

气候变化背景下玉米种植北界北移的潜力与风险：基于文献与政策的综合评述

马天军¹ 刘国海² 仲斐友²

1. 李炉乡综合服务中心 吉林 通化 134000

2. 梅河口市康大营镇综合服务中心 吉林 通化 135015

摘要：全球气候变化使农业生产格局改变，温带作物种植边界变化明显，全球第一大粮食作物玉米种植北界在气候变暖下系统性北移。本文梳理国内外相关科研成果，结合农业政策演变，评述其潜在机遇与风险。研究发现，热量资源增加等是北移核心驱动力，理论上能扩大适生区、提升高纬度单产潜力，但也有极端天气频发等复合型风险。当前政策体系初步关注气候韧性农业建设，但在精准识别潜力区等方面存在不足。未来应推动“科学—政策—实践”一体化框架，通过加强基础研究、优化品种布局等举措，实现玉米生产系统可持续转型，保障粮食安全并规避气候风险。

关键词：气候变化；玉米；种植北界；北移；粮食安全；农业政策

引言

21 世纪以来，全球平均气温持续攀升，极端气候事件发生频率与强度显著增加，对全球粮食生产系统构成前所未有的挑战。作为对温度敏感的 C4 作物，玉米的生长发育、产量形成及地理分布格局对气候变化响应尤为敏感。在中国，玉米不仅是重要的口粮、饲料粮和工业原料，更是保障国家粮食安全的战略性作物。近年来，大量观测数据与模型模拟研究均指向一个共同趋势：中国乃至全球中高纬度地区的玉米种植北界正在发生显著且持续的北移。这一现象既是气候变化的直接后果，也蕴含着调整农业生产布局、挖掘新增产能的巨大潜力。然而，潜力的背后潜藏着复杂的系统性风险。单纯将“北移”视为利好，忽视其伴随的不确定性与脆弱性，可能导致农业生产决策失误，甚至引发生态环境退化与社会经济问题。因此，亟需超越单一维度的潜力分析，构建一个融合自然地理、农学、经济学与公共政策的多维分析框架，全面审视玉米种植北界北移的双面性。

1 玉米种植北界北移的科学事实与驱动机制

1.1 观测证据与历史变迁

大量基于气象站点数据、遥感影像和农业统计年鉴的研究证实了玉米种植北界的北移趋势。在中国东北地区，这一现象尤为突出。研究表明，自 20 世纪 80 年代以来，黑龙江省玉米种植面积持续向北扩张，传统上被视为玉米种植禁区的大兴安岭地区部分县市，如今已成功试种并推广早熟玉米品种。类似地，在内蒙古东部、吉林西部等地区，玉米的播种界限亦明显北推。国际上，

在加拿大草原三省、俄罗斯西伯利亚南部等地，也观察到了相似的北扩现象。

这种北移并非线性匀速，而是呈现出加速态势。进入 21 世纪后，随着全球变暖速率加快，北移的速度和范围均有所扩大。这表明气候变化对农业生产的边际效应正在增强。

1.2 核心驱动因子：热量资源的重新分配

玉米种植北界北移的根本驱动力在于气候变暖导致的热量资源时空格局重构。首先，活动积温（ $\geq 10^{\circ}\text{C}$ ）显著增加。玉米完成其生命周期需要累积一定的有效积温。气候变暖使得高纬度、高海拔地区的年积温总量大幅提升，原本因热量不足而无法满足玉米成熟所需积温的区域，如今具备了种植条件。例如，东北地区近几十年的积温带普遍北移了 1-2 个纬度。其次，无霜期（Frost-free Period）显著延长。晚霜结束日期提前，初霜开始日期推迟，共同作用使得作物可安全生长的窗口期延长^[1]。这对于生育期相对较长的玉米而言至关重要，为其在更北地区完成灌浆成熟提供了时间保障。最后，生长季平均气温升高。较高的日均温可以加速玉米的出苗、拔节、抽雄等关键物候进程，缩短各生育阶段所需天数，从而在有限的生长季内完成整个生命周期。这些热量因子的协同改善，共同构成了玉米种植北界北移的物理基础。

2 北移带来的潜在机遇

2.1 扩大适生区面积，增加总产潜力

最直观的机遇在于可耕作土地的增加。北移使得原本不适合种植玉米的边际土地被纳入生产体系。据模型估算,到本世纪中叶,在中等排放情景(RCP4.5)下,中国东北地区适宜玉米种植的土地面积可能增加数万至数十万平方公里。这为国家层面的粮食产能储备提供了新的战略空间。

2.2 提升高纬度地区单产水平

在传统玉米主产区,高温胁迫、干旱等已成为限制单产进一步提升的瓶颈。而在新拓展的北部区域,夏季气候相对凉爽湿润,光温水组合可能更为理想,尤其是在不发生极端事件的年份,玉米单产有望达到甚至超过全国平均水平。此外,新垦区土壤有机质含量通常较高,初始肥力好,也为高产奠定了基础。

2.3 优化全国玉米生产布局

北移有助于分散生产风险。将部分产能从易受南方洪涝、华北干旱等灾害影响的传统主产区,战略性地转移到气候相对稳定的东北北部,可以构建更具韧性的全国玉米生产网络。这种空间上的再平衡,对于应对区域性气候冲击、保障供应链稳定具有重要意义。

3 北移伴生的多重风险与挑战

3.1 极端气候事件的放大效应

气候变暖不仅带来平均态的改变,更显著增加了极端天气事件的发生概率。新拓展的北部玉米区,虽然平均气候条件改善,但其生态系统更为脆弱,对极端事件的缓冲能力较弱。春季升温快而降水滞后,极易引发春旱,严重影响播种质量和出苗率;夏季也可能出现阶段性高温少雨,造成“卡脖子旱”,抑制玉米穗分化与灌浆。尽管无霜期总体延长,但气候系统的不稳定性增加,秋季突发性的强冷空气仍可能导致早霜,使尚未完全成熟的玉米遭受冻害,造成严重减产甚至绝收^[2]。此外,短时强降水事件增多,可能导致低洼地块积水内涝,影响根系呼吸,甚至造成植株倒伏。这些极端事件在新垦区往往缺乏历史应对经验,其破坏力被显著放大。

3.2 水土资源匹配失衡

热量是北移的前提,但水分是高产的保障。许多潜在北移区面临“有热无水”或“水热不同期”的困境。东北部分地区,尤其是西部,本身属于半干旱、半湿润区,农业用水主要依赖地下水和有限的地表水。大规模扩种玉米将加剧水资源压力,可能导致地下水超采、河流断流等生态问题。新垦区土壤类型多样,可能存在土层薄、砾石多、pH值不适等问题。此外,长期免耕或不

当耕作可能导致土壤结构退化,影响玉米根系发育。

3.3 生物胁迫压力剧增

气候变暖为病虫害的越冬、繁殖和扩散创造了有利条件。玉米螟、草地贪夜蛾、大斑病、小斑病等主要病虫害的分布范围随温度升高而向北扩展。新玉米区由于缺乏有效的天敌种群和成熟的防控经验,一旦遭遇病虫害侵袭,往往措手不及,损失巨大。温暖的气候同样利于杂草生长,使其与玉米争夺光、温、水、肥资源,不仅降低产量,还大幅增加田间管理成本。生物胁迫的北迁与本地生态系统的脆弱性相结合,构成了对新垦玉米区稳产高产的重大威胁。

3.4 品种与技术的适应性滞后

现有的玉米品种主要是为传统主产区选育的,其生育期、抗逆性、光温反应特性未必适合新环境。若盲目引种生育期过长的品种,可能遭遇早霜而无法成熟;而生育期过短的品种,则无法充分利用当地的光热资源,导致产量潜力无法发挥。这种品种错配风险在缺乏系统试验和本地化验证的情况下尤为突出。与此同时,新区域的播种、施肥、灌溉、收获等农艺措施缺乏针对性研究,技术推广体系也不健全,农民面临“不会种、种不好”的困境。技术创新与推广的滞后,使得北移的理论潜力难以转化为现实生产力。

3.5 社会经济与制度性障碍

北移不仅是自然过程,更是社会经济过程。新垦区往往地处偏远,农田水利、仓储物流、加工等基础设施薄弱,制约了规模化生产和市场对接,增加了交易成本。农民扩种决策高度依赖价格信号和政策补贴,若缺乏长期稳定的政策预期,可能导致盲目跟风或投资不足,加剧市场波动^[3]。更为重要的是,在生态脆弱区(如湿地边缘、林地)开垦耕地用于玉米种植,可能引发生物多样性丧失、碳汇功能下降等负面生态后果,与国家生态文明建设和“双碳”目标相悖。如何在保障粮食安全与保护生态环境之间取得平衡,是北移进程中必须面对的深层次制度性挑战。

4 政策响应与治理框架评析

4.1 现有政策举措

《国家适应气候变化战略2035》明确提出要“优化农业生产布局,调整种植结构”,并“加强气候变化对粮食安全影响的监测评估”。高标准农田建设政策向东北等潜力区倾斜,旨在通过改善基础设施提升抗灾能力。种业振兴行动强调培育耐逆、广适、宜机收的突破性玉米新品种,以应对气候变化挑战。农业保险覆盖面

不断扩大,特别是针对气象指数保险的试点,为农户提供了基本的风险兜底。

4.2 政策体系的局限性

尽管方向正确,但现有政策在应对北移问题上仍存在明显不足:(1)静态视角主导:多数规划仍基于历史气候数据,缺乏对气候动态变化及其不确定性的充分考量,难以指导长期、前瞻性的布局调整。(2)部门分割:农业、气象、水利、自然资源、生态环境等部门间信息共享与协同决策机制不畅,导致政策合力不足。例如,农业部门鼓励扩种,而生态环境部门则担忧生态红线被突破。(3)基层执行能力薄弱:政策在“最后一公里”落地时,常因地方技术力量、资金投入不足而打折扣,难以精准服务新型经营主体和小农户。(4)风险预警与应急体系不健全:对北移区特有的气候风险(如早霜、局地暴雨)缺乏精细化的监测预警和快速响应机制。

5 综合策略与未来展望

5.1 强化基础科学研究与动态评估

为科学引导北移进程,必须强化基础科学研究与动态评估能力。应建立高分辨率的潜力-风险耦合评估模型,整合多源数据(气象、土壤、遥感、社会经济),动态模拟不同气候情景下玉米北移的适宜区、产量潜力及主要风险点,为政策制定提供实时、精准的科学依据。同时,应在典型北移前沿区设立长期定位观测试验站,系统研究玉米-土壤-气候互作机制,深入揭示新环境下产量形成的限制因子与调控途径,为品种选育和技术集成提供坚实的理论支撑。

5.2 推动精准化、差异化的政策设计

政策设计应摒弃“一刀切”模式,转向精准化、差异化管理。可依据生态适宜性与风险等级,将潜在北移区分成“优先发展区”、“谨慎开发区”和“生态保护区”,制定差异化的土地利用、水资源管理和生态保护政策,确保开发活动在生态承载力范围内进行。同时,应构建动态调整的补贴与保险机制,将农业补贴与气候风险挂钩,激励采用保护性耕作等气候智慧型农业技术^[4]。大力发展基于大数据和物联网的定制化农业保险产品,实现从“灾后补偿”向“灾前预防”和“过程保障”的转变。

5.3 加速技术创新与推广应用

技术创新是释放北移潜力的关键。应重点开展定向育种,选育极早熟、耐低温、抗穗腐、抗倒伏的专用玉米品种,以匹配新垦区独特的气候条件。在此基础上,集成推广节水灌溉、秸秆还田、测土配方施肥、病虫害绿色防控等绿色高效技术模式,提升资源利用效率和系统韧性。同时,应加快建设数字农业平台,利用遥感、物联网、人工智能等技术,为农户提供从播种到收获的全程精准化决策支持服务,弥合技术供给与农户需求之间的鸿沟。

5.4 深化跨部门协同与国际合作

有效应对北移挑战需要打破部门壁垒,深化协同治理。应建立国家级的农业气候适应协调机构,统筹农业、气象、水利、生态等多部门力量,实现规划、监测、评估与应急响应的一体化。同时,应积极参与全球气候智慧型农业合作,主动借鉴加拿大、北欧等国在高纬度农业开发、风险预警与生态管理方面的先进经验,将国际智慧融入本土实践,共同提升全球粮食系统的气候韧性。

6 结语

气候变化促使玉米种植北界北移,这是农业生产空间的重构,机遇与风险并存,并非单纯的利好或灾难。综合评述显示,热量资源增加为扩大玉米生产、保障粮食安全提供新路径,但极端气候、水土失衡等多重风险带来严峻挑战。当前政策体系虽已起步,却难以应对这一动态复杂的变革。未来不能秉持简单“扩张”思维,而应转向“适应性管理”范式。这需要以扎实科研为基础,用精准灵活政策作支撑,靠持续技术创新来驱动,借高效跨域协同作保障。如此,才能在气候变化浪潮中,驾驭好玉米种植北界北移这艘“航船”,抵达国家粮食安全与农业可持续发展的目标“彼岸”。

参考文献

- [1] 王艳菊. 气候变化对玉米种植布局的影响及适应性种植技术研究 [J]. 农业开发与装备, 2024, (10): 166-168.
- [2] 崔红雷. 基于气候变化预测模型的小麦和玉米种植策略调整研究 [J]. 种子科技, 2025, 43(13): 20-22.
- [3] 陈亦玲, 咎糈莉, 牟妍桦, 等. 气候变化下东北玉米种植风险及适宜品种空间布局分析 [J]. 中国农业信息, 2023, 35(05): 48-62.
- [4] 孟亚轩, 巴永梅, 孙颖琦, 等. 气候变化对玉米种植区域的影响浅析 [J]. 农业与技术, 2020, 40(21): 109-111.