极端降水冲击下农业企业韧性的演化逻辑

梁飞燕[a]，杨济冰[a]，陈有华[a,b,c]

（华南农业大学 a. 经济管理学院；b. 广东省农业政策研究中心；c. 农业产业发展研究中心，广东 广州 510642）

摘　要：鉴于农业企业对气候条件的高度敏感性，探究其在极端降水冲击下的韧性演变及作用机理对于保障农业可持续发展具有现实意义。文章以 2009—2022 年中国上市农业企业为研究样本，实证检验了极端降水对农业企业韧性的影响。研究发现，极端降水对农业企业韧性具有显著的促进作用，且结论具有稳健性。尽管极端降水会推高企业的经营成本，但是其可以激励企业推进供应商多元化布局、提升绿色技术创新水平，进而实现韧性的提升。值得注意的是，高强度的极端降水事件及“高温高湿”的复合极端天气会显著抑制这一正向效应。进一步研究发现，该效应在非国有企业、成长期与成熟期企业、制造类企业及处于中度降雨区企业中表现更为突出。因此，政策制定部门应健全应对极端降水风险的农业政策工具箱，建立基于气候风险分级和企业类型差异的精准支持机制，并鼓励农业企业构建分阶段、可转化的适应路径，以提升企业韧性。

关键词：极端降水；农业企业韧性；供应商；绿色技术；复合极端天气

中图分类号：F324　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1672－0202(2026)03－0034－16

一、引言

气候变化是当今世界面临的重大挑战之一，给人类社会和生态系统带来了巨大的影响。IPCC 第六次评估报告指出，在全球变暖加剧的背景下，极端降水事件强度更大、次数更频繁[1]，已成为威胁可持续发展的核心气候风险[2]。中国是全球受极端气候冲击影响较为突出的国家之一，近 60 年地表年平均气温上升明显高于同期全球平均水平；年降水日数减少但集中度升高，强降雨天数显著增加，暴雨累计强度呈现加速上升态势[3]。作为传统的农业大国，中国的农田生态系统及其所依附的农业供应链更易受到极端降水的扰动[4-5]。农业企业是连接初级生产、加工流通与终端消费的重要微观主体，企业韧性直接关系农业产业链的平稳运行。企业韧性并非单纯表现为遭遇冲击后的短期承压能力，更体现为在冲击识别、资源重配和经营调整过程中实现适应、恢复的动态能力[6]。在极端降水风险日益常态化的背景下，农业企业能否从被动承压转向主动识别风险、协调资源并调整经营，对理解其气候适应行为和推动农业可持续发展具有重要现实意义。

现有关于气候冲击与企业韧性的研究主要从两个方面展开。第一类研究聚焦于气候冲击对企业经营的影响效应。既有研究表明，气候风险会抑制企业全要素生产率提升[7-8]、提高成本黏性[9]，导致经营风险上升和销售利润率下滑，由此引发的财务损失还会进一步削弱企业的减碳效

收稿日期：2025－11－01　　**DOI：**10.7671/j.issn.1672－0202.2026.03.003

基金项目：国家自然科学基金面上项目（72273045）；广东省自然科学基金杰出青年基金项目（2024B1515020042）；国家社会科学基金重大项目（23&ZD121）

作者简介：梁飞燕（1998—），女，广西贵港人，华南农业大学经济管理学院博士研究生，主要研究方向为农业经济与政策。E-mail：liangfeiyan2023@163.com

通讯作者：陈有华（1984—），男，江西瑞昌人，华南农业大学经济管理学院教授，主要研究方向为农业经济与政策。E-mail：chenyhua214@163.com

率[10]。在极端气候冲击下,企业的风险承担能力下降[11],面临融资约束加剧、人才流失、供应链断裂等多重困境[12],进而对企业创新产生抑制作用[13-14]。第二类研究则进一步关注企业面对气候冲击时的适应性响应。企业并非被动承受气候风险,而是会感知气候风险及其不确定性[14],进而主动调整资本结构、投资策略与资源配置方式。具体表现为,企业通常倾向于降低短期债务比例、增加长期负债和现金持有水平以提高财务柔性[15];同时减少投资不可逆性较高的实物资产以增强资产配置的灵活性[16]。此外,企业还会通过跨区域投资[17]、重新配置母子公司之间的现金资产[18]以及拓展多元化经营业务[19]等方式降低经营风险。

然而,既有研究仍有进一步扩展空间:其一,现有研究较少将极端降水这一典型、可观测且与农业生产高度相关的气候灾害纳入企业韧性分析框架。相较于极端高温等气候风险,极端降水具有突发性强、破坏力集中且恢复成本高的特征,更容易直接扰动农业企业的生产经营,为考察企业在重大外生冲击下的抵御、恢复与调整能力提供了典型情境。其二,尽管已有研究从不同角度探讨了企业应对气候风险的适应性行为,但多以一般企业为研究对象,对农业企业这一气候敏感型主体关注不足。农业企业对自然条件依赖程度更高,且普遍具有融资约束较强、固定资产和生物资产占比较高等特征[20],其适应性行为可能有别于一般企业,仍需进一步探究极端降水影响其韧性的作用机制。鉴于此,本文以 2009—2022 年中国上市农业企业作为研究样本,探究极端降水对农业企业韧性的影响程度与作用路径,并从适应性行为视角揭示其应对气候风险的内在逻辑。

相较于既有研究,本文的边际贡献主要体现在以下两个方面:第一,本文将极端降水这一具体且可观测的气候冲击引入企业韧性研究框架,拓展了企业韧性的外部影响因素研究。相较于经济或公共卫生冲击,极端降水冲击具有高度外生性、区域异质性和不可完全规避等特征,与农业生产和供应链运行高度相关,分析其对农业企业韧性的影响及传导机制为理解气候风险如何塑造企业韧性提供新的微观证据。第二,本文从适应性行为视角揭示了极端降水影响农业企业韧性的内在机制与动态演化逻辑。基于经营扰动与战略适应两个视角,本文系统揭示极端降水影响农业企业韧性的多重传导机制,有助于深化对农业企业气候适应机制的理解,也为提升农业系统韧性、推进农业高质量发展提供理论依据与实践启示。

二、理论分析与研究假说

(一)极端降水对农业企业韧性的影响

面对极端降水的冲击,农业企业需要具备较强的抵御力和适应性以维持生产和经营活动,这种在面对外部冲击时保持稳定、快速适应并恢复的核心能力便是企业韧性[6,21]。极端降水对农业企业韧性可能同时存在抑制与促进效应:一方面,极端降水可能通过直接运营冲击和供应链传导效应削弱农业企业韧性。对于从事种植养殖的企业而言,极端降水会直接损害农作物产量与品质,导致畜禽疫病风险上升以及水产养殖环境恶化,进而引发农业企业的收入波动与生产成本攀升[22-23]。而对于农产品加工制造或订单采购型企业,即使原材料生产并不位于企业所在地,极端降水仍可能通过损毁厂房仓储设施、阻断交通物流、降低员工生产效率与延缓订单履约等方式扰乱企业正常运营,降低经营效率并加剧现金流压力[24]。进一步地,农业供应链具有较强的关联性和风险扩散特征,一旦上游农业供应商发生波动,下游企业便可能面临供应短缺、交易收缩和履约受阻等间接冲击[25]。与此同时,灾害应对和灾后重建往往会占用企业有限的管理精力与资金资源,挤压创新投入及长期性战略配置;企业为维持流动性可能增加对债务融资的依赖,推高财务杠杆与风险敞口[11],削弱其持续调整与恢复能力。

另一方面,极端降水并不必然削弱农业企业韧性,持续性气候冲击和组织可持续发展的双重压力也可能成为推动企业开展适应性调整的重要契机。根据动态能力理论,外部环境变化会强化

企业的风险识别、资源整合与战略重构的能力,促使其主动调整以实现能力积累和环境适应。当极端降水处于企业可识别、可应对的范围内时,农业企业可能围绕防灾减灾和稳定经营开展一系列适应性调整:其一,加大对灌溉系统、排水设施以及防灾基础设施的投入,并调整种养结构与生产安排,以降低单一作物在极端降水下的脆弱性[26];其二,重构供应链配置,通过加强库存管理、拓展多元采购与销售渠道以及提升物流调度和订单履约能力,增强供应链稳定性[27];其三,外部压力也激励企业进行适应性学习与创新性变革,推动资源配置优化与战略调整。由此,持续性的气候压力在一定条件下能够倒逼农业企业改善治理结构、优化资源配置,使其提升快速响应与恢复能力。基于此,本文提出如下假说:

H1:极端降水通过触发适应性行为,提升农业企业韧性。

需要指出的是,适应性行为并不意味着企业能够无限承受外部冲击,其效果依赖于外部冲击是否处于企业资源承载和组织调适能力所能覆盖的区间。当极端降水强度较低或处于可管理范围时,气候冲击更多体现为一种压力信号,能够激活企业的风险感知与适应性调整机制。尽管企业会面临一定的经营成本上升压力,但通过资源重组与结构优化,可以分散风险甚至抵消成本上升带来的不利影响,从而形成韧性增强的净效应。然而,当极端降水强度突破企业的资源承载与组织调适边界时,其破坏效应将显著增强。此时,生产中断、资产损毁、供应链失灵与融资约束可能相互叠加,企业被迫将有限资源投入灾后修复与短期维稳,而难以开展系统性的技术升级与长期能力建设,最终导致韧性下降。因此,适度的环境压力是组织能力演化的必要条件,而过度压力则会抑制能力积累并诱发系统失衡。基于此,本文进一步提出如下假说:

H2:极端降水对农业企业韧性的促进作用存在门槛效应。

(二)极端降水对农业企业韧性的影响机制

综合前文理论分析,极端降水既可能通过经营扰动削弱企业韧性,也可能通过倒逼适应性调整促进企业韧性提升。本文从经营扰动与战略适应两个视角分析极端降水影响农业企业韧性的作用机制。前者主要体现为经营成本上升对企业韧性的抑制作用,后者则表现为企业通过供应链重构与绿色技术创新等方式提升抗风险能力。

从经营扰动维度看,极端降水通过推高经营成本进而对农业企业韧性产生抑制作用。首先,直接运营层面的冲击主要表现为农业产出因涝灾大幅下降;运输网络受阻迫使企业重构物流体系,额外产生运输路线调整、临时仓储等重构成本;供应链中断进一步引发客户流失与市场份额收缩,形成隐性市场成本[28]。其次,极端降水还可能通过降低生产效率进一步加重企业经营负担。积水环境会成为疾病传播的温床,潮湿闷热条件会诱发呼吸道疾病与皮肤感染,损害劳动者健康,进而降低出勤率与工作效率[29]。同时,农业设施、厂房设备等有形资产受损增加修复和更换支出,还因设备停用和生产中断降低资源利用效率。再次,经营绩效恶化通过金融市场产生二次放大效应:恶化的经营状况提高了相关的违约风险,并向债权人传递更高的偿债风险信号,导致债务成本上升[26]。极端降水事件所带来的不确定性进一步影响投资者对企业未来盈利能力和稳定性的预期,抬升外部融资成本[30]。综上,极端降水会加重农业企业经营成本压力,进而对企业韧性形成抑制效应。基于此,本文提出如下假说:

H3:极端降水会增加农业企业的经营成本,进而削弱其韧性。

从供应链配置的调整路径看,极端降水会暴露单一供应结构的脆弱性,促使农业企业通过提高供应商多元化程度来分散气候风险。企业过度依赖少数供应商会放大局部冲击向全链条传导的风险,而供应链多元化配置有助于降低关键投入品中断对企业整体经营的影响[31]。不同供应商在地理分布、生产条件和气候暴露程度上存在差异,极端降水事件难以在同一时期对所有供应来源产生同步冲击。通过构建多元化的供应商网络,农业企业可以有效分散区域特异性的气候风

险,降低原材料供给中断和生产停滞的可能性,从而提升供应链连续性与经营稳定性[32]。此外,单一供应商模式往往会削弱企业的议价能力[33-34],并在灾害后供应短缺情境下易引发供应商的机会主义行为,导致采购成本激增。相较之下,多元化采购结构能够通过引入竞争机制抑制个别供应商的价格操纵,缓解成本波动并稳定生产经营活动。更重要的是,供应商多元化还提升了企业在要素配置方面的灵活性,使其能够根据气候冲击强度和市场变化动态调整采购策略[35],从而加快生产和经营的恢复进程。因此,极端降水会倒逼农业企业主动优化供应链结构,通过提升供应商多元化水平增强其抗风险能力和恢复能力。基于此,本文提出如下假说:

H4:极端降水通过提升农业企业的供应商多元化,进而增强其韧性。

基于环境规制诱导假说,极端气候所带来的系统不确定性和风险暴露会对企业形成持续的外生约束,从而倒逼其通过绿色技术创新重构生产组织方式与可持续发展路径[36-37]。一方面,农业企业会加速研发耐胁迫作物品种、智能水肥管理系统及微生物抗逆技术,并向下游生产基地或合作社进行技术推广、示范应用或定向投资,以提升农业生产环节对气候冲击的适应能力,从而保障原材料供给的稳定性与持续性。同时,企业还通过推进节能减排技术、构建数字化供应链管理系统和优化资源配置等方式重构生产与运营流程,以降低单位产出对能源消耗、物流中断及自然条件波动的敏感性。另一方面,极端降水风险的持续暴露也显著提升了资本市场与监管机构对企业环境绩效、气候风险管理能力和长期可持续性的关注,绿色技术创新逐步成为企业获取政策支持、绿色融资和市场认可的重要条件[38]。现有文献表明,绿色技术创新在提升农业企业韧性方面发挥着关键作用[39]。绿色创新不仅有助于优化农业生产流程以及提高资源配置效率[40],还能通过提高产品附加值与溢价能力为企业赢得差异化竞争优势[41],显著提升企业韧性。由此,极端降水会倒逼农业企业加强绿色技术创新以提升其应对外部冲击的能力。基于此,本文提出如下假说:

H5:极端降水通过提升农业企业的绿色技术创新水平,进而增强其韧性。

三、研究设计

(一)模型构建

首先,为研究极端降水对农业企业韧性的影响,本文参考已有文献[20,38],设定如下模型以推断两者之间的因果关系:

$$Res_{i,t} = \alpha + \beta RM_{i,t} + \delta Control_{i,t} + Ind_j + Year_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

在式(1)中,$Res_{i,t}$表示农业企业韧性,$RM_{i,t}$为极端降水,是企业 i 所在城市第 t 年的标准化降水指数,$Control_{i,t}$为控制变量,Ind_j 为行业固定效应,$Year_t$ 为时间固定效应,$\varepsilon_{i,t}$为随机扰动项,β 是从个体层面衡量极端降水对农业企业韧性影响的估计量。

其次,为了检验极端降水与农业企业韧性之间是否存在非线性关系,采用 Hansen[42] 提出的面板门槛回归模型,具体如下:

$$Res = \beta_0 + \beta_1 RM \cdot 1(RM \leqslant \gamma) + \beta_2 RM \cdot 1(RM > \gamma) + \alpha X + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

在式(2)中,Res 仍表示农业企业韧性,极端降水 RM 为门槛变量,γ 为门槛值,X 代表控制变量,与式(1)中的一致。1(·)为示性函数,当括号中表达式不成立时为 0,成立时则为 1。根据 RM 与 γ 的数值比较关系可将样本区间划分为两个区制,若 $RM \leqslant \gamma$,用斜率值 β_1 刻画该区制的变动特征;当 $RM > \gamma$ 时,则为斜率值 β_2,β_1 和 β_2 分别衡量了两个样本区间内极端降水对农业企业韧性影响的估计量。

最后,为探究极端降水影响农业企业韧性的作用机制,构建如下机制检验模型:

$$M_{i,t} = \alpha + \beta RM_{i,t} + \gamma Control_{i,t} + Ind_j + Year_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

式(3)中,$M_{i,t}$为机制变量,分别是经营成本、供应商集中度以及绿色技术创新;β 为极端降水

对机制变量的估计系数,反映极端降水对机制变量的影响方向以及作用强度。其他参数与式(1)保持一致。

(二)变量说明

1. 被解释变量

农业企业韧性。当前关于企业韧性的量化评估可以大致分成两种:其一为直接测量法,基于研究目标设计多维度问卷,通过受访者主观评价测试企业韧性水平[43]。但该方法易受个体认知偏差影响,客观性与测量精度存在局限。其二为间接测量法,依托上市公司公开的财务与经营数据,围绕企业韧性的核心特征构建指标体系,最终结合客观赋权方法(如熵值法)进行综合测算[21,44-45]。该方法因数据可获取性强、客观性突出而成为主流选择,具体指标选取通常涵盖成长性、盈利性、持续性及抵御性等多个维度。部分研究进一步聚焦单一核心指标,例如通过股票回报率标准差捕捉市场波动特征。此外,还有学者结合危机冲击场景来考察企业受冲击后的损失幅度与恢复周期[46-47]。

参考大多数学者的做法[20-21,48],本文选取股票收益标准差作为波动性代理指标(标准差越小表明抗市场波动能力越强),并采用营业收入3年累计增长率衡量企业适应性水平(增长额越大反映环境适配能力越强),最终基于熵值法对上述两项指标进行权重分配与综合集成,构建农业企业韧性指数。该指标可以综合反映企业面对冲击时的适应能力和抵御能力,数值越高表明企业在市场波动中快速适应并维持稳定经营的能力越强,整体韧性水平越优异。

2. 核心解释变量

极端降水。现有文献对极端降水的测度主要包括相对阈值法、固定阈值法和标准化降水指数法3类。相对阈值法依据历史参考期内逐日降水分布的高分位值(如90%、95%或99%分位)识别极端降水事件,并通过计算极端降水总天数、总强度、频率以及最大持续时间等指标综合衡量极端降水特征[49]。固定阈值法则根据统一降水标准进行衡量,例如将日降水量≥50毫米判定为一次极端降水事件[50]。标准化降水指数则是通过衡量实际降水相对于长期平均水平的偏离程度来刻画降水异常,并可在不同时间尺度上进行测度[51-52]。

相较而言,固定阈值法难以适应不同气候区域的降水差异,也无法有效反映气候基线变化;相对阈值法虽能够识别极端事件发生频率,但将所有超阈值事件视为同质化冲击容易忽视降水事件的强度差异。相比之下,标准化降水指数不仅能够反映降水异常程度,而且具有较强的区域可比性和时间适用性,因此被广泛应用于降水异常研究。基于此,参考相关研究[53],本文采用标准化降水指数衡量极端降水。具体而言,先计算月度标准化降水异常值,再依据各月在历史平均年降水中的贡献份额进行加权汇总,由此构造年度指标。不同月份的降水量存在较大差异,这种加权方法能够在剥离季节性因素影响的同时保留年内降水异常的结构性特征,从而使极端降水测度更具气象合理性和经济解释力。

3. 控制变量

借鉴已有文献[20,54],本文选取企业层面的控制变量,包括企业规模、无形资产占比、董事会规模、股东持股比例、企业价值以及总资产周转率。同时,还将年均气温、日照时长、相对湿度以及风速等气象因素作为天气层面的控制变量纳入研究。变量的具体衡量方式如表1所示。

4. 机制变量

本文从经营成本、供应商多元化及绿色技术创新水平3个维度构建作用机制框架,系统考察极端降水对农业企业韧性的影响路径。参照已有的研究[55],将经营成本(BC)界定为企业经营成本与销售费用的总和占营业收入的比重,具体计算公式为:经营成本=(营业成本+销售费用)/营业收入。关于供应商多元化,本文参考主流的做法[32,56],使用供应商集中度来表征,即前五大供应

商采购额占企业年度总采购额的比例。较高的集中度意味着企业更依赖核心供应商,原材料供应来源较为单一。绿色技术创新水平则以绿色发明专利授权数占绿色专利授权总数之比来衡量[57],可以反映企业在环保技术领域的研发投入与成果转化效率。

(三)数据来源

本文以 2009—2022 年中国沪深 A 股市场上市涉农企业为研究对象。其中,农业企业并非仅局限于“农、林、牧、渔业”企业,也包括与农业生产密切相关、嵌入农产品加工转化环节的制造类企业。现代农业已呈现明显的产业链延伸特征,极端降水对企业的影响亦不限于农业生产前端,还可能通过原材料供给波动、采购成本和供应链运行等渠道向下游加工制造环节传导。因此,将相关加工制造类企业纳入样本既契合现代农业产业链一体化发展的现实,也有助于提高样本覆盖度,还能确保研究结论的可靠性及实践指导价值[58]。在此基础上进一步剔除 ST 类企业以及样本量不足 3 年的农业企业。研究所需企业数据均来源于 CSMAR 和 Wind 数据库,涵盖企业财务、经营及市场表现等多维度信息;气候数据来自国家气象科学数据中心。

四、实证检验

(一)描述性统计

表 1 呈现了核心变量的描述性统计特征。数据显示,农业企业韧性指标的平均值达到 0.53,反映出多数农业企业具备较强的韧性表现,且仍有优化提升的潜力空间。极端降水的极值差异较大,揭示出不同地区农业企业所面临的降水波动冲击存在显著差异。控制变量方面,公司治理与财务指标分布合理,符合上市公司一般特征。整体而言,各变量的分布特征与理论预期一致。

表 1　主要变量的描述性统计

变量类型	变量名称	变量说明	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	农业企业韧性	运用熵值法进行测度	1965	0.53	0.23	0.08	1.00
解释变量	极端降水	使用标准化降水指数	1965	0.00	0.03	-0.06	0.06
控制变量	企业规模	年末总资产取对数	1965	22.07	1.07	20.01	25.42
	无形资产占比	无形资产/总资产	1965	0.05	0.05	0.00	0.31
	董事会规模	董事会人数取对数	1965	2.24	0.18	1.79	2.77
	股东持股比例	第一大股东的持股比例	1965	0.37	0.15	0.09	0.73
	企业价值	托宾 Q	1965	2.47	1.58	0.96	9.80
	总资产周转率	营业收入/资产总额	1965	0.73	0.49	0.07	2.75
	年均气温	年度平均气温(℃)	1965	15.67	5.04	3.91	24.65
	日照时长	年度日照时长(小时)	1965	2006.76	557.44	947.82	3397.41
	相对湿度	年平均相对湿度(%)	1965	70.19	10.13	42.30	85.51
	风速	年平均风速(米/秒)	1965	5.09	1.09	2.81	7.65

(二)基准回归结果

表 2 汇报了极端降水对农业企业韧性影响的基准回归结果,所有回归均加入年份和行业固定效应。列(1)呈现了未纳入控制变量的基准回归结果,列(2)与列(3)则显示了引入企业层面以及天气层面控制变量后的回归结果。总体结果显示,无论是否纳入控制变量,极端降水对农业企业韧性的影响系数均为正值,且均在 1% 水平下显著,这表明降水冲击能够提升农业企业的韧性水平,初步验证了 H1。

表2 基准回归结果

变量	农业企业韧性		
	(1)	(2)	(3)
极端降水	0.235***(0.085)	0.267***(0.085)	0.277***(0.089)
企业规模		0.025***(0.003)	0.025***(0.003)
无形资产占比		0.060(0.044)	0.058(0.044)
董事会规模		0.022*(0.012)	0.022*(0.012)
股东持股比例		-0.011(0.019)	-0.009(0.019)
企业价值		0.000(0.002)	0.000(0.002)
总资产周转率		0.012*(0.006)	0.012*(0.006)
年均气温			0.000(0.001)
日照时长			-0.000(0.000)
相对湿度			-0.000(0.000)
风速			0.001(0.002)
时间固定	是	是	是
行业固定	是	是	是
样本量	1965	1965	1965
R^2	0.847	0.861	0.861

注:***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平;括号内为使用企业层面的稳健估计标准误。下表同。

(三)门槛效应检验

由上述回归结果可知,极端降水显著促进了农业企业韧性,但是该影响可能是非线性的。本文基于面板门槛回归模型检验变量间是否存在非线性关系。借鉴 Hansen 的"自助法"[42],通过反复抽样500次从而得出检验统计量对应的 p 值,判断是否存在着门槛效应。由表3可知,当模型存在两个门槛值时,p 值明显大于0.05,此时不能拒绝原假设,即模型不存在双门槛效应。由此,极端降水作为门槛变量存在单一门槛效应,且根据门槛回归估计结果,门槛值为0.037,研究假说 H2 初步得到验证。

表3 门槛效应检验结果

门槛个数	F 值	p 值	10%临界值水平	5%临界值水平	1%临界值水平
一门槛	11.880	0.012	7.197	8.286	12.141
双门槛	5.910	0.354	8.948	10.347	13.130

表4列(1)显示了门槛效应回归结果,当标准化降水量偏离程度低于门槛值时,极端降水对农业企业韧性具有显著的促进作用,并且通过1%的显著性检验;而当标准化降水量偏离程度超过该门槛值后,其对农业企业韧性影响为负,但不显著。从样本分布特征来看,该门槛值约位于极端降水变量(RM)的第90百分位,这意味着样本中约90%的观测值所经历的降水偏离程度处于该临界水平以下,仅有少数高强度极端降水事件超越了这一阈值。在此基础上,本文以门槛值为临界值划分样本并进行回归,结果如表4列(2)、(3)所示,进一步验证了研究假说 H2。

表4 面板门槛效应模型回归结果

变量	农业企业韧性		
	(1)	(2)	(3)
极端降水(RM≤0.037)	1.401***(0.275)	0.308**(0.118)	
极端降水(RM>0.037)	-0.531(0.545)		-1.513**(0.665)

续表

变量	农业企业韧性		
	(1)	(2)	(3)
控制变量	是	是	是
时间固定	是	是	是
行业固定	是	是	是
样本量	728	1776	189
R^2	0.410	0.906	0.858

(四)稳健性检验与内生性处理

1. 稳健性检验

(1) 替换核心解释变量

考虑到极端降水测算方式差异可能影响基准回归结果,本文采用相对阈值法进行替代测度。具体地,选取 1981—2000 年为气候基准期,分别将基准期内日降水量的第 90% 和第 95% 分位值界定为极端降水阈值,样本期日降水超过阈值的天数为极端降水天数,并计算其占年降水总天数的比率作为极端降水频率,二者共同作为极端降水的代理变量。回归结果如表 5 列(1)~(4)所示,无论采用极端降水天数还是频率作为代理变量,回归系数均显著为正,与基准结果一致,验证了研究结论的稳健性。值得注意的是,当以第 99% 分位值作为阈值衡量极端降水时,如表 5 列(5)、(6)所示,其对农业企业韧性的促进作用不再显著,侧面验证了极端降水的影响呈现出非线性特征。

表 5　替换核心解释变量的检验结果

变量	农业企业韧性					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
极端降水天数(90% 分位)	0.0005***(0.0002)					
极端降水频率(90% 分位)		0.115**(0.050)				
极端降水天数(95% 分位)			0.0005***(0.0002)			
极端降水频率(95% 分位)				0.128**(0.062)		
极端降水天数(99% 分位)					0.0004(0.0004)	
极端降水频率(99% 分位)						0.116(0.106)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是
行业固定	是	是	是	是	是	是
样本量	1965	1965	1965	1965	1965	1965
R^2	0.861	0.860	0.860	0.860	0.860	0.860

(2)替换被解释变量的衡量方法

鉴于现有文献对企业韧性的测度尚未形成统一标准,不同指标构建方式可能对实证结果产生影响。本文从反弹能力与反超改进能力两个维度重新测算企业韧性①,以反映企业在遭受外部冲击后的恢复速度以及通过持续改进超越冲击前水平的能力[59]。表 6 列(1)的结果表明,本文的核心结论不依赖于特定的韧性测度方式,具有较强的稳健性。

① 反弹能力维度具体用速动比率、沉淀性冗余资源、非沉淀性冗余资源和净资产收益率这 4 个指标衡量;反超改进能力维度具体用总资产同比增长率、营业收入同比增长率、净利润同比增长率这 3 个指标衡量,最后运用熵值法计算得到企业韧性指数。

(3)增加固定效应和更改聚类层次

为进一步降低遗漏变量对回归结果的干扰,本文在原有基础上增加城市层面固定效应,以控制不随城市变化但可能影响农业企业韧性的城市局面潜在遗漏变量,回归结果见表6列(2)。同时,鉴于气候变量数据均基于城市层面,本研究将聚类稳健标准误的聚类层级由企业层面提升至城市层面,结果由表6列(3)所示。上述结果验证了核心结论的稳健性。

2. 内生性处理

本文所使用的气候变量为城市层面数据,农业企业可能基于气候风险因素进行区位选择,如主动迁移或布局于极端气候风险较低的地区,进而导致潜在的内生性问题。进一步采用工具变量法缓解上述问题。参考相关学者的做法[16,60],本文基于美国国家海洋和大气管理局提供的月度Nino指数计算出年度均值,并将其与企业所在地区的经度相乘后除以100构建工具变量。Nino指数是国际气象学研究中被广泛使用的指标,可用于刻画厄尔尼诺和拉尼娜现象的发生及其强度。大量气候学研究表明,ENSO事件通过调制大尺度环流和水汽输送路径,显著影响中国不同区域的降水格局。在厄尔尼诺发生年,中国西部地区原本干燥少雨的冬春季节,降雪或降雨往往有所增加,夏秋季节则降水偏少;与此同时,东部地区夏季降水显著增多,降水尤其集中于长江中下游及淮河流域[61-62]。上述事实表明,Nino指数与中国降水异常具有高度相关性。同时,作为一种全球尺度的气候指标,Nino指数由赤道太平洋海温异常决定,并不直接影响农业企业的经营活动,满足外生性要求。

工具变量回归结果如表6列(4)、(5)所示。第一阶段回归中,工具变量的回归系数在1%水平下显著,第一阶段的F值大于10,说明了工具变量的有效性。并且,由列(5)可知极端降水的回归系数在5%水平下显著为正,与基准回归结果一致。Kleibergen-Paap rk LM统计量的p值为0.00,拒绝了不可识别的原假设;Cragg-Donald Wald F、Kleibergen-Paap rk Wald F统计量均大于Stock-Yogo弱工具变量检验10%显著性水平下的临界值16.38,表明本文选取的工具变量不存在弱工具变量问题。

表6 稳健性检验与内生性处理结果

变量	替换被解释变量 (1)	增加固定效应 (2)	更换聚类层面 (3)	第一阶段回归 (4)	第二阶段回归 (5)
极端降水	0.371*(0.201)	0.283***(0.090)	0.277***(0.096)		1.514**(0.634)
工具变量				-0.070***(0.017)	
控制变量	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是
行业固定	是	是	是	是	是
城市固定	否	是	否	否	否
样本量	1877	1965	1965	1965	1965
R^2	0.115	0.872	0.861		
F					17.290
Kleibergen-Paap rk LM					15.835***
Cragg-Donald Wald F					37.261
Kleibergen-Paap rk Wald F					17.290

(五)作用机制检验

1. 经营成本

已有文献指出,企业经营成本是影响企业韧性的关键因素[63]。当经营成本处于较低水平时,企业能够保留充足的资源储备以抵御外部冲击,并通过快速调整生产经营策略实现稳定恢复;反之,若经营成本过高,则可能引发企业内部资源错配、现金流压力加剧等问题,导致经营稳定性下降并削弱

抗风险能力。由表 7 列(1)可知,极端降水的回归系数在 1% 水平下显著为正,即极端降水会增加企业的经营成本,说明极端降水会通过增加经营成本进而削弱农业企业韧性,H3 得以验证。

2. 供应商多元化

表 7 列(2)的回归结果显示,回归系数在 5% 统计水平下显著为负,表明极端降水事件发生后,农业企业倾向于降低对少数核心供应商的依赖程度,主动拓展供应来源。而多元化的供应网络使企业能够通过多个区域和多类供应商获取相对稳定的材料供给,不仅有助于降低极端气候冲击事件对原材料供给的冲击强度,还能够在外部不确定性上升时获得充足的商业信用支持,从而增强企业对极端降水冲击的抵御能力与恢复能力[44]。H4 得以验证。

3. 绿色技术创新

既有研究已明确指出,绿色技术创新是农业企业提升韧性的关键路径[64]。从政策与市场双重维度来看,企业通过获取政府绿色补贴、消费者生态偏好倾斜等制度性红利形成竞争优势;从技术适应性视角分析,通过研发气候适应性种养殖技术、低碳生产流程改造等创新实践,企业能显著增强对极端气候事件的动态响应能力与灾后恢复弹性。表 7 列(3)的回归结果显示,极端降水的回归系数在 10% 统计水平下显著为正,表明极端降水事件会显著刺激企业提升绿色技术创新水平。H5 得以验证。

表 7　机制检验结果

变量	经营成本 (1)	供应商集中度 (2)	绿色技术创新 (3)
极端降水	0.301***(0.107)	−0.354**(0.151)	0.334*(0.188)
控制变量	是	是	是
时间固定	是	是	是
行业固定	是	是	是
样本量	1965	1124	1951
R^2	0.497	0.252	0.083

(六)异质性分析

极端降水对农业企业韧性的影响会受到企业治理与资源条件、经营特征以及外部环境差异的共同约束。从企业治理与资源特征看,管理者特质与行为、创新能力以及冗余资源等因素都会影响对气候冲击的应对能力。企业所处生命周期阶段在一定程度上反映了其资源积累、管理特征及创新偏好的差异,并进一步体现在适应性行为选择上;企业股权性质则体现了企业在资源禀赋、政策获取及风险分担机制上的差异,国有控股企业通常更容易获得财政补贴、信贷支持与保险保障。从企业经营特征看,不同主营业务类型的农业企业在生产模式、风险暴露程度及冲击传导渠道上存在明显差异,从而可能导致极端降水对企业韧性的影响表现出不同特征。从外部环境特征看,企业所处地区的长期降水条件不同,意味着其面临的气候风险背景、基础设施配置和适应性基础存在差异。基于此,本文从企业特质与外部环境两个维度进行异质性分析,以探究影响极端降水与农业企业韧性关系的关键边界条件。

1. 企业特质:企业生命周期

参考相关学者的做法[65],本文使用现金流模式法将样本划分为成长期、成熟期和衰退期 3 个生命周期阶段。表 8 列(1)~(3)的结果显示,极端降水显著促进了处于成长期与成熟期的农业企业韧性;而对于衰退期的农业企业而言,其回归系数不显著。

基于企业生命周期理论,成长期企业处于资源快速积累与战略试错阶段,兼具一定的盈利基础与成长潜力。企业尚未形成固定的组织结构和管理流程,扁平化决策体系与柔性组织架构使其

能快速响应极端降水的冲击。并且,此类企业具有创新意识和市场敏锐度,能将极端降水冲击转化为技术适配与商业模式重构的机遇,实现韧性提升。成熟期农业企业则依托较为稳固的资本、人才及供应链资源支撑,形成高效的风险抵御能力。相比而言,衰退期企业盈利能力下降、竞争压力大,既缺乏成长期企业的战略灵活性,又丧失了成熟期企业的风险吸收能力,这使得极端降水冲击更容易削弱其抗风险能力。

2. 企业特质:股权性质

企业股权性质的差异会导致农业企业在政策扶持力度、融资便利性及资源禀赋等方面存在差别,进而使得极端降水对不同所有制企业韧性的影响呈现差异。本文根据企业所有权性质将样本划分为国有控股企业与非国有控股企业,其回归结果如表8列(4)、(5)所示,极端降水对非国有企业的韧性提升作用更为显著,而在国有企业中,该影响并不显著。

国有控股企业因其与政府的天然关联,通常享有更稳定的政策支持与隐性信用背书,生产经营目标更注重社会效益与长期战略稳定性,且现代化管理体系已较为成熟,其本身就具备较强的韧性。这种特性使其在面临极端降水冲击时更多依赖既有制度优势维持运营,缺乏通过适应性调整实现韧性提升的内生动力。相比之下,非国有控股企业的生产经营策略更具市场导向性,战略灵活性较高但规模化生产程度有限,且缺乏政府隐性担保的缓冲作用。在极端降水冲击下,其更倾向于通过优化管理流程、加大技术投入、调整供应链结构等适应性行为主动增强抗风险能力,从而表现出更显著的韧性提升效应。

表8 企业特质异质性分析结果

变量	成长期	成熟期	衰退期	国有	非国有	农林牧渔类	制造类
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
极端降水	0.433**(0.162)	0.211*(0.115)	0.148(0.195)	0.159(0.153)	0.354***(0.111)	0.213(0.204)	0.297***(0.099)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是	是
行业固定	是	是	是	是	是	是	是
样本量	784	820	361	835	1130	428	1537
R^2	0.824	0.896	0.909	0.879	0.857	0.826	0.873

3. 企业特质:主营业务类型差异

本文依据中国证监会行业分类标准,将样本划分为农林牧渔类与制造类[66]。回归结果如表8列(6)、(7)所示,极端降水对农林牧渔类企业韧性的影响不显著,但对制造类企业韧性具有显著的正向影响。该结果也说明,极端降水的影响可能并非仅局限于农业生产前端,而是会通过供应链渠道传导至下游加工制造环节。

农林牧渔类企业直接从事生物性资产生产,生产经营高度依赖土地、水域、气候等自然条件,极端降水会造成减产、品质下降、疫病增加及资产损毁等后果,因此,其所承受的直接物理冲击更为强烈。在此情形下,企业抗风险能力弱,调整空间相对有限,短期内较难通过组织重构实现韧性提升。相比之下,制造类企业大多不直接从事初级农业生产,但会通过原材料供给波动、采购成本上升及库存周转压力等感知上游冲击。这类企业通常拥有更强的供应链协调能力、库存管理能力和技术升级能力,能够通过多元化采购、订单调整与技术创新等适应性行为重构运营体系,因此更容易在冲击中实现韧性增强。

4. 外部环境异质性:地区降水差异

参考中国气候区划研究,年均降水量约低于400毫米的地区通常被界定为干旱或半干旱区;年降水量超过800毫米的地区多属于湿润或强湿润气候区;处于400~800毫米区间的地区则被视为

半湿润或过渡型气候区。为此,本文基于各地区 1981—2010 年的年均降水量,将企业所处地区划分为少雨区(<400 毫米)、中度降雨区(400 ~ 800 毫米)以及多雨区(>800 毫米)3 个降水组。由表 9 列(1) ~ (3)可知,在中度降雨区样本中极端降水变量的回归系数显著为正,而少雨区与多雨区样本的回归系数未呈现统计显著性。

表 9　外部环境异质性及复合极端气候事件分析结果

变量	地区降水			复合极端气候事件		
	少雨区	中度降雨区	多雨区	农业企业韧性	高频发区	低频发区
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
极端降水	0.173(0.311)	0.533***(0.143)	0.180(0.128)	0.704***(0.206)	0.158(0.117)	0.464***(0.146)
极端高温				0.0004*(0.000)		
极端降水 × 极端高温				-0.006*(0.003)		
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是
行业固定	是	是	是	是	是	是
样本量	162	618	1185	1965	942	1023
R^2	0.888	0.876	0.855	0.862	0.916	0.669

少雨区长期面临水资源约束,水利设施建设以抗旱为导向,对洪涝灾害的防范意识和应对能力相对薄弱。极端降水增量未必能够有效缓解干旱,相反可能诱发洪涝、泥石流等次生灾害,增加基础设施受损、物流受阻和经营成本上升的风险,从而削弱企业的抗风险能力。处于多雨区的企业对一般性降水扰动的适应能力较强,普通极端降水事件难以显著提升其韧性;而高强度降水伴随复合灾害可能超出企业承载范围。中度降雨区既无长期水资源约束,又未形成强降水适应惯性,企业对极端降水冲击更为敏感,易通过适应性行为提升其韧性水平。

(七)复合极端气候事件分析

气温升高正通过改变大气环流模式显著影响降水分布,导致极端高温与极端降水事件呈现强关联性,形成“高温 - 高湿”复合气候风险。那么,农业企业在这种高温高湿的复合风险事件影响下,其韧性表现如何? 为此,参考目前主流的衡量极端高温的方法,以基准期内第 90% 分位作为阈值,将样本期内日最高气温超过该阈值的总天数作为极端高温的代理变量。表 9 列(4)回归结果显示,交互项系数显著为负。进一步地,根据极端高温发生频率将样本划分为极端高温高频发区和低频发区,回归结果见表 9 列(5)、(6)。在低频发区,极端降水对企业韧性的促进作用依旧显著,但是在高频发区不显著。上述结果均表明,这种高温高湿的复合极端气候事件对农业企业构成特殊挑战,削弱了韧性的提升。

复合极端气候事件意味着气候要素同时或连续发生剧烈变化,具有联动性和累积效应,因此该事件往往比单一灾害更具破坏力,超过人类和自然系统所能承受的限度。企业既要投入大量资源抢排积水、修复受涝渍损毁的基础设施,又需应对高温引发的灌溉用水量激增和电力成本攀升,导致运营成本较单一灾害事件有所增加。这种复合冲击会突破企业风险承受阈值,引发供应链中断、劳动力效率下降等次生危机,不利于企业韧性提升。

五、研究结论与政策建议

在充满不确定性与脆弱性的现实背景下,探究极端降水事件对农业企业韧性的影响,对推进农业高质量发展具有重要意义。为此,本文以 2009—2022 年中国 A 股上市农业企业的数据为基础,实证检验了极端降水对农业企业韧性的影响,得到如下结论:第一,极端降水对农业企业韧性

影响总体呈现非线性特征。在适度降水强度下，极端降水对农业企业韧性具有明显的增强作用，但当降水强度突破企业适应阈值时，物理冲击的累积效应将逆转这种促进关系，导致韧性下降。第二，极端降水尽管会导致农业企业经营成本增加，不利于韧性提升，但另一方面，农业企业会通过提高供应商多元化程度、加强绿色技术创新等适应性行为，帮助企业培育竞争优势、提升抗风险能力。第三，极端降水对农业企业韧性的影响在不同企业特质和外部环境下会产生显著差异。就企业特质而言，极端降水对成长期、成熟期、非国有以及制造类农业企业韧性的增强作用更为显著；就外部环境而言，其对处于中度降雨区的农业企业韧性的增强作用更为显著。

基于本文的研究结论，提出以下政策建议：

首先，健全应对极端降水风险的农业政策工具箱。一是完善财政补贴、绿色信贷、农业保险和巨灾保险等政策工具的协同支持机制，重点支持灾后修复、关键基础设施加固和企业流动性保障；二是通过保费补贴、风险分担和信用增进等方式，提高农业企业参与农业保险和巨灾保险的积极性，增强其应对气候灾害风险的能力。

其次，构建分阶段、可转化的适应路径。针对极端降水风险的动态变化特征，农业企业应统筹事前预防、事中应对和事后恢复3个环节。在事前预防方面，应通过优化供应链布局、拓展供应来源和加强基础设施建设等方式降低脆弱性；在事中应对方面，应完善标准化应急预案、定期开展压力测试和健全信息化协同机制，提升企业对突发灾害的快速响应能力；在长期适应方面，以绿色技术创新和生产模式升级为核心，通过发展智慧农业、循环农业和低资源依赖型经营模式，从根本上降低对自然条件波动的敏感性。

最后，建立基于气候风险分级和企业类型差异的精准支持机制。一是对少雨区、多雨区以及复合极端气候频发区域，应优先加强农业基础设施建设、灾害监测预警和适应性技术推广；而对中等风险区域则可更多发挥市场化激励作用，引导企业通过技术升级和组织调整主动提升韧性。二是分类支持不同主营业务的企业，农林牧渔类企业应重点强化农业保险、设施加固和灾后恢复支持；制造类企业则应更多引导其开展供应链重构、绿色技术创新和数字化转型，促进其通过组织调整和能力升级提升韧性。三是依托长期气象数据和区域风险评估结果来构建极端降水风险分级预警体系，并推动财政支持、金融工具及保险政策与风险等级、企业类型动态衔接，以提高政策资源配置的精准性和有效性。

参考文献：

[1]中国气象局. IPCC第六次评估报告第一工作组报告系列解读[EB/OL]. (2021-8-10)[2025-11-01]. http://www.zgqxb.com.cn/2021zt/2021zt/20211115/2020010201/202111/t20211115_587461.html.

[2]OMBADI M, RISSER M D, RHOADES A M, et al. A warming-induced reduction in snow fraction amplifies rainfall extremes [J]. Nature, 2023(7969):305-310.

[3]中国气象局. 近十年我国暴雨变多变强了？大数据揭秘[EB/OL]. (2023-10-12)[2025-11-01]. https://www.cma.gov.cn/ztbd/2023zt/20230324/2023032402/202310/t20231013_5824784.html.

[4]令涛，赵桂芹. 农业保险与农业生产韧性：内在逻辑及实证检验[J]. 华南农业大学学报(社会科学版)，2024(2):94-106.

[5]陈有华，曾梦晴，陈彬. 气候变化对粮食生产韧性的影响——基于作物多样化的调节效应研究[J]. 生态学报，2024(16):6937-6951.

[6]TISCH D, GALBREATH J. Building organizational resilience through sensemaking: the case of climate change and extreme weather events[J]. Business strategy and the environment, 2018(8):1197-1208.

[7]CHEN X, LIN Y, ZHU P. The impact of rainfall on productivity: implications for Chinese manufacturing[J]. Journal of comparative economics, 2025(2):389-411.

[8]汪顺，余璐，雷玲. 气候政策不确定性与中国企业升级困境[J]. 财经研究，2024(2):123-138.

[9]毕超,王菁华. 气候风险如何影响企业成本粘性? [J]. 审计与经济研究,2026(1):94 - 104.
[10]ZHAO Y, ZHANG H. Extreme weather, financial losses, and corporate carbon reduction efficiency[J]. International review of economics & finance, 2025,102:104349.
[11]CHEN S, WANG Z. Climate change and listed agricultural companies' risk-taking[J]. International review of economics & finance, 2025, 99:103961.
[12]王莹,汪皓宇,金宇. 极端气候与企业绿色创新:现实困境与应对机制[J]. 现代财经(天津财经大学学报),2026(1):56 - 73.
[13]刘嫦,夏琴,孙洪锋. 物极必反:极端气候物理风险对企业创新的影响研究[J]. 产业经济评论,2026(2):52 - 71.
[14]葛淳棉,张燧月,常钰苑,等. 气候变化、管理层风险感知和企业创新[J]. 经济学报,2025(1):57 - 76.
[15]CHEN S, LIU S, ZHANG J, et al. The effect of extreme rainfall on corporate financing policies[J]. Journal of economic behavior & organization, 2023, 216: 670 - 685.
[16]宁博,汤旭东,梁师赫,等. 气候物理冲击与企业金融资产配置:来自异常降水的证据[J]. 世界经济,2025(2):196 - 229.
[17]冉明东,郑远,王成龙. 极端气候风险对企业异地投资的影响研究[J]. 管理学报,2024(11):1708 - 1717.
[18]李政,蔡昕雨,李薇. 极端气候地域差异与企业集团内部现金转移——来自暴雨冲击的证据[J]. 金融监管研究,2025(11):56 - 76.
[19]胥文帅,彭剑飞,袁梦,等. 气候风险与企业多元化经营[J/OL]. 运筹与管理,2025 - 10 - 10[2026 - 05 - 06]. https://link.cnki.net/urlid/34.1133.G3.20251009.1448.006.
[20]金绍荣,漆祥洪,熊若宇. ESG 表现与农业企业韧性:影响效应及作用机制[J]. 改革, 2025 (3):124 - 141.
[21]ORTIZ-DE-MANDOJANA N, BANSAL P. The long-term benefits of organizational resilience through sustainable business practices[J]. Strategic management journal, 2016(8):1615 - 1631.
[22]VENTURINI A. Climate change, risk factors and stock returns: a review of the literature[J]. International review of financial analysis, 2022,79:101934.
[23]王帅,甘林针,钟钰. 走向韧性治理:新时代国家粮食安全治理的思维转换与路径选择[J]. 华南农业大学学报(社会科学版),2025(3):1 - 16.
[24]AKHTARUZZAMAN M, BOUBAKER S, SENSOY A. Financial contagion during COVID-19 crisis[J]. Finance research letters, 2021, 38: 101604.
[25]SILVA T C, WILHELM P V B, GUERRA S M, et al. In the eye of the storm: heterogeneous effects of extreme climate events on supply chains[J]. Journal of environmental management, 2026, 397:128244.
[26]AHMAD M F, AKTAS N, CROCI E. Climate risk and deployment of corporate resources to working capital[J]. Economics letters, 2023, 224:111002.
[27]林钟高, 郑军, 卜继栓. 环境不确定性、多元化经营与资本成本[J]. 会计研究, 2015(2):36 - 43.
[28]TCHONKOUANG R D, ONYEAKA H, NKOUTCHOU H. Assessing the vulnerability of food supply chains to climate change-induced disruptions[J]. Science of the total environment, 2024, 920:171047.
[29]HE C, KIM H, HASHIZUME M, et al. The overlooked health impacts of extreme rainfall exposure in 30 East Asian cities[J]. Nature sustainability, 2024(4):423 - 431.
[30]HUANG Q, TIAN L, CHEN Y, et al. The impact of extreme weather on corporate debt financing costs: evidence from China[J]. Applied economics, 2025(59):10469 - 10487.
[31]SU Z, DENG C, FENG Y, et al. Climate risks and corporate supply chain configuration:evidence from China[J]. Research in international business and finance, 2025,76:102852.
[32]宋瑛,付俊治,张驰. 数字技术创新能否提升农业供应链韧性——来自涉农上市企业的经验证据[J]. 中国农村经济,2025(11):83 - 102.
[33]万俊毅,黄骋东. 农业企业参与产业脱贫能提升自身绩效吗? [J]. 农林经济管理学报,2022(6):680 - 688.
[34]黄纪强,甘行琼,刘锋,等. 供应链多元化配置与企业数字化转型[J]. 世界经济研究,2025(4):119 - 133.
[35]LI X, LIU H, WANG Z, et al. Import diversification, market risk co-movement and agri-food supply chain resilience

[J]. China economic review, 2025,93:102483.
[36]GHADGE A, WURTMANN H, SEURING S. Managing climate change risks in global supply chains: a review and research agenda[J]. International journal of production research, 2020(1):44-64.
[37]王玉涛,李杰,叶康涛. 极端天气事件、气候关注与企业绿色创新[J]. 经济管理, 2025(5):65-86.
[38]HOU X, KONG S, XIANG R. Extreme high temperatures and corporate low-carbon actions[J]. Science of the total environment, 2024, 925:171704.
[39]ISSA A, KHADEM A, ALZUBI A, et al. The path from green innovation to supply chain resilience: do structural and dynamic supply chain complexity matter? [J]. Sustainability, 2024(9):3762.
[40]BAI D, DU L, XU Y, et al. Climate policy uncertainty and corporate green innovation: evidence from Chinese a-share listed industrial corporations[J]. Energy economics, 2023,127:107020.
[41]潘玉坤,郭萌萌. 空气污染压力下的企业 ESG 表现[J]. 数量经济技术经济研究,2023(7):112-132.
[42]HANSEN B E. Threshold effects in non-dynamic panels: estimation, testing, and inference[J]. Journal of econometrics, 1999(2):345-368.
[43]KANTUR D, SAY A I. Measuring organizational resilience: a scale development[J]. Journal of business economics and finance, 2015(3):456-472.
[44]魏龙,蔡培民,潘安. 供应链冲击、多元化战略与企业发展韧性——来自中国重大自然灾害的证据[J]. 中国工业经济, 2024(9):118-136.
[45]潘越,柯进军,宁博. 不确定性冲击、政府采购与企业发展韧性[J]. 数量经济技术经济研究, 2024(4): 193-212.
[46]郭晔,赵昊,陈海强. 社会责任承担、利益相关者支持与企业韧性[J]. 世界经济,2025(6):123-155.
[47]LU X, WU R. "Promoting" or "inhibiting": the nonlinear impact of rural digitization on the rural enterprises' resilience[J]. Applied economics, 2025(4):384-401.
[48]王建华,周思思. 耐心资本对农业企业韧性的影响机理与提升路径研究[J]. 理论与改革,2026(2):141-161.
[49]王莹, 陈卫洪. 极端气候、农机作业服务市场与粮食产量——基于13个粮食主产区面板数据的实证分析[J]. 农业技术经济, 2024(10):70-90.
[50]ZHAO Y, DONG L, SUN Y, et al. Extreme precipitation, energy poverty and the moderating effects of digital inclusive finance:evidence from China's householders[J]. Environmental impact assessment review, 2025, 112:107849.
[51]LIEBENEHM S, SCHUMACHER I, STROBL E. Rainfall shocks and risk aversion: evidence from Southeast Asia [J]. American journal of agricultural economics, 2024(1):145-176.
[52]AMODIO F, BACCINI L, CHIOVELLI G, et al. Weather shocks affect trade policy: evidence from preferential trade agreements[J]. American journal of agricultural economics, 2025(2):696-717.
[53]KOTZ M, LEVERMANN A, WENZ L. The effect of rainfall changes on economic production[J]. Nature, 2022 (7892):223-227.
[54]高鹏,万俊毅. 在集群中生长:特色农业产业集群建设与农业企业韧性[J]. 山西财经大学学报,2026(2):88-100.
[55]孙佳哲, 李勇坚. 数字化转型对制造业企业经营绩效的影响[J]. 税务与经济, 2025(3):78-86.
[56]宁静波,苏振坤. 数据要素市场化对产业链韧性的影响研究——基于数据交易平台设立的准自然实验[J]. 产业经济研究,2025(5):43-57.
[57]陈洋林, 吴正平, 张长全, 等. 供应商选择与企业绿色创新[J]. 经济问题, 2024(9):87-94.
[58]陈仪坤, 步丹璐. 农业信息基础设施建设对涉农企业价值的影响——基于"宽带中国"战略的准自然实验[J]. 农业技术经济, 2024(5):126-144.
[59]冯峥,钟坚. 数实融合与企业韧性——来自中国上市公司的证据[J]. 华东经济管理,2025(7):74-83.
[60]张强,李秀芳,侯云峰,等. 气候风险与中老年人心理健康——来自极端降水的证据[J]. 中国人口科学,2025(6):77-92.
[61]王群英,龚道溢. 华北降水资源的变化及其与厄尔尼诺的关系[J]. 自然资源学报,1999(2):8-13.
[62]张鹏飞,赵景波. 50余年来厄尔尼诺-拉尼娜(El Nino/La Nina)事件对山西省气候影响分析[J]. 干旱区资源

与环境,2012(2):74 – 78.
[63]刘钧霆, 董丹丹, 李凯杰, 等. 数字经济赋能企业出口韧性[J]. 财贸研究, 2024(4):28 – 42.
[64]WANG M, LI Y, CAO X. How enterprise climate risk perception affects organizational resilience: a green technology innovation perspective[J]. Stochastic environmental research and risk assessment, 2024(11):4369 – 4391.
[65]刘诗源, 林志帆, 冷志鹏. 税收激励提高企业创新水平了吗? ——基于企业生命周期理论的检验[J]. 经济研究, 2020(6):105 – 121.
[66]卢正文,许康. 数字化转型对企业创新韧性的双重效应研究[J]. 管理学报, 2024(7):1046 – 1055.

Evolutionary Logic of Agricultural Enterprise Resilience Under Extreme Precipitation Shocks

LIANG Fei-yan[a], YANG Ji-bing[a], CHEN You-hua[a,b,c]
(*a. College of Economics and Management*; *b. Guangdong Agricultural Policy Research Center*; *c. Research Center for Agricultural Industry Development*, *South China Agricultural University*, *Guangzhou* 510642, *China*)

Abstract: Climate change has led to increased frequency and intensity of extreme precipitation in China, significantly affecting the stability of agricultural systems. Given the high sensitivity of agricultural enterprises to climatic conditions, investigating the evolution of their resilience and the underlying mechanisms under the impact of extreme precipitation is significant for ensuring sustainable agricultural development. Based on this, this study examines listed agricultural enterprises in China from 2009 to 2022 to reveal the effects of extreme precipitation on their resilience. The findings indicate that extreme precipitation significantly enhances the resilience of agricultural enterprises, and the conclusions are robust. Although extreme precipitation increases operating costs, it also incentivizes enterprises to diversify their suppliers and enhance green technological innovation, thereby improving resilience. However, excessively intense extreme precipitation events as well as compound extreme weather characterized by high temperature and high humidity are detrimental to enterprise resilience. Further analysis reveals that this effect is more pronounced for non-state-owned firms, firms in the growth and maturity stages, manufacturing firms, and those located in moderate-rainfall regions. Accordingly, it is recommended that policymakers refine the toolkit of agricultural policies designed to address the risks of extreme precipitation, establish targeted support mechanisms based on climate risk classifications and differences in enterprise types, and encourage agricultural enterprises to develop phased, convertible adaptation strategies to enhance their resilience.

Key Words: extreme precipitation; agricultural enterprise resilience; supplier diversification; green technological innovation; compound extreme weather

【责任编辑:毛殷】