

# 马铃薯块茎形成期温度胁迫的生理响应及缓解措施分析

刘贤美 刘洪\* 王祖文 倪燕莲

云南省会泽县娜姑镇农业农村发展服务中心

DOI:10.32629/as.v9i3.3776

**[摘要]** 马铃薯块茎形成期是产量与品质形成的关键阶段,对温度变化极为敏感。云南省娜姑镇属南温带高原季风气候,立体气候显著,马铃薯种植期易遭遇高低温胁迫,制约了产业发展。本研究结合娜姑镇气候特征与马铃薯种植实际,系统分析块茎形成期高温、低温胁迫下马铃薯的生理响应机制,包括光合作用、物质代谢、抗氧化系统等方面的变化,并提出品种筛选、农艺调控、水肥管理等针对性缓解措施,旨在为娜姑镇马铃薯优质高产栽培提供理论支撑与实践指导。

**[关键词]** 马铃薯; 块茎形成期; 温度胁迫; 生理响应; 缓解措施; 娜姑镇

中图分类号: S532 文献标识码: A

## Analysis of Physiological Responses and Mitigation Measures to Temperature Stress during the Tuber Formation Period of Potatoes

Xianmei Liu Hong Liu\* Zuwen Wang Yanlian Ni

Agricultural and Rural Development Service Center, Nagu Town, Ze County, Yunnan Province

**[Abstract]** The tuber formation period of potatoes is a crucial stage for the formation of yield and quality, and is extremely sensitive to temperature changes. Nagu Town in Yunnan Province has a subtropical plateau monsoon climate with a distinct three-dimensional climate. During the potato planting period, it is prone to high and low temperature stress, which restricts the development of the industry. This study, in combination with the climatic characteristics of Nagu Town and the actual situation of potato cultivation, systematically analyzed the physiological response mechanisms of potatoes under high and low temperature stress during the tuber formation period, including changes in photosynthesis, material metabolism, and antioxidant systems, and proposed targeted mitigation measures such as variety screening, agronomic regulation, and water and fertilizer management. It aims to provide theoretical support and practical guidance for the high-quality and high-yield cultivation of potatoes in Nagu Town.

**[Key words]** Potato Tuber formation period; Temperature stress; Physiological response; Mitigation measures; Nagu Town

### 引言

马铃薯是云南省重要粮经作物,对保障粮食安全、促进农业经济发展意义重大。娜姑镇位于曲靖市会泽县,属南温带高原季风气候,立体气候显著,不同海拔温度差异大,其马铃薯种植面积广,是当地支柱产业。但马铃薯块茎形成期(播种后30-60天)常遇异常高低温胁迫,低海拔夏季午后气温超30℃,高海拔冬季夜间气温低于5℃,均超出15-20℃适宜范围,导致块茎发育受阻、减产超30%。当前马铃薯温度胁迫研究较多,但针对娜姑镇特殊立体气候的专项研究匮乏<sup>[1]</sup>。因此,明确该区域块茎形成期温度胁迫生理响应规律、构建缓解技术体系对提升当地马铃薯产量品质、推动产业高质量发展具有重要意义。

### 1 娜姑镇马铃薯块茎形成期温度胁迫特征

#### 1.1 高温胁迫特征

娜姑镇夏季受西南季风影响,低海拔区域(海拔1600-1800米)6-8月常出现持续高温天气,日均温超过25℃,最高温可达32℃,且高温时段多伴随强光,形成高温强光复合胁迫。马铃薯块茎形成期若遭遇持续3天以上高温,会显著抑制块茎分化。据调查,娜姑镇低海拔区域高温年份马铃薯单株块茎数较正常年份减少2~3个,商品薯率下降15%-20%。

#### 1.2 低温胁迫特征

娜姑镇高海拔区域(海拔2200-2800米)春季4-5月、秋季9-10月易出现倒春寒、早霜等低温天气,夜间气温常降至5℃以下,最低可达0℃。马铃薯块茎形成期遭遇低温胁迫,会导致细胞

结冰损伤,块茎膨大停滞。高海拔区域低温灾害年份马铃薯块茎产量较正常年份减产25%~35%,且块茎易出现空心、畸形等品质问题<sup>[2]</sup>。

## 2 马铃薯块茎形成期温度胁迫的生理响应

### 2.1 光合作用系统损伤

温度胁迫首先破坏马铃薯光合机构稳定性,高温胁迫下,娜姑镇主栽马铃薯品种“会薯304号”叶片叶绿素a、叶绿素b含量显著下降,高温(30℃)处理7天后叶绿素总量较对照(20℃)降低32.6%,类胡萝卜素含量下降21.3%,导致光反应效率降低。同时,高温会抑制Rubisco酶活性,暗反应受阻,净光合速率下降45.8%,光合产物积累不足。低温胁迫(5℃)下马铃薯叶片气孔导度显著降低,胞间CO<sub>2</sub>浓度升高,出现“光合抑制”现象。低温会损伤类囊体膜结构,导致PS II反应中心受损,电子传递链中断,光合磷酸化效率下降,净光合速率较对照降低51.2%。此外,低温还会导致叶片早衰,光合功能期缩短,进一步减少光合产物供给。

### 2.2 物质代谢紊乱

块茎形成期是光合产物向块茎转运积累的关键阶段,温度胁迫会打破物质代谢平衡。高温胁迫下马铃薯叶片可溶性糖、淀粉含量降低,而茎秆中可溶性糖积累量增加38.7%,表明光合产物转运受阻,无法正常向块茎分配。同时,高温会促进蛋白质降解,游离氨基酸含量升高,植株氮代谢紊乱,影响块茎蛋白质合成。

低温胁迫下,马铃薯植株淀粉合成酶活性降低,块茎中淀粉积累量减少28.5%,而可溶性糖、脯氨酸等渗透调节物质含量显著升高。脯氨酸作为重要的低温保护物质,低温处理后含量较对照升高67.2%,通过降低细胞渗透势,维持细胞水分平衡,但过量积累会消耗大量能量,影响块茎生长<sup>[3]</sup>。

### 2.3 抗氧化系统失衡

温度胁迫会诱导马铃薯体内活性氧(ROS)大量产生,引发氧化损伤,高温胁迫下,“会薯304号”叶片超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性先升高后降低,高温处理5天后三种酶活性分别较对照升高23.5%、18.7%、20.1%,但处理10天后活性显著下降,分别降低31.2%、27.5%、29.8%,导致过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)、丙二醛(MDA)大量积累。MDA作为膜脂过氧化产物,高温处理10天后含量较对照升高89.6%,细胞膜通透性增加,细胞内物质外渗,植株抗逆性下降。低温胁迫下马铃薯植株抗氧化酶系统同样会出现应激响应,SOD、POD活性在低温处理3天后达到峰值,较对照升高42.3%、35.6%,但持续低温会抑制酶合成,处理7天后酶活性显著降低,ROS清除能力下降,细胞膜损伤加重,叶片出现黄化、萎蔫症状。

### 2.4 激素调节紊乱

温度胁迫会打破马铃薯体内激素平衡,影响块茎形成信号传导,高温胁迫下植株赤霉素(GA<sub>3</sub>)含量升高36.8%,生长素(IAA)含量降低29.4%,细胞分裂素(CTK)含量降低41.2%。GA<sub>3</sub>过量会抑制块茎分化,IAA、CTK不足则影响块茎细胞分裂与膨大,导致块茎形成延迟。低温胁迫下,脱落酸(ABA)含量显著升高,较对照增

加78.5%,ABA积累会促进叶片衰老,抑制光合产物转运,同时抑制CTK合成,块茎膨大速率下降<sup>[4]</sup>。

## 3 娜姑镇马铃薯块茎形成期温度胁迫缓解措施

### 3.1 筛选适宜抗逆品种

结合娜姑镇立体气候特点,分区筛选抗逆品种是缓解温度胁迫的基础。低海拔高温区域优先推广耐高温品种,如“会薯16号”“会薯17号”,这些品种在30℃高温下仍能保持较高的光合效率,块茎形成率较普通品种高25%以上;高海拔低温区域推广耐寒品种,如“会薯19号”,其在5℃低温下脯氨酸积累量高,细胞膜稳定性强,块茎畸形率低。同时,建议当地农业部门与科研机构合作,培育针对性适应娜姑镇气候的专用品种。

### 3.2 优化农艺调控措施

合理调整播种期,根据不同海拔区域温度变化规律,优化播种时间,避开温度胁迫高峰。低海拔区域将播种期提前至3月上旬,使块茎形成期避开7-8月高温;高海拔区域推迟至5月中旬,避开4-5月倒春寒,确保块茎形成期处于15-20℃适宜温度范围。同时,采用覆盖栽培技术,低海拔高温区域采用遮阳网覆盖栽培,选择30%遮光率的遮阳网,可降低田间温度3-5℃,减少强光高温伤害;高海拔低温区域采用地膜覆盖,选用黑色地膜,可提高地温2-3℃,保持土壤湿度,促进块茎分化。此外,高海拔区域还可采用秸秆覆盖,厚度5-8厘米,既能保温,又能减少土壤水分蒸发。此外,合理密植与植株调控,低海拔区域适当增加种植密度,每亩种植4000-4500株,利用群体遮阴降低植株温度;高海拔区域每亩种植3500-4000株,保证植株通风透光,提高群体抗寒能力。块茎形成期及时打顶摘心,控制植株徒长,促进光合产物向块茎转运<sup>[5]</sup>。

### 3.3 科学水肥管理

精准施肥,增施有机肥,每亩施腐熟农家肥2000-3000公斤,提高土壤肥力与保水保肥能力。高温胁迫前增施钾肥,每亩施硫酸钾15-20公斤,提高植株抗氧化能力;低温胁迫前增施磷钾肥,每亩施过磷酸钙30公斤、硫酸钾15公斤,促进植株抗寒物质合成。同时,叶面喷施0.2%磷酸二氢钾溶液,每7天一次,连续3次,增强植株抗逆性。合理灌溉,高温胁迫期间采用滴灌方式及时补水,保持土壤含水量60%-70%,通过水分蒸发降低田间温度;低温胁迫前适当减少灌溉,提高土壤温度,避免土壤结冰损伤根系。同时,避免大水漫灌,防止土壤板结。

### 3.4 应用化学调控技术

温度胁迫来临前采用化学药剂预处理是增强植株抗逆性的高效手段。高温胁迫前7天,叶面喷施0.1%水杨酸溶液,可显著提高SOD、POD活性,有效降低MDA积累,提升光合速率以缓解高温损伤;低温胁迫前7天叶面喷施0.5%脯氨酸溶液或50mg/LABA溶液,能促进渗透调节物质积累,增强细胞膜稳定性。注意药剂喷施时间选择清晨或傍晚,严格控制喷施浓度与用量,避免高温强光下喷施降低效果。

### 3.5 加强气象监测与预警

建立健全娜姑镇农业气象监测网络,在低、中、高海拔区域

科学布设气象监测点,实时精准监测温度、降水等关键气象数据,为胁迫预判提供数据支撑。结合气象部门预警信息,提前3-5天精准预判温度胁迫发生时间、强度及影响范围,及时启动分级缓解措施。例如,高温预警时提前开启滴灌降温,低温预警时及时覆盖地膜保温,通过精准预判与快速响应提升应对时效性,最大限度降低灾害损失。

#### 4 结语

总之,马铃薯块茎形成期遭遇高温或低温胁迫,会导致光合作用损伤、物质代谢紊乱、抗氧化系统失衡及激素调节紊乱,最终影响产量与品质。结合娜姑镇立体气候特征,通过筛选抗逆品种、优化农艺调控、科学水肥管理、应用化学调控及加强气象预警等综合措施可有效缓解温度胁迫危害。未来应进一步加强温度胁迫下马铃薯生理机制的基础研究,结合分子生物学技术,探索抗逆基因表达规律,培育更具针对性的抗逆品种。同时,推动“农艺+农机+气象”融合发展,建立智能化调控体系,实现温度胁迫精准防控。此外,加强技术推广与农民培训,提高当地农户抗逆栽培技术水平,促进娜姑镇马铃薯产业可持续发展。

#### [参考文献]

- [1]石艳艳,马志花,吴春花,等.垄作沟覆地膜对旱地马铃薯光合特性及产量形成的影响[J].作物学报,2022(05):1288-1297.
- [2]刘青,马建涛,韩凡香,等.不同覆盖材料对旱地马铃薯土壤水分和耗水的影响[J].水土保持研究,2023(06):197-205.
- [3]冯雨露,张森昱.秸秆带状覆盖对半干旱雨养区马铃薯光合特性及产量的影响[J].核农学报,2023(7):1442-1451.
- [4]张建彤,马建涛,柴雨葳,等.秸秆带状覆盖对旱地马铃薯土壤温度及产量的影响[J].生态学杂志,2024(02):461-468.
- [5]尹丽娜,张锐,陈国欢,等.不同马铃薯品种块茎创伤愈合能力的比较[J].作物学报,2025(09):2399-2411.

#### 作者简介:

刘贤美(1990--),女,汉族,云南曲靖人,会泽县娜姑镇农业农村发展服务中心,大学本科,农艺师,研究方向:农业技术推广。

#### \*通讯作者:

刘洪(1982--),男,汉族,云南曲靖人,会泽县娜姑镇农业农村发展服务中心,大学本科,高级农艺师,研究方向:农业技术推广。