

我国马铃薯耐盐性研究进展

田京江¹ 井大炜² 朱炎辉³ 谢开云³ 王明友^{2*}

(1 德州市蔬菜办公室, 山东德州 253000; 2 德州学院, 山东德州 253023; 3 国家马铃薯工程技术研究中心, 山东乐陵 253619)

摘要:土壤盐渍化已成为制约全球农业可持续发展的主要问题之一。马铃薯是一种对盐中度敏感的作物, 盐渍化对其造成了严重的危害, 因此探讨马铃薯的耐盐性势在必行。该文从盐胁迫对马铃薯的影响、耐盐材料的筛选与鉴定、辐射诱变育种和转基因等4个方面对马铃薯耐盐性的研究现状进行了综述, 并做出展望, 旨在为揭示马铃薯的耐盐机理与选育优质耐盐马铃薯新品种提供理论参考。

关键词:马铃薯; 耐盐性; 盐渍化; 辐射诱变育种

中图分类号 S532 **文献标识码** A **文章编号** 1007-7731(2018)08-0038-03

盐碱地是重要的土地资源, 全世界盐碱地面积约为 $9.55 \times 10^8 \text{hm}^2$, 中国约有 $9.91 \times 10^7 \text{hm}^2$, 其中现代盐碱土 $3.69 \times 10^7 \text{hm}^2$, 残余盐碱土 $4.49 \times 10^7 \text{hm}^2$, 潜在盐碱土 $1.73 \times 10^7 \text{hm}^2$ 。全国盐碱土耕地面积为 $7.60 \times 10^6 \text{hm}^2$, 近 1/5 耕地发生盐碱化^[1], 这些区域的盐碱土壤理化性质差, 肥力普遍偏低, 作物产量低、效益差, 严重影响了农作物、蔬菜种植的产量和效益^[2-3]。马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是我国第四大主粮作物, 且是一种对盐中度敏感的作物, 土壤盐渍化问题严重制约了其产量和品质^[4-6]。近年来, 随着人们对耐盐作物的不断重视, 在一定程度上加快了对马铃薯耐盐性的研究进程, 探讨作物耐盐性和选育耐盐新品种成为了减轻土壤盐渍化与次生盐渍化的最经济有效的方法。

1 盐胁迫对马铃薯的影响

1.1 盐胁迫与种子萌发 作物在种子萌发期与幼苗期的生育阶段对盐分最敏感。康玉林等^[7]针对马铃薯开展了4种不同盐分(氯化钠、氯化钙、氯化镁和氯化钾)胁迫的试验, 结果发现, 4种氯盐及其不同浓度均抑制了马铃薯的出苗率, 其抑制程度的大小次序为氯化钠、氯化钾、氯化钙和氯化镁, 且伴随着氯盐量的增大, 马铃薯的出苗时间亦在不断推后。康玉林的另—研究认为, 在不同浓度的土壤与MS培养基中, 实生种子的发芽受到明显抑制; 在相同盐浓度的条件下, 与土壤培养的实生种子受胁迫相比, 采用MS培养的种子受胁迫程度明显减弱^[8]。

1.2 盐胁迫与生长发育 盐胁迫对马铃薯地上部的生长具有显著影响^[9-10]。有研究表明, 随着盐分浓度的增加, 马铃薯的株高与生长均表现出显著降低的变化趋势^[7]。有部分学者也得出了相似的结论^[10-11]。张瑞玖^[12]研究则认为, 伴随着盐浓度的升高, 马铃薯的株高、茎与根的生长均受到了抑制, 而茎粗却增加。相关学者针对马铃薯的地下部也开展了大量的研究工作。研究表明, 在盐胁迫环境下, 根的诱导率降低、根数明显减少^[13], 根长和根冠的干重降低^[14], 而根的鲜重却呈现出先升高后降低或

持续下降的变化趋势^[15]。块茎的形成与膨大受到明显抑制^[16], 产量显著降低^[3]。此外, 不同品种对盐胁迫的响应程度存在明显差异^[6]。

1.3 盐胁迫与生理生化 耐盐性是植物综合性状的一种体现形式, 由于耐盐机理与耐盐方式的差别, 使得不同植物品种组织或细胞的生理代谢存在一定差异。有研究表明^[17], 随着NaCl浓度的加大, 马铃薯组培苗叶绿素含量与根系活力呈逐渐降低的变化趋势; 在0~50mmol/L NaCl盐胁迫浓度下, 组培苗可溶性糖含量的大小次序为克新4号最大, 依次为克新25号和克新18号, 而克新13号最小; 在50~150mmol/L下, 克新25号最大, 而克新18号最小; 在150~200mmol/L下, 表现为克新25号最大, 而克新13号最小。祁雪等^[18]针对东农308和费乌瑞它两个马铃薯品种开展耐盐性的试验结果认为, 经盐碱胁迫处理后, 这两个品种的MDA含量与POD活性均升高, 其中东农308上升的幅度大于费乌瑞它; 叶绿素含量、过氧化氢酶(CAT)活性呈下降趋势, 其中东农308的降幅小于费乌瑞它。包云飞等^[19]关于中薯3号、中薯5号和大西洋3个不同品种马铃薯试管苗的研究发现, 随着盐浓度的持续升高, 对试管苗的生理生化指标的影响亦呈递增的变化趋势; 叶绿素含量与试管苗鲜重均表现出下降的变化趋势; 脯氨酸含量在盐处理浓度0.2%~0.4%时出现了显著增加, 而随后呈下降并趋于稳定的趋势; 同时SOD与POD活性均有不同程度的变化。此外, 张景云等^[20]针对二倍体马铃薯的研究表明, 随着盐胁迫天数的逐渐延长, 叶绿素含量、POD与SOD活性相对值均呈逐渐降低的变化趋势。也有研究认为, 盐胁迫能使马铃薯脱毒苗植株内的维生素C含量明显升高^[6], 且不同材料生物物质的变幅存在显著差异^[17]。

以上分析认为, 盐胁迫对马铃薯生理生化的影响主要涉及氧化胁迫、光合作用^[21]、渗透调节^[22]等途径及其他复杂作用途径与其相关物质, 但这些物质对同一水平盐胁迫的敏感度不同, 脯氨酸、可溶性蛋白、POD与MDA相

对较灵敏^[6]。

2 耐盐材料的筛选与鉴定

耐盐材料的筛选与品种的培育,在土地整治与经济发展中具有非常重要的意义。Khrais等^[23]围绕马铃薯品种试管苗开展了胁迫试验,采用Ward离差平方和法进行了聚类分析,并对6个生长指标进行分析测定,同时按照在不同盐处理水平相对顺序之和把这130个品种分为8组,其中‘Bintje’、‘Amisk’、‘Onaway’、‘BelRus’、‘Tobique’与‘Sierra’6个品种的抗盐性最强,而‘Mainechip’等20个品种的耐盐性最差。李娟等^[24]研究得出,不同品种之间愈伤组织的耐盐性存在显著差异,‘夏波帝’、‘费乌瑞它’对NaCl的最大耐受浓度分别为 $4\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $6\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$,而‘鄂1号’与‘东农303’2个品种为 $8\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。也有学者^[25-26]对11个马铃薯品种在不同浓度 NaHCO_3 胁迫的试验研究表明,‘克新7号’与‘荷兰5号’2个品种为耐盐品种。

3 辐射诱变育种

物理诱变主要利用射线进行诱变。在诱变育种的早期过程,X射线的应用较多;而 γ 射线由于比较容易控制辐照条件,所以育种成效十分显著,是当前应用最为普遍的诱变剂,其中 ^{60}Co 发射的 γ 射线应用最多^[6]。有学者^[27]采用 ^{60}Co γ 射线辐照和甲基磺酸乙酯(EMS)浸泡与 ^{60}Co γ 射线及EMS复合的方法诱导,获得了马铃薯的突变株 WL^{-1} ,并研究认为小剂量(10Gy)的 ^{60}Co γ 射线可以促使马铃薯茎段的生长,但随辐照剂量的逐渐加大,其对马铃薯试管苗的抑制效应不断增强,其中侧芽的辐射敏感性高于顶芽;同时,EMS处理马铃薯茎段的半致死剂量为 $0.7\%+4\text{h}$,而致死剂量为 $1.0\%+3\text{h}$ 。还有研究表明^[28],盐胁迫和辐射处理的双重作用显著增强了马铃薯愈伤组织对盐胁迫的耐受能力,其中当辐射剂量为 $40\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和NaCl浓度为 2.0% 时,对马铃薯愈伤组织的诱导效果最佳。

4 转基因马铃薯

随着分子生物学水平与基因操作技术的飞速发展,转基因抗逆马铃薯的探究已发展为一种必然趋势。裴怀弟等^[29]关于转GhABF2转录因子马铃薯试管苗的试验结果发现,在不同浓度NaCl胁迫条件下,转GhABF2基因株系材料(T1、T2)与对照未转基因材料(WT)植株的干鲜重与生理生化参数的变化趋势基本相似,针对各性状值的变化来看,转基因植株具有显著的抗逆性。随着NaCl胁迫浓度的不断加大,转GhABF2基因材料T1、T2相比对照能明显提高生物量。李丽霞等^[30]针对转AtNHX1基因的8个马铃薯株系(1、2、4、6、8、15、18和19)与未转基因的“甘农薯2号”(CK)的研究表明,随着盐浓度的增加,转基因株系的单株产量、叶绿素的含量、SOD活性与脯氨酸含量的增幅均高于对照植株。而相对电导率与MDA则明显低于对照植株;依据生长与生理参数综合评价各株系的耐盐性,筛选出1个强耐盐株系与3个较强耐盐株系,各株系耐盐性由强到弱的先后次序为:19,15,8,4,

18,2,1,6,CK,这说明AtNHX1的导入对大田马铃薯植株的耐盐性具有显著的增强效应。也有将HAL1基因^[31]和BADH(甜菜碱醛脱氢酶)基因^[32]转入马铃薯的研究报道,并均发现转基因后马铃薯植株的抗盐性明显增强。

5 展望

虽然众多研究者从多个角度对马铃薯的耐盐性做了大量的探索研究工作,并筛选出一些耐盐性较强的品种,这为生产实践提供了科学指导,但因为马铃薯耐盐性受到多基因控制且极其复杂,并受到物种与品种基因型及内部生理生化反应的综合影响。近几年在利用基因工程技术改良马铃薯耐盐性方面获得了一定的突破进展,但目前还尚未形成新的耐盐品种。对富利亚与窄刀薯杂种群体的研究为马铃薯耐盐性的探究开辟了新思路与新方法。因此,今后应该充分利用该杂种群开展马铃薯耐盐方面的探索研究,以期选育耐盐马铃薯新品种提供种质资源。

参考文献

- [1]张密密,陈诚,刘广明,等.适宜肥料与改良剂改善盐碱土壤理化特性并提高作物产量[J].农业工程学报,2014,30(10):91-98.
- [2]井大炜,王明友.德州市马铃薯高产创建与绿色增产模式的问题及对策研究[J].安徽农业通报,2017,23(23):74-75.
- [3]李青,秦玉芝,胡新喜,等.马铃薯耐盐性研究进展[J].园艺学报,2017,44(12):2408-2424.
- [4]尹智宇,郭华春,封永生,等.干旱胁迫下马铃薯生理研究进展[J].中国马铃薯,2017,31(4):234-239.
- [5]徐建飞,金黎平.马铃薯遗传育种研究:现状与展望[J].中国农业科学,2017,50(6):990-1015.
- [6]张景云,缪南生,赵萍,等.马铃薯耐盐性的研究进展[J].植物生理学报,2011,47(11):1047-1052.
- [7]康玉林,常青,田翠萍.马铃薯耐盐试验[J].土壤肥料,1995(5):14-17.
- [8]康玉林,徐利群,张春震,等.不同盐浓度对马铃薯实生苗的影响[J].马铃薯杂志,1996,10(1):17-19.
- [9]张景云,白雅梅,缪南生,等.二倍体马铃薯在盐胁迫下试管薯的诱导及生理特性的反应[J].核农学报,2015,29(1):139-0145.
- [10]赵明辉,白雅梅,李文霞,等.对NaCl敏感度不同的二倍体马铃薯在 NaHCO_3 胁迫下的表现[J].核农学报,2014,28(2):358-363.
- [11]张景云,缪南生,白雅梅,等.二倍体马铃薯耐盐品种鉴定的生理指标测定[J].植物生理学报,2013,49(9):889-894.
- [12]张瑞玖.NaCl胁迫下马铃薯生理生化特性及氮素调控研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2007.
- [13]王萍,刘慧,王罡,等.组织培养条件下马铃薯茎段对NaCl基础抗性的研究[J].作物杂志,2009(5):70-72.
- [14]Shaterian J, Waterer D R, Jong H D, et al.2008.Methodologies and traits for evaluating the salt tolerance in diploid potato clones[J].American Journal of Potato Research,2008,85(2):93-100.
- [15]刘芳,王培伦,杨元军,等.不同马铃薯品种对盐胁迫反应的差异研究[J].西南大学学报(自然科学版),2010,32(下转44页)

济发展,提高茶农的收入。虽然初期在自然条件下播撒茶种,投入较大且茶树生长周期较慢,时间长,收益较少甚至可能亏本。但长期而言,在自然条件下生长的茶树,受到太阳光的直射以及其他树木反射光,以落叶等为天然肥料,氨基酸含量远远高于人工培育茶,口感更佳。当前市场条件下,普通林中茶市价大约在3000元/kg,高品质的可达到20000元/kg。充分利用云南省独特的自然环境,森林覆盖率高,昼夜温差大等特点,在保证原材料来自自然的前提下,严格执行普洱茶制作工艺,通过法律和行政手段保证“林中”古茶处于优先发展地位,将不符合要求和产品质量标准的茶叶排除在外,通过科学手段为“林中”古茶的生产设置严格的质量标准,充分利用云南地理优势,提高“林中”普洱茶市场占有率。

建立“林中”普洱茶特色,将“林中”普洱茶产区设置在一定的地理范围内,严格对播撒的茶种进行筛选,并在农学专家的指导下选择适合的地理位置,形成原产地保护。大力推行“四个统一”模式,一是统一的技术标准。从采摘、生产技术、质量标准3个方面统一,从源头实现对“林中茶”质量的把控;二是统一生产经营模式。培育壮大龙头企业,组织茶农与企业的合作,并在一定程度上鼓励其他企业发展,通过行业内部竞争,促进整个行业的良性发展,实现云南“林中茶”的良性竞争;三是统一宣传模式,着眼于“林中茶”的特点,多渠道,多维度进行大力宣传,并拓宽“林中茶”销售渠道,策划特色鲜明的营销活动。加强对媒体群众的引导,形成良好的“林中茶”宣传销售机制;四是统一品牌树立。在生产者与茶农之间树立品牌竞争理念,形成生产力,竞争力,综合实力三者结

合的经营理念。多方面提高“林中”普洱茶品牌的产品质量,加强“林中”普洱茶的宣传,开拓“林中”普洱茶市场,并提高在全行业内的竞争力与市场占有率。

参考文献

- [1]陈璐,孙杨.新常态背景下的“供给侧改革”[J].思想政治课教学, 2016(01):46-50.
- [2]张秀梅.如何在供给侧结构改革与创新中发挥标准化作用[A]//中国标准化协会.标准化助力供给侧结构性改革与创新——第十三届中国标准化论坛论文集[C].中国标准化协会,2016:4.
- [3]陶德臣.区域茶业经济史研究的力作——读杨志玲博士《近代云南茶业经济研究》[J].中国农史,2012,31(03):142-144.
- [4]张香菊.贵州乡村旅游供给侧结构改革的全域化路径[J].贵州师范学院学报,2016,32(11):69-74.
- [5]吕银凤.论中国经济新常态下的供给侧结构改革[J].哈尔滨学院学报,2017,38(10):36-39.
- [6]周倩.农业供给侧结构改革:意义、困境及其实现路径[J].农业经济,2017(03):3-5.
- [7]曹铭.供给侧改革背景下汉中绿色茶产业发展研究[D].西安:西安科技大学,2017.
- [8]何青元,罗琼仙,朱兴正.加强茶叶科技创新 助推云南茶产业发展[J].云南科技管理,2008(04):86-88.
- [9]郑国富.中国茶叶贸易发展的特征、问题与政策建议——基于2001—2016年的数据分析[J].经济论坛,2017(08):107-109, 133.
- [10]周立,李彦岩,王彩虹,方平.乡村振兴战略中的产业融合和六次产业发展[J/OL].新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2018(03):1-9[2018-03-17].<https://doi.org/10.14100/j.cnki.65-1039/g4.20180108.001>.
- [11]尤建军.我国茶业产业化经营现状及其发展对策[D].福州:福建师范大学,2007.

(责编:张宏民)

(上接39页)

- (10):47-53.
- [16]赵海红,王士强,胡喜平,等.9个马铃薯品种苏打盐碱适应性盆栽试验[J].中国马铃薯,2010,24(3):129-132.
 - [17]周明扬,张丽莉,石瑛.NaCl胁迫对马铃薯组培苗生理特性的影响[J].贵州农业科学,2015,43(12):56-59.
 - [18]祁雪,张丽莉,石瑛,等.盐碱胁迫对马铃薯生理和叶片超微结构的影响[J].作物杂志,2014(4):125-129.
 - [19]包云飞,李颖邦,粟盛颖,等.盐胁迫对马铃薯试管苗生理生化特性的影响[J].湖南农业科学,2013(13):24-27.
 - [20]张景云,缪南生,白雅梅,等.NaCl胁迫对二倍体马铃薯叶绿素含量和抗氧化酶活性的影响[J].东北农业大学学报,2015,46(1):6-12.
 - [21]靳娟,鲁晓燕,王依.果树耐盐性研究进展[J].园艺学报,2014,41(9):1761-1776.
 - [22]李雅男,袁霞霞,徐雷锋,等.百合在NaHCO₃胁迫下的生理响应机制[J].园艺学报,2016,43(6):1126-1140.
 - [23]Khras T, Leclerc Y, Donnelly DJ. Relative salinity tolerance of potato cultivars assessed by in vitro screening [J]. Am Potato Res, 1998, 75: 207-210.

- [24]李娟,程智慧,张国裕.马铃薯耐盐突变体的离体筛选[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,32(8):44-48.
- [25]尹江,马恢,崔红军.马铃薯亲本材料试管苗的耐盐性筛选[J].中国马铃薯,2005,19(1):13-16.
- [26]赵海红,贝丽霞.离体条件下马铃薯盐碱适应性的研究[J].农业与技术,2007,27(3):37-41.
- [27]王淼.马铃薯的组织培养及耐盐诱变育种研究[D].大连:辽宁师范大学,2010.
- [28]杨宇,李东,张乾.⁶⁰Co- γ 辐射对马铃薯耐盐愈伤组织诱导的影响[J].安徽农业科学,2010,38(12):6140-6141.
- [29]裴怀弟,李忠旺,张艳萍,等.马铃薯转*GhABF2*转基因耐盐性研究[J].干旱地区农业研究,2015,33(5):90-95.
- [30]李丽霞,刘玉汇,王丽,等.转*AtNHX1*基因马铃薯田间盐胁迫下的生理反应及耐盐性的综合评价[J].干旱地区农业研究,2017,35(3):130-138.
- [31]罗源.马铃薯再生体系的建立及*HAL1*基因遗传转化研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [32]李东魁,王蒂,张俊莲,等.转*BADH*基因马铃薯无性繁殖二代耐盐性检测[J].植物生理学通讯,2007,43(5):873-875.

(责编:张宏民)