

于国红,刘朋程,李明哲,等.不同马铃薯品种(品系)耐盐性鉴定与综合评价[J].江苏农业科学,2022,50(18):188-194.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.18.029

# 不同马铃薯品种(品系)耐盐性鉴定与综合评价

于国红,刘朋程,李明哲,郝洪波,崔海英,郭安强

(河北省农林科学院旱作农业研究所/河北省农作物抗旱研究重点实验室,河北衡水 053000)

**摘要:**通过研究盐胁迫下 10 个不同马铃薯品种(系)的生理应答特征,探寻马铃薯耐盐机理,并为马铃薯抗盐新品种培育提供种质资源。以 10 个不同马铃薯品种(系)作为试验材料,测定其在正常处理和盐胁迫处理下的胞容物叶绿素、可溶性糖、丙二醛含量以及超氧歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)3 种抗氧化酶活性,并结合隶属函数分析、聚类分析和灰色关联度分析对 10 个马铃薯品种(系)耐盐性进行综合评价。结果表明,盐胁迫下,各个品种(系)中叶绿素含量降低,渗透调节物质含量增加,抗氧化酶活性增强。10 个不同马铃薯品种(系)抗盐性可以分为 4 类:第 1 类为抗盐极强的品种 F8;第 2 类为抗盐性强的品种,包括 135、冀张薯 5 号、克新 23 号、冀张 3 号;第 3 类为抗盐性中等的品种,包括费乌瑞它、SOSNA、北方 009;第 4 类为抗盐性差的品种,为 TACNA、冀张 14 号。在盐胁迫条件下,6 个指标与综合抗盐系数的密切程度(关联序)为 POD 活性 > 丙二醛含量 > SOD 活性 > 可溶性糖含量 > CAT 活性 > 叶绿素含量。单一生理指标的变化不能说明马铃薯品系的抗盐能力,运用隶属函数分析、聚类分析以及灰色关联度分析可对马铃薯种质资源的抗盐性进行综合评价。

**关键词:**马铃薯;耐盐性;生理指标;隶属函数分析;聚类分析;灰色关联度分析

**中图分类号:** S532.034 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)18-0188-06

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)具有产量高、营养价值大的特性,是世界上第四大农作物,被我国列为主粮。我国马铃薯种植面积达 500 多万  $\text{hm}^2$ ,马铃薯生产在我国农业生产和经济发展中占重要地位<sup>[1]</sup>。马铃薯属于盐敏感型作物,也是我国干旱/半干旱地区重要的经济作物。近年来,随着干旱/半干旱地区长期盐分积累和农事操作不当,导致土壤盐渍化逐渐加重,严重制约了马铃薯产业的发展<sup>[2]</sup>。开展马铃薯耐盐性生理应答机制研究,一方面有利于筛选到抗盐性好的马铃薯品种,另一方面有利于深入挖掘马铃薯的抗盐生理机制。

马铃薯耐盐性评价常用的试验方法包括大田鉴定法、盆栽法及组织培养法。其中组织培养法的优点是组培苗对盐更敏感,环境更易控制<sup>[3]</sup>。前人

利用组织培养法对马铃薯耐盐性生理应答机制进行了相关研究,主要集中在 2 个方面。一方面是通过渗透调节途径,主要研究丙二醛、可溶性糖等物质在盐胁迫下的变化<sup>[4-5]</sup>。丙二醛(MDA)是膜脂过氧化产物,能够间接反映细胞膜受损程度,盐胁迫导致马铃薯 MDA 含量增加<sup>[6]</sup>。可溶性糖是参与逆境渗透调节的另一重要物质,盐胁迫会使可溶性糖快速作出响应,导致可溶性糖含量增加<sup>[7]</sup>。另一方面是氧化胁迫途径。张景云等研究发现,在一定浓度盐胁迫下马铃薯的超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)活性均显著升高,且耐盐品种相对值显著高于感盐品种<sup>[8]</sup>。陈彦云等研究表明,在能耐盐胁迫的条件下,马铃薯的 POD、过氧化氢酶(CAT)活性迅速提高,以清除植物体内大量的自由基,维持细胞膜的稳定性<sup>[9]</sup>。

前人对马铃薯抗盐性的研究主要集中在单个生理指标的变化,而结合多个指标评价马铃薯抗盐性的研究较少。评价作物的抗盐性不仅需要合适的生理指标,而且要适宜的评价方法。将隶属函数分析、聚类分析等方法 and 多种指标相结合,对作物抗盐性进行综合评价是目前研究的热点<sup>[10-12]</sup>。本研究利用组织培养法对不同马铃薯品种(系)展开耐盐性鉴定试验,对处于正常和盐胁迫条件下的 10

收稿日期:2021-10-9

基金项目:河北省农林科学院创新工程课题(编号:2019-4-2-9)。

作者简介:于国红(1984—),女,山东淄博人,博士,助理研究员,主要从事植物抗逆与营养分子机制研究,E-mail:guangwen19840104@163.com;共同第一作者:刘朋程(1990—),男,河北衡水人,硕士,助理研究员,主要从事谷子、马铃薯栽培生理研究,E-mail:15933989590@163.com。

通信作者:郭安强,硕士,副研究员,主要从事马铃薯育种与栽培研究。E-mail:gaq83@126.com。

个品种(系)组培苗生理指标进行测定分析,结合隶属函数分析、聚类分析及灰色关联度分析对马铃薯耐盐性进行综合评价,以期筛选出抗盐性强的马铃薯品种,为马铃薯耐盐品种选育提供种质资源,为马铃薯抗盐机理研究提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料及设计

本试验于 2019—2020 年在河北省农林科学院旱作农业研究所马铃薯组培室进行。试验材料包括由笔者所在课题组引进并保存的费乌瑞它(对照)、北方 009、135、TACNA、SOSNA、F8、冀张薯 5 号、冀张 14 号、冀张 3 号、克新 23 号,共 10 个品种(系)。采用双因素随机区组设计,因素一为品种(系);因素二为处理方式,以正常生长为对照,以 250 mmol/L 盐胁迫为处理。取 4 周左右苗龄的试管苗进行试验,正常生长条件是在含有 50 mL MS 固体培养基的组培瓶中生长,盐胁迫条件是在含有 250 mmol/L NaCl 的 50 mL MS 培养基的组培瓶中生长。盐处理条件设置为 50、150、250 mmol/L NaCl 3 个梯度。因只有到 250 mmol/L NaCl 时不同品种(系)马铃薯才出现不同的表型差异,因此后期只测定了正常生长和 250 mmol/L NaCl 2 种生长条件下样品的生理指标。生长环境为温度(25±2)℃的组培室,在 16 h 光照/8 h 黑暗的条件下培养。每瓶设 5 株马铃薯组培苗作为 1 个重复,每个处理 6 个重复。处理马铃薯组培苗出现表型时进行取样,并测定生理指标。

### 1.2 指标测定方法

叶绿素含量采用 95% 乙醇提取法测定;丙二醛含量采用硫代巴比妥酸法测定;可溶性糖(SS)含量采用蒽酮比色法测定;SOD 活性采用氮蓝四唑法测定;POD 活性采用愈创木酚法测定;CAT 活性采用紫外吸收法测定。生理指标具体检测方法参见文献[13]。然后按照以下公式,计算抗盐系数、综合抗盐系数、抗盐指数、隶属函数值,对隶属函数值进行聚类分析,划分抗盐级别<sup>[14-15]</sup>:

$$\text{各指标抗盐系数 } PI = \frac{X_s}{X_c}; \quad (1)$$

$$\text{综合抗盐系数 } RI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PI; \quad (2)$$

$$\text{抗盐指数 } DI = \left( \frac{X_s}{\bar{X}_s} \right) PI; \quad (3)$$

$$\text{隶属函数值 } u(x) = \frac{PI - PI_{\min}}{PI_{\max} - PI_{\min}}。 \quad (4)$$

式中: $X_s$ 、 $X_c$  分别为正常条件、盐胁迫下各个材料中各个指标的测定值; $\bar{X}_s$  为该指标在盐胁迫下的平均值; $PI_{\min}$ 、 $PI_{\max}$  为各性状抗盐系数的最小值、最大值; $RI$  为各性状与综合抗盐指数的相关系数。

### 1.3 数据处理

利用 Microsoft Excel 2013 进行数据处理和作图,利用 DPS 统计软件进行方差分析(LSD 最小极差法进行多重比较)、关联度分析及聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐胁迫下马铃薯叶绿素含量变化

叶绿素是作物进行光合作用所必需的光合色素,作物体内叶绿素含量的高低可以判定其光合作用的强弱<sup>[16]</sup>。如图 1 所示,与正常处理相比,10 个马铃薯品种(系)在盐胁迫下叶绿素含量均显著降低,但下降幅度有所差异。135、冀张薯 5 号、费乌瑞它、TACNA、克新 23 号、SOSNA、冀张 14 号、冀张 3 号、F8、北方 009 叶绿素含量在盐胁迫下分别显著降低 48.79%、6.59%、29.57%、40.28%、29.99%、47.09%、52.13%、16.89%、8.17%、30.59%,降低幅度大小顺序为冀张 14 号>135>SOSNA>TACNA>北方 009>克新 23 号>费乌瑞它>冀张 3 号>F8>冀张薯 5 号。叶绿素含量降低幅度越大的品种(系)说明其对盐胁迫越敏感,光合作用受到的影响越大。

### 2.2 盐胁迫对马铃薯渗透调节物质的影响

植物在遭受一定逆境胁迫时,体内丙二醛、可溶性糖含量均会有所增加。丙二醛是膜脂过氧化的主要产物,其值大小可代表植物在逆境胁迫下受到的氧化伤害;可溶性糖可通过调节植物细胞内外渗透压,减轻逆境胁迫的伤害<sup>[17-18]</sup>。如图 2-A 所示,与正常处理相比,10 个马铃薯品种(系)受到盐胁迫后其丙二醛含量均有不同程度的升高,但仅费乌瑞它、克新 23 号、冀张 14 号、F8、北方 009 达到显著水平,这 5 个品系较正常处理分别提高 26.79%、83.53%、63.10%、106.54%、17.00%。丙二醛含量增加幅度越高的品种(系)受到的氧化胁迫也相对越大。如图 2-B 所示,盐胁迫下马铃薯可溶性糖含量较正常处理均有不同程度升高,冀张薯 5 号、冀张 14 号升高不显著,其他品种(系)均显著升高。135、费乌瑞它、TACNA、克新 23 号、SOSNA、冀张 3

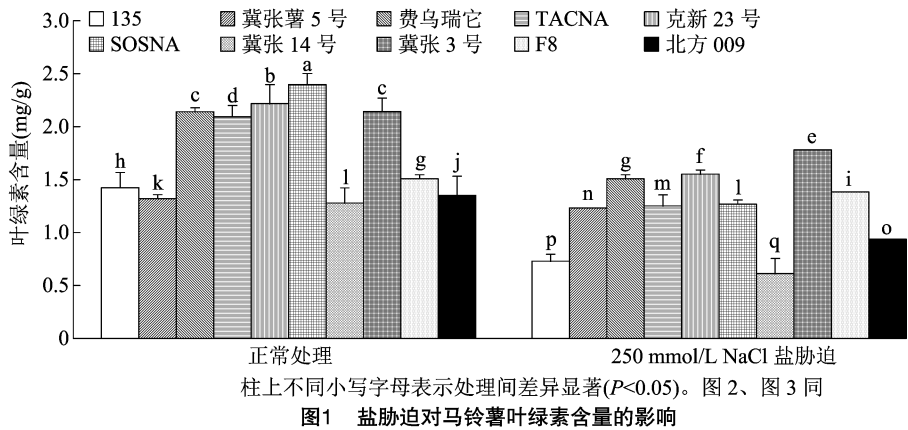


图1 盐胁迫对马铃薯叶绿素含量的影响

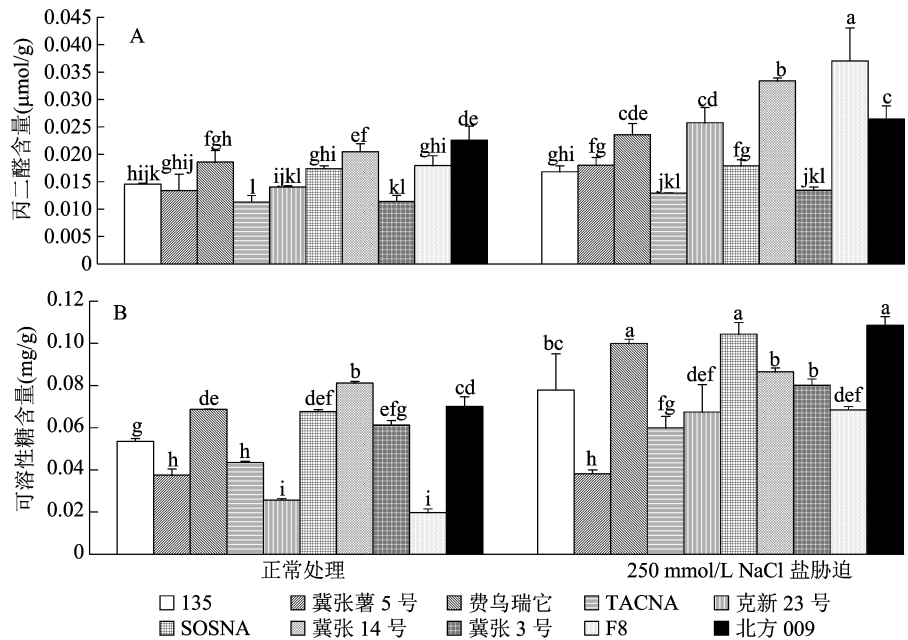


图2 盐胁迫对马铃薯渗透调节物质含量的影响

号、F8、北方 009 分别升高 45.35%、45.42%、37.49%、162.35%、54.36%、30.93%、247.50%、54.88%，升高幅度大小顺序依次为 F8 > 克新 23 号 > 北方 009 > SOSNA > 费乌瑞它 > 135 > TACNA > 冀张 3 号。可溶性糖含量升高的品种(系)细胞内外渗透压发生了明显变化，可溶性糖含量升高幅度越大的品种(系)，其抗盐性越好。

2.3 盐胁迫下马铃薯抗氧化酶活性的影响

植物在逆境胁迫下会产生活性氧，活性氧会损害细胞膜的结构和功能，而 SOD、POD、CAT 为清除活性氧的关键酶<sup>[19]</sup>。与正常处理相比，盐胁迫条件下，冀张薯 5 号、费乌瑞它、TACNA、克新 23 号、SOSNA、冀张 14 号、冀张 3 号、F8、北方 009 中 SOD 酶活性分别显著提高 14.32%、30.44%、46.10%、21.90%、14.97%、89.79%、8.37%、43.68%、

9.19% (图 3 - A)。与正常处理相比，在盐胁迫下，除北方 009 外，其他马铃薯品种(系)中 POD 活性均显著提高 (图 3 - B)，提高幅度大小顺序依次为冀张 3 号 > 135 > 冀张 14 号 > F8 > 费乌瑞它 > 克新 23 号 > 冀张薯 5 号 > SOSNA > TACNA。与正常处理相比，盐胁迫下马铃薯 CAT 活性均显著升高，升高幅度大小顺序依次为 F8 > 135 > 北方 009 > 冀张薯 5 号 > SOSNA > TACNA > 克新 23 号 > 费乌瑞它 > 冀张 14 号 > 冀张 3 号 (图 3 - C)。同一品种(系)在盐胁迫下的 3 种抗氧化酶活性变化幅度有所差异，说明不同品种(系)在盐胁迫下所依赖的清除活性氧的酶有所差异。

2.4 单项指标的抗盐性评价

根据公式(1)(2)计算出各个材料各个指标的单项抗盐系数和综合抗盐系数(表 1)。综合抗盐系

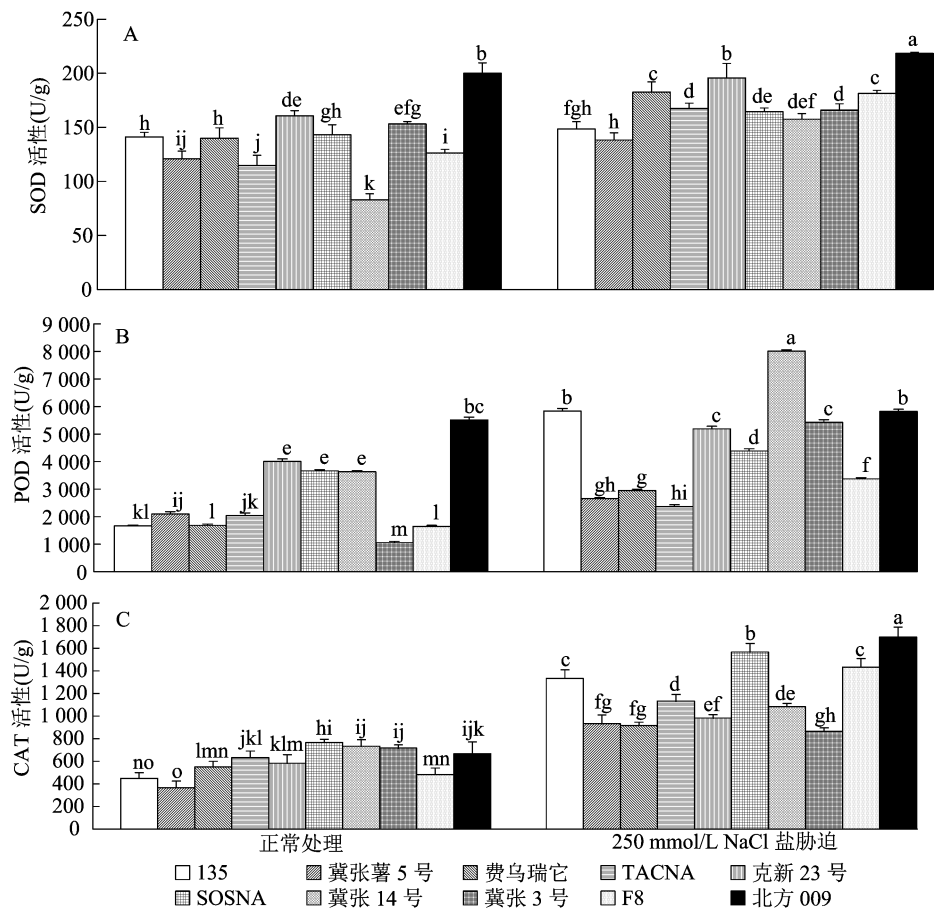


图3 盐胁迫对马铃薯抗氧化酶含量的影响

表 1 各个材料的抗盐系数

材料	抗盐系数						综合抗盐系数
	叶绿素含量	可溶性糖含量	丙二醛含量	SOD 活性	POD 活性	CAT 活性	
135	0.512 1	1.453 5	1.154 9	1.227 8	3.500 0	2.963 0	1.801 9
冀张薯 5 号	0.934 1	1.017 5	1.343 6	0.987 8	1.267 1	2.545 5	1.349 2
费乌瑞它	0.704 3	1.454 2	1.267 9	1.593 0	1.749 1	1.666 7	1.405 9
TACNA	0.597 2	1.374 9	1.143 6	1.042 9	1.155 0	1.789 5	1.183 9
克新 23 号	0.700 1	2.623 5	1.835 3	1.367 7	1.295 0	1.685 7	1.584 6
SOSNA	0.529 1	1.543 6	1.031 9	1.982 0	1.196 9	2.043 5	1.387 8
冀张 14 号	0.478 7	1.065 9	1.631 0	1.028 7	2.205 5	1.477 3	1.314 5
冀张 3 号	0.831 1	1.309 3	1.178 3	1.314 9	5.135 3	1.209 3	1.829 7
F8	0.918 3	3.475 0	2.065 4	0.906 8	2.045 3	2.965 5	2.062 7
北方 009	0.694 1	1.548 8	1.170 0	1.091 9	1.056 4	2.550 0	1.351 9

数结果显示,马铃薯抗盐性由强到弱的顺序依次为 F8 > 冀张 3 号 > 135 > 克新 23 号 > 费乌瑞它 > SOSNA > 北方 009 > 冀张薯 5 号 > 冀张 14 号 > TACNA。参照连续变数的数次分布统计方法,将各性状的抗盐系数以组距为 0.5 分成 9 个组区间,制成次数分布表(表 2)。结果显示,同一组间各性状的抗盐系数分布有较大差距,同一种质不同指标抗

盐系数并不完全一致。因此,利用单一生理指标的抗盐系数来评价马铃薯抗盐性并不准确。

2.5 综合抗盐评价

利用相关分析计算各个性状与综合抗盐指数的相关系数,首先利用公式(4)计算出各品种(系)的隶属函数值,然后根据综合隶属函数值的大小对供试材料进行抗盐性排序(表 3),最后利用最长距

表 2 供试材料各个性状指标的抗盐系数在不同区间的分布

指标	次数								
	$4.0 \leq PI$	$3.5 \leq PI < 4.0$	$3.0 \leq PI < 3.5$	$2.5 \leq PI < 3.0$	$2.0 \leq PI < 2.5$	$1.5 \leq PI < 2.0$	$1.0 \leq PI < 1.5$	$0.5 \leq PI < 1.0$	$0 \leq PI < 0.5$
叶绿素含量	0	0	0	0	0	0	0	10	0
可溶性糖含量	0	0	1	1	0	2	6	0	0
丙二醛含量	0	0	0	0	1	2	7	0	0
SOD 活性	0	0	0	0	0	2	6	2	0
POD 活性	1	1	0	0	2	1	5	0	0
CAT 活性	0	0	0	4	1	3	2	0	0

表 3 各个材料的抗盐性排序

材料	综合隶属函数值	排序	抗盐性等级
135	0.377 7	4	较强
冀张薯 5 号	0.364 9	5	较强
费乌瑞它	0.328 3	6	中等
TACNA	0.165 8	10	较差
克新 23 号	0.446 0	2	较强
SOSNA	0.305 7	7	中等
冀张 14 号	0.191 1	9	较差
冀张 3 号	0.402 3	3	较强
F8	0.701 3	1	极强
北方 009	0.293 1	8	中等

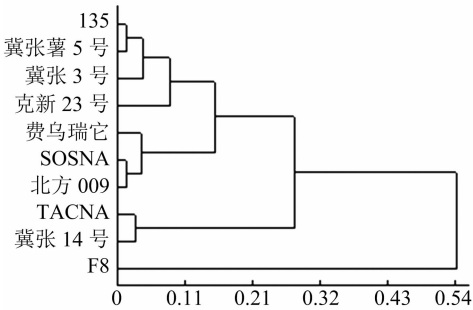


图4 马铃薯各品种(系)抗盐系数分析聚类图

2.6 灰色关联度分析

按灰色系统理论要求,将 10 个不同马铃薯品种(系)的综合抗盐系数和盐胁迫下的 6 个指标视为一个整体,即灰色系统。将综合抗盐指数作为参考数列(母序列),各个指标原始数据标准化处理后的值作为比较数列(子序列),建立灰色系统,计算各个指标与其综合抗盐指数的关联度(表 4)。在盐胁迫条件下,6 个指标与综合抗盐系数的密切程度(关联序)为 POD 活性>丙二醛含量>SOD 活性>可溶性糖含量>CAT 活性>叶绿素含量。

表 4 马铃薯中各指标与综合抗盐系数关联度及关联序

项目	叶绿素含量	可溶性糖含量	丙二醛含量	SOD 活性	POD 活性	CAT 活性
关联度	0.186 4	0.248 4	0.351 6	0.288 0	0.425 9	0.239 1
关联序	6	4	2	3	1	5

3 讨论

盐胁迫条件下,马铃薯通过改变体内生理生化过程来响应逆境环境<sup>[20-21]</sup>。本研究通过对不同处理条件下不同马铃薯品系中叶绿素含量、可溶性糖含量、丙二醛含量、SOD 活性、POD 活性、CAT 活性 6 个生理指标进行测定与综合分析,筛选马铃薯耐盐性强的品种(系),解析马铃薯耐盐生理应答机制。

叶绿素主要与植物的光合作用有关,其含量的高低决定了植物对不同光的吸收和利用效率,是研

究植物生理的重要指标之一<sup>[22]</sup>。一定浓度的盐胁迫可促使植物体内叶绿素含量增加,过高浓度盐胁迫会使叶绿素含量呈下降趋势<sup>[23-24]</sup>。本研究发现,盐胁迫条件下,10 个马铃薯品种(系)中叶绿素含量均呈下降趋势,说明盐胁迫会导致马铃薯叶绿素分解,这与赵曼利等的研究结果<sup>[25]</sup>一致。在逆境条件下,丙二醛是植物细胞膜发生膜脂氧化的产物,其大量累积可造成细胞调节功能紊乱,损伤生物膜,而细胞膜脂过氧化程度与植物对逆境条件反应的强弱成负相关<sup>[26]</sup>。可溶性糖是植物重要的渗透

调节物质和营养物质,它们的积累能提高细胞的保水能力,减轻活性氧对膜脂和蛋白质的过氧化作用,从而对生物膜起到保护作用<sup>[27]</sup>。本研究结果表明,盐胁迫条件下,不同马铃薯品种(系)中丙二醛和可溶性糖含量均呈上升趋势,表明马铃薯细胞膜受到损害,而马铃薯通过释放可溶性糖来减少损伤。植物在受到盐胁迫时会产生各种活性氧及其化合物,它们会对机体的正常生理活动产生危害,SOD、POD、CAT 可以在细胞中通过不同途径协同作用降低这种危害<sup>[28-29]</sup>。本研究结果表明,盐胁迫促使了不同马铃薯品种(系)酶活性增加,这与顾恒等的研究结果<sup>[30]</sup>一致。

近年来,土壤盐渍化给农业生产带来严峻挑战,为了筛选抗盐性种质资源、探究作物抗旱生理应答机制,一些学者采用相关分析、隶属函数分析、聚类分析、灰色关联度分析方法相结合对作物的抗盐性进行综合评价<sup>[31-32]</sup>。本研究结果显示,利用单一生理指标计算得到的抗盐系数有所差异,说明采用单一生理指标的抗盐系数不能准确评价马铃薯的抗盐性,这与王苗苗等的研究结果<sup>[33]</sup>一致。通过进一步结合单项指标抗盐系数、隶属函数分析、聚类分析以及灰色关联度分析对马铃薯种质资源的抗盐性进行综合分析,可将 10 个不同马铃薯品种(系)抗盐性分为 4 类:第 1 类为耐盐品系 F8;第 2 类为中等耐盐品种(系),包括 135、冀张薯 5 号、克新 23 号、冀张 3 号;第 3 类为中等感盐品种(系),包括费乌瑞它、SOSNA、北方 009;第 4 类为感盐品种(系),包括 TACNA、冀张 14 号。在盐胁迫条件下,6 个指标与综合抗盐系数的密切程度(关联序)为 POD 活性 > 丙二醛含量 > SOD 活性 > 可溶性糖含量 > CAT 活性 > 叶绿素含量。

## 4 结论

盐胁迫能够降低马铃薯叶绿素含量,增加丙二醛和可溶性糖含量,提高保护酶活性。单一生理指标的变化不能说明马铃薯品种(系)的抗盐强弱,运用隶属函数分析、聚类分析、灰色关联度分析相结合,可以对马铃薯种质资源的抗盐性进行综合评价。

## 参考文献:

[1] 唐洪明. 试论我国马铃薯实生种子(薯)的利用及其生产发展的前景[J]. 中国马铃薯,1987,1(3):44-48.  
[2] 郭全恩,王益权,郭天文,等. 半干旱地区环境因素与表层土壤积盐关系的研究[J]. 土壤学报,2008,45(5):957-963.

[3] 李青. 马铃薯耐盐生理及相关基因的筛选与分析[D]. 长沙:湖南农业大学,2019.  
[4] 崔焱森,张俊莲,李学才,等. 马铃薯试管苗对盐胁迫的生理反应[J]. 中国马铃薯,2007,21(1):1-5.  
[5] 王中玉,逯昀,陈昆. NaCl 胁迫对西瓜幼苗叶绿素荧光、光合特性、渗透调节及酶活性的影响[J]. 山西农业科学,2020,48(12):1909-1912.  
[6] 张景云,白雅梅,繆南生,等. 盐胁迫对不同耐盐性二倍体马铃薯叶片质膜透性、丙二醛和脯氨酸含量的影响[J]. 作物杂志,2013(4):75-80.  
[7] 李青,王万兴,胡新喜,等. NaCl 胁迫对马铃薯组培苗生理生化影响[J]. 分子植物育种,2020,18(14):4754-4761.  
[8] 张景云,繆南生,白雅梅,等. 盐胁迫下二倍体马铃薯叶绿素含量和抗氧化酶活性的变化[J]. 作物杂志,2014(5):59-63.  
[9] 陈彦云,李紫辰,曹君迈,等. 马铃薯脱毒苗对 NaCl 胁迫的响应及耐盐性评价[J]. 西南农业学报,2018,31(10):2052-2059.  
[10] 李会珍,张志军,许玲,等. 离体条件下盐胁迫对马铃薯试管苗叶绿素含量、脯氨酸累积和抗氧化酶活性的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2006,32(3):300-306.  
[11] 刘德兴,荆鑫,焦娟,等. 嫁接对番茄产量、品质及耐盐性影响的综合评价[J]. 园艺学报,2017,44(6):1094-1104.  
[12] 梁春波,韩秀峰,邸宏,等. 马铃薯新型栽培种耐盐性鉴定与筛选[J]. 中国马铃薯,2006,20(2):68-72.  
[13] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006.  
[14] 祁旭升,王兴荣,许军,等. 胡麻种质资源成株期抗旱性评价[J]. 中国农业科学,2010,43(15):3076-3087.  
[15] 尹利,逯晓萍,傅晓峰,等. 高丹草杂交种灰色关联分析与评判[J]. 中国草地学报,2006,28(3):21-25,43.  
[16] 苏云松,郭华春,陈伊里. 马铃薯叶片 SPAD 值与叶绿素含量及产量的相关性研究[J]. 西南农业学报,2007,20(4):690-693.  
[17] 何文亮,黄承红,杨颖丽,等. 盐胁迫过程中抗坏血酸对植物的保护功能[J]. 西北植物学报,2004,24(12):2196-2201.  
[18] 徐莲珍,蔡靖,姜在民,等. 水分胁迫对 3 种苗木叶片渗透调节物质与保护酶活性的影响[J]. 西北林学院学报,2008,23(2):12-16.  
[19] Zhang Q F, Li Y Y, Pang C H, et al. NaCl enhances thylakoid-bound SOD activity in the leaves of C3 halophyte *Suaeda salsa* L. [J]. Plant Science, 2005, 168(2):423-430.  
[20] 田京江,井大炜,朱炎辉,等. 我国马铃薯耐盐性研究进展[J]. 安徽农学通报,2018,24(8):38-39,44.  
[21] 周福平,柳青山,张一中,等. 高粱幼苗耐盐指标筛选及耐盐性评价[J]. 山西农业科学,2015,43(9):1076-1079,1083.  
[22] 张体德,武轲,杜振伟,等. 芝麻开花期光合特性及叶绿素含量的研究[J]. 种子,2019,38(9):7-10,17.  
[23] Matoh T, Murata S. Sodium stimulates growth of *Panicum coloratum* through enhanced photosynthesis [J]. Plant Physiology, 1990, 92(4):1169-1173.  
[24] 王明泉,付立新,李国良,等. 玉米抗感种质资源苗期耐盐性的光合作用机制研究[J]. 中国农学通报,2021,37(5):8-14.

韩小伟,刘国利,张 峰,等. 夏玉米品种田间耐盐性综合评价及鉴定[J]. 江苏农业科学,2022,50(18):194-200.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.18.030

# 夏玉米品种田间耐盐性综合评价及鉴定

韩小伟<sup>1</sup>, 刘国利<sup>2</sup>, 张 峰<sup>1</sup>, 张国顺<sup>1</sup>, 冯玉在<sup>3</sup>, 张会光<sup>3</sup>, 李宗新<sup>4</sup>, 张 慧<sup>4</sup>, 韩文亮<sup>1</sup>, 高英波<sup>4</sup>

(1. 滨州市农业科学院, 山东滨州 256600; 2. 山东省无棣县小泊头镇农业综合服务中心, 山东无棣 256600;

3. 山东借箭牛业发展有限公司, 山东滨州 256600; 4. 山东省农业科学院玉米研究所/小麦玉米国家工程实验室/

农业农村部黄淮海北部玉米生物学与遗传育种重点实验室, 山东济南 250100)

**摘要:**评价鉴定耐盐玉米品种,对提高盐碱地玉米单产和总产具有重要意义。试验选用 132 个近年来新审定的玉米品种为供试材料,以倒伏率、株高、穗位高、穗长、穗数、穗行数、行粒数、穗粒数、千粒质量及产量等指标为鉴定依据,采用加权隶属函数、因子分析、相关性分析和聚类分析等方法对不同玉米品种耐盐性进行综合评价及鉴定。结果表明,所试玉米品种 95% 置信区间内平均籽粒产量范围为 7 119.75 ~ 7 729.21 kg/hm<sup>2</sup>,变异系数为 0.238。株高、穗位高、穗长、行粒数、穗粒数、千粒质量及产量与品种耐盐性呈极显著相关关系( $P < 0.001$ ),可作为田间鉴定玉米品种耐盐性能的主要指标。采用  $K$  均值聚类分析法将 132 个玉米品种依据产量高低分为 19 个高产品种(产量 9 074.08 ~ 11 026.50 kg/hm<sup>2</sup>)、59 个中产品种(产量 7 387.82 ~ 9 013.55 kg/hm<sup>2</sup>)、33 个相对低产品种(产量 5 493.73 ~ 7 312.16 kg/hm<sup>2</sup>)和 21 个低产品种(产量 3 128.40 ~ 5 204.74 kg/hm<sup>2</sup>)4 类。综合考虑品种耐盐性能( $D$  值)及田间产量表现,鉴定出宁研 678、鑫星 321、硕秋 702 及齐民玉 6 号 4 个耐盐玉米品种。产量、千粒质量、穗长、株高、穗位高、穗粒数、行粒数可用于玉米品种田间耐盐性综合评价的主要指标,宁研 678、鑫星 321、硕秋 702 和齐民玉 6 号可用于盐碱地玉米种植。

**关键词:**夏玉米品种;盐碱地;加权隶属函数;综合评价;聚类分析

**中图分类号:**S513.024 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)18-0194-07

土壤盐渍化是限制农业生产的重要因子之一,严重影响着作物的生长发育和产量提升。我国盐

渍化土壤总面积约为 3 600 万 hm<sup>2</sup><sup>[1]</sup>,占我国耕地总面积的 10% 左右<sup>[2-3]</sup>,其中具备农业改良利用潜力的盐碱地面积约为 67 万 hm<sup>2</sup><sup>[4]</sup>,可增耕地面积及农业生产能力提升潜力巨大。玉米是我国重要的粮食作物之一,近年来年总产量维持在 2.6 亿 t 左右,位居粮食作物产量首位,约占三大粮食作物总产量的 43%<sup>[5]</sup>,对保障国家粮食安全至关重要。近年来盐碱地的玉米种植面积呈明显增长趋势,但受盐碱逆境的影响,玉米单产和总产偏低。因此,评价鉴定耐盐高产玉米品种,挖掘玉米自身耐盐能

收稿日期:2022-03-04

基金项目:山东省农业科学院农业科技创新工程(编号:CXGC2021A07);

山东省科技特派员行动计划(编号:2020KJTPY057);山东省玉米产业技术体系(编号:SDAIT-02-07)。

作者简介:韩小伟(1992—),男,山东滨州人,硕士,助理农艺师,主要从事作物栽培研究。E-mail:506376089@qq.com。

通信作者:高英波,博士,助理研究员,主要从事玉米栽培生理研究。

E-mail:yingboandy@163.com。

[25] 赵曼利,杜启兰,焦 健,等. 盐胁迫对不同品种油橄榄抗盐性生理指标的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2016,45(1):19-25.

[26] 凌云鹤,周 瑶,景 兵,等. 盐胁迫对向日葵幼苗生长及生理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2019,37(4):139-145.

[27] 张永平. 氯化胆碱对盐胁迫黄瓜幼苗渗透调节物质及活性氧代谢系统的影响[J]. 西北植物学报,2011,31(1):137-143.

[28] 石 峰,李 鑫,王绍明,等. 盐胁迫条件下盐芥生理生化指标的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2013(3):79-81.

[29] 王 维. 盐胁迫条件下陆地棉活性氧代谢相关基因的功能研究

[D]. 泰安:山东农业大学,2019.

[30] 顾 恒,李 玲,欧阳绮霞,等. 盐胁迫对 3 个桂花品种生长和生理特性的影响[J]. 中国野生植物资源,2020,39(10):28-34.

[31] 王志恒,徐中伟,周吴艳,等. 藜麦种子萌发阶段响应干旱和盐胁迫变化的综合评价[J]. 中国生态农业学报(中英文),2020,28(7):1033-1042.

[32] 李 波,于海龙. 苏打盐碱胁迫下不同来源苜蓿品种抗盐性综合评价[J]. 草地学报,2017,25(1):204-208.

[33] 王苗苗,周向睿,梁国玲,等. 5 份燕麦材料苗期耐盐性综合评价[J]. 草业学报,2020,29(8):143-154.