

风险厌恶与农户气候适应性技术采用行为*

——基于新疆植棉农户的实证分析

毛慧¹ 付咏¹ 彭澎² 柴宇佳³

摘要：气候适应性技术采用率低下已成为制约中国农业可持续发展的重要因素，风险厌恶可能影响农户的气候适应性技术采用决策。本文利用新疆349户植棉农户微观调查数据，基于实验经济学方法测度农户的风险厌恶程度，系统考察了风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响及作用机制。研究发现，风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为产生了显著抑制作用，越厌恶风险的农户采用气候适应性技术的可能性越小、采用程度越低、采用时长越短。进一步探讨作用机制后发现，风险厌恶通过抑制农户参与信贷影响其技术采用行为，具体表现为越厌恶风险的农户参与信贷的可能性越小，进而采用气候适应性技术的可能性越小、采用程度越低、采用时长越短。此外，受灾程度、技术培训对风险厌恶影响农户气候适应性技术采用行为有调节作用，即受灾程度加重、技术培训参与能缓解风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的抑制作用。

关键词：风险厌恶 信贷行为 受灾程度 技术培训 气候适应性技术

中图分类号：F323.3 **文献标识码：**A

一、引言

气候变化是农户在农业生产过程中面临的主要自然风险，对世界农业部门产生了深远影响，气候适应性技术已成为农户应对气候变化和抵抗自然灾害风险的重要手段，有利于保障农户收入、缓解贫困（吕亚荣和陈淑芬，2010；Jin et al., 2015；冯晓龙等，2018；Dougherty et al., 2020）。气候变化引起的气温升高、降水不平衡以及极端天气频发等问题增加了农业生产风险和不确定性，长期影响粮食安全（陈帅等，2016）。改变灌溉方式、调整种植结构、种植多样化品种等气候适应性行为能降低气候变化对农业生产的负面影响（Abid et al., 2016；冯晓龙等，2017）。然而，中国作为全球范围内

*本文研究获得国家自然科学基金青年项目“黄河流域农户水土保持技术采用行为的干预机制与政策优化研究”（项目编号：72103115）、国家自然科学基金青年项目“风险与时间偏好异质性粮食规模户的市场风险管理策略优化研究”（项目编号：71803083）、教育部人文社会科学研究一般项目“政策激励、信息干预与农户绿色农业技术采用行为研究”（项目编号：21XJC790008）的资助。感谢匿名审稿专家的宝贵意见，但文责自负。本文通讯作者：彭澎。

受气候变化影响较大的国家之一，农户的气候适应性技术采用水平仍然较低。因此，探究中国农户采用气候适应性技术的长效机制，对更好地应对气候变化、降低农业生产损失具有重要意义。

已有研究表明，风险厌恶是影响农户采取气候适应性行为的重要因素（Alpizar et al., 2011; Haile et al., 2020）。农户承受意外风险的能力十分有限，在农业生产决策过程中通常采取保守型生产行为（黄季焜等，2008）。具体而言，农户在采用气候适应性技术时，不仅要衡量气候变化带来的极端天气风险，还要考虑气候适应性技术存在的技术运用不当和经济收益不确定等风险。因此，风险厌恶会抑制农户的气候适应性技术采用行为。如，Tong et al. (2019) 对江汉平原稻农气候适应性技术采用行为的研究发现，风险厌恶降低了农户技术采用率。可见，在技术效益不确定的情况下，越厌恶风险的农户采用气候适应性技术的可能性越小。然而，在中国气候适应性技术采用率低于发达国家平均水平的现实背景下，鲜有研究从信贷视角分析风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响及作用机制，以及这种影响因农户受灾程度不同和技术培训参与情况不同而产生的差异，这为本文提供了研究空间。

理论上，风险厌恶主要通过以下两方面影响农户气候适应性技术采用行为：一方面，风险厌恶直接影响农户气候适应性技术采用行为。气候适应性技术的收益因气候条件等因素不同存在较大的不确定性（Brick and Visser, 2015）。而农户承受自然灾害的能力有限，他们在生产中会综合考虑生产利润最大化、风险最小化目标（刘莹和黄季焜，2010；杨俊和杨钢桥，2011）。为减少生产风险、保障未来收益稳定，农户不会优先采用有风险的农业生产技术（毛慧等，2018）。因此，越厌恶风险的农户采用气候适应性技术的可能性越小。另一方面，风险厌恶会通过信贷影响农户气候适应性技术采用行为。多数气候适应性技术（如节水灌溉技术）属于资金密集型技术（贾蕊和陆迁，2017；谭永风和陆迁，2021）。充足的信贷资金有利于农户增加投资（Mukherjee, 2020），但由于金融市场具有信息不对称性，信贷机构会要求农户提供贷款抵押，进而产生信贷风险配给。在此情形下，农户只能在高抵押风险下贷款，导致其主动退出信贷市场（郭敏和屈艳芳，2002；Giné and Yang, 2009）。因此，风险厌恶程度越高的农户，越不愿承担贷款抵押风险，也越不可能通过信贷采用气候适应性技术。

鉴于此，本文试图回答以下问题：风险厌恶会抑制农户采用气候适应性技术吗？如果会，这种抑制作用会通过农户信贷行为产生吗？受灾程度加重、技术培训参与可以缓解这种抑制作用吗？为了回答这些问题，本文利用2019年新疆维吾尔自治区（下文简称“新疆”）349户植棉农户微观调查数据，在对风险厌恶与农户气候适应性技术采用行为之间关系进行理论分析的基础上，实证检验风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响及作用机制，并进一步考察风险厌恶因农户受灾程度不同和技术培训参与情况不同而对其气候适应性技术采用行为产生的差异化影响。研究和验证这些问题对提高农户气候适应性技术采用率和推动农业可持续发展具有重要意义。

相较于以往研究，本文的边际贡献体现在以下三方面：第一，从农户信贷行为视角分析风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的作用机制，有助于丰富农户气候适应性技术采用行为相关领域研究，为农户气候适应性技术采用行为的决定因素研究提供新方向。第二，探讨受灾程度加重、技术培训参与是否有助于缓解风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的抑制作用，为解决农户风险厌恶导致的气候适应性技术推广难题提供新视角。第三，以新疆植棉农户为调查对象，采用实验经济学方法测量

农户风险厌恶程度，补充了农户风险态度相关研究。

二、文献评述、理论分析与研究假说

（一）文献评述

1.关于农户气候适应性技术采用行为的影响因素研究。学术界针对农户气候适应性技术采用行为影响因素的研究各有侧重，相关文献主要关注以下几个方面：

首先，个人特征影响农户气候适应性技术采用行为。已有研究发现，户主的受教育程度、个人认知等在农户气候适应性技术采用行为中扮演重要角色（许朗和刘金金，2013）。具体而言，李卫等（2017）的研究表明，户主的受教育程度越高，农户采用气候适应性技术的积极性越高。内在逻辑在于，受教育程度越高的户主，对气候适应性技术的接受能力越强，从而促进农户采用气候适应性技术（Christopher et al., 2004）。此外，农户对技术效益的认知能力也影响其技术采用行为，对技术的社会、经济和生态效益认知程度越高的农户采用气候适应性技术的可能性越大（杨彩艳等，2021）。

其次，农户气候适应性技术采用行为受到家庭特征的影响。一方面，从家庭经营规模看，相较于小规模农户，规模较大的农户拥有良好的金融资本禀赋，时间偏好程度较低，更注重长期利益，因而更倾向于采用气候适应性技术（徐志刚等，2018）。另一方面，从家庭社会资本和收入看，由于气候适应性技术（如节水灌溉技术）多为资金密集型技术（徐涛等，2018），较好的家庭社会资本和较高的收入能为农户提供充足的物质基础，使农户更有能力采用气候适应性技术（李俊睿等，2018）。此外，家庭稳定的社会网络能拓宽农户的信息获取渠道，提高农户的信息获取能力，从而对农户气候适应性技术采用行为有正向影响（杨志海，2018）。

最后，政策支持对农户采用气候适应性技术至关重要。已有研究表明，技术培训和示范能提高农户对气候变化和农业技术的认知，增强农户适应气候变化的能力（张淑娴等，2019）。具体而言，技术培训和示范通过为农户提供技术的经济效益信息，降低了信息不对称性，提高了农户对技术的了解程度，从而促进农户采用气候适应性技术（李卫等，2017；佟大建等，2018）。例如，Goyal and Netessine（2007）研究发现，示范户可以向周边农户传播技术信息，有效降低其他农户获取信息的时间成本，对气候适应性技术推广具有示范作用。此外，技术补贴则通过向农户提供资金支持降低农户的技术采用成本，促使农户采用气候适应性技术（薛彩霞等，2018）。

2.关于风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响研究。Kahneman and Tversky（1979）提出的前景理论认为，人们在决策过程中涉及收益确定的选择时倾向于规避风险，涉及损失确定的选择时倾向于追求风险，个体风险决策由其风险厌恶程度决定。农户采用气候适应性技术面临技术经济效益的不确定性，风险厌恶是影响农户气候适应性技术采用行为的关键因素。国内外学者针对风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响已经开展了一些研究（例如 Alpizar et al., 2011），但由于研究视角、研究对象、数据资料等存在差异，尚未得出一致结论。有研究认为，农业生产受自然灾害影响较大，越厌恶风险的农户对自然灾害的感知能力越强，进而越倾向于采用气候适应性技术（仇焕广等，2020）。也有研究认为，较强的风险厌恶程度会限制农户采用气候适应性技术（谭永风和陆迁，2021）。

Brick and Visser (2015) 对南非小规模自给自足农户气候适应性技术（新品种技术）采用行为的研究发现，风险厌恶对农户技术采用行为有抑制作用。

综上所述，现有研究已经从个体特征、家庭特征、政策支持等方面关注了农户气候适应性技术采用行为的影响因素。然而，鲜有研究从农户信贷行为视角探究风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响。此外，受灾程度和技术培训对风险厌恶抑制农户气候适应性技术采用行为的调节作用也有待进一步检验。鉴于此，本文将评估风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响及作用机制，并探究受灾程度和技术培训的调节效应。

（二）理论分析与研究假说

根据行为偏差理论，当一种行为既能带来效益也存在风险时，行为人更倾向于保持现状以规避风险（Ritov and Baron, 1992）。气候适应性技术虽能帮助农户适应气候变化，保障农业生产，但也存在效益不确定性（贺志武等，2018）。此外，额外的投入成本以及技术信息的不对称进一步增加了农户技术运用不当的风险，使得农户在生产过程中将会考虑利润最大化和风险最小化目标（刘莹和黄季焜，2010），降低了农户采用气候适应性技术的可能性。因此，为规避气候适应性技术收益不确定性带来的风险，风险厌恶程度越高的农户采用气候适应性技术的可能性越小（Jin et al., 2015）。

另外，风险厌恶可以通过农户信贷行为影响其采用气候适应性技术。一方面，由于多数气候适应性技术属于资金密集型技术，资金短缺是限制农户采用技术的主要因素（谭永风和陆迁，2021）。通过正规或非正规金融机构获得信贷能缓解农户的资金压力（Imai et al., 2012），促进农户采用气候适应性技术（郭敏和屈艳芳，2002）。因而，信贷成为农户采用气候适应性技术的重要资金来源。然而，由于信贷风险管理机制不完善以及信息不对称，信贷机构要求农户提供抵押物作为担保，导致风险配给（Dercon and Christiaensen, 2011）。风险配给最终使得进入信贷市场的农户因面临丧失抵押物的风险而自愿放弃贷款（任劼等，2015）。此外，信贷虽可以缓解农户的资金约束，但农户遭受生产损失时也必须偿还贷款，否则将赔偿高额的违约成本（Giné and Yang, 2009）。另一方面，农户是否通过信贷采用气候适应性技术，受其风险厌恶程度的影响（Galor and Moav, 2005）。偏好风险的农户更注重市场投资带来的高额回报，参与信贷市场的意愿较高，而厌恶风险的农户通过贷款采用高风险农业技术的可能性较小（Visser et al., 2020）。也就是说，农户的风险厌恶程度会影响其信贷参与行为，进而影响其气候适应性技术采用行为。基于以上分析，本文提出假说 1 和假说 2：

H1：风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为有显著负向影响。

H2：风险厌恶通过信贷影响农户气候适应性技术采用行为，即风险厌恶抑制农户参与信贷，进而阻碍其采用气候适应性技术。

气候变化引起的气温升高、降雨分布不均等问题导致农作物生长需水供应不足，严重威胁农业生产（Yang et al., 2014）。气候变化也增加了自然灾害发生频率，使得农业生产活动更易受到自然灾害影响，农户的生产收益面临更大不确定性（Dougherty et al., 2020）。气候适应性技术能减少气候变化带来的风险，是应对气候变化、减少农业生产不确定性的有效手段（Maia et al., 2018）。农户经历灾害的严重程度会作用于风险厌恶对其气候适应性技术采用行为的影响。一方面，直接受干旱或洪水等

自然灾害影响的农户更有可能感知到气候变化带来的经济损失，也更愿意接受并采用气候适应性技术以减少灾害损失（Pratt, 1964）。另一方面，经历自然灾害程度越严重的农户对减少灾害冲击的技术需求越强烈，且自然灾害发生后，政府通常会提供全面的防灾救灾风险管理措施（陈利和谢家智, 2013），一定程度上能缓解风险厌恶对农户技术采用行为的负向影响。因此，随着农户经历灾害严重程度的增加，风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的负向作用将减弱。基于此，本文提出假说 3：

H3：受灾程度能缓解风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的抑制作用。

技术培训能传播技术知识，提高农户的技术认知水平，改变农户的种植观念，是促进农户采用技术的有效手段（Nakano et al., 2018）。风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响可能因农户技术培训参与情况的不同而产生较大差异。一方面，新技术会让农户面临不同程度的不确定性或风险，从而抑制农户技术采用行为（Barham et al., 2014），而技术培训能帮助农户分析技术实施的可行性及长远经济利益（应瑞瑶和朱勇, 2015），提高农户的风险感知能力，促进厌恶风险的农户采用气候适应性技术（罗明忠等, 2021）。另一方面，技术培训能为农户提供技术信息和技术指导，打破信息传递壁垒，使其了解气候适应性技术在减少极端天气损失、增加农业收益等方面的作用，帮助农户积累技术知识和使用经验（应瑞瑶和朱勇, 2015）。因此，技术培训提供的信息越丰富，越有利于提高农户的信息获取能力，进而降低风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的抑制作用（高杨和牛子恒, 2019）。基于此，本文提出假说 4：

H4：技术培训能缓解风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的抑制作用。

三、计量模型、数据来源与变量选择

（一）计量模型

为考察风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响，参照 Liu（2013）、Jin et al.（2015）的研究，本文选取农户气候适应性技术采用行为作为被解释变量，选取风险厌恶作为核心解释变量，并设定如下的基准回归计量模型：

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 Risk + \beta_2 X + \varepsilon_1 \quad (1)$$

$$Y_2 = \gamma_0 + \gamma_1 Risk + \gamma_2 X + \varepsilon_2 \quad (2)$$

$$Y_3 = \lambda_0 + \lambda_1 Risk + \lambda_2 X + \varepsilon_3 \quad (3)$$

（1）式中的 Y_1 表示农户是否采用气候适应性技术，（2）式中的 Y_2 表示农户气候适应性技术采用程度，（3）式中的 Y_3 表示农户气候适应性技术采用时长。 $Risk$ 表示农户的风险厌恶程度， X 为其他影响农户气候适应性技术采用行为的因素。根据已有研究，控制变量 X 包括农户个体特征、家庭经营特征等变量，具体包括户主年龄、户主性别、户主受教育年限、家庭总人数、是否参与订单农业、经营规模、土壤肥力、政策激励。 ε_1 、 ε_2 、 ε_3 为随机扰动项， β_0 、 γ_0 、 λ_0 为常数项， β_1 、 γ_1 、 λ_1 、 β_2 、 γ_2 、 λ_2 为待估系数。

由于农户是否采用气候适应性技术是二值变量，本文采用线性概率模型估计农户是否采用气候适

应性技术方程；由于气候适应性技术采用程度和气候适应性技术采用时长为连续变量，本文采用 OLS 估计农户技术采用程度和技术采用时长方程^①。

（二）数据来源

本文分析所用数据来自课题组2019年10月对新疆植棉农户开展的问卷调查。本文选择新疆植棉农户作为研究对象的原因是：第一，新疆是一个多民族聚居的地区，受语言、市场等多种因素影响，非农就业机会较少，种植棉花在农业经营中占据重要地位，成为新疆农户最主要的收入来源，也是缓解新疆农户贫困的主要手段。2019年新疆棉花种植面积为254.05万公顷，占全国棉花种植面积的76%^②。第二，新疆是中国优质高产棉区，但由于其典型的大陆气候特征，棉花生产极易遭受气候变化引起的极端天气影响。其中，干旱、风雹等对棉花种植造成严重威胁，使得植棉农户面临产量减少的风险（Yang et al., 2014）。2019年新疆全年平均降雨量仅为145.7毫米，远低于全国平均降雨量（645.45毫米），且有54.92万公顷耕地遭受风雹灾害^③。第三，由于水资源短缺，节水灌溉技术在新疆农业生产中应用普遍。2019年新疆水资源总量为870.1亿立方米，仅占全国水资源总量的3%，截至2020年底，新疆节水灌溉面积高达424.78万公顷，占其实际耕地面积的88.8%^④。因此，将中国新疆植棉农户作为研究对象探究风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响，具有重要研究价值。

课题组于2019年8月在新疆开展预调查，并于同年10月开展正式调查。实地调查中样本选取采用多阶段抽样方法。抽样共分为3个阶段：在第一阶段，课题组在综合考虑棉花种植面积、兵团和地方差异、经济发展水平的基础上，选取新疆地方和新疆生产建设兵团作为样本区域。具体而言，课题组根据棉花种植面积（地方与兵团棉花种植面积之比约为2:1），在新疆地方选取了2个地区（南疆和北疆各选取1个），在新疆生产建设兵团选取了1个师。在第二阶段，课题组将地方2个地区所辖县按照棉花产量由高到低排序，并按照等距抽样原则在每个地区选取2个县，在每个县随机选取2个乡镇，共选取8个乡镇；将兵团1个师的团按照棉花产量由高到低排序，并按照等距抽样原则选取2个团。在第三阶段，课题组在每个乡镇随机选取2个村，共选取16个样本村；在每个团随机选取4个连队，共选取8个样本连队。然后，在每个样本村（连队）随机选取15个农户^⑤，共选取360个样本农户。为了使数据误差最小化，保证调查数据的真实有效，在正式调查开展之前，课题组邀请相关专家培训调查员。此外，为克服语言障碍，在少数民族农户较多的南疆调查中，课题组招募喀什大学的双语学生作为调查员。

问卷内容涵盖农户的个体特征、家庭特征、土地利用情况、化肥施用行为、气候适应性技术采用行为、风险态度等信息，数据年份为2019年。调查采取一对一访谈形式，共完成问卷360份，剔除部分

^①笔者也采用 Probit 模型估计了农户是否采用气候适应性技术方程，采用 Tobit 模型估计了农户技术采用程度和技术采用时长方程，结果是稳健的，限于篇幅没有报告，感兴趣的读者可以向作者索取。

^②参见《国家统计局关于2019年棉花产量的公告》，http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201912/t20191217_1718007.html。

^③数据来源：《新疆统计年鉴2020》、《2019年中国气候公报》、《中国统计年鉴2020》。

^④数据来源：《中国统计年鉴2020》、《中国农村统计年鉴2020》。

^⑤在兵团农户被称为“家庭”，农民被称为“职工”，为了叙述方便，后文统称为“农户”。

变量信息缺失的问卷后, 得到有效问卷349份, 问卷有效率为96.94%。

(三) 变量选择

1.被解释变量。现有研究表明, 气候适应性技术包括适应性新品种技术、保护性耕作技术、改良灌溉系统等 (Abid et al., 2016)。农业部门是受气候变化影响最严重的部门之一, 而节水灌溉技术是减轻气候变化对农业生产负面影响、实现农业可持续发展的重要气候适应性技术。节水灌溉技术主要包括喷灌、微喷灌、渗灌、滴灌等, 本文以节水灌溉技术中滴灌技术为例, 设置农户气候适应性技术采用行为的被解释变量。选择滴灌技术的主要原因有两点: 一是滴灌技术通过直接向作物根系灌溉, 减少了水分蒸发, 提高了农业用水效率, 是一种具有代表性的高效节水灌溉技术; 二是滴灌技术在新疆应用广泛。截至2018年, 新疆滴灌技术使用面积为270.4万公顷, 占总灌溉面积的54.3% (翟超等, 2021)。因此, 本文选取了3个度量农户气候适应性技术采用行为的变量, 即是否采用气候适应性技术、气候适应性技术采用程度、气候适应性技术采用时长。

2.核心解释变量。本文的核心解释变量为风险厌恶, 在期望效用理论和前景理论基础上运用实验经济学方法测算得出。期望效用理论用效用函数的曲率表示农户的风险厌恶程度, 曲率越小, 农户越厌恶风险。前景理论中, 效用函数在农户收益的参考点处变化程度越大, 说明农户的风险厌恶程度越高。本文参考 Tanaka et al. (2010) 测算新疆植棉农户的风险态度, 效用函数具体设定如下:

$$U(x, p; y, q) = \begin{cases} v(y) + \pi(p)(v(x) - v(y)); & \text{如果 } xy > 0 \text{ 且 } |x| > |y| \\ \pi(p)v(x) + \pi(q)v(y); & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

$$v(x) = \begin{cases} x^{1-\sigma}; & \text{如果 } x \geq 0 \\ -\lambda(-x)^{1-\sigma}; & \text{如果 } x < 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$\pi(p) = \frac{1}{\exp(\ln(1/p)^\alpha)} \quad (6)$$

(4) ~ (6) 式中, U 为效用函数; v 为值函数, 表示农户获得某项收入产生的效用大小; x 、 y 分别表示抽奖活动中同一选项下的高奖金金额和低奖金金额; p 、 q 分别表示农户选择 x 、 y 的概率; $\pi(p)$ 、 $\pi(q)$ 分别表示 p 、 q 在效用函数中的权重。 σ 、 λ 、 α 为3种不同的风险态度系数, σ 为农户风险厌恶程度, σ 越大, 表明农户的风险厌恶程度越高; λ 、 α 分别表示农户损失厌恶程度和农户对小概率事件的重视程度。农户风险态度的测算过程如下: 第一, 调查员邀请受访农户参加抽奖活动; 第二, 在抽奖活动中, 农户从不同“风险—收益”组合中做出选择; 第三, 根据设定的效用函数和农户的选择结果, 测算出每个农户的风险态度系数。

课题组在风险态度实验中设计了3个系列的抽奖活动, 通过35道选择题测算农户的风险态度系数 (见表1)。风险态度实验具体规则如下: 第一, 针对每1道选择题, 农户在选项A和选项B之间进行选择, 选项A和选项B之间的预期收益差异见表1^①。第二, 实验主要关注农户在每个系列中的转换点, 当农户的选择从选项A转向选项B时, 该系列的抽奖活动结束。具体以系列1为例, 系列1

^①例如, 系列1第1道选择题的选项A和B的预期收益差异计算方法为: $3.85 = (20 \times 0.3 + 5 \times 0.7) - (34 \times 0.1 + 2.5 \times 0.9)$ 。

共包含 14 道选择题，选项 A 的风险较低，奖金金额不变；选项 B 的风险较高，奖金不断增加。以第 1 题为例，调查员向农户展示 10 张编号 1~10 的卡片，并告诉农户选项 A 是如果抽到 1~3 号卡片可以获得 20 元奖励，抽到 4~10 号卡片可以获得 5 元奖励；而选项 B 是如果抽到 1 号卡片可以获得 34 元奖励，抽到 2~10 号卡片可以获得 2.5 元奖励。由于选择选项 B 将使农户面临更大的风险，农户在抽奖活动前面几道选择题中可能更愿意选择选项 A。而随着选项 B 的奖励金额不断增加（从 34 元增加到 850 元^①），越偏好风险的农户越早由选项 A 转为选项 B。根据实验需要，课题组同时设置了系列 2^②和系列 3^③，系列 2 和系列 3 的操作步骤与系列 1 完全一致，也是由农户在选项 A 和选项 B 之间进行选择。第三，为尽可能保证农户在实验过程中做出真实回答，当 3 个系列的抽奖活动结束后，课题组让农户从 35 张卡片（编号为 1~35）中抽取 1 张，确定抽中的选择题题号。然后，根据农户在实验中的选择，让农户从 10 张卡片（编号 1~10）中随机抽取 1 张，以此确定其获得的实际金钱奖励^④。

表 1 风险态度实验中不同选择的风险和收益 单位：元

| 系列1题号 | 不同系列抽奖活动中农户面临的选择 | | | | 预期收益差异 (A-B) |
|-------|------------------|--------|------|--------|--------------|
| | 选项A | | 选项B | | |
| | 卡片1~3 | 卡片4~10 | 卡片1 | 卡片2~10 | |
| 1 | 20 | 5 | 34 | 2.5 | 3.85 |
| 2 | 20 | 5 | 37.5 | 2.5 | 3.50 |
| 3 | 20 | 5 | 41.5 | 2.5 | 3.10 |
| 4 | 20 | 5 | 46.5 | 2.5 | 2.60 |
| 5 | 20 | 5 | 53 | 2.5 | 1.95 |
| 6 | 20 | 5 | 62.5 | 2.5 | 1.00 |
| 7 | 20 | 5 | 75 | 2.5 | -0.25 |
| 8 | 20 | 5 | 92.5 | 2.5 | -2.00 |
| 9 | 20 | 5 | 110 | 2.5 | -3.75 |
| 10 | 20 | 5 | 150 | 2.5 | -7.75 |
| 11 | 20 | 5 | 200 | 2.5 | -12.75 |
| 12 | 20 | 5 | 300 | 2.5 | -22.75 |

^①Holt and Laury (2002) 研究发现，风险实验中的大多数受访者为风险厌恶型。为将实验结果与农户技术采用行为决策联系起来，本文在抽奖活动中设置了相对较高的货币回报，以更接近于农户在实际采用农业技术时所需支付的平均成本。使用实际货币激励度量风险态度更具客观性，因为让农户感知到实际收益比让其假设能获取多少收益测算风险态度的误差更小 (Camerer and Hogarth, 1999)。

^②系列 2 包含 14 道选择题，相较于系列 1，金额和概率均发生了改变。

^③系列 3 包含 7 道选择题，用于测算价值函数零以下部分的曲率与零以上部分的曲率之比，相较于系列 1，金额和概率均发生了改变，且会出现让农户有损失的可能。

^④假如农户从编号为 1~35 的卡片中随机抽取到的题号是第 9 题，而在实验中农户对该题选择的是选项 A，且从 10 张卡片中抽到了 1 号卡片，那么该农户实际可以得到 20 元。

风险厌恶与农户气候适应性技术采用行为

| | | | | | |
|-------|-------|--------|-------|--------|--------------|
| 13 | 20 | 5 | 500 | 2.5 | -42.75 |
| 14 | 20 | 5 | 850 | 2.5 | -77.75 |
| 系列2题号 | 卡片1~9 | 卡片10 | 卡片1~7 | 卡片8~10 | 预期收益差异 (A-B) |
| 15 | 20 | 15 | 27 | 2.5 | -0.15 |
| 16 | 20 | 15 | 28 | 2.5 | -0.85 |
| 17 | 20 | 15 | 29 | 2.5 | -1.55 |
| 18 | 20 | 15 | 30 | 2.5 | -2.25 |
| 19 | 20 | 15 | 31 | 2.5 | -2.95 |
| 20 | 20 | 15 | 32.5 | 2.5 | -4.00 |
| 21 | 20 | 15 | 34 | 2.5 | -5.05 |
| 22 | 20 | 15 | 36 | 2.5 | -6.45 |
| 23 | 20 | 15 | 38.5 | 2.5 | -8.20 |
| 24 | 20 | 15 | 41.5 | 2.5 | -10.30 |
| 25 | 20 | 15 | 45 | 2.5 | -12.75 |
| 26 | 20 | 15 | 50 | 2.5 | -16.25 |
| 27 | 20 | 15 | 55 | 2.5 | -19.75 |
| 28 | 20 | 15 | 65 | 2.5 | -26.75 |
| 系列3题号 | 卡片1~5 | 卡片6~10 | 卡片1~5 | 卡片6~10 | 预期收益差异 (A-B) |
| 29 | 12.5 | -2 | 15 | -10.5 | 3.00 |
| 30 | 2 | -2 | 15 | -10.5 | -2.25 |
| 31 | 0.5 | -2 | 15 | -10.5 | -3.00 |
| 32 | 0.5 | -2 | 15 | -8 | -4.25 |
| 33 | 0.5 | -4 | 15 | -8 | -5.25 |
| 34 | 0.5 | -4 | 15 | -7 | -5.75 |
| 35 | 0.5 | -4 | 15 | -5.5 | -6.50 |

根据农户在系列 1 和系列 2 抽奖活动中的转换点结果，可以计算出农户的风险态度系数 σ 和 α 。举例来说，假设农户在系列 1 和系列 2 的抽奖活动中均在第 5 题从选项 A 转为选项 B（见表 1），表明在系列 1 中，农户在选项 A 中抽到 1~3 号卡片获得 20 元、抽到 4~10 号卡片获得 5 元的效用大于选项 B 中抽到 1 号卡片获得 46.5 元、抽到 2~10 号卡片获得 2.5 元的效用。相应地，农户在选项 A 中抽到 1~3 号卡片获得 20 元、抽到 4~10 号卡片获得 5 元的效用小于选项 B 中抽到 1 号卡片获得 53 元、抽到 2~10 号卡片获得 2.5 元的效用。在系列 2 中，农户在选项 A 中抽到 1~9 号卡片获得 20 元、抽到 10 号卡片获得 15 元的效用大于选项 B 中抽到 1~7 号卡片获得 30 元、抽到 8~10 号卡片获得 2.5 元的效用。相应地，农户在选项 A 中抽到 1~9 号卡片获得 20 元、抽到 10 号卡片获得 15 元的效用小于选项 B 中抽到 1~7 号卡片获得 31 元、抽到 8~10 号卡片获得 2.5 元的效用。代入上文效用函数(4)~(6)，得到不等式如下：

$$5^{1-\sigma} + \exp[-(-\ln 0.3)^\alpha](20^{1-\sigma} - 5^{1-\sigma}) > 2.5^{1-\sigma} + \exp[-(-\ln 0.1)^\alpha](46.5^{1-\sigma} - 2.5^{1-\sigma}) \quad (7)$$

$$5^{1-\sigma} + \exp[-(-\ln 0.3)^\alpha](20^{1-\sigma} - 5^{1-\sigma}) < 2.5^{1-\sigma} + \exp[-(-\ln 0.1)^\alpha](53^{1-\sigma} - 2.5^{1-\sigma}) \quad (8)$$

$$15^{1-\sigma} + \exp[-(-\ln 0.9)^\alpha](20^{1-\sigma} - 15^{1-\sigma}) > 2.5^{1-\sigma} + \exp[-(-\ln 0.7)^\alpha](30^{1-\sigma} - 2.5^{1-\sigma}) \quad (9)$$

$$15^{1-\sigma} + \exp[-(-\ln 0.9)^\alpha](20^{1-\sigma} - 15^{1-\sigma}) < 2.5^{1-\sigma} + \exp[-(-\ln 0.7)^\alpha](31^{1-\sigma} - 2.5^{1-\sigma}) \quad (10)$$

σ 、 α 的取值范围通过对(7)~(10)式求解得出。为了得到损失厌恶参数 λ ，将系列3的奖励设定为正或负。在系列3中也是关注农户在第几题从选项A转向选项B，越厌恶损失的农户会在越靠后的题号中由选项A转向选项B，或者总是选择选项A。 λ 的取值根据系列3中农户的选择确定，本文参考Tanaka et al. (2010)估算损失厌恶系数的方法，计算出 λ 的取值。

3.控制变量。基于先前研究(例如吕亚荣和陈淑芬, 2010; Alpizar et al., 2011)，本文在回归分析中控制了其他影响农户气候适应性技术采用行为的因素，包括户主年龄、户主性别、户主受教育年限、家庭总人数、是否参与订单农业、经营规模、土壤肥力、政策激励。变量含义及其描述性统计见表2。

表2 变量的含义及其描述性统计

| 变量名称 | 变量含义和赋值 | 均值 | 标准差 |
|-------------|---|--------|--------|
| 被解释变量 | | | |
| 是否采用气候适应性技术 | 农户是否采用节水灌溉技术(滴灌): 是=1, 否=0 | 0.490 | 0.501 |
| 气候适应性技术采用程度 | 农户节水灌溉技术采用面积占其全部土地面积的比例(%) | 44.42 | 48.80 |
| 气候适应性技术采用时长 | 截至2019年农户累计采用节水灌溉技术的年限(年) | 4.468 | 6.756 |
| 核心解释变量 | | | |
| 风险厌恶 | 户主风险厌恶程度, 用值函数曲率表示 | 0.226 | 0.409 |
| 中介变量 | | | |
| 信贷 | 农户是否有生产性信贷: 是=1, 否=0 | 0.172 | 0.378 |
| 调节变量 | | | |
| 受灾程度 | 农户的棉田在2015—2019年的平均受灾程度: 无=0, 轻=1, 中=2, 重=3 | 1.158 | 0.980 |
| 技术培训 | 农户是否参与节水灌溉技术培训: 是=1, 否=0 | 0.266 | 0.442 |
| 控制变量 | | | |
| 户主年龄 | 户主年龄(岁) | 50.040 | 9.631 |
| 户主性别 | 户主性别: 男=1, 女=0 | 0.894 | 0.308 |
| 户主受教育年限 | 户主受教育年限(年) | 7.977 | 2.794 |
| 家庭总人数 | 农户家庭总人数(人) | 4.527 | 1.629 |
| 是否参与订单农业 | 农户是否参与订单农业: 是=1, 否=0 | 0.209 | 0.407 |
| 经营规模 | 农户棉花种植面积(百亩) | 4.477 | 14.480 |
| 土壤肥力 | 农户的棉田土壤肥力: 差=1, 中=2, 良=3, 优=4 | 2.309 | 0.759 |
| 政策激励 | 当地是否有节水灌溉技术补贴: 是=1, 否=0 | 0.109 | 0.312 |

四、模型估计结果与分析

(一) 风险厌恶影响农户气候适应性技术采用行为的基准回归结果

表3 报告了风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为影响的基准模型估计结果。其中，(1)、(3)、(5) 列仅考虑风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响。为了降低遗漏变量带来的估计偏误，(2)、(4)、(6) 列加入了控制变量。估计结果显示，风险厌恶的显著性水平和系数符号均未发生较大变化，表明在控制了其他因素后，风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为有显著的抑制作用。具体来看，(1) 列和(2) 列是风险厌恶对农户是否采用气候适应性技术影响的估计结果。结果显示，在控制了其他影响因素之后，风险厌恶在 1% 的统计水平上显著，且系数符号为负，表明风险厌恶程度越高的农户采用气候适应性技术的可能性越小，这一结果初步支持了假说 H1。(3)~(6) 列报告了风险厌恶对农户气候适应性技术采用程度和采用时长影响的估计结果。从估计结果中可以看出，风险厌恶在 10% 或 1% 的统计水平上显著，且系数为负，说明风险厌恶显著抑制农户气候适应性技术的采用程度和采用时长，进一步验证了假说 H1。对此可能的解释是，农户在生产决策过程中通常会同时考虑利润最大化和风险最小化 (Liu, 2013)，农业生产风险具有不可控性，而农户承受自然灾害引发的意外损失的能力十分有限，他们更倾向于采取保守性生产行为以规避风险。因此，为避免损失，越厌恶风险的农户采用气候适应性技术的可能性越小，采用程度越低，采用时长越短。

表3 风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为影响的估计结果

| | 是否采用气候适应性技术 | | 气候适应性技术采用程度 | | 气候适应性技术采用时长 | |
|----------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 风险厌恶 | -0.257*** (0.065) | -0.198*** (0.059) | -17.896*** (6.489) | -11.061* (5.763) | -2.961*** (0.890) | -2.627*** (0.889) |
| 户主年龄 | | 0.002 (0.003) | | 0.068 (0.240) | | 0.070* (0.036) |
| 户主性别 | | 0.001 (0.078) | | 0.789 (7.440) | | 0.239 (1.007) |
| 户主受教育年限 | | 0.018* (0.009) | | 1.524* (0.849) | | 0.055 (0.151) |
| 家庭总人数 | | -0.022 (0.016) | | -3.026** (1.232) | | -0.201 (0.251) |
| 是否参与订单农业 | | 0.051 (0.062) | | -0.079 (6.300) | | -0.580 (0.851) |
| 经营规模 | | 0.260*** (0.052) | | 31.644*** (5.109) | | 1.993*** (0.756) |
| 土壤肥力 | | 0.130*** (0.031) | | 12.229*** (2.932) | | 1.232*** (0.419) |
| 政策激励 | | 0.437*** (0.046) | | 44.848*** (5.110) | | 3.940*** (0.964) |
| 常数项 | 0.548*** (0.030) | -0.059 (0.225) | 48.550*** (2.986) | -2.919 (19.804) | 5.152*** (0.460) | -2.227 (3.466) |

风险厌恶与农户气候适应性技术采用行为

| | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 观测值 | 349 | 349 | 341 | 341 | 340 | 340 |
| R ² | 0.044 | 0.298 | 0.023 | 0.334 | 0.033 | 0.131 |

注：①括号中的数值为稳健标准误。②***、**、*分别代表在 1%、5%、10%的统计水平上显著。

(二) 作用机制分析

相较于其他气候适应性技术，节水灌溉技术属于投资成本高、回收周期长的资金密集型技术（贾蕊和陆迁，2017）。生产性信贷能够缓解农户面临的融资限制，增加农户生产经营资本，是提高农业技术采用率的有效手段（Adjognon et al., 2017）。农户的信贷行为取决于其对风险的厌恶程度，越厌恶风险的农户通过信贷采用气候适应性技术的可能性越小（Visser et al., 2020）。为了检验风险厌恶是否会抑制农户的信贷行为，进而影响其气候适应性技术采用行为，本文构建以下计量模型：

$$Y_i = \alpha_1 + \alpha_2 Risk + \alpha_3 X + \varepsilon_4 \quad (11)$$

$$Credit = \alpha_1 + \alpha_2 Risk + \alpha_3 X + \varepsilon_5 \quad (12)$$

$$Y_i = \alpha_1 + \alpha_2 Risk + \alpha_3 Credit + \alpha_4 X + \varepsilon_6 \quad (13)$$

(11) ~ (13) 式中， Y_i 表示农户气候适应性技术采用行为， $Credit$ 为农户信贷行为，用农户是否有生产性信贷来表示。其他变量含义同 (1) 式。

风险厌恶通过信贷影响农户是否采用气候适应性技术的回归结果见表 4。为便于对比，本文将表 3 中 (2) 列的回归结果添加到表 4 的 (1) 列。表 4 的 (2) 列是信贷对农户是否采用气候适应性技术影响的回归结果，结果表明，农户参与信贷对其是否采用气候适应性技术有显著促进作用。(3) 列是风险厌恶对农户信贷行为影响的回归结果，从结果可以看出，风险厌恶显著抑制农户的信贷行为。(4) 列的回归中同时纳入了农户的风险厌恶和信贷行为，从结果可以看出，信贷在 1% 的统计水平上显著，且系数为正，而风险厌恶在统计上并不显著，表明信贷在风险厌恶对农户是否采用气候适应性技术的影响中起到了完全中介作用。按照该逻辑，本文也检验了信贷在风险厌恶对农户气候适应性技术采用程度和采用时长影响中的中介效应，回归结果分别见表 5 和表 6。同样，从表 5 和表 6 的 (2) 列和 (3) 列可以看出，风险厌恶显著抑制农户信贷行为，而信贷能促进农户气候适应性技术采用程度和采用时长。从表 5 和表 6 的 (4) 列则可以看出，信贷分别在 1% 和 5% 的统计水平上显著，且系数为正，而风险厌恶均不显著，表明信贷在风险厌恶影响农户气候适应性技术采用程度和采用时长中也起到了完全中介作用。由此可见，信贷是风险厌恶影响农户气候适应性技术采用行为的完全中介变量，即风险厌恶会阻碍农户参与信贷，进而抑制其采用气候适应性技术，这一结果验证了假说 H2。此外，风险厌恶通过信贷影响农户气候适应性技术采用行为的中介效应 Sobel 检验结果也表明，中介效应成立。

上述结果的原因在于，本文使用节水灌溉技术衡量气候适应性技术，而节水灌溉技术是一种高投资、高收益的气候适应性技术，在采用过程中存在技术成本难以收回的风险，增加了信贷成本，使得风险厌恶型农户因担心产生违约成本而不愿意通过信贷实现技术的采用。此外，信贷虽能为农户提供资金支持，但由于信贷风险管理机制不完善，贷款抵押等合约条款会产生风险配给，使得农户因面临丧失抵押物等技术投资风险而自愿退出信贷市场。厌恶风险的农户更愿意选择低风险、低回报的传统技术，而较小可能通过信贷方式采用节水灌溉技术。

风险厌恶与农户气候适应性技术采用行为

表 4 风险厌恶影响农户是否采用气候适应性技术的机制检验

| 变量名称 | 是否采用气候适应性技术 | 是否采用气候适应性技术 | 是否有生产性信贷 | 是否采用气候适应性技术 |
|----------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) |
| 风险厌恶 | -0.198*** (0.059) | | -0.374*** (0.046) | -0.093 (0.065) |
| 信贷 | | 0.324*** (0.054) | | 0.281*** (0.062) |
| 控制变量 | 已控制 | 已控制 | 已控制 | 已控制 |
| 常数项 | -0.059 (0.225) | -0.130 (0.222) | 0.137 (0.154) | -0.097 (0.221) |
| 观测值 | 349 | 349 | 349 | 349 |
| R ² | 0.298 | 0.328 | 0.222 | 0.333 |

注：①括号中的数值为稳健标准误。②***代表在 1% 的统计水平上显著。

表 5 风险厌恶影响农户气候适应性技术采用程度的机制检验

| 变量名称 | 气候适应性技术采用程度 | 气候适应性技术采用程度 | 是否有生产性信贷 | 气候适应性技术采用程度 |
|----------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) |
| 风险厌恶 | -11.061* (5.763) | | -0.374*** (0.046) | 0.056 (6.195) |
| 信贷 | | 29.067*** (5.605) | | 29.093*** (6.237) |
| 控制变量 | 已控制 | 已控制 | 已控制 | 已控制 |
| 常数项 | -2.919 (19.804) | -6.552 (18.922) | 0.137 (0.154) | -6.571 (19.190) |
| 观测值 | 341 | 341 | 349 | 341 |
| R ² | 0.334 | 0.374 | 0.222 | 0.374 |

注：①括号中的数值为稳健标准误。②***、*分别代表在 1%、10% 的统计水平上显著。

表 6 风险厌恶影响农户气候适应性技术采用时长的机制检验

| 变量名称 | 气候适应性技术采用时长 | 气候适应性技术采用时长 | 是否有生产性信贷 | 气候适应性技术采用时长 |
|------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) |
| 风险厌恶 | -2.627*** (0.889) | | -0.374*** (0.046) | -1.371 (0.986) |
| 信贷 | | 3.913*** (1.149) | | 3.281** (1.286) |
| 控制变量 | 已控制 | 已控制 | 已控制 | 已控制 |
| 常数项 | -2.227 | -3.100 | 0.137 | -2.646 |

| | | | | |
|----------------|---------|---------|---------|---------|
| | (3.466) | (3.389) | (0.154) | (3.377) |
| 观测值 | 340 | 340 | 349 | 340 |
| R ² | 0.131 | 0.152 | 0.222 | 0.158 |

注：①括号中的数值为稳健标准误。②***、**分别代表在 1%、5%的统计水平上显著。

（三）受灾程度的调节效应

上文的研究结果表明，风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为有显著影响，接下来笔者进一步分析受灾程度^①在风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为影响中的调节效应。在基准回归的基础上加入风险厌恶与受灾程度的交互项后，模型的形式如下：

$$Y_i = \delta_1 + \delta_2 Risk + \delta_3 Disaster + \delta_4 Risk \times Disaster + \delta_5 X + \varepsilon_i \quad (14)$$

Risk × Disaster 为农户风险厌恶程度与受灾程度的交互项，用来衡量风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响因受灾程度不同而产生的差异。（14）式的回归结果见表 7。表 7 中（1）、（3）、（5）列为风险厌恶、受灾程度对农户气候适应性技术采用行为影响的估计结果，（2）、（4）、（6）列为加入风险厌恶与受灾程度交互项后的估计结果。表 7 的估计结果表明，随着受灾程度的加重，风险厌恶对农户是否采用气候适应性技术、技术采用程度和技术采用时长的抑制作用减弱。对此可能的解释是，气候变化使得洪水、风暴、干旱等极端天气频发，导致农业经济增长率下降，对农户收入和农业可持续发展造成严重负面影响，同时也增强了农户的风险感知水平，促使农户采取适应性措施以减少灾害损失。而气候适应性技术有利于帮助农户应对气候变化，提高农作物生产能力。因此，厌恶风险的农户经历的受灾程度越严重，越有可能采用气候适应性技术，这一结论验证了假说 H3^②。

表 7 风险厌恶、受灾程度对农户气候适应性技术采用行为影响的估计结果

| | 是否采用气候适应性技术 | | 气候适应性技术采用程度 | | 气候适应性技术采用时长 | |
|--------------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 风险厌恶 | -0.193*** (0.058) | -0.376*** (0.088) | -10.081* (5.593) | -21.512*** (8.244) | -2.533*** (0.891) | -4.943*** (1.395) |
| 受灾程度 | 0.054** (0.026) | 0.021 (0.028) | 8.342*** (2.435) | 6.249** (2.669) | 0.813* (0.442) | 0.371 (0.483) |
| 风险厌恶与受灾程度交互项 | | 0.155*** (0.051) | | 9.609** (4.820) | | 2.026** (0.918) |
| 控制变量 | 已控制 | 已控制 | 已控制 | 已控制 | 已控制 | 已控制 |
| 常数项 | -0.098 (0.225) | -0.080 (0.225) | -9.030 (19.749) | -7.915 (19.806) | -2.819 (3.421) | -2.585 (3.383) |
| 观测值 | 349 | 349 | 341 | 341 | 340 | 340 |

^①由于农户的风险感知与其经历的受灾程度有关（Pratt, 1964），而风险感知能提高农户的气候适应性能力（仇焕广等，2020），本文侧重于从风险感知视角分析受灾程度在风险厌恶影响农户气候适应性技术采用行为中的调节效应。

^②为了进行稳健性检验，本文替换受灾程度变量重新回归，替换后的变量为农户所在村其他农户的平均受灾程度，回归结果是稳健的，限于篇幅没有报告，感兴趣的读者可向作者索取。

| | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| R ² | 0.307 | 0.322 | 0.358 | 0.364 | 0.143 | 0.157 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

注：①括号中的数值为稳健标准误。②***、**、*分别代表在 1%、5%、10%的统计水平上显著。

(四) 技术培训的调节效应

为进一步探讨技术培训在风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为影响中的调节效应，本文在基准回归的基础上加入风险厌恶与技术培训的交互项，计量模型的表达式如下：

$$Y_i = \eta_1 + \eta_2 Risk + \eta_3 Training + \eta_4 Risk \times Training + \eta_5 X + \varepsilon_8 \quad (15)$$

Risk × *Training* 为风险厌恶与技术培训的交互项，用来衡量农户风险厌恶程度对其气候适应性技术采用行为的影响因技术培训参与情况不同而产生的差异。(15)式的回归结果见表 8。表 8 中(1)、(3)、(5)列为风险厌恶、技术培训对农户气候适应性技术采用行为影响的估计结果，(2)、(4)、(6)列为加入风险厌恶与技术培训交互项后的估计结果。在控制其他因素后，风险厌恶与技术培训交互项在 5%或 10%的统计水平上显著，且系数为正。这表明，技术培训能缓解风险厌恶对农户是否采用气候适应性技术、技术采用程度和采用时长的抑制作用。农业技术是提高农业生产力、增加农户收入的主要手段，但由于农业生产存在高风险的特点，农户承受市场风险、自然灾害风险的经验和能力有限，风险厌恶型农户倾向于选择低投资、低回报、低风险的种植决策，采用新技术的意愿较低 (Brick and Visser, 2015)。技术培训能缓解风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的抑制作用。一方面，技术培训有利于农户了解并认识新技术，缓解因信息传递效率低而造成的农户获取技术知识难等问题，提高农户的信息获取能力，从而促进农户采用技术。另一方面，技术培训能提高农户的决策能力、领导能力、沟通能力和管理能力，帮助农户做出合理决策以获得长期利益。因此，技术培训参与能缓解风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的抑制作用，这一结论验证了假说 H4。

表 8 风险厌恶、技术培训对农户气候适应性技术采用行为影响的估计结果

| | 是否采用气候适应性技术 | | 气候适应性技术采用程度 | | 气候适应性技术采用时长 | |
|----------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| 风险厌恶 | -0.121** (0.059) | -0.188** (0.074) | -4.864 (5.732) | -10.322 (6.982) | -2.132** (0.912) | -3.104*** (1.020) |
| 技术培训 | 0.349*** (0.054) | 0.315*** (0.057) | 36.970*** (5.287) | 34.172*** (5.575) | 3.232*** (1.162) | 2.734** (1.247) |
| 风险厌恶与技术培训交互项 | | 0.250** (0.109) | | 20.207* (11.214) | | 3.597* (2.133) |
| 控制变量 | 已控制 | 已控制 | 已控制 | 已控制 | 已控制 | 已控制 |
| 常数项 | -0.037 (0.221) | -0.017 (0.222) | 2.767 (19.240) | 4.370 (19.411) | -2.141 (3.570) | -1.856 (3.590) |
| 观测值 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 |
| R ² | 0.388 | 0.396 | 0.415 | 0.420 | 0.163 | 0.172 |

注：①括号中的数值为稳健标准误。②***、**、*分别代表在 1%、5%、10%的统计水平上显著。

五、结论与政策启示

气候变化是农户在农业生产中面临的主要自然风险，也是困扰农业发展的难题之一。尽管有研究已经关注气候变化对农业生产造成的负面影响，但鲜有研究基于信贷视角考察风险厌恶如何影响农户的气候适应性行为。本文基于2019年新疆植棉农户的微观调查数据，以节水灌溉技术为例，探究风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响。具体而言，本文采用实验经济学方法测度农户的风险厌恶程度，并分析风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响及作用机制，在此基础上，进一步探讨受灾程度、技术培训发挥的调节作用。

本文的主要研究结论如下：第一，风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为有显著抑制作用，即越厌恶风险的农户，采用气候适应性技术的可能性越小、采用程度越低、采用时长越短。第二，风险厌恶可以通过农户信贷行为影响其气候适应性技术采用行为，越厌恶风险的农户通过信贷获取资金采用气候适应性技术的可能性越小、采用程度越低、采用时长越短。第三，农户经历自然灾害的严重程度能够缓解风险厌恶对其气候适应性技术采用行为的抑制作用。第四，技术培训能缓解风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的抑制作用。

本文的研究结果不仅解释了风险厌恶影响农户气候适应性技术采用行为的作用机制，还验证了受灾程度、技术培训对风险厌恶抑制农户气候适应性技术采用行为的缓解作用，具有一定的政策意义。首先，政府应充分认识到风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的影响，完善风险分散机制，以规避技术采用引起的生产风险，缓解风险厌恶对农户技术采用行为的抑制作用。其次，政府应拓宽农户信贷信息获取渠道，放松对农户贷款金额、利率以及期限的约束，推进农业保险与贷款联动机制，提高农户的风险应对能力，增加风险厌恶型农户通过信贷采用气候适应性技术的可能性。再次，由于农户气候适应性技术采用行为因其对自然灾害感知程度的不同而产生差异，政府应加强宣传气候变化对农业生产带来的风险，提高农户对气候变化的感知能力，从而增加农户的气候适应性技术采用需求。最后，由于技术培训能缓解风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的抑制作用，政府应为农户提供更多的气候适应性技术培训机会，提高农户的技术认知水平，并通过技术培训为农户提供持续性的技术指导，促进气候适应性技术的推广。

本文研究也存在局限性。首先，本文采用截面数据无法分析风险厌恶对农户气候适应性技术采用行为的动态影响。其次，本文仅考虑了气候适应性技术中的节水灌溉技术，有待开展进一步研究评估风险厌恶对农户不同类型气候适应性技术采用行为的影响差异。最后，实地调查中课题组没有测度农户对气候变化风险的感知，有待进一步验证受灾程度通过影响农户风险感知而对农户气候适应性技术采用行为产生的作用。

参考文献

1.陈利、谢家智，2013：《农户对农业灾害赔偿满意度的测量与减灾行为研究——基于15个省524户农户的入户调查》，《农业经济问题》第3期，第56-63页。

- 2.陈帅、徐晋涛、张海鹏, 2016: 《气候变化对中国粮食生产的影响——基于县级面板数据的实证分析》, 《中国农村经济》第5期, 第2-15页。
- 3.冯晓龙、刘明月、霍学喜、陈宗兴, 2017: 《农户气候变化适应性决策对农业产出的影响效应——以陕西苹果种植户为例》, 《中国农村经济》第3期, 第31-45页。
- 4.冯晓龙、刘明月、仇焕广、霍学喜, 2018: 《资产专用性与专业农户气候变化适应性生产行为——基于苹果种植户的微观证据》, 《中国农村观察》第4期, 第74-85页。
- 5.高杨、牛子恒, 2019: 《风险厌恶、信息获取能力与农户绿色防控技术采纳行为分析》, 《中国农村经济》第8期, 第109-127页。
- 6.郭敏、屈艳芳, 2002: 《农户投资行为实证研究》, 《经济研究》第6期, 第86-92页。
- 7.贺志武、雷云、陆迁, 2018: 《技术不确定性、社会网络对农户节水灌溉技术采用的影响——以甘肃省张掖市为例》, 《干旱区资源与环境》第5期, 第59-63页。
- 8.黄季焜、齐亮、陈瑞剑, 2008: 《技术信息知识、风险偏好与农民施用农药》, 《管理世界》第5期, 第71-76页。
- 9.贾蕊、陆迁, 2017: 《信贷约束、社会资本与节水灌溉技术采用——以甘肃张掖为例》, 《中国人口·资源与环境》第5期, 第54-62页。
- 10.李俊睿、王西琴、王雨濛, 2018: 《农户参与灌溉的行为研究——以河北省石津灌区为例》, 《农业技术经济》第5期, 第66-76页。
- 11.李卫、薛彩霞、姚顺波、朱瑞祥, 2017: 《农户保护性耕作技术采用行为及其影响因素: 基于黄土高原476户农户的分析》, 《中国农村经济》第1期, 第44-57页。
- 12.刘莹、黄季焜, 2010: 《农户多目标种植决策模型与目标权重的估计》, 《经济研究》第1期, 第148-157页。
- 13.罗明忠、林玉婵、邱海兰, 2021: 《风险偏好、培训参与和农户新技术采纳——基于河南省1817份农户问卷调查数据的实证检验》, 《干旱区资源与环境》第1期, 第43-48页。
- 14.吕亚荣、陈淑芬, 2010: 《农民对气候变化的认知及适应性行为分析》, 《中国农村经济》第7期, 第75-86页。
- 15.毛慧、周力、应瑞瑶, 2018: 《风险偏好与农户技术采纳行为分析——基于契约农业视角再考察》, 《中国农村经济》第4期, 第74-89页。
- 16.仇焕广、苏柳方、张祎彤、唐建军, 2020: 《风险偏好、风险感知与农户保护性耕作技术采纳》, 《中国农村经济》第7期, 第59-79页。
- 17.任劼、孔荣、Calum Turvey, 2015: 《农户信贷风险配给识别及其影响因素——来自陕西730户农户调查数据分析》, 《中国农村经济》第3期, 第56-67页。
- 18.谭永凤、陆迁, 2021: 《风险规避、社会学习对农户现代灌溉技术采纳行为的影响——基于 Heckman 样本选择模型的实证分析》, 《长江流域资源与环境》第1期, 第234-245页。
- 19.佟大建、黄武、应瑞瑶, 2018: 《基层公共农技推广对农户技术采纳的影响——以水稻科技示范为例》, 《中国农村观察》第4期, 第59-73页。
- 20.徐涛、赵敏娟、乔丹、史恒通, 2018: 《外部性视角下的节水灌溉技术补偿标准核算——基于选择实验法》, 《自然资源学报》第7期, 第1116-1128页。

- 21.徐志刚、张骏逸、吕开宇, 2018: 《经营规模、地权期限与跨期农业技术采用——以秸秆直接还田为例》, 《中国农村经济》第3期, 第61-74页。
- 22.许朗、刘金金, 2013: 《农户节水灌溉技术选择行为的影响因素分析——基于山东省蒙阴县的调查数据》, 《中国农村观察》第6期, 第45-51页。
- 23.薛彩霞、黄玉祥、韩文霆, 2018: 《政府补贴、采用效果对农户节水灌溉技术持续采用行为的影响研究》, 《资源科学》第7期, 第1418-1428页。
- 24.杨彩艳、齐振宏、黄炜虹、陈雪婷, 2021: 《效益认知对农户绿色生产技术采纳行为的影响——基于不同生产环节的异质性分析》, 《长江流域资源与环境》第2期, 第448-458页。
- 25.杨俊、杨钢桥, 2011: 《风险状态下不同类型农户农业生产组合优化——基于 target-MOTAD 模型的分析》, 《中国农村观察》第1期, 第49-59页。
- 26.杨志海, 2018: 《老龄化、社会网络与农户绿色生产技术采纳行为——来自长江流域六省农户数据的验证》, 《中国农村观察》第4期, 第44-58页。
- 27.应瑞瑶、朱勇, 2015: 《农业技术培训方式对农户农业化学投入品使用行为的影响——源自实验经济学的证据》, 《中国农村观察》第1期, 第50-58页。
- 28.翟超、张娜、肖杨、周和平、肖重华、孟雨尘, 2021: 《新疆主要粮食作物滴灌条件下作物系数及水分生产率试验研究》, 《干旱区资源与环境》第3期, 第162-167页。
- 29.张淑娟、陈美球、谢贤鑫、邝佛缘、刘艳婷、周丹, 2019: 《生态认知、信息传递与农户生态耕种采纳行为》, 《中国土地科学》第8期, 第89-96页。
- 30.Abid, M., U. A. Schneider, and J. Scheffran, 2016, “Adaptation to Climate Change and Its Impacts on Food Productivity and Crop Income: Perspectives of Farmers in Rural Pakistan”, *Journal of Rural Studies*, Vol. 47: 254-266.
- 31.Adjognon, S. G., L. S. O. Liverpool-Tasie, and T. A. Reardon, 2017, “Agricultural Input Credit in Sub-Saharan Africa: Telling Myth from Facts”, *Food Policy*, Vol. 67: 93-105.
- 32.Alpizar, F., F. Carlsson, and M. A. Naranjo, 2011, “The Effect of Ambiguous Risk, and Coordination on Farmers’ Adaptation to Climate Change - A Framed Field Experiment”, *Ecological Economics*, 70(12): 2317-2326.
- 33.Barham, B. L., J. P. Chavas, D. Fitz, V. R. Salas, and L. Schechter, 2014, “The Roles of Risk and Ambiguity in Technology Adoption”, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 97: 204-218.
- 34.Brick, K., and M. Visser, 2015, “Risk Preferences, Technology Adoption and Insurance Uptake: A Framed Experiment”, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 118(11): 383-396.
- 35.Camerer, C. F., and R. M. Hogarth, 1999, “The Effects of Financial Incentives in Experiments: A Review and Capital-Labor-Production Framework”, *Journal of Risk and Uncertainty*, 19(1): 7-42.
- 36.Christopher, B. B., M. M. Christine, V. M. Oloro, and B. Joeli, 2004, “Better Technology, Better Plots, or Better Farmers? Identifying Changes in Productivity and Risk Among Malagasy Rice Farmers”, *American Journal of Agricultural Economics*, 86(11): 869-888.

37. Dercon, S., and L. Christiaensen, 2011, "Consumption Risk, Technology Adoption and Poverty Traps: Evidence from Ethiopia", *Journal of Development Economics*, 96 (2): 159-173.
38. Dougherty, J. P., J. E. Flatnes, R. A. Gallenstein, M. J. Miranda, and A. G. Sam, 2020, "Climate Change and Index Insurance Demand: Evidence from A Framed Field Experiment in Tanzania", *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 175: 155-184.
39. Galor, O., and O. Moav, 2005, "From Physical to Human Capital Accumulation: Inequality in the Process of Development", *Review of Economic Studies*, 71 (4): 1001-1026.
40. Giné, X., and D. Yang, 2009, "Insurance, Credit, and Technology Adoption: Field Experimental Evidence from Malawi", *Journal of Development Economics*, 89(1): 1-11.
41. Goyal, M., and S. Netessine, 2007, "Strategic Technology Choice and Capacity Investment Under Demand Uncertainty", *Management Science*, 53(2): 192-207.
42. Haile, K. K., E. Nillesen, and N. Tirivayi, 2020, "Impact of Formal Climate Risk Transfer Mechanisms on Risk-Aversion: Empirical Evidence from Rural Ethiopia", *World Development*, Vol. 130: 104930.
43. Holt, C., and S. K. Laury, 2002, "Risk Aversion and Incentive Effects", *American Economic Review*, 92(5): 1644-1655.
44. Imai, K. S., R. Gaiha, G. Thapa, and S. K. Annum, 2012, "Microfinance and Poverty-A Macro Perspective", *World Development*, 40 (8): 1675-1689.
45. Jin, J., Y. Gao, X. Wang, and P. K. Nam, 2015, "Farmers' Risk Preferences and Their Climate Change Adaptation Strategies in the Yongqiao District, China", *Land Use Policy*, Vol. 47: 365-372.
46. Kahneman, D., and A. Tversky, 1979, "Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk", *Econometrica*, 47(2): 263-292.
47. Liu, E. M., 2013, "Time to Change What to Sow: Risk Preferences and Technology Adoption Decisions of Cotton Farmers in China", *The Review of Economics and Statistics*, 95(4): 1386-1403.
48. Maia, A. G., B. C. B. Miyamoto, and J. R. Garcia, 2018, "Climate Change and Agriculture: Do Environmental Preservation and Ecosystem Services Matter?", *Ecological Economics*, 152(6): 27-39.
49. Mukherjee, S., 2020, "Access to Formal Banks and New Technology Adoption: Evidence from India", *American Journal of Agricultural Economics*, 102(5): 1532-1556.
50. Nakano, Y., T. W. Tsusaka, T. Aida, and V. O. Pede, 2018, "Is Farmer-to-Farmer Extension Effective? The Impact of Training on Technology Adoption and Rice Farming Productivity in Tanzania", *World Development*, Vol. 105: 336-351.
51. Pratt, J. W., 1964, "Risk Aversion in the Small and in the Large", *Econometrica*, 32(1): 122-136.
52. Ritov, I., and J. Baron, 1992, "Status-Quo and Omission Biases", *Journal of Risk and Uncertainty*, 5(1): 49-61.
53. Tanaka, T., C. F. Camerer, and Q. Nguyen, 2010, "Risk and Time Preferences: Linking Experimental and Household Survey Data from Vietnam", *American Economic Review*, 100(1): 557-571.

54. Tong, Q., B. Swallow, L. Zhang, and J. Zhang, 2019, "The Roles of Risk Aversion and Climate-smart Agriculture in Climate Risk Management: Evidence from Rice Production in the Jiangnan Plain, China", *Climate Risk Management*, Vol. 26: 100199.

55. Visser, M., H. Jumare, and K. Brick, 2020, "Risk Preferences and Poverty Traps in the Uptake of Credit and Insurance Amongst Small-Scale Farmers in South Africa", *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 180: 826-836.

56. Yang, Y., Y. Yang, S. Han, I. Macadam, and D. L. Liu, 2014, "Prediction of Cotton Yield and Water Demand Under Climate Change and Future Adaptation Measures", *Agricultural Water Management*, Vol. 144: 42-53.

(作者单位: ¹ 陕西师范大学西北历史环境与经济社会发展研究院;

² 南京农业大学金融学院;

³ 河南财经政法大学统计与大数据学院)

(责任编辑: 张丽娟)

Farmers' Risk Aversion and Adoption Behavior of Climate Adaptation Technology: Evidence from Cotton Farmers in Xinjiang, China

MAO Hui FU Yong PENG Peng CHAI Yujia

Abstract: The low adoption rate of climate adaptation technology has become the main constraint to sustainable agricultural development in China. Risk aversion is an important factor affecting farmers' technology adoption behavior. Using the experimental economics method, this article measures the degree of risk aversion of 349 cotton farmers in Xinjiang. Based on the micro-survey data of cotton farmers, the study systematically investigates how farmers' risk aversion affects farmers' adoption of climate adaptation technology. It finds that risk aversion has a significant inhibitory effect on farmers' adoption of climate adaptation technology. The more risk averse farmers are, the less likely they are to adopt climate adaptation technology, the lower the adoption degree and the shorter the duration of adoption. It further finds that risk aversion affects farmers' technology adoption behavior by inhibiting farmers' participation in credit. Specifically, the more risk averse farmers are, the less likely they are to participate in credit and to adopt climate adaptation technology, the lower the adoption degree and the shorter the duration of adoption. In addition, the disaster severity and technical training can moderate the impact of risk aversion on farmers' adoption of climate adaptation technology. Namely, more disaster severity and participation in technical training can alleviate the inhibitory effect of risk aversion on farmers' adoption of climate adaptation technology.

Keywords: Risk Aversion; Credit; Disaster Severity; Technical Training; Climate Adaptation Technology