中国“三农”问题前沿丛书

气候变化与苹果种植户的适应

CLIMATE CHANGE
AND APPLE FARMERS' ADAPTATION

冯晓龙　陈宗兴　霍学喜　著

社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

冯晓龙

2017 年获西北农林科技大学管理学博士学位，中国人民大学博士后，主要从事农户气候变化适应性、农户技术采纳、贫困人口生计等方面的研究。先后参与国家科技重点课题、国家自然科学基金课题等 4 项，获各类科研奖励 7 项。在《中国农村经济》、*Sustainability* 等期刊发表学术论文 14 多篇，其中 SSCI/SCI 论文 2 篇，EI 论文 1 篇，CSSCI 论文 7 篇。

陈宗兴

西北农林科技大学教授，博士生导师。中国生态文明研究与促进会会长，享受国务院政府特殊津贴。主要从事生态经济、农业经济地理、农村区域发展等方面的研究。获中国科学院科技进步一等奖、陕西省科技进步奖三等奖等奖项。先后主持国家自然科学基金课题、国家“七五”及“九五”科技攻关课题等 18 项。发表学术论文 60 多篇，出版著作及译著 14 部。

霍学喜

西北农林科技大学教授，博士生导师，校长助理，研究生院常务副院长。中国农业经济学会理事，中国农业技术经济学会副理事长，国务院学位委员会农林经济管理学科评议组成员（第七届），享受国务院政府特殊津贴，入选教育部新世纪优秀青年人才支持计划。主要从事农业产业经济、农村区域发展等方面的研究。曾获中国“八五”、“九五”科学技术成果奖励各 1 项，省部级奖励 5 项。先后主持国家自然科学基金课题、国家现代农业产业技术体系课题等 48 项，在国内外高水平学术期刊上发表学术论文 140 多篇，出版专著和教材 10 部。

中国“三农”问题前沿丛书

气候变化与苹果种植户的适应

CLIMATE CHANGE
AND APPLE FARMERS' ADAPTATION

冯晓龙　陈宗兴　霍学喜　著

社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

国家现代农业产业技术体系建设项目“中国苹果产业经济发展研究”
（项目编号：CARS-28）

目　录

CONTENTS

第一章　导论 …… 001
一　研究背景 …… 001
二　研究目的和意义 …… 005
三　文献综述与评价 …… 008
四　研究内容 …… 026
五　技术路线、研究方法及数据资料 …… 028
六　本书创新之处 …… 033

第二章　苹果种植户气候变化适应性行为理论分析 …… 036
一　苹果种植户及特征 …… 036
二　气候变化适应性及特征 …… 042
三　苹果种植户气候变化适应性行为分析 …… 044
四　苹果种植户气候变化适应性行为选择理论分析及假设 …… 052
五　本章小结 …… 062

第三章　气候变化及苹果种植户适应性行为特征 …… 063
一　陕西气候变化特征 …… 063

需要全本请访问 www.ertongbook.com

二　陕西苹果生产特征 …… 068
三　陕西气候变化与苹果生产布局变化关系特征 …… 073
四　苹果种植户气候变化适应性行为特征分析 …… 077
五　本章小结 …… 089

第四章　气候变化对苹果种植户苹果净收益影响分析 …… 091
一　气候变化对苹果种植户苹果净收益影响机理与模型构建 …… 091
二　苹果种植户特征及描述性统计分析 …… 094
三　实证结果分析 …… 097
四　本章小结 …… 103

第五章　苹果种植户气候变化适应能力分析 …… 105
一　苹果种植户适应能力指标体系设计 …… 105
二　指标权重赋值方法选择 …… 110
三　苹果种植户适应能力测度与分析 …… 112
四　本章小结 …… 123

第六章　苹果种植户气候变化适应性行为决策分析 …… 125
一　理论分析与研究假设 …… 126
二　适应性措施与变量描述性统计分析 …… 131
三　计量模型选择与实证结果分析 …… 144
四　本章小结 …… 163

第七章　苹果种植户气候变化适应性行为选择有效性分析 …… 167
一　苹果种植户适应性行为选择有效性理论分析及模型设计 …… 167

二 变量选择与描述性统计分析 …… 172
三 实证结果与分析 …… 179
四 不同适应性行为选择成本收益分析 …… 200
五 本章小结 …… 202

第八章 结论与建议 …… 204
一 主要研究结论 …… 204
二 主要建议 …… 212
三 进一步研究展望 …… 217

参考文献 …… 218

附 录 …… 242

第一章
导　论

一　研究背景

气候变化是指气候的平均状态与离差的一个或两个共同出现显著变化，而关于气候变化的成因可概括为自然的气候波动和人为因素影响的气候波动两大类（新华网，2009）。近些年来，气候变化深刻影响着人类的生存和发展，是各国共同面临的重大挑战（胡锦涛，2009）。联合国环境规划署明确指出，气候变化已成为安全威胁，如果不采取果断措施，未来数十年内，气候变化将超出许多地方的适应能力，这可能导致动荡和暴力，从而对国家和国际安全产生危害（林小春、高丽，2007）。

1988 年，世界气象组织和联合国环境规划署建立政府间气候变化专门委员会（IPCC），气候变化开始引起国际社会的广泛关注。特别是近十多年世界范围气候异常给很多国家的粮食生产、水资源和能源带来严重影响，引起各国政府及学术界关注。最近的研究表明，20 世纪 90 年代和 21 世纪分别是近千年来最暖的 10 年和世纪（朱红根，2010）。2013 年政府间气候变化专门委员会（IPCC）关于全球气候变化的第五次评估报告就指出，如果不采取措施，未来 100 年内全球平均气温可能上升 0.7 ~ 4.8 摄氏度

（秦大河、Thomas Stocker，2014）。全球变暖的进一步加剧，将导致极端天气、气候事件更加频繁，严重威胁全球社会经济的可持续发展（朱红根，2010）。

（一）气候变化对农业产生严重影响

农业是自然再生产和经济再生产重合的产业部门，是以农作物生长发育为基础，光、热、水、土壤等气候与环境要素是决定农业生产的基本自然要素。气候变化将直接导致辐射、光照、热量、温度、湿度、风速等气候要素时空格局发生变化，从而对农业生产形成全方位、多层次影响。由于农业部门对气候变化非常敏感，因而在全球气候变暖背景下，农业气象灾害、水资源短缺、农业病虫害发生程度都呈加剧趋势（郑国光，2009）。

在过去25年间，全球气候变化已经导致世界上一些主要粮食作物减产，而气候变化给不同地区不同产业的影响差异明显（O'Brien et al.，2006）。1981～2002年，由于气温升高，小麦、玉米、大麦的全球产量每年合计减少4000万吨（潘根兴等，2011）。在中国，近50年气温上升尤其明显，这使得中国灌溉和雨养春小麦的产量将分别减少17.70%和31.4%（郑国光，2009）。面对气候变化的挑战，如果不采取任何措施，未来20～50年内，农业生产将受到气候变化的严重冲击，并严重影响中国长期的粮食安全。据估算，到2030年因全球变暖，中国种植业产量总体上可能会减少5.00%～10.00%，其中小麦、水稻、玉米三大作物均会减产（钱凤魁等，2014）。已有研究表明，受全球气候变暖影响，极端天气和气候事件增多、增强，旱灾危害的程度、范围呈加重、扩大态势，对农业造成严重影响。有关资料显示，中国每年因旱灾平均损失粮食300亿公斤（郑国光，2009）。可以看出，气候变化已使农业生产条件及产业结构发生重大变化，这种变化不仅威胁中国甚至世界的粮食安全，而且增大了农

民收入波动的幅度。

中国是世界苹果生产第一大国。据统计2014年中国苹果种植面积达231.20万hm^2，产量为3800.00万吨，分别占世界苹果栽培面积和产量的50.78%、55.60%，面积和产量均居世界首位（国家苹果产业经济研究室，2014）。依据农业部发布的《苹果优势区域布局规划（2008~2015年）》，中国苹果生产主要集中在环渤海湾优势产区和黄土高原优势产区，其中环渤海湾优势区包括胶东半岛、泰沂山区、辽南、燕山、太行山浅山丘陵区，黄土高原优势区包括陕西渭北和陕北南部地区、山西晋南和晋中、河南三门峡地区和甘肃的陇东及陇南地区。可见，苹果产业已逐渐成为中国北方地区农村的支柱产业，在农业产业结构调整、增加农民收入及出口创汇等方面发挥着重要作用（农业部种植业管理司，2007）。

苹果作为多年生、高价值农产品的典型代表，其种植过程对气候条件极为敏感，气温、降水量等气候条件的变化严重影响苹果产量与质量，不利于苹果种植户增产增收。有证据表明，气候变化对中国苹果产业已造成明显影响（樊晓春等，2010，2013；冯晓龙等，2015；魏钦平等，2010）。气候变化引起春季温度升高，苹果开花期提前，导致苹果开花期遭受晚霜和冻害的机会增加。受气候变化的影响，2000年以来苹果开花期普遍比20世纪80年代提前5~7天，开花期提前明显增加了遭遇低温冻害的风险（魏钦平等，2010）。气候变暖往往伴随着干旱、风雹等灾害。有关资料显示，苹果产区近些年的年降水量均呈下降趋势，春秋季降水量减少，夏冬季降水量增加，造成自然降水与苹果需水特性不协调，严重影响苹果树生长和果品品质提高。此外，以气候变暖为主要特征的气候变化必然导致果树病虫害的发生概率加大，影响果树生长（段晓凤等，2014；魏钦平等，2010）。

（二）适应性选择成为应对气候变化的基本举措

世界各地区都将受到气候变化影响，但受冲击最强烈的国家

将是发展中国家，而适应将成为解决不可避免的温室气体排放、气候变暖的必经之路（IPCC，2007）。2007 年 12 月，联合国气候变化大会通过《巴厘行动计划》将适应气候变化与减缓气候变化置于同样重要的地位。针对气候变化对中国农业、林业、水资源影响加剧问题，中国政府分别于 2013 年 11 月、2014 年 9 月发布《国家适应气候变化战略》《国家应对气候变化规划（2014～2020 年）》，明确提出将应对气候变化作为国家重大战略，坚持减缓和适应气候变化同步推动的基本原则，推动全社会各领域、各行业积极适应气候变化（国家发展改革委，2011）。由此可见，采取工程措施、技术措施、管理措施，已成为中国及世界应对气候变化的基本举措。根据 IPCC（2001）定义，“适应”是指自然或人类系统为应对实际的或预期的气候影响而做出的减小脆弱性的倡议或措施，即自然或人类系统为应对现实的或预期的气候刺激或其影响而做出的调整，这种调整能够减轻损害或开发有利的机会。也就是说，应对气候变化不仅要减少温室气体排放，还要采取主动的适应行动，通过适应性措施减少脆弱性和暴露度、增强气候恢复能力，该过程与社会可持续发展密切相关。

苹果种植户作为苹果产业的微观经营主体，如何适应气候变化成为政府与学者关注的焦点。根据实地调查数据，2011～2013 年苹果种植户中有 74.1% 遭受苹果膨大期持续高温影响，67.1% 遭受苹果开花期低温影响，这些气候变化给苹果种植户苹果生产带来不同程度的负面影响，提升其收入波动性。面对气候变化诱发的苹果生产外部环境的负面影响，苹果种植户采取了哪些适应性措施？通过实地调查发现，对诸如苹果开花期低温、苹果膨大期持续高温等气候变化，种植户大多数采用相应的适应性措施，其中苹果种植户采用熏烟、喷打防冻剂等措施应对苹果开花期低温；苹果种植户采用灌溉、覆膜、人工种草等措施应对苹果膨大期持续高温。这些适应性措施在很大程度上减轻了气候变化对苹

需要全本请访问 www.ertongbook.com

果种植户苹果生产带来的负面影响，稳定了其家庭收入。

综上所述，气候变化对苹果产业发展和苹果种植户增收产生的影响较为明显，适应已经成为解决这一问题的基本模式。因此，探讨气候变化对中国苹果生产的影响及专业化苹果种植户气候变化适应性行为选择，是研究气候变化环境中改进中国苹果产业可持续发展的突破口。基于这种背景，本书拟研究解决的关键问题包括：识别影响苹果生产的关键气候因素，评估气候变化对区域苹果种植户苹果收益的影响程度；分析苹果种植户气候变化适应性行为，包括苹果种植户气候变化适应性行为特征、气候变化适应能力，影响其气候变化适应性行为决策的关键因素及适应性行为选择的效果评价。

二　研究目的和意义

（一）研究目的

本书研究目的是围绕气候变化对苹果种植户苹果净收益的影响程度及专业化苹果种植户气候变化适应性行为，以农户经济学理论及适应性理论为基础，揭示气候变化对苹果种植户苹果收益的影响机理与专业化苹果种植户气候变化适应性行为决策机理；运用实证分析方法，评估气候变化对区域苹果种植户苹果净收益的影响及专业化苹果种植户气候变化适应能力，分析影响苹果种植户适应性行为决策的关键因素。在此基础上，评估专业化苹果种植户适应性行为选择的效果。

具体研究目标设计有以下三点。

（1）在归纳区域苹果种植户气候变化适应性措施基础上，揭示苹果种植户适应性行为选择的行为动机、行为倾向和行为特征，基于不确定性条件下农户行为理论的分析思路，遵循期望效

用最大化原则，构建苹果种植户气候变化适应性行为理论体系，为进一步开展实证研究奠定基础。

（2）运用分层抽样方法，通过实地调查获取陕西气候变化与苹果种植户的适应性行为相关数据，应用 Ricardian 模型、熵权法、Double – Hurdle 模型及内生转换模型，分别对“气候变化对苹果种植户苹果净收益产生影响，且影响具有阶段性差异特征”、“苹果种植户气候变化适应性行为决策是其适应能力与气候变化综合作用的结果”以及“苹果种植户气候变化适应性行为选择是有效的”的理论假设进行验证。具体而言，预期验证的理论假设包括三点。

A. 气候变化对苹果种植户苹果净收益产生显著影响，且这种影响在不同苹果生长阶段具有差异性。

B. 苹果种植户气候变化适应性行为决策是在气候变化诱导下苹果种植户适应能力内生作用的结果，但这种作用结果因不同适应性行为决策而存在差异。

C. 苹果种植户不同气候变化适应性行为选择对其苹果产出及产出风险的影响效应存在差异，但均是有效的。

（3）根据研究结论，以提高区域苹果产业竞争力与苹果种植户适应性行为、增强苹果种植户气候变化适应能力为目标，从政府公共政策层面提出改善区域苹果产业应对气候变化，促进专业化苹果种植户气候变化适应性行为选择的对策与建议。

（二）研究意义

围绕促进苹果产业可持续发展与苹果种植户收入增长关键问题，归纳气候变化对苹果生产与种植户的影响规律和特征，运用以规范分析与实证分析为核心的研究方法，分析气候变化对区域苹果种植户苹果净收益的影响，总结区域苹果种植户气候变化适应性措施，分析种植户气候变化适应能力及适应性行为决策的影

响因素，评价种植户适应性行为效果，具有重要的理论意义和现实意义。

（1）通过分析气候变化对区域苹果种植户苹果净收益的影响程度，评估区域苹果产业气候变化响应程度。这是现阶段关于气候变化影响的研究主题，有助于补充和完善气候变化对多年生、高价值农产品影响的理论体系。

（2）通过归纳区域苹果种植户气候变化适应性措施，揭示苹果种植户适应性行为选择的行为动机、行为倾向和行为特征，构建在气候变化背景下苹果种植户适应性行为理论体系，探索苹果种植户气候变化适应能力与适应性行为选择的逻辑关系，评估苹果种植户气候变化适应性行为选择的有效性。这是现阶段微观主体适应气候变化领域的重要基础研究领域，有助于补充和丰富以经营多年生、高价值农产品为主的农户气候变化适应性行为理论体系。

（3）运用实证研究方法，评估气候变化对区域苹果种植户苹果收益影响机理及苹果种植户气候变化适应能力，分析适应能力与适应性行为决策之间的关系，凝练形成气候变化适应性行为选择及有效性的实证检验的创新性结论，为进一步促进区域产业发展和提高农户适应能力奠定基础。

（4）本研究的现实意义在于揭示气候变化对区域苹果种植户苹果收益的影响程度，识别影响种植户气候变化适应能力与适应性行为选择的关键因素，客观评价苹果种植户气候变化适应性行为选择的有效性，有助于政府从提高苹果种植户不同资本拥有水平的方面改善苹果种植户气候变化适应能力；同时从提高气候变化有关的公共服务水平方面，引导适应性措施有效供给方面改进苹果产业适应性措施市场有效性，形成适应性措施有效供给与适应性措施有效需求相匹配的市场，进而提高苹果种植户气候变化的适应水平。

三　文献综述与评价

（一）气候变化影响研究

1. 气候变化对农业的影响研究

学者广泛认为，气候变化通常是指长时期内（月、季、年甚至数百年）气候的平均值或离差值在统计意义上出现显著变化（新华网，2009）。

目前，关于全球气候变化对农业影响研究主要围绕两方面展开：一是自然科学界运用动态数值模拟方法，重点研究气候变化对农作物产生的影响；二是经济学界在农作物产量方程中引入气候因素、社会经济因素，评估气候变化对农业的影响（王丹，2009）。

在自然科学界，气候变化对农业的影响研究主要集中在观测实验和模型模拟研究两个方面（王丹，2009；朱红根，2010；周文魁，2012）。

（1）观测实验研究主要以田间和温室或人工气候室实验为主。包括利用温室或人为控制浓度来研究对作物的影响（Chaudhuri et al.，1990；Finn et al.，1982；林而达、王京华，1997；李伏生等，2003）。由于人为控制实验在气候条件方面与自然条件有较大差异，实验结果未必与自然条件下的响应完全相同（Bowes，1993），因而开放式富集（Free – air Enrichment）FACE 方法研究开始得到普遍应用（Kim et al.，2001；Okada et al.，2001；黄建晔等，2002；罗卫红等，2003；孙谷畴等，2003）。研究发现，随着大气浓度增加，粮食作物的生理活动和生化反应会发生变化，进而影响粮食产量。

（2）由于气候变化对农作物影响较为复杂，以实验为主的方法难以满足研究需要，因此，以动态模拟方法和经验统计分析为

主的方法逐渐发展起来。随着对植物生长机理的理解深入和计算机技术的快速发展，促使作物生长动态模拟模型的出现和发展（Duncan and Kumar，1967）。例如，美国开发的 DSSAT 系列模型，具有类似的模拟过程，已被广泛用于不同气候条件下作物产量的评估研究（Hoogenboom et al.，1999）。20 世纪 80 年代中国学者开始这方面研究（金之庆等，1996）。其中以华南农业大学的计算机水稻模拟（RSM）、江西农业大学的水稻日历模拟模型（RICAM）等影响较大（陈华等，2004）。统计方法基于大数定律和统计假设检验，根据生物量和气候因素建立统计模型进行分析（王丹，2009）。这类研究的优点在于能够简单、方便地预测气候变化对农业影响（Isik and Devadoss，2006；高素华等，1994；杨文坎、李湘阁，2004；张全武等，2003）。Lobell and Asner（2003）在研究气候对美国农业产量影响时发现，温度每上升 1 摄氏度，玉米和大豆产量下降 17%；Peng 等（2004）利用 IRRI 农场气象数据和试验田的水稻产量数据，分析产量与夜晚气温的关系，结果表明，作物产量与夜晚气温存在显著逆相关关系。

已有的气候变化对农业影响的自然科学方面的研究只是纯自然的实验方法，没有考虑社会经济因素影响，无法反映农户在应对气候变化条件下的各种调适行为（Kumar and Parikh，2001）。因此，丑洁明和叶笃正（2006）认为仅限于自然科学研究显然会影响研究结论的准确性和科学性，难以充分分析气候变化对粮食生产系统的影响，有些学者也得到了类似结论（Antle and Capalbo，2001）。为此，研究者开始利用经济模型对气候变化影响进行研究，但这类研究成果相对较少（王丹，2009；朱红根，2010）。主要集中在以下两个方面。

（1）以生产函数为基础，构建包括生产要素、气候变化因子、社会经济因素等在内的生产函数经济模型，分析气候变化对农作物产量的影响（Iglesias and Minguez，1997；Mearns et al.，

1996，1997）。Haim 等（2008）利用生产函数经济模型，评估气候变化对小麦、棉花产量影响，结果表明灌溉和增加施用化肥能够减少气候变化对农业影响；Kaufmann 和 Seto（2001）通过构建一个综合自变量，不仅包括玉米关键生长期的气候因素，而且还包括一系列社会经济因素的混合模型，并利用多元回归法分析气候变化对美国玉米产量的影响。而这些研究气候变化仅限于年均或年内气候变量的分配，仅有少数学者考虑较长时间序列的气候变化。例如，You 等（2005）利用 1979～2000 年中国小麦主产省小麦产量与气候因素的面板数据，在 Cobb－Douglas 生产函数基础上构建小麦产量模型，结果表明，气温每上升 1℃使小麦产量下降 0.3%。国内学者丑洁明和叶笃正（2006）提出在经济模型 C－D生产函数中添加气候变化因子，建立经济－气候模型（C－D－C 模型），作为连接气候变化因素和经济变化因素的桥梁，并对该模型性能及合理性进行初步模拟和验证。

（2）以利润最大化原理为理论基础，构建经济学模型研究气候变化对农户收益的影响，其中 Ricardain 模型应用受到重视。类似研究包括以下两方面。一是以宏观农业为研究对象探索气候变化影响（Adams et al.，1999；Mendelsohn and Reinsborough，2007）。例如，Gbetibouo 和 Hassan（2005）运用 Ricardain 模型研究温度和降水对南非 300 个地区农业净收益影响，结果表明，温度对农业净收益呈正相关，而降水与农业净收益呈负相关。与此研究结论类似，Fleischer 等（2007）利用同样模型评估气候变化对伊拉克农业净收益影响，结果表明，在不考虑灌溉条件下，气候变化对农业净收益有正向促进作用；在考虑灌溉条件下，气候的微小变化对农业净收益有利，但剧烈的气候波动在长期内对农业产生危害。Robert 和 Stephanie（2007）在研究气候变化对瑞士农业影响时采用 Ricardain 模型回归，结果发现气候变化使得瑞士玉米产量增加。Chang（2002）也通过构建气候－经济因子模型，评估

需要全本请访问 www.ertongbook.com