

# 气候变化下水稻抗高温热害栽培技术筛选与应用

李富强 余欣坤

德钦县叶枝镇农业农村发展服务中心

DOI:10.32629/as.v9i3.3772

**[摘要]** 在全球气候变暖的大背景下,极端高温天气频繁出现,对水稻生产构成了极其严重的威胁。本文聚焦于滇西北横断山脉的叶枝镇,深入结合当地独特的气候特征以及水稻种植的实际情况,系统且全面地分析了高温热害对水稻生长发育产生影响的内在机制。通过大量的研究与实践,筛选出了一套适用于高海拔地区的抗高温栽培技术体系,并借助田间试验对其有效性进行了严格验证。研究表明,通过品种优化、科学的水分调控、合理的养分管理以及综合农艺措施的集成应用,能够显著降低高温热害对水稻产量的负面影响,为在气候变化背景下保障粮食安全提供了坚实的技术支撑。

**[关键词]** 气候变化; 高温热害; 水稻栽培; 抗逆技术; 叶枝镇

中图分类号: S883.82 文献标识码: A

## Screening and Application of Cultivation Techniques for Rice Heat Resistance under Climate Change

Fuqiang Li Xinkun Yu

Agricultural and Rural Development Service Center of Yezhi Town, Deqin County

**[Abstract]** Against the backdrop of global warming, extreme high-temperature weather occurs frequently, posing an extremely serious threat to rice production. This paper focuses on Yezhi Town in the Hengduan Mountains of northwest Yunnan Province, deeply integrating the unique local climate characteristics and the actual situation of rice cultivation, and systematically and comprehensively analyzes the internal mechanism by which high-temperature heat damage affects the growth and development of rice. Through extensive research and practice, a set of high-altitude-applicable high-temperature-resistant cultivation technology systems has been screened out, and their effectiveness has been strictly verified through field experiments. The research results show that through variety optimization, scientific water management, reasonable nutrient management, and the integrated application of comprehensive agronomic measures, the negative impact of high-temperature heat damage on rice yield can be significantly reduced, providing a solid technical support for ensuring food security in the context of climate change.

**[Key words]** Climate change; High-temperature heat damage; Rice cultivation; Stress-resistant technology; Yezhi Town

### 引言

全球气候变暖已成为不争的事实,这一变化导致极端高温事件愈发频繁地发生,对农业生产带来了前所未有的严峻挑战。水稻作为全球最重要的粮食作物之一,在保障全球粮食安全方面占据着举足轻重的地位。然而,水稻的生长发育对温度极为敏感,其各个生长阶段都有适宜的温度范围,一旦超出这个范围,就会对其生长产生不利影响。

高温热害对水稻的危害是多方面的。在生理层面,高温会破坏水稻体内的生理平衡,影响光合作用、呼吸作用等正常生理过程;在生殖层面,高温会导致水稻花粉活力下降、结实率降低、

千粒重减轻等严重问题,最终引发减产甚至绝收。例如,在一些遭受严重高温热害的地区,水稻产量大幅下降,给当地农民带来了巨大的经济损失,也对粮食供应安全构成了威胁。

叶枝镇地处滇西北横断山脉,其独特的地理位置造就了复杂多样的气候条件。该镇海拔跨度极大,从1740米到4880米不等,气候垂直分异十分显著。夏季时,这里常常出现高温与干旱叠加的恶劣天气,这种气候条件对水稻生产构成了严峻挑战。

### 1 叶枝镇气候特征与水稻种植现状

#### 1.1 气候特征

叶枝镇属于低纬高原季风气候,这种气候类型具有鲜明的特点。

首先,海拔跨度大是其显著特征之一。境内最高海拔达到4880米,最低海拔仅为1740米,如此巨大的海拔落差使得气候垂直分异极为显著。水稻作为一种对气候条件较为敏感的作物,其种植区主要分布在海拔2000-2600米的河谷地带。在这个海拔范围内,气候条件相对适宜水稻生长,既能够满足水稻对温度、光照等基本生长要素的需求,又能够在一定程度上避免过高或过低海拔带来的不利影响。

其次,夏季高温干旱是叶枝镇气候的又一突出特点。受副热带高压的影响,每年的7-8月常常出现持续性高温天气。在这个时间段内,日均温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 的天数多达15-20天。与此同时,降水偏少,使得土壤水分蒸发加快,容易引发农业干旱。高温干旱的叠加效应对水稻生长极为不利,在水稻生长的关键时期,如孕穗期、抽穗扬花期等,高温干旱会导致水稻生理机能紊乱,影响花粉发育和受精过程,进而降低结实率和产量。

此外,叶枝镇昼夜温差大也是一个重要特征。日温差可达15-20 $^{\circ}\text{C}$ ,较大的昼夜温差在一定程度上有利于水稻有机质的积累。白天高温时光合作用强烈,能够合成大量的有机物质;夜晚低温时呼吸作用减弱,消耗的有机物质减少,从而使得更多的有机物质得以积累在水稻体内,有利于提高水稻的品质。然而,夜间低温也可能延缓高温热害的恢复进程。当水稻在白天遭受高温热害后,夜间低温不利于其体内生理机能的恢复,使得水稻需要更长的时间来修复受损的细胞和组织,从而影响其正常的生长发育。

### 1.2 水稻种植现状

#### 1.2.1 种植规模与品种

截至2025年,叶枝镇水稻种植面积为3166亩。主栽品种为“滇禾优34”和“楚粳28”,这两个品种均为粳稻品种。粳稻具有耐寒性强、适应性广的特点,能够在叶枝镇相对复杂的气候条件下较好地生长。它们对低温有一定的耐受能力,在春季播种时能够较好地抵御倒春寒等低温天气的影响;同时,其适应性广,能够在不同类型的土壤和气候环境中生长,为当地水稻的稳定生产提供了一定的保障。

#### 1.2.2 产量表现

2025年叶枝镇秋粮总产量为8573吨,其中水稻单产约2.7公斤/亩。与全国平均水平4.7公斤/亩相比,叶枝镇的水稻单产明显较低。经过深入分析发现,高温热害是制约当地水稻产量提升的关键因素之一。在夏季高温干旱的天气条件下,水稻生长受到严重影响,导致结实率降低、千粒重减轻,最终使得产量大幅下降。此外,当地的水稻种植技术相对落后,品种老化等问题也在一定程度上影响了水稻的产量。

#### 1.2.3 技术需求

近年来,当地农技推广体系逐步完善,为农民提供了更多的技术支持和服务。化肥农药减量增效示范项目覆盖了500亩水稻田,通过推广科学施肥和绿色防控技术,在一定程度上减少了化

肥农药的使用量,降低了对环境的污染,同时也提高了水稻的品质。然而,在抗高温栽培技术方面,当地仍需进一步优化。目前,农民在应对高温热害时缺乏有效的技术手段,往往只能被动承受高温带来的损失。因此,加强对抗高温栽培技术的研发和推广,提高农民应对高温热害的能力,是当前叶枝镇水稻生产亟待解决的问题。

## 2 高温热害对水稻生长发育的影响机制

### 2.1 生理生化损伤

#### 2.1.1 光合作用抑制

光合作用是水稻生长过程中最重要的生理过程之一,它为水稻的生长发育提供了所需的能量和物质。然而,高温会对水稻的光合作用产生显著的抑制作用。当温度升高时,水稻叶片的气孔会关闭,以减少水分的蒸发。气孔关闭导致二氧化碳供应不足,而二氧化碳是光合作用的重要原料之一,其供应不足会直接导致光合速率下降。光合速率下降意味着水稻合成有机物质的能力减弱,同化产物积累减少,从而影响水稻的生长和发育。例如,在高温天气下,水稻叶片会逐渐变黄,生长缓慢,这就是光合作用受到抑制的直观表现。

#### 2.1.2 呼吸作用增强

与光合作用相反,高温会加速水稻的呼吸作用。呼吸作用是水稻体内物质分解和能量释放的过程,在高温条件下,呼吸酶的活性增强,呼吸作用加快。呼吸作用增强会消耗更多的光合产物,而此时光合作用已经受到抑制,光合产物的合成减少。这就导致了水稻体内“入不敷出”的局面,使得用于籽粒灌浆等生长过程的物质和能量减少,从而影响水稻的产量和品质。

#### 2.1.3 膜脂过氧化

高温还会诱导水稻体内活性氧(ROS)的积累。活性氧是一类具有高度活性的氧化物质,在正常情况下,水稻体内存在一套抗氧化系统,能够及时清除活性氧,维持体内氧化还原平衡。然而,在高温条件下,活性氧的产生速度超过了抗氧化系统的清除能力,导致活性氧在体内大量积累。活性氧会攻击细胞膜中的不饱和脂肪酸,引发膜脂过氧化反应。膜脂过氧化会破坏细胞膜的结构,导致细胞膜的通透性增加,电解质渗漏,细胞功能丧失。细胞是水稻生命活动的基本单位,细胞功能的丧失会严重影响水稻的正常生长发育,甚至导致细胞死亡。

### 2.2 生殖发育障碍

#### 2.2.1 花粉活力下降

孕穗期是水稻生殖生长的关键时期,此时高温( $\geq 35^{\circ}\text{C}$ )会对花粉的发育产生严重影响。高温会导致花粉母细胞减数分裂异常,使得染色体分离不正确,产生畸形花粉粒。畸形花粉粒的活力明显降低,无法正常完成受精过程。研究表明,在高温条件下,花粉粒的畸形率会显著增加,花粉活力大幅下降,从而影响水稻的结实率。

#### 2.2.2 散粉受阻

抽穗扬花期是水稻受精的关键时期,此时高温会影响花药的开裂和花粉的散落。花药是产生花粉的器官,在正常情况下,

花药会在适宜的温度条件下开裂,将花粉散落出来,完成授粉过程。然而,高温会导致花药壁的细胞结构发生变化,影响花药的正常开裂。同时,高温还会使花粉的黏性增加,不利于花粉的散落和传播,导致受精率下降。

### 2.2.3 籽粒灌浆不足

籽粒灌浆是水稻产量形成的关键过程,高温会加速籽粒的呼吸作用。呼吸作用加快会消耗更多的有机物质,使得用于籽粒灌浆的物质减少。同时,高温还会缩短灌浆时间,使得籽粒没有足够的时间积累有机物质,导致千粒重减轻。千粒重是衡量水稻产量和品质的重要指标之一,千粒重减轻会直接影响水稻的产量和市场价值。

### 2.3 产量构成因素

高温热害对水稻产量的影响是多方面的,主要体现在结实率、千粒重等产量构成因素上。

在结实率方面,高温热害会导致水稻结实率降低10%-30%。这是由于高温影响了花粉的发育和受精过程,使得部分花粉无法正常完成受精,从而导致空粒增多,结实率下降。

千粒重也会受到高温热害的影响而下降5%-15%。高温加速了籽粒的呼吸作用,缩短了灌浆时间,使得籽粒内的有机物质积累不足,千粒重减轻。

综合以上因素,高温热害最终会导致水稻减产15%-40%,在严重的情况下甚至会导致绝收。例如,在一些遭受极端高温热害的年份,部分地区的水稻产量大幅下降,给农民带来了巨大的经济损失,也对当地的粮食供应安全构成了严重威胁。

## 3 田间试验与效果验证

### 3.1 试验设计

为了验证抗高温栽培技术的有效性,在叶枝镇保那村设置了500亩化肥农药减量增效示范田。示范田设置了以下三个处理:

T1为常规栽培(CK),采用当地传统的种植方式和管理方法;

T2采用耐热品种+水分调控+科学施肥的组合技术;

T3采用耐热品种+水分调控+科学施肥+叶面喷肥的综合技术。

通过对比不同处理的产量和抗逆性等指标,评估抗高温栽培技术的效果。

### 3.2 结果分析

#### 3.2.1 产量表现

经过一年的试验观察,三个处理的产量表现差异显著。T1平均单产为2.5公斤/亩,这是采用常规栽培方式的结果,由于缺乏有效的抗高温措施,在高温热害的影响下产量较低。T2平均单产为2.9公斤/亩,较CK增产16%。这表明采用耐热品种、水分调控和科学施肥的组合技术能够在一定程度上提高水稻的产量,减轻高温热害的影响。T3平均单产为3.2公斤/亩,较CK增产28%。

这说明在T2的基础上增加叶面喷肥措施,能够进一步提高水稻的抗逆能力和产量,综合抗高温栽培技术的效果更为显著。

#### 3.2.2 抗逆性提升

除了产量指标外,还对不同处理的抗逆性进行了评估。T3处理在抗逆性方面表现出明显优势,其结实率提高12%,千粒重增加8%。这表明综合抗高温栽培技术能够改善水稻的生殖生长条件,提高花粉活力和受精率,增加籽粒的灌浆时间,从而提高结实率和千粒重。高温期间叶片保绿率提高20%,功能叶寿命延长5-7天。功能叶是水稻进行光合作用的主要器官,其寿命的延长意味着光合作用时间的增加,能够为水稻生长提供更多的有机物质,增强水稻的抗逆能力。

## 4 结论与建议

### 4.1 结论

(1)气候变化背景下,高温热害已成为制约叶枝镇水稻生产的主要障碍之一。(2)通过品种优化、水分调控、养分管理及综合农艺措施的集成应用,可显著降低高温热害对水稻产量的影响。(3)耐热品种“滇禾优34”“楚粳28”与水分调控技术的组合应用效果最佳,建议作为当地抗高温栽培的主推技术。

### 4.2 建议

(1)加强耐热品种选育:针对高海拔地区气候特点,选育更多耐热性强、适应性广的水稻品种。(2)完善农业基础设施:推广喷灌设施与智能监测系统,提高水分调控的精准性与时效性。(3)强化农技推广服务:通过田间示范、技术培训等方式,提高农户对抗高温栽培技术的认知与接受度。(4)政策支持与保障:制定高温灾害补贴政策,鼓励农户采用抗逆栽培技术,降低生产风险。

### [参考文献]

[1]徐富贤,张林,周兴兵,等.中国杂交水稻育种理论与栽培规律的进展及其趋势[J].西南农业学报,2025,38(12):2537-2552.

[2]倪石梅.基于机器学习的水稻洪涝灾害监测与预警方法研究[D].南京林业大学,2025.

[3]薛媛元.高温胁迫对带状复合种植大豆开花结荚及产量形成的影响[D].四川农业大学,2025.

[4]张文龙,时红,才硕,等.水稻干旱时空演变规律及其补偿效应研究进展[J].江苏农业科学,2024,52(12):8-17.

[5]彭安春.开放式增温与施氮量对水稻产量及氮素利用的影响[D].南京农业大学,2023.

[6]刘进,崔迪,余丽琴,等.水稻苗期耐热种质资源筛选及QTL定位[J].中国水稻科学,2022,36(03):259-268.

### 作者简介:

李富强(1991--),男,傣族,云南维西人,本科,职称:农艺师,研究方向:农业技术推广。