

# 低温和盐复合胁迫对玉米种子生理生化指标的影响

李 昕,高洪儒,赵北平

(黑龙江省农业科学院 五常水稻研究所,黑龙江 哈尔滨 150000)

**摘要:**为探究复合胁迫对玉米种子生长的影响,以玉米杂交种郑单 958 为试验材料,研究了低温及盐胁迫两重逆境对玉米种子表型指标、膜损伤及抗氧化系统等指标的影响。结果表明:低温、盐胁迫单一及复合逆境均导致玉米胚根长、芽长、胚芽鲜重下降,其中盐胁迫对玉米胚芽鲜重影响不显著,复合胁迫的各指标降低幅度较大;与 CK 相比,各胁迫处理均不同程度地提高了胚芽的相对电导率和 TBARS 的含量,其中复合胁迫下玉米胚芽膜损伤较单一胁迫大;同时,低温、盐胁迫单一及复合逆境均不同程度地增加了胚芽 SOD、CAT、APX 的活性,低温盐复合胁迫下玉米抗氧化酶上升幅度最大,其次是低温处理。说明低温及盐胁迫复合处理下的玉米种子的响应机制与单一逆境下有所差异,复合逆境处理引起的玉米种子生长抑制较单一胁迫更为明显。

**关键词:**玉米;低温;盐;复合胁迫

**中图分类号:**S513.01 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)07-0019-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.07.0019

低温冷害是限制物种分布与农业生产的重要因素<sup>[1]</sup>。玉米是典型的低温敏感型作物,极限温度为 4℃,冷害对玉米的生长发育有明显的伤害,尤其是在北方,早春播种、育苗常遇到低温的伤害,对其产量有极大的影响<sup>[2]</sup>。低温在一定程度上破坏细胞膜从而影响膜系统维持的生理功能<sup>[3]</sup>。研究指出大部分植物在温度介于 0~15℃ 时一系列生理功能被破坏<sup>[4]</sup>,因此研究低温对玉米伤害有重大的实际意义。

目前国内外对玉米逆境的研究大都集中在单一胁迫上,复合胁迫的研究报道很少,尤其是针对低温与盐的复合胁迫尚未见报道<sup>[5]</sup>。事实上,由于环境复杂多变,植物往往同时或相继遭受至少两种不同逆境因子的影响,对复合胁迫的研究比对单一胁迫研究更有实践和理论意义。目前,已有不少研究者开展了植物对复合胁迫生理生化机制以及分子响应机制等方面的研究,如干旱和高温复合胁迫、干旱和 UV-B 复合胁迫、盐和臭氧复合胁迫、混合盐碱等<sup>[6-7]</sup>。有报道指出,在自然条件下两种以上的复合胁迫时常发生,严重影响了植物生长与发育。研究表明玉米品种郑单 958 有较强的低温发芽能力,在 10℃ 和 5℃ 两个低温条件下均能保持较高的相对发芽率。本试验以玉米

种子(郑单 958)为试验材料,对不同低温及盐复合胁迫下种子的各项生理生化指标进行了研究,旨在探讨各处理下种子生长的抑制情况及细胞膜的伤害程度、抗氧化酶系统在防御活性氧对细胞伤害中的作用和差异,并为进一步研究玉米种子耐盐抗低温的生理机制提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试玉米品种为郑单 958,由河南省农业科学院培育。

### 1.2 方法

1.2.1 试验设计 挑选大小一致无破损的玉米种子,用 1% 次氯酸钠消毒 10 min,蒸馏水冲洗干净,25℃ 浸种 24 h,均匀摆放在铺有 3 层滤纸的培养皿中(直径为 9 cm),每个培养皿均匀摆放 20 粒种子,再覆盖一层滤纸,加 4 mL NaCl 盐处理液(0、50、100、150 mmol·L<sup>-1</sup>)将其润湿,以正常生长条件下的玉米种子作对照(温度 28℃,蒸馏水培养),低温处理为 10℃ 和 5℃,低温盐胁迫组合处理见表 1,每个处理重复 6 次。培养皿置于人工气候箱内,光周期为 12 h/12 h,相对湿度为 60%。每天更换处理液,并将培养皿内的滤纸用新处理液轻轻冲洗 3 遍,以保持试验期内每个培养皿中溶液的水势基本恒定,重新加入处理液处理 3 d,恢复生长 3 d,经过处理的种子分别用于芽期表型指标和胚芽测定各项生理指标分析。

收稿日期:2016-05-04

第一作者简介:李昕(1989-),男,黑龙江省宾县人,硕士,研究实习员,从事作物遗传育种研究。E-mail: henrytomli@126.com。

表 1 低温及盐胁迫组合处理

Table 1 Low temperature and salt combinations

处理 Treatments	温度/℃ Temperature	盐浓度/(mmol·L <sup>-1</sup> ) Salt concentration
CK	28	0
C1	5	0
C2	10	0
S1	28	50
S2	28	100
S3	28	150
C1+S1	5	50
C1+S2	5	100
C1+S3	5	150
C2+S1	10	50
C2+S2	10	100
C2+S3	10	150

1.2.2 测定项目及方法 ①表型指标的测定:分别从每个培养皿中随机取 10 粒已处理的发芽种子,测定胚鲜重、胚根及胚芽长度。

②抗氧化酶活性的测定:酶提取液参照 Jiang 等<sup>[8]</sup>方法并改进。称取叶片烘干样品 0.1 g 左右,放入预冷的研钵中,用 10 mL 预冷的提取缓冲液(K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>-KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, pH 7.0,1 mmol·L<sup>-1</sup> EDTA,1% PVP,1 mmol·L<sup>-1</sup> ASC)研磨匀浆,15 000 r·min<sup>-1</sup>,4 ℃离心 20 min,上清液即为酶粗提液,以下各指标均采用此酶液。超氧化物歧化酶(Superoxide Dismutase,SOD)参照 Giannopolitis 和 Ries<sup>[9]</sup>方法测定。过氧化氢酶(Catalase,CAT)参照 Cakmak 方法<sup>[10]</sup>测定。抗坏血酸过氧化物酶(Ascorbate Peroxidase,APX)参照 Nakano 和 Asada<sup>[11]</sup>方法测定。

③硫代巴比妥酸反应物含量的测定:参照 Heath 和 Packer<sup>[12]</sup>方法测定硫代巴比妥酸反应物(TBARS),吸取②中酶提取液 2 mL,加 2 mL 含 0.5% 硫代巴比妥酸(TBA)的 20% 三氯乙酸(TCA)溶液,混合液于沸水浴中加热 15 min,迅速用冰水冷却,以 4 000 r·min<sup>-1</sup>离心 10 min,上清液分别于 450、532、600 nm 波长下测定光密度值。

④浸出液电导率的测定:参照 Lutts 等方法并改进<sup>[13]</sup>。取 1 cm 胚芽,用去离子水洗净,放入试管中,加 10 mL 去离子水,25 ℃浸泡 24 h,用 DDS-11 C 电导仪测定各组浸液电导率 A;然后将试管置于煮沸水中 20 min,再冷却至初始温度时,测电导率 B,相对电导率 R(%)=A/B×100。

1.2.3 数据分析 使用 Excel 2007 对数据进行整理,SPSS 19.0 进行单因素方差分析,Duncan 检验法进行多重比较和差异显著性分析(P<0.05),表和图中的数据均为 3 次重复的平均值。

2 结果与分析

2.1 复合胁迫对玉米芽期表型指标的影响

胚根长度随盐及低温胁迫的变化结果见图 1-A。与对照相比各处理均抑制胚根的生长,但是单盐胁迫对其影响最小,与 CK 差异不显著。复合逆境对胚根长度的影响比单一胁迫大,其中以 C1+S3(5 ℃,盐浓度 150 mmol·L<sup>-1</sup>)处理抑制作用显著,其胚根长度比对照下降 63.4%。由方差分析结果可知,盐浓度(F=8.282,P<0.001)和温度(F=198.226,P<0.001)对胚根长度有极显著的影响,盐浓度与温度的互作(F=5.702,P<0.05)对其影响显著(见表 2)。

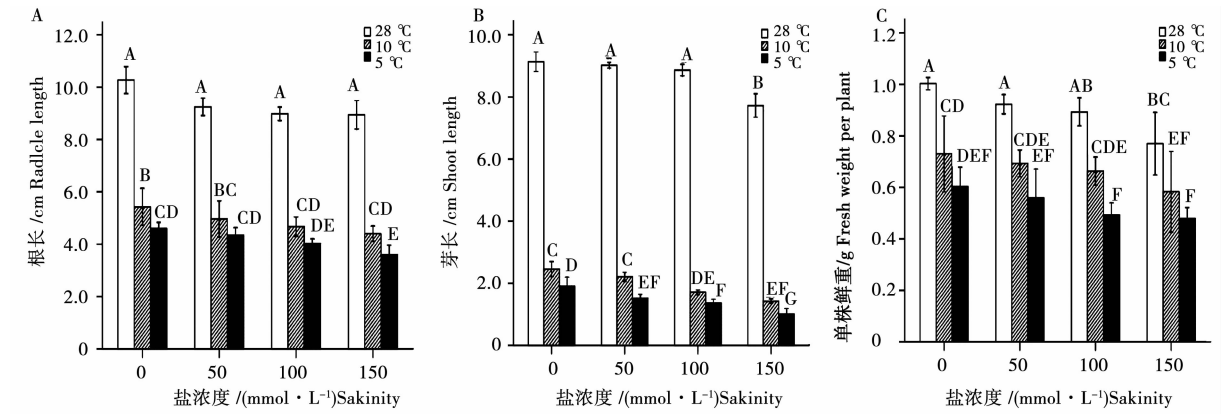


图 1 不同处理对胚根长、芽长及胚鲜重的影响

Fig.1 Effects of different treatments on the radicle length(A), shoot length(B)and fresh weights(C) of maize embryo

表 2 低温及盐两因素(互作)方差分析  $F$  值及差异显著性比较

Table 2 Two-way ANOVA of effects of salt, low temperature and their interactions on physiological characteristics of maize seeding

生理指标 Physiological	盐胁迫 Salinity	低温 Cold temperature	盐胁迫×低温 Salinity×Cold temperature
根长/cm Root length	8.282***	198.226***	5.702**
芽长/cm Shoot length	731.637***	3988.285***	7.816**
鲜重/(g·株 <sup>-1</sup> ) Fresh weight	0.346 <sup>ns</sup>	29.364***	7.358***
TBARS 含量 TBARS content	4.506**	40.744***	2.195**
相对电导率 Relative conductivity	6.996**	96.963***	1.950**
SOD 活性 SOD activity	3.360*	35.771***	0.350**
CAT 活性 CAT activity	2.843**	242.680***	1.584**
APX 活性 APX activity	1.723**	67.824***	7.411***

\*、\*\*和\*\*\*分别表示 0.05、0.01 和 0.001 显著水平; ns 表示差异不显著。  
\*, \*\* and \*\*\* represented significance at 0.05, 0.01 and 0.001 probability level, respectively. ns means no significant difference.

芽长随盐及低温胁迫程度的增加呈明显下降趋势(见表 2,图 1-B)。与 CK 相比各处理均抑制芽的生长,但抑制程度各有不同。单盐胁迫中只有当盐浓度 150 mmol·L<sup>-1</sup> 与 CK 差异达极显著水平,单一低温胁迫时,各处理之间均达极显著水平。复合胁迫对芽长的影响比单一胁迫大,其中以 C1+S3(5℃,盐浓度 150 mmol·L<sup>-1</sup>)处理抑制作用最为明显,其芽长比对照下降 89.1%,比单一盐胁迫 S3(150 mmol·L<sup>-1</sup>)下降 87.1%,比单一低温胁迫 C1(5℃)下降 47.4%。由方差分析结果可知,盐浓度( $F=731.637, P<0.001$ ),温度( $F=3988.285, P<0.001$ ),对芽长有极显著的影响,盐浓度与温度的交互作用( $F=7.816, P<0.01$ )对其影响极显著。

胚鲜重随盐浓度的升高及低温程度的增加呈下降趋势(见表 2,图 1-C)。与 CK 相比,各处理均抑制种子的生长,降低胚鲜重。其中以 C1+

S3(5℃,盐浓度 150 mmol·L<sup>-1</sup>)处理抑制作用最为明显,其胚鲜重比对照下降 52%。由方差分析结果可知,盐浓度( $F=0.346, P>0.05$ )对胚芽鲜重无显著影响,温度( $F=29.364, P<0.001$ )对胚鲜重有极显著的影响,盐浓度与温度的交互作用( $F=7.358, P<0.001$ )对其影响极显著。

2.2 复合胁迫对玉米芽期膜损伤的影响

TBARS 是反映膜质过氧化损伤程度的重要指标。由图 2 所示,随着胁迫程度的增加, TBARS 含量明显上升,其中 5℃ 与 0、50、100、150 mmol·L<sup>-1</sup> 这组处理的 TBARS 含量分别比 CK(28℃, 0 mmol·L<sup>-1</sup>) 增加 40%、45%、46.2%、48%。由方差分析结果可知,盐浓度、温度胁迫对 TBARS 含量均有极显著影响,且具有极显著的交互作用(见表 2)。由图 3 可知,单一盐处理及单一低温处理下,相对电导率随胁迫程度的增加逐渐提高。低温和盐胁迫复合处理下, 10℃ 时相对电导率随盐浓度的增加缓慢上升; 5℃ 时相对电导率随盐浓度的增加呈先上升后缓慢下降的趋势,盐浓度 50 mmol·L<sup>-1</sup> 时达到峰值,此点相对电导率最高为 CK 的 2.2 倍。由方差分析结果可知,盐浓度( $F=6.996, P<0.01$ ),温度( $F=96.963, P<0.001$ )对相对电导率有极显著的影响,且盐浓度与温度的交互作用( $F=1.950, P<0.01$ )对其影响极显著(见表 2)。

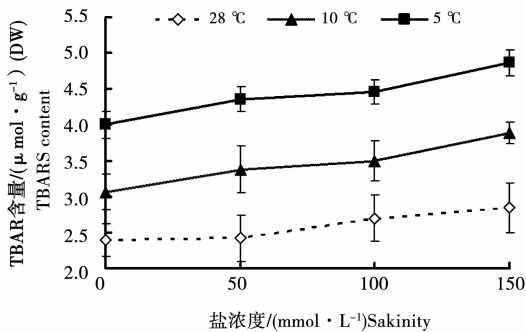


图 2 低温和盐复合胁迫对玉米胚芽 TBARS 含量的影响

Fig. 2 Effects of the combined cold and salt stress on TBARS contents of maize embryo

2.3 复合胁迫对玉米芽期抗氧化酶活性的影响

复合胁迫对玉米芽期抗氧化酶活性的影响见图 4、图 5 和图 6。从图 4 可看出,单一低温、盐处理及低温和盐复合处理均导致胚芽中的 SOD 活性上升,其中处理 C1+S3(5℃,盐浓度 150 mmol·L<sup>-1</sup>)下 SOD 活性最高,比 CK 增加 76.7%。由方差分析结果可知,盐浓度( $F=$

3.360,  $P < 0.05$ ) 对 SOD 活性有显著影响, 温度 ( $F = 35.771$ ,  $P < 0.001$ ) 对其有极显著的影响(见表 2)。

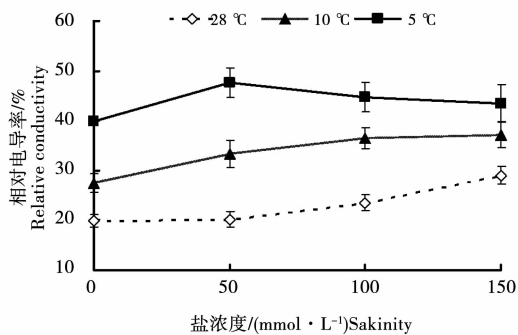


图 3 低温和盐复合胁迫对玉米胚芽浸出液电导率的影响

Fig. 3 Effects of the combined cold and salt stress on relative conductivity of maize embryo

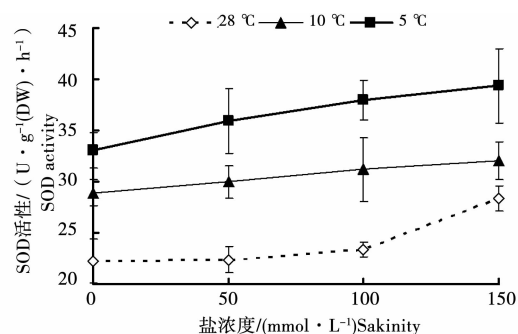


图 4 低温和盐复合胁迫对玉米胚芽 SOD 活性的影响

Fig. 4 Effects of the combined cold and salt stress on SOD activity of maize embryo

从图 5 可以看出, 低温、盐及复合处理下 CAT 的活性均高于 CK, 但是不同逆境处理其活性变化呈不同的变化趋势, 单一盐渍化处理下 CAT 活性随盐浓度的升高缓慢上升, 单一低温处理下 CAT 活性随温度的降低明显提高。低温和盐复合处理下, 10 °C 时 CAT 活性随盐浓度的增加呈上升的趋势; 5 °C 时 CAT 活性随盐浓度的增加呈先上升后缓慢下降的趋势, 当盐浓度为 50 mmol · L<sup>-1</sup> 时达到峰值, 此点 CAT 活性最高比 CK 增加 58.8%。由方差分析结果可知, 盐胁迫及低温胁迫均对 CAT 活性有极显著影响, 且两因子互作达极显著水平(见表 2)。

从图 6 可以看出, 不同胁迫处理 APX 活性变化呈不同的趋势, 单一盐及单一低温处理下, APX 的活性随胁迫程度的增加极显著提高, 其中处理 5 °C, 0 mmol · L<sup>-1</sup> 时 APX 的活性最高, 比 CK 增加 40.29%。低温和盐复合处理下, 10 °C 时 APX 活性随盐浓度的增加显著提高; 5 °C 时

APX 活性随盐浓度的增加呈缓慢下降的趋势。由方差分析结果可知, 盐浓度 ( $F = 1.723$ ,  $P < 0.01$ ) 对 APX 活性影响极显著, 温度 ( $F = 67.824$ ,  $P < 0.001$ ) 对其影响极显著, 盐浓度与温度的交互作用 ( $F = 7.411$ ,  $P < 0.001$ ) 对其影响极显著(见表 2)。

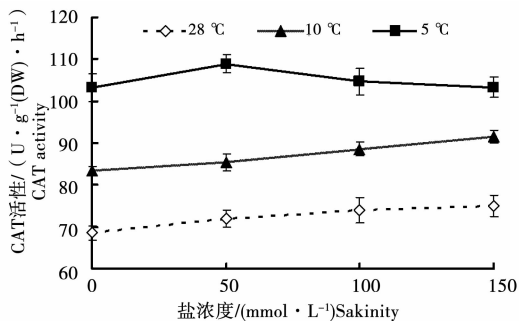


图 5 低温和盐复合胁迫对玉米胚芽 CAT 活性的影响

Fig. 5 Effects of the combined cold and salt stress on CAT activity of maize embryo

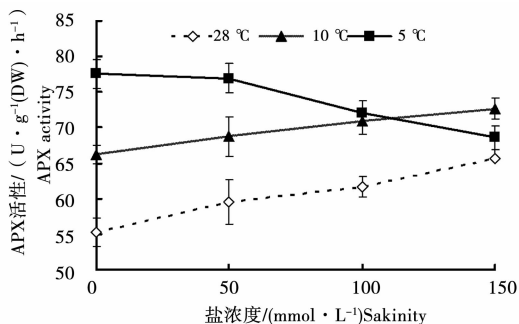


图 6 低温和盐复合胁迫对玉米胚芽 APX 活性的影响

Fig. 6 Effects of the combined cold and salt stress on APX activity of maize embryo

### 3 结论与讨论

本研究以郑单 958 为试验材料, 模拟低温及盐胁迫, 对单一和复合胁迫条件下种子生长、胚芽细胞膜透性以及活性氧代谢的变化进行了研究, 结果表明, 低温、盐及低温和盐复合胁迫明显抑制种子生长, 与 CK 相比, 各处理均显著降低胚根长、胚芽长及胚鲜重, 且复合胁迫要比单一胁迫影响程度大。

TBARS 是膜脂过氧化产物, 是反映细胞膜伤害程度的重要指标之一。逆境胁迫时, TBARS 会大量积累, 从膜上产生的位置释放后, 与蛋白质、核酸反应修饰其特征, 使纤维素分子间的桥键松弛或抑制蛋白质的合成, 因此 TBARS 的积累会对细胞和膜造成一定的伤害<sup>[14]</sup>。本研究发现, 不同处理均导致胚芽细胞膜遭受不同程度的破

坏,随胁迫程度的增加,TBARS 含量显著上升,且低温对 TBARS 含量影响远超过盐。电导率是衡量植株细胞内溶物扩散到细胞外的一项生理指标,当细胞膜遭受某种伤害时,电解质则大量涌向细胞外,导致电解质激增<sup>[15]</sup>。研究表明,与 CK 相比,胁迫均不同程度地提高了胚芽的相对电导率,低温和盐复合处理下,5℃时相对电导率随盐浓度的增加呈先上升后缓慢下降的趋势,复合胁迫引起的膜损伤较单一胁迫更为明显。

植物细胞在其生命活动过程中,如果遇到胁迫,叶绿体、线粒体和质膜上的电子传递会发生电子泄漏而不可避免地产生大量活性氧<sup>[16]</sup>。活性氧导致生物大分子及膜系统的过氧化反应而损伤细胞,但植物体内具有由多种抗氧化酶(SOD、CAT、APX 等)所组成的抗氧化系统,尽量将活性氧控制在细胞可忍耐的水平<sup>[17]</sup>。胁迫下抗氧化酶的协同作用可把活性氧直接或间接地清除,防止和延缓了细胞膜系统的脂质过氧化作用及生物大分子的氧化损伤,保障了细胞内各种生命代谢活动的正常进行。SOD 是抵御活性氧自由基介导的氧化损伤的第一道防线<sup>[18]</sup>,CAT 可专一清除 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,但 CAT 定位于线粒体、过氧化物体与乙醛酸循环体中,叶绿体中 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的清除是通过 Halliwell-Asada 途径进行的,APX 是植物这一途径的重要组成部分之一<sup>[19-20]</sup>。因此,CAT、APX 被认为 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>清除系统中重要的酶类。与对照相比各胁迫处理均不同程度地增加了胚芽 SOD、CAT、APX 的活性,复合胁迫对胚芽抗氧化物酶系统的影响比单一胁迫处理大,除 APX 以外,低温和盐复合胁迫处理下,5℃时 APX 活性随盐浓度的增加呈缓慢下降的趋势,其活性要比单一低温(5℃,0 mmol·L<sup>-1</sup>)处理时低,可能是由于胁迫导致机构受损严重,电子传递泄露严重,产生的大量活性氧不能迅速清除,进一步加剧伤害,使得叶绿体中主要负责清除 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的 APX 活性快速下降,倾向于依靠 CAT 来清除体内的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>。由两因素方差分析结果可知,低温对抗氧化酶活性的影响远超过盐胁迫。

综上所述,无论是单一胁迫还是复合胁迫,均会导致胚芽细胞膜遭到破坏,随着胁迫程度的增加,破坏程度也不断加深,且复合胁迫对玉米胚芽细胞膜的破坏程度要比单一胁迫大,单一低温处理对细胞膜的影响要比单一盐处理大。

#### 参考文献:

[1] 王春乙. 东北地区农作物低温冷害研究[M]. 北京:气象出版社,2008:4-5.

- [2] 胡海军,王志斌,陈凤玉,等. 玉米冷害生理机制研究进展[J]. 玉米科学,2009,17(2):149-152.
- [3] 王小丽,裴玉贺,郭新梅,等. 低温胁迫下玉米幼苗的几种生理生化指标的变化[J]. 植物生理学通讯,2009,45(5):487-490.
- [4] 王迎春,褚金翔,孙忠富,等. 玉米对低温胁迫的生理响应及不同品种间耐低温能力比较[J]. 中国农学通报,2006,22(9):210-210.
- [5] Mittler Ron. Abiotic stress, the field environment and stress combination[J]. Trends in plant science,2006,11(1):15-19.
- [6] 张国斌,邵继华. 低温弱光对辣椒幼苗光合特性与光合作用启动时间的影响[J]. 西北植物学报,2006,26(9):1770-1775.
- [7] 刘瑞侠,李艳辉,陈绍宁,等. 干旱高温协同胁迫对玉米幼苗抗氧化防护系统的影响[J]. 河南农业大学学报,2008,42(2):363-366.
- [8] Jiang Mingyi, Zhang Jianhua. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves[J]. Journal of Experimental Botany,2002,53(379):2401-2410
- [9] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutase. I. occurrence in higher plants[J]. Plant Physiology, 1977, 59:309-314.
- [10] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [11] Nakano, Yoshiyuki, Asada, Kozi. Hydrogen Peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts[J]. Plant and Cell Physiology, 1981, 22(5):867-880.
- [12] Heath R L, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics, 1968, 125(1):189-198.
- [13] Lutts S, Kinet J M, Bouharmont J. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance[J]. Ann. Bot, 1996, 78:389-398.
- [14] 付艳,高树仁,杨克军,等. 盐胁迫对玉米耐盐系与盐敏感系苗期几个生理生化指标的影响[J]. 植物生理学通讯,2011(5):459-462.
- [15] Levent T, Cengiz K, David H. Girgin a Silicon improves salinity tolerance in wheat plants[J]. Environmental and Experimental Botany, 2008, 62:10-16.
- [16] Van Breusegem E, Vranova E, Dat J E. The role of active oxygen species. In plant transduction[J]. Plant Science, 2001, 161:405-414.
- [17] Pignocchi C, Fletcher J M, Wilkinson J E, et al. The function of ascorbate oxidase in tobacco[J]. Plant Physiology, 2003, 132(3):1631-1641.
- [18] Yousef S, Gholamreza H, Weria W, et al. Changes of antioxidative enzymes, lipid peroxidation and chlorophyll content in chickpea types colonized by different Glomus species under drought stress[J]. Symbiosis (Philadelphia, Pa.), 2012, 56(1):5-18.
- [19] 周艳虹,喻景权,钱琼秋,等. 低温弱光对黄瓜幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(6):921-924.
- [20] Gong M, Chen B O, Guo L. Heat-shock induced cross adaption to heat, chilling, drought and salt stress in maize seedlings and involvement of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> [J]. Journal of Plant Physiology, 2001, 158(9):1125-1130.

# 玉米发芽试验标准化与避免误差研究

杜优颖

(黑龙江省农业科学院 草业研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**玉米发芽试验在农业生产和种子经营过程中具有重要意义,为提高玉米发芽率的准确性,在对玉米发芽试验标准化操作方法研究的基础上,总结试验与鉴定中易发生误差的环节,并探索解决对策。

**关键词:**玉米发芽试验;鉴定;误差;对策

中图分类号:S511 文献标识码:A 文章编号:1002-2767(2016)07-0024-03 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.07.0024

在玉米播种、调种前以及贮藏等科研生产活动期间,需要进行发芽试验检测发芽率。发芽试验对种子科研生产和经营均具有重要的意义。种子的发芽率与种子的生活力呈正相关,发芽率越高播种后成苗数目越多。随着新种子法的出台,国家对种子质量的管控日益严格。检验用种质量主要包括四项内容,即种子发芽率、种子纯度、种子水分、种子净度。发芽率是种子质量检测中的最重要的一项。发芽试验通常在实验室中进行,试验重演性可靠。在实验室标准条件下,检测出的数值越准确可靠,越能准确表达出播种发芽率的情况。发芽试验中发芽势代表发芽初期在规定时间内种子的发芽数量占供检测种子数量的百分率。一般情况下发芽势越高代表种子活力越强,发芽整齐,幼苗健壮。发芽率是指,在发芽试验末期规定时间内,种子的发芽数量占供检种子数量的百分率。一般来说,发芽率高代表存活种子多,

苗数多<sup>[1]</sup>。因此在进行发芽试验时每一个环节都要按着标准操作,严格把关,以保证种子的发芽率准确,可靠。

## 1 玉米发芽试验的标准化操作方法

### 1.1 试验设备

为保证发芽率的准确性,试验需采用标准的发芽试验设备:发芽箱或发芽室、发芽盒、数粒器、芽床等。发芽箱通常使用人工智能培养箱或电热恒温培养箱。

### 1.2 标准化操作方法

以玉米种子为例,玉米种子属大粒种子。根据《作物种子发芽实验技术规定》中规定,发芽试验以纸(TP、BP)和砂(S)为标准芽床。为了方便和改善试验效果,有时也采用简便有效的毛巾卷(纱布卷)作为发芽试验芽床。但实际操作中毛巾卷试验法在展开时,易损伤初生根和幼芽,使观察结果发生误差,所以多在辅助试验时采取此法。有时在标准发芽试验结果不良或有怀疑时,作为辅助试验还可采用土壤发芽法。因土壤具有吸附有毒物质的作用,药剂拌种的种子选用此法比较适宜,但土壤发芽试验耗时长,不以此法为常用发芽法。

收稿日期:2016-05-03

作者简介:杜优颖(1983-),女,黑龙江省哈尔滨市人,硕士,助理研究员,从事办公室管理与农学研究。E-mail:dyy0511@126.com。

# Effect of Combined Low Temperature and Salt Stress on Physiological and Biochemical Characteristics of Maize Seedling

LI Xin,GAO Hong-ru,ZHAO Bei-ping

(Wuchang Rice Institute of Heilongjiang Academy of Agriculture Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

**Abstract:**In order to study the response mechanism of physiological and biochemical characteristics in maize seedlings,taking Zhengdan 958 as material,and the effect of low temperature and salt stress was studied. The results showed that shoot length,root length,and fresh weights of maize seedling decreased clearly under single low temperature,salt stress or combined stress,and superoxide dismutase (SOD),catalase (CAT),ascorbate peroxidase (APX) activity,the relative electrolytic leakage and TBARS content of maize embryo increased in different degree under different stress treatments. At low temperature 5 ℃,the scorbate peroxidase (APX) activity decreased slowly,and the relative electrolytic leakage increased firstly and then decreased slowly,but the TBARS content increased constantly with the increasing salinity,moreover,the deleterious effect of combined stress on membrane damage was more severe than the single stress.

**Keywords:**maize; low temperature; salt; combined stress