“是否发生灾害”,而没有考虑灾害的强度和次数。在本附录中,我们将纳入这些因素,并以此检验本文结论的稳健性。

我们先定义灾害强度的虚拟变量。如果在年度 t ， i 省中至少有一个观测点的旱涝等级为 5，则认为该省发生了大旱（Extreme Drought），并定义变量 $\text{Extreme_Drought}_{it} = 1$ ，否则 $\text{Extreme_Drought}_{it} = 0$ 。类似地，我们定义如果在年度 t ， i 省中至少有一个观测点的旱涝等级为 1，则认为该省发生了大涝（Extreme Flood），并定义变量 $\text{Extreme_Flood}_{it} = 1$ ，否则 $\text{Extreme_Flood}_{it} = 0$ 。如果在年度 t ， i 省观测到的最高旱涝等级为 4，则认为该省发生了轻度旱灾（Limited Drought），并定义变量 $\text{Limited_Drought}_{it} = 1$ ，否则 $\text{Limited_Drought}_{it} = 0$ 。类似地，如果在年度 t ， i 省观测到的最低旱涝等级为 2，那么我们认为该省发生了轻度水灾（Limited Flood），并定义变量 $\text{LD}_{it} = 1$ ，否则 $\text{Limited_Drought}_{it} = 0$ 。

定义了上述虚拟变量后，我们可以进一步定义当地气候灾害的发生次数。以“大旱次数” Num_ED_{it} 为例，我们将这一变量定义为在年度 t ， i 省观范围内旱涝指数为 5 的观测点的总个数。类似地，我们可以定义“大涝次数” Num_EF_{it} 、“轻度旱灾次数” Num_LD_{it} 和“轻度涝灾次数” Num_LF_{it} 。

需要说明的是，由于在我们的数据中，每个省拥有的气候观测点数目并不相同，因此按上述方式构造的灾害次数并不能很好反映 i 省在年度 t 的旱涝分布状况。为了克服这一困难，我们可以将以上四个变量都除以 i 省的观测点总数，从而得到对应的标准化灾害次数： SNum_ED_{it} 、 SNum_EF_{it} 、 SNum_LD_{it} 和 SNum_LF_{it} 。根据定义，如果所有观测点是在各省内部比较均匀分布的，这四个标准化后的灾害次数可以被近似用来代表年度 t 时各类气象灾害在 i 省的影响范围在该省所占的比例。

在定义了上述所有变量后，我们可以估计形如公式（A1）的模型：

$$\begin{aligned} \text{PR}_{it} = & \kappa_0 + \kappa_1 \text{Maize}_{it} + \kappa_2 \text{Maize}_{it}^2 + \kappa_3 \text{LD}_{it} + \kappa_4 \text{LF}_{it} + \kappa_5 \text{ED}_{it} + \kappa_6 \text{EF}_{it} \\ & + (\kappa_7 \text{Maize}_{it} + \kappa_8 \text{Maize}_{it}^2) \text{LD}_{it} + (\kappa_9 \text{Maize}_{it} + \kappa_{10} \text{Maize}_{it}^2) \text{LF}_{it} \\ & + (\kappa_{11} \text{Maize}_{it} + \kappa_{12} \text{Maize}_{it}^2) \text{ED}_{it} + (\kappa_{13} \text{Maize}_{it} + \kappa_{14} \text{Maize}_{it}^2) \text{EF}_{it} \\ & + X_{it} \Gamma + \nu_i + \nu_t + \nu_{it} \end{aligned} \tag{A1}$$

这里 LD_{it} 、 LF_{it} 、 ED_{it} 和 EF_{it} 分别是用来刻画各类灾害性状的变量。在具体的回归分析中，我们分别用前面构造的“是否发生灾害”的虚拟变量、灾害次数或相对灾害次数来代替这些变量的位置。

和（2）类似，在（A1）中，系数 κ_7 和 κ_8 刻画了玉米播种时间对轻度旱灾的“风险分担/环境塑造效应”，如果 $\kappa_7 < 0$ 、 $\kappa_8 > 0$ ，则表示随着一个地区玉米播种时间的延长，当地轻度旱灾的发生（或发生次数、发生旱灾的面积占 i 省的比例）对农民起义发生率的影响存在 U 形关系。类似地，系数 $\kappa_9 - \kappa_{14}$ 的系数都可以作出相应的解释。系数 κ_1 和 κ_2 被用来刻画排除了“风险分担效应”和“环境塑造效应”后，“玉米种植时间”的“生产率效应”。系数 $\kappa_3 - \kappa_6$ 被用来刻画各类灾害对农民起义发生率的“主效应”。

表 A1 给出了公式（A1）的估计结果。

表 A1 公式(A1)的估计结果

| 被解释变量 | Revolts × 100 | | | | | |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | (I) | (II) | (III) | (IV) | (V) | (VI) |
| | FE 模型 | RE 模型 | FE 模型 | RE 模型 | FE 模型 | RE 模型 |
| Maize | -0.007 (0.021) | -0.010 (0.020) | -0.025 (0.018) | -0.026 (0.017) | -0.024 (0.019) | -0.026 (0.017) |

(续表)

| 被解释变量 | Revolts×100 | | | | | |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| | (I) | (II) | (III) | (IV) | (V) | (VI) |
| | FE 模型 | RE 模型 | FE 模型 | RE 模型 | FE 模型 | RE 模型 |
| Maize ² | 2.65×10 ⁻⁵ (7.36×10 ⁻⁵) | 2.79×10 ⁻⁵ (7.18×10 ⁻⁵) | 9.02×10 ⁻⁵ (6.39×10 ⁻⁵) | 8.16×10 ⁻⁵ (6.22×10 ⁻⁵) | 1.03×10 ⁻⁴ (6.53×10 ⁻⁵) | 8.67×10 ⁻⁵ (6.35×10 ⁻⁵) |
| LD | 0.753 (1.086) | 0.791 (1.069) | 0.408 (0.459) | 0.370 (0.437) | 1.510 (2.298) | 1.416 (2.209) |
| LF | 0.455 (1.076) | 0.051 (1.051) | 0.951* (0.486) | 0.969** (0.464) | 4.144* (2.407) | 4.705** (2.311) |
| ED | 4.473*** (1.280) | 2.814** (1.248) | 2.461*** (0.629) | 2.022*** (0.622) | 12.539*** (3.120) | 10.523*** (3.090) |
| EF | 1.101 (1.236) | 1.428 (1.209) | 1.488 (1.647) | 1.471 (1.635) | 4.416 (3.298) | 4.422 (3.242) |
| Maize×LD | -0.011** (0.005) | -0.014** (0.006) | -0.023** (0.009) | -0.022** (0.009) | -0.109** (0.047) | -0.110** (0.046) |
| Maize ² ×LD | 3.82×10 ⁻⁵ ** (1.97×10 ⁻⁵) | 4.17×10 ⁻⁵ ** (1.94×10 ⁻⁵) | 6.60×10 ⁻⁵ ** (3.51×10 ⁻⁵) | 6.24×10 ⁻⁵ ** (3.49×10 ⁻⁵) | 3.14×10 ⁻⁴ ** (1.73×10 ⁻⁴) | 3.10×10 ⁻⁴ ** (1.73×10 ⁻⁴) |
| Maize×LF | -0.029* (0.016) | -0.027* (0.015) | 0.001* (0.005) | 0.001* (0.004) | 0.008* (0.005) | 0.010** (0.004) |
| Maize ² ×LF | 1.23×10 ⁻⁴ (8.00×10 ⁻⁵) | 1.19×10 ⁻⁵ (7.94×10 ⁻⁵) | 2.73×10 ⁻⁶ ** (1.33×10 ⁻⁶) | 3.17×10 ⁻⁶ ** (1.32×10 ⁻⁶) | 4.40×10 ⁻⁵ ** (2.65×10 ⁻⁵) | 4.51×10 ⁻⁵ ** (2.66×10 ⁻⁵) |
| Maize×ED | -0.012** (0.006) | -0.013** (0.006) | -0.014** (0.007) | -0.015* (0.008) | -0.063** (0.032) | -0.062* (0.033) |
| Maize ² ×ED | 5.99×10 ⁻⁵ ** (2.79×10 ⁻⁵) | 6.72×10 ⁻⁵ ** (2.78×10 ⁻⁵) | 7.53×10 ⁻⁵ (4.77×10 ⁻⁵) | 8.23×10 ⁻⁵ ** (4.77×10 ⁻⁵) | 3.70×10 ⁻⁴ (2.32×10 ⁻⁴) | 3.94×10 ⁻⁴ ** (2.33×10 ⁻⁴) |
| Maize×EF | -0.006 (0.025) | -0.005 (0.025) | 0.011 (0.013) | 0.012 (0.013) | 0.052 (0.065) | 0.059 (0.065) |
| Maize ² ×EF | 6.71×10 ⁻⁶ (9.29×10 ⁻⁵) | 7.99×10 ⁻⁶ (9.28×10 ⁻⁵) | 3.28×10 ⁻⁵ (4.88×10 ⁻⁵) | 3.15×10 ⁻⁵ (4.87×10 ⁻⁵) | 1.58×10 ⁻⁴ (2.41×10 ⁻⁴) | 1.56×10 ⁻⁴ (2.40×10 ⁻⁴) |
| Land Tax (in Silver) | 0.054 (0.219) | 0.039 (0.176) | 0.057 (0.219) | 0.042 (0.175) | 0.057 (0.219) | 0.047 (0.176) |
| Land Tax (in Grain) | 0.017 (0.086) | 0.058 (0.070) | 0.051 (0.086) | 0.067 (0.070) | 0.046 (0.086) | 0.064 (0.070) |
| Constant | 3.034*** (1.091) | 4.659*** (0.994) | 4.174*** (0.999) | 5.455*** (0.877) | 4.183*** (1.009) | 5.346*** (0.886) |
| Provincial Time-Invariant Characteristics | — | Controlled | — | Controlled | — | Controlled |
| 观测数 | 7564 | 7564 | 7564 | 7564 | 7564 | 7564 |
| R ² | 0.008 | | 0.012 | | 0.013 | |

注:(1)在前两列的估计中,LD_{*it*}、LF_{*it*}、ED_{*it*}和EF_{*it*}的位置分别用虚拟变量 Limited_Drought_{*it*}、Limited_Flood_{*it*}、Extreme_Drought_{*it*}和 Extreme_Flood_{*it*}代表;在中间两列中,它们分别用灾害发生次数 Num_LD_{*it*}、Num_LF_{*it*}、Num_ED_{*it*}和 Num_EF_{*it*}代表;在最后两列中,它们分别用标准化的灾害发生次数 SNum_LD_{*it*}、SNum_LF_{*it*}、SNum_ED_{*it*}和 SNum_EF_{*it*}代表。

(2)*表示在10%显著性水平下显著,**表示在5%显著性水平下显著,***表示在1%显著性水平下显著。括号中数值为估值的标准误。

由表 A1 易知,无论我们是采用虚拟变量、灾害发生次数或标准化后的灾害发生次数

来构建回归的自变量，都可以得到“随着玉米种植时间的延长，各类灾害对农民起义发生率的影响呈现U形关系”的结论。⁴³这进一步验证了我们在正文中的经验结果。

值得注意的是，当对灾害的强度进行区分后，可以进一步发现玉米的引植对于不同强度灾害的抵抗作用。以旱灾为例，通过估计系数我们容易算得，大约在一个地区引种玉米后100年内，更长的玉米引种时间有利于降低“大旱”引发农民起义的概率，而在此之后，这种效应则会发生逆转。但对于轻度旱灾来说，类似地效应转变则发生在玉米引植后的180年左右。这表明即使从抵抗“大旱”的角度看，玉米的“风险分担效应”已被“环境塑造效应”主导，从而总体上体现出消极意义时，它在抵御一些小规模旱灾时，仍然可能起到较为积极的作用。这也部分解释了，为什么在清朝中期，玉米引植所导致的水土破坏已酿成一些重大灾害时，农民依然有积极性继续扩大种植。⁴⁴

参考文献

- [1] Acemoglu, D., S. Johnson and J. Robinson, “The Rise of Europe: Atlantic Trade, Institutional Change, and Economic Growth”, *The American Economic Review*, 2005, 95(3), 546—579.
- [2] Bai, Y., and J. K. Kung, “Climate Shocks and Sino-nomadic Conflict”, *Review of Economics and Statistics*, 2011, 93(3), 970—981.
- [3] Büntgen, U., et al., “2500 Years of European Climate Variability and Human Susceptibility”, *Science*, 2011, 331(6017), 578—582.
- [4] Burke, M. B., et al., “Warming Increases the Risk of Civil War in Africa”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106(49), 20670—20674.
- [5] Cao, L., “Influence of the Introduction of American Cereal Crops on Agricultural Production and Social Economy of China”, *Ancient and Modern Agriculture*, 2005, 3, 79—88. (in Chinese)
- [6] Cao, S., “A New Investigation into the Incoming China’s Path of Maize and Sweet Potato”, *The Journal of Chinese Social and Economic History*, 1988, 4, 62—66. (in Chinese)
- [7] Cao, S., *A Demographic History of China* (vol. 5). Shanghai: Fudan University Press, 2001.
- [8] Chen, S., “A Study on the Diffusion of Maize and Sweet Potato in China”, *Social Sciences in China*, 1980, 3, 187—204. (In Chinese)
- [9] Chen, S. and J. K. Kung, “The Malthusian Quagmire: Maize and Population Growth in China, 1500—1900”, HKUST Working Paper, 2011.
- [10] Chen, Y., “Maize and the Migration of Ming and Qing Dynasties”, *Reading Magazine*, 2003, 1, 48—52. (in Chinese)
- [11] Chu, C. Y. C. and R. D. Lee, “Famine, Revolt, and the Dynastic Cycle: Population Dynamics in Historic China”, *Journal of Population Economics*, 1994, 7(4), 351—378.
- [12] Crosby, A. W., *The Columbian Exchange: Biological and Cultural Consequences of 1492*. Westport: Greenwood, 1973.

⁴³ 在估计结果中， $\text{Maize} \times \text{EF}$ 和 $\text{Maize}^2 \times \text{EF}$ 的估计系数在统计上都不显著，但如果仅看数值，这种U形关系仍然是存在的。

⁴⁴ 当然，农民所主要考虑的应当是预期产量问题，但这一因素可能也是重要的。

- [13] Dell, M., B. F. Jones and B. A. Olken, "Climate Change and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century", NBER Working Paper, 2008, 14132.
- [14] Diamond, J., *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. New York: Penguin Books, 2006.
- [15] Fagan, B., *Floods, Famines, and Emperors: El Nino and the Fate of Civilization*. New York: Basic Books, 2009.
- [16] Fan, K., "Climatic Change and Dynastic Cycles in Chinese History: A Review Essay", *Climatic Change*, 2010, 101(3), 565.
- [17] Fan, Z., and F. Feng, "Studies on the Drought and Agriculture in the History of Guanzhong Area", *Agricultural Archaeology*, 1997, 3, 249—253. (in Chinese)
- [18] Ge, Q., and Wang, W., "Population Pressures, Climate Change and Taiping Rebellion" *Geographical Research*, 1995, 4, 32—41. (in Chinese)
- [19] Guo, S., "Some Problems of the Spreading of Maize and Sweet Potato in China", in Qing Research Institute of Chinese Academy of Social History (Eds.) *Essays on Qing History*, Beijing: Zhonghua Book Company, 1997, 80—114. (in Chinese)
- [20] Han, M., "On the Spreading of Corn in China in the Past 500 Years", *Chinese Culture Research*, 2007, 1, 44—56. (in Chinese)
- [21] Ho, P., "The Introduction, Diffusion of American Crops and Their Impacts on Crop Production in China", *World Agriculture*, 1979, 6, 25—31. (in Chinese)
- [22] Hersh, J. and H. Voth, "Sweet Diversity: Overseas Trade and Gains from Variety after 1492", Working Paper, 2009.
- [23] Homer-Dixon, T. F., "Environmental Scarcities and Violent Conflict: Evidence from Cases", *International Security*, 1994, 19(1), 5—40.
- [24] Hsiang, S. M., M. Kyle, and M. Cane, "Civil Conflicts are Associated with the Global Climate", *Nature*, 2011, 476(7361), 438—441.
- [25] Inikori, J. E., *Africans and the Industrial Revolution in England: A Study in International Trade and Economic Development*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- [26] Jia, R., "Weather Shocks, "Sweet Potatoes and Peasant Revolts in Historical China", *Economic Journal*, 2013, Forthcoming.
- [27] Kicker, B. F. and J. L. Cochrane, "War and Human Capital in Western Economic Analysis", *History of Political Economy*, 1973, 5(2), 375—398.
- [28] Lee, J. and F. Wang, *One Quarter of Humanity: Malthusian Mythology and Chinese Realities, 1700—2000*. Cambridge: Harvard University Press, 2001.
- [29] Li, Y., "The Immigration in Early Qing Dynasty and the Diffusion of Maize and Sweet Potato in Sichuan", *Agricultural History of China*, 2003, 2, 7—13. (in Chinese)
- [30] Liang, F., *Statistics on China's Historical Population, Cultivated Land and Land Tax*. Beijing: Zhonghua Book Company, 1985. (in Chinese)
- [31] Malthus, T. R., *An Essay on the Principle of Population; or, A View of Its Past and Present Effects on Human Happiness; with an Inquiry into Our Prospects Respecting the Future Removal or Mitigation of the Evils Which it Occasions*. London: J. Murray, 1826.
- [32] Miguel, E., Shanker Satyanath and E. Sergenti, "Economic Shocks and Civil Conflict: An Instrumental Variables Approach", *Journal of Political Economy*, 2004, 112(4), 725—753.

- [33] Miguel, E. and S. Satyanath, “Re-examining Economic Shocks and Civil Conflict”, *American Economic Journal: Applied Economics*, 2011, 3(4), 228—232.
- [34] Mintz, S. W. , *Sweetness and Power: The Place of Sugar in Modern History*. New York: Penguin Books, 1985.
- [35] Nunn, N. and N. Qian, “The Columbian Exchange: A History of Disease, Food, and Ideas”, *The Journal of Economic Perspectives*, 2010, 24, 2, 163—188.
- [36] Padma, T. V. , “Can Crops Be Climate-Proofed”, Available at <http://mtforum.net/sites/default/files/pub/1603.pdf>
- [37] Sng, T. H. , “Size and Dynastic Decline: The Principal-Agent Problem in Late Imperial China: 1700—1850”, Working Paper, 2010.
- [38] State Meteorological Society, *Yearly Charts of Dryness/Wetness in China for the Last 500-Year Period*. Beijing: China Meteorological Press, 1981. (in Chinese)
- [39] The Editing Committee of China’s Military History (Ed.), *Chronology of Warfare in Dynastic China*. Beijing: People’s Liberation Army Press, 1985. (in Chinese)
- [40] Warman, A. , *Corn and Capitalism: How a Botanical Bastard Grew to Global Dominance*. Chapel Hill: The University of North Carolina Press, 2007.
- [41] Wang, H. , “The Relationship Between the Migrating South of the Nomadic Nationalities in North China and the Climatic Changes”, *Scientia Geographica Sinica*, 1996, 3, 83—88. (in Chinese)
- [42] Xi, T. Y. , “Bureaucracy, Rebellion, and State Capacity: Theory and Evidence From Imperial China, 1644—1911”, Working Paper, 2012.
- [43] Xia, M. , “The Drought Demon Ran Amok: Droughts and Their Causes in Chinese History”, *Guangming Daily*, April, 27, 2010. (in Chinese)
- [44] Xian, J. , “A Study on the Introduction and Diffusion of Maize Based on Local Records”, *Ancient and Modern Agriculture*, 1988, 1, 99—111. (in Chinese)
- [45] Zhang, D. , et al. , “Climate Change, Wars and Dynastic Cycles in China Over the Last Millennium”, *Climatic Change*, 2007, 76(4), 459—477.
- [46] Zhang, D. , et al. , “Global Climate Change, War, and Population Decline in Recent Human History”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007, 104(49), 19214—19219.
- [47] Zhang, X. , and Hui, F. , “The Soil Erosions Caused by the Planting of Maize in Late Qing Dynasty and the Measures to Curb Them”, *Agricultural History of China*, 2006, 3, 13—21. (in Chinese)
- [48] Zhang, D. , et al. , “Climate Change, Wars, Social Turbulences and Dynastic Change in China”, *Chinese Science Bulletin*, 2004, 23, 2468—2474. (in Chinese)
- [49] Zhao, G. , *Studies on the Grain Yield Per Mu in Qing Dynasty*. Beijing: China Agriculture Press, 1995. (in Chinese)
- [50] Zhao, H. , “Did Climate Change Affect the Social Stability of Chinese Agrarian Economy in the Past 2000 Years? A Positive Analysis Based on Paleo-climatic Reconstruction Data and Historic Data”, *China Economic Quarterly*, 2012, 11(2), 691—722. (in Chinese)

**Does the Columbian Exchange End the Climate
Induced Peace-turbulence Cycle ?
—A Historical Investigation on the Correlation
Between China's Maize Planting and Peasant Revolts**

YONGWEI CHEN*

(Tsinghua University)

YINGWEI HUANG

(Chinese Academy of Social Sciences)

YI ZHOU

(UC Berkeley)

Abstract We use long-term panel data to analyze the impact of maize planting on the occurrence of peasant revolts. We find there was a U-shaped relationship between them: In the short run, planting maize can lower the frequency of peasant revolts induced by climate disaster, but this effect was decreasing. From the Mid and late Qing Dynasty, provinces with longer history of maize planting became more vulnerable to climate shocks, and the frequency of peasant revolts was much higher. It shows that American plants such as maize did not end the climate induced peace-turbulence cycle as they did in Europe.

JEL Classification N15, N55, O13

* Corresponding Author: Yongwei Chen, 119 Mingzhai, Tsinghua University, Haidian District, Beijing, China, 100084; Tel: 13811828648; E-mail: chenongwei1982@gmail.com.