

干旱胁迫下马铃薯抗旱品种筛选与栽培对策

李忠堂

西吉县农业农村局乡村振兴服务中心 宁夏 固原 756200

摘要: 全球气候变化背景下, 干旱频发已成为制约我国马铃薯产业高质量发展的主要非生物胁迫因子。选育和推广抗旱品种, 并配套科学的栽培管理措施, 是应对水资源短缺、保障国家粮食安全的战略选择。本文系统综述了干旱胁迫对马铃薯生长发育的生理生态影响, 深入阐述了当前马铃薯抗旱性评价的核心指标体系与方法, 包括以产量为基础的抗旱系数、形态学指标(如根冠比、叶片卷曲度)、生理生化指标(如脯氨酸、可溶性糖、丙二醛含量及抗氧化酶活性)以及新兴的分子标记辅助选择技术。在此基础上, 重点介绍了近年来通过田间试验和室内模拟筛选出的一系列具有区域适应性的抗旱品种, 如“青薯9号”、“陇薯10号”、“克新30号”等, 并剖析了其抗旱生理机制。针对不同生态区, 本文提出了以“蓄、保、节、补”为核心的综合抗旱栽培技术体系, 涵盖深耕蓄墒、地膜覆盖保墒、水肥一体化精准补灌、增施有机肥改良土壤结构等关键技术。最后, 文章展望了未来马铃薯抗旱研究应聚焦于多组学整合解析抗旱调控网络、智能灌溉决策系统开发以及农机农艺深度融合的区域性技术模式集成, 以期为我国马铃薯产业的可持续发展提供理论支撑与实践指导。

关键词: 马铃薯; 干旱胁迫; 抗旱品种; 筛选评价; 栽培对策; 主粮化战略

引言

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)作为全球第四大粮食作物, 在我国被确立为继水稻、小麦、玉米之后的第四大主粮, 其战略地位日益凸显。然而, 我国马铃薯主产区多位于北方一季作区、西北干旱半干旱区及西南混作区, 这些地区普遍面临降水时空分布不均、蒸发量大、水资源匮乏等严峻挑战。干旱胁迫不仅直接抑制马铃薯植株的营养生长和块茎膨大, 导致产量锐减, 还会间接削弱其对病虫害的抵抗力, 严重影响块茎的商品品质和加工特性。据估计, 干旱可造成马铃薯减产20%-50%, 在极端年份甚至导致绝收。面对这一困境, 传统的被动抗旱模式已难以为继。主动防御、科技赋能成为破局关键。其中, “良种”与“良法”的协同创新是核心路径。一方面, 通过科学、高效的筛选体系, 发掘和培育具有广适性或区域特异性的抗旱新品种, 从遗传本质上提升作物的抗逆能力; 另一方面, 集成并优化一系列节水、保墒、高效的栽培管理技术, 构建与抗旱品种相匹配的绿色生产体系, 最大限度地挖掘品种潜力, 实现资源利用效率与产出效益的双赢。因此, 系统梳理干旱胁迫下马铃薯抗旱品种的筛选方法与评价标准, 并针对性地提出因地制宜的栽培对策, 对于落实“藏粮于地、藏粮于技”战略, 推动马铃薯产业转型升级具有重大的现实意义。

1 干旱胁迫对马铃薯生长发育的影响

干旱胁迫通过复杂的生理生化级联反应, 对马铃薯全生育期产生全方位的负面影响。

1.1 光合作用受抑

水分亏缺导致气孔关闭, 减少 CO_2 进入叶肉细胞, 同时破坏叶绿体结构, 降低光合色素含量和光系统II(PSII)的电子传递效率, 最终使净光合速率显著下降, 合成的同化物总量减少, 直接影响块茎的干物质积累。

1.2 渗透调节失衡

为维持细胞膨压, 马铃薯会启动渗透调节机制, 大量积累脯氨酸、可溶性糖、甜菜碱等相容性溶质。虽然这是一种重要的抗旱策略, 但过度消耗能量用于合成这些物质, 会挤占用于生长和产量形成的资源^[1]。

1.3 氧化损伤加剧

干旱胁迫下, 植物体内活性氧(ROS)的产生与清除系统失衡, 过量的ROS攻击细胞膜、蛋白质和DNA, 导致膜脂过氧化, 表现为丙二醛(MDA)含量升高, 细胞膜透性增大, 电解质外渗, 严重时引发细胞程序性死亡。

1.4 激素信号紊乱

脱落酸(ABA)作为核心的“胁迫激素”, 其含量在干旱初期迅速上升, 触发一系列下游抗旱反应。然而, 长期或重度干旱可能导致激素网络失调, 影响生长素、赤霉素等促生长激素的正常功能, 造成植株

矮小、早衰。

1.5 产量构成要素恶化

上述生理障碍最终反映在产量上,表现为单株结薯数减少、单薯重下降、商品薯率降低,且块茎易出现畸形、空心、裂皮等生理病害,淀粉含量和品质亦随之下降。

2 马铃薯抗旱品种的筛选与评价体系

科学、准确的评价体系是高效筛选抗旱品种的前提。目前,马铃薯抗旱性评价已从单一指标向多维度、综合性方向发展。

2.1 核心评价指标

2.1.1 产量相关指标

这是最直接、最具应用价值的评价标准。(1)抗旱系数(Drought Resistance Coefficient, DRC): $DRC = \text{干旱胁迫下的产量} / \text{正常供水下的产量}$ 。DRC 值越接近 1,表明品种抗旱性越强。(2)抗旱指数(Drought Resistance Index, DRI): $DRI = (\text{胁迫产量} / \text{对照产量}) \times (\text{胁迫产量} / \text{所有品种胁迫产量平均值})$ 。该指数能更全面地反映品种在胁迫下的相对表现和稳定性。

2.1.2 形态学指标

(1)根系特征:深而发达的根系能吸收深层土壤水分,是重要的抗旱形态基础。常用指标包括根长、根体积、根表面积及根冠比。(2)叶片特征:叶片小、厚、角质层发达、气孔密度低且开闭灵敏的品种通常具有更强的保水能力。叶片卷曲度、萎蔫程度也是直观的田间鉴定指标。

2.1.3 生理生化指标

(1)渗透调节物质:胁迫下脯氨酸、可溶性糖含量增幅大的品种,其渗透调节能力强。(2)抗氧化系统:超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)等抗氧化酶活性高,能有效清除 ROS,减轻氧化损伤^[2]。(3)膜系统稳定性:丙二醛(MDA)含量低、相对电导率(REC)增幅小,表明细胞膜系统稳定,抗旱性强。(4)水分利用效率(WUE):可通过碳同位素分辨率($\delta^{13}C$)间接测定, $\delta^{13}C$ 值越低,WUE 越高。

2.2 筛选方法与技术

(1)田间直接鉴定法:在自然干旱或人工控水条件下进行多年多点试验,是最可靠的方法,但周期长、成本高、受环境干扰大。(2)盆栽控水法:在温室或网室中通过控制浇水来模拟干旱,便于精确控制胁迫强度和

重复试验,但与大田环境存在差异。(3)室内模拟胁迫法:利用聚乙二醇(PEG)或甘露醇等渗透剂在培养基中处理组培苗或种子,快速、高通量地进行初筛,但结果需经田间验证。(4)分子标记辅助选择(MAS):随着基因组学的发展,已定位到多个与马铃薯抗旱性相关的 QTLs (数量性状位点)和功能基因(如 StERF79, StUBC18 等)。利用与这些位点紧密连锁的分子标记,可在早期世代对育种材料进行精准选择,大大加速育种进程。

2.3 代表性抗旱品种及其特点

基于上述评价体系,各地筛选出一批优良抗旱品种:(1)青薯 9 号:由青海省农林科学院选育,株型直立,结薯集中,块茎大而整齐。其突出特点是根系发达,叶片持绿期长,在西北干旱区表现出极强的抗旱、耐瘠薄和高产稳产特性。(2)陇薯 10 号:甘肃省农科院选育的中晚熟品种,高抗晚疫病,块茎干物质和淀粉含量高。在陇中黄土高原丘陵沟壑区,其通过强大的渗透调节能力和较高的 WUE,在春旱条件下仍能保持较高产量。(3)克新 30 号:在阴山北麓等干旱、半干旱地区引进筛选出的高产品种,田间生长势旺,商品薯率高,对当地环境适应性强。(4)D727:在华北旱作模式下筛选出的抗旱耐瘠薄品种,株型直立,结薯整齐,产量和淀粉含量均表现优异。

3 干旱胁迫下的马铃薯综合栽培对策

良种需配良法。针对干旱胁迫,应构建一套贯穿全生育期的“蓄、保、节、补”综合栽培技术体系。

3.1 播前准备:深耕蓄墒,培肥地力

播前的准备工作是抗旱栽培的基础。秋季收获后应及时进行深耕,深度达到 25-30 厘米,此举不仅能打破坚硬的犁底层,还能显著增加土壤水库的容量,有效接纳和贮存宝贵的秋冬季降水,为来年春播奠定良好的墒情基础。与此同时,结合深耕作业,大量增施腐熟的农家肥或商品有机肥至关重要(农家肥 3000-5000 公斤或商品有机肥 200-300 公斤)^[3]。有机质在土壤中分解后,能够显著改善土壤的团粒结构,增强土壤的持水保肥能力,这种“以肥调水”的效应对于提高作物在干旱条件下的生存能力具有长远意义。

3.2 播种环节:覆盖保墒,合理密植

进入播种环节,地膜覆盖技术是保墒增温的关键措施。大力推广全膜双垄沟播或半膜覆盖等模式,可以有效抑制土壤水分的无效蒸发,同时提高地温,促进种薯早出苗、出壮苗。研究表明,覆膜能使耕层土壤含水量

显著提高。在品种选择上,必须选用前述经过验证的抗旱品种,并对种薯进行晒种催芽处理,以激活其内源激素平衡,增强幼芽的抗逆性。播种时机应抓住当地土壤返浆的有利时期,并适当增加种植密度((如每亩4500-5000株)),通过群体补偿效应来减轻个体因干旱造成的损失,确保最终的群体产量。

3.3 田间管理:水肥协同,精准调控

田间管理的核心在于水肥的协同与精准调控。水肥一体化技术是干旱区马铃薯生产的革命性突破,通过滴灌或微喷系统,将水和可溶性肥料按需、定量、均匀地输送到作物根部,不仅能节水30%-50%,还能大幅提高肥料利用率,在块茎形成和膨大这两个需水临界期精准补充水分,有效缓解干旱胁迫。在化学调控方面,可在干旱来临前或初期,叶面喷施黄腐酸、芸苔素内酯等植物生长调节剂或磷酸二氢钾,以增强植株的整体抗逆性^[4]。此外,苗期和封垄前的中耕作业也不可忽视,它能破除土壤板结,切断毛细管,减少水分蒸发,并结合培土加厚垄体,既利于块茎膨大,又能防止薯块见光变绿。

3.4 收获与轮作

在收获阶段,应在马铃薯生理成熟后及时进行,以避免后期遭遇伏旱或秋旱对薯块品质和贮藏性能造成不利影响。从长远来看,实行与豆科、禾本科等作物三年以上的轮作制度,是维持土壤健康、提升抗旱能力的根本之策。合理的轮作不仅能有效改善土壤的理化性质,还能减少土传病害的发生,为马铃薯创造一个更加健康的生长环境,从而间接但持久地增强其抵御干旱风险的能力。

4 问题、挑战与未来展望

尽管取得了显著进展,马铃薯抗旱研究与应用仍面临挑战。目前,不同研究机构采用的胁迫强度、时期和评价指标尚未完全统一,导致研究结果难以横向比较和共享,限制了资源的有效整合。同时,品种与环境的互作关系极为复杂,一个在某地表现优异的抗旱品种,在另一生态区可能表现平平,这使得广适性抗旱品种的选育难度极大。此外,像水肥一体化这样的高效技术,虽

然效果显著,但其较高的初期投入成本在一定程度上制约了其在小农户中的大规模推广应用。未来的研究应当着力于深化基础机理的探索,利用基因组、转录组、蛋白组、代谢组等多组学技术,系统解析马铃薯响应干旱胁迫的复杂分子调控网络,从中挖掘关键的调控节点和优异的等位基因。与此同时,应大力发展智慧农业,结合物联网、遥感、大数据和人工智能技术,开发基于实时土壤墒情、精准气象预报和作物长势监测的智能灌溉决策支持系统,真正实现水分管理的精准化和智能化。最后,必须强化区域性技术模式的集成与示范,根据不同生态区的资源禀赋和生产条件,将抗旱品种、保护性耕作、高效节水、绿色防控等先进技术进行模块化组装,形成一套套可复制、可推广的全程绿色高效生产模式,并依托社会化服务组织进行规模化应用,打通科技成果转化的“最后一公里”。

5 结语

干旱胁迫是制约我国马铃薯产业发展的重大挑战,但也为科技创新提供了重要契机。通过构建科学完善的抗旱性评价体系,我们能够高效地筛选出遗传基础优良的抗旱品种;通过集成创新“蓄、保、节、补”为核心的综合栽培技术,我们能够为这些优良品种创造适宜的生长环境,充分释放其生产潜力。未来,只有坚持良种与良法并重,基础研究与推广应用协同,才能有效提升我国马铃薯产业抵御干旱风险的能力,为保障国家粮食安全和推动农业绿色可持续发展作出更大贡献。

参考文献

- [1] 何云,曹静,郭军伟,等.干旱胁迫对马铃薯生长发育及产量的影响[J].现代农业科技,2026,(07):34-38.
- [2] 张丽.马铃薯抗旱品种筛选及StPPR245响应干旱胁迫分析[D].云南农业大学,2024.DOI:10.27458/d.cnki.gynyu.2024.000648.
- [3] 姬炫彤,卞春松,金黎平,等.不同耐旱型马铃薯根际微生物对干旱的响应[J].作物学报,2026,52(01):165-177.
- [4] 马和柱.干旱半干旱地区马铃薯绿色高产高效栽培技术[J].新农业,2022,(08):8.