

不同食葵品种萌发期耐盐性研究

王 婧, 赵永敢, 逢焕成, 任天志, 李玉义

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要:以食葵品种 SH909、RH3146、RH318、DC6009、RH118、135 为材料, 比较研究不同 NaCl 浓度 (0、0.10%、0.20%、0.30%、0.40%、0.50%、0.60%) 处理下的食葵种子萌发期耐盐性。选择种子萌发指标、胚根生长指标与芽期抗逆生理指标进行比较, 并对结果利用模糊数学隶属函数法进行综合评价。研究表明: 食葵品种耐盐性强弱的顺序依次为: RH118 > RH3146 > RH318 > 135 > SH909 > DC6009。RH118 品种耐盐性最强, 试验中表现出了较强的萌发能力与胚生长能力, 发芽极限浓度为 0.47%; RH3146 次之, 发芽极限浓度为 0.41%, 但萌发后, 胚根生长能力较强。低浓度 NaCl 胁迫 (NaCl ≤ 0.10%) 下, 食葵品种受胁迫作用相对较小; 高浓度 NaCl 胁迫 (NaCl ≥ 0.20%) 下, 各品种的萌发能力、胚根生长能力均显著下降。不同品种对 NaCl 胁迫的生理反应也不同。

关键词:耐盐性; 盐胁迫; 萌发期; 食葵; 水培实验

中图分类号: S565.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0029-07

近年来, 我国灌区部分耕地发生严重盐渍化, 根据联合国教科文组织和粮农组织不完全统计, 我国盐渍土面积为 0.35~0.37 亿 hm^2 , 占世界盐渍化耕地的 1/28, 占我国可耕作土壤的 1/4^[1], 严重制约着我国农业的发展。合理开发和利用盐渍化耕地资源是进一步挖掘我国农业发展潜力和提高耕地产出的重要途径。通过筛选耐盐植物品种, 是进行盐渍化耕地农业高效利用的一种既经济又有效的方法。因此, 研究植物的耐盐性及其机理具有重要的理论和现实意义。

种子萌发是植物生活周期的重要阶段, 期间其生理活动极易受到外界环境的干扰, 从而影响植物生长和发育, 盐胁迫是影响种子萌发的重要因子之一^[1~7]。种子萌发对盐分的响应反映了植物适应局地环境的生态机制^[5]。据研究, 盐胁迫会对种子造成离子毒害而抑制其萌芽^[6], 也有研究者认为, 盐胁迫后, 植物质膜会发生一系列的协变, 使得细胞的生理功能受到不同程度的破坏^[8], 丙二醛 (MDA)、超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD)、过氧化氢酶 (CAT) 等含量水平相应均有变化。其中, 盐胁迫使植物体内 MDA 含量增加的研究报道很多, 有研究表明, 不同棉花耐盐品种 MDA 积累量反映出其耐盐性的差异, 耐盐性较低的品种体内 MDA 含量较高, SOD、POD、CAT 含量降低^[9,10]。向日葵是用于开发盐渍化耕地的首选作物之一^[6]。目前, 食用向日葵

在我国北方灌区盐渍化耕地上种植广泛, 进行耐盐食葵品种的筛选对高效利用北方灌区盐渍化耕地具有重要意义。葵花的抗盐性强已有一些研究证明, 但以往研究多集中在油葵上, 进行耐盐食葵品种筛选和改良盐渍化耕地的研究较少^[4,5]。本试验模拟盐胁迫条件, 对我国北方灌区常见食葵品种进行萌发期耐盐筛选, 研究盐胁迫对食葵种子萌发、生长及生理的影响, 以评价其耐盐性差异, 旨在为研究不同品种的抗盐机制和抗盐栽培生理, 利用食葵进行盐渍化耕地高效利用等提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验以北方灌区盐渍化耕地普遍种植的 6 个食葵品种 SH909、RH3146、RH318、DC6009、RH118、135 为试验材料, 供试种子由内蒙古巴彦淖尔市五原县农业局农技推广中心提供。试验用 NaCl 为分析纯。

1.2 试验方法

选取大小一致且饱满的食葵种子, 用蒸馏水漂洗后, 摆放在铺有两层定性滤纸的培养皿内, 每皿 20 粒种子。分别加入浓度为 0、0.10%、0.20%、0.30%、0.40%、0.50%、0.60% 的 NaCl 溶液, 其中 NaCl 溶液浓度为 0 的处理为对照 (CK), 每处理设 4 次重复, 每皿为一重复。然后放入 25℃ ± 1℃ 的生

收稿日期: 2010-12-31

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (200903001-02) “黄河上中游次生盐碱地农业高效利用技术模式研究与示范”课题

作者简介: 王 婧 (1981—), 女, 山东临沂人, 博士, 主要研究方向为盐碱地高效利用与资源节约农作制。E-mail: ailsa_wangjing@126.com.

通讯作者: 逢焕成 (1964—), 研究员, 研究方向为现代农作制度与盐碱地改良。

化培养箱中,恒光恒温,进行盐胁迫萌发。每天补水并保持盐浓度的相对稳定,观察记录发芽情况并记录发芽数与芽长(发芽标准以突破种皮为发芽)。第 5 天计算发芽势,第 10 天结束发芽(其间已连续 2 d 种子发芽数为零),测最终胚根长,取叶测丙二醛(MDA)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT),重复三次。硫代巴比妥酸(TBA)比色法测定丙二醛(MDA)含量;氮蓝四唑法测定超氧化物歧化酶(SOD)含量;愈创酚法测定过氧化物酶(POD)含量;直接紫外分光光度法测过氧化氢酶(CAT)含量^[11]。

1.3 计算方法

发芽率 = (发芽种子数 / 种子总数) × 100%; 发芽势 = (规定天数内发芽种子数 / 种子总数) × 100%; 发芽指数 = $\sum N_t / D_t$ (N_t 为在第 t 天的发芽数, D_t 为相应的天数); 最终胚根长度为结束发芽时胚根长度; 累计胚根长度 = $\sum P_t$ (P_t 为在第 t 天的胚根长度); 相对胚根长度 = (处理胚根长度 / 对照胚根长度) × 100%。

1.4 综合评价方法

盐渍条件下,食葵种子能否正常萌发以及幼苗的质量和生理反应决定了其整株发育的质量^[2~4]。前人研究品种耐盐性多以萌发指标与幼苗生长指标为主^[1~7]。由于种子的发芽率、发芽势及发芽指数是评价种子萌发过程中耐盐性强弱的重要指标;相对胚根长度、最终胚根长度和胚根持续生长状况基本能反映幼苗在盐胁迫下的生长能力。因此,本研究选取这两类指标作为主要的评价指标,并在此基础上添加幼苗生理指标作为衡量标准,共选取发芽率指标、发芽势指标、发芽指数指标、相对胚根长度指标、最终胚根长度指标、累计胚根长度指标与芽期生理指标七大指标衡量不同食葵品种耐盐性强弱,在此基础上,利用模糊数学中求隶属函数的方法进行各指标耐盐性综合评价^[3]。公式为:

$$X_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} \quad (1)$$

$$X_{ij} = 1 - \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} \quad (2)$$

$$X_i = \frac{1}{n} \sum X_{ij} \quad (3)$$

式中, X_{ij} 表示 i 种类 j 指标的耐盐值; $X_{j\min}$ 和 $X_{j\max}$ 分别表示各种类指标的最大和最小测定值,如果耐盐指标测定值与耐盐性呈正相关用(1)式,反之用(2)式。 n 表示耐盐性测定指标种类总和。先求出各个耐盐指标在不同盐浓度下的隶属值,再把每一个指标在不同盐浓度下的隶属值累加求平均值,最后再将

各品种不同耐盐指标的隶属值累加求其平均值(公式(3)),平均值越大表明其耐盐性越大。

2 结果与分析

2.1 不同品种食葵在不同浓度 NaCl 胁迫下萌发各项指标的比较

试验结果表明,低盐胁迫对供试食葵品种萌发抑制作用不明显,某些品种甚至表现出了更强的萌发力,说明食葵对低浓度盐胁迫有一定的适应性和调节能力,有些品种的正常萌发甚至需要一定的离子浓度。但随着 NaCl 浓度的升高,种子的发芽率、发芽势和发芽指数均呈明显降低趋势。

2.1.1 不同品种食葵在不同浓度 NaCl 胁迫下发芽率的比较 图 1 反映了不同浓度的 NaCl 溶液对不同食葵种子发芽率的影响以及品种间的差异显著性。盐胁迫对不同食葵种子的萌发造成了显著的影响,随着 NaCl 浓度的增加,发芽率逐渐下降。在低浓度盐胁迫(0.10%)下,各品种的发芽率表现分为两组,一组是低盐胁迫促进发芽率,包括 RH3146、DC6009、135、RH118 四个品种;另一组的发芽率在盐胁迫下持续缓慢下降,包括 SH909 与 RH318 两个品种,两组平均发芽率差异显著 ($P < 0.05$)。在高浓度盐胁迫下 ($\text{NaCl} \geq 0.20\%$),各品种的发芽率均下降,至 0.30% 浓度时,耐盐性强的品种(RH118)又表现出了较强的发芽能力,与其他品种相比,发芽率差异极显著 ($P < 0.01$)。运用前文所述评价方法进行计算,各品种发芽率耐盐次序为 $\text{RH118} > 135 > \text{RH3146} > \text{SH909} > \text{RH318} > \text{DC6009}$ 。

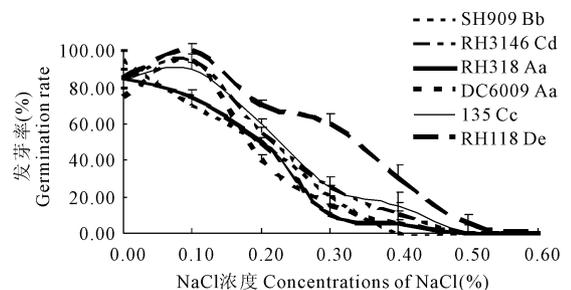


图 1 不同浓度 NaCl 胁迫下不同食葵品种发芽率的比较
Fig.1 Effects of different concentrations of NaCl on germination rate of six *Helianthus* cultivar seeds

注:不同大写字母为 $P \leq 0.01$ 下显著,不同小写字母为 $P \leq 0.05$ 下显著。下同。

Note: Different capital letters represents the significance at the 0.01 level. Different lowercase represents the significance at the 0.05 level. The same as follows.

另外,从表 1 可以看出各食葵种子发芽率与盐

浓度表现出显著的负相关关系,令发芽率分别为 75%、50%、25%,代入各自方程式计算出种子发芽盐胁迫浓度的适宜值、临界值、极限值,并进行比较。

结果表明,不同食葵品种萌芽期耐盐浓度差异显著,供试食葵品种 RH118 的最适值、临界值、极限值均最高。

表 1 不同食葵品种发芽率(y)与 NaCl 浓度(x)的关系

Table 1 Relationship between NaCl concentration (x) and seed vigor index (y) of *Helianthus*

品种 Varieties	R ²	回归方程 Regression equation	适宜值 Suitable value(%)	临界值 Critical value(%)	极限值 Ultimate value(%)
SH909	0.8424	$y = -141.07x + 0.7875$	0.01	0.18	0.36
RH3146	0.8542	$y = -148.81x + 0.8583$	0.07	0.24	0.41
RH318	0.8236	$y = -133.93x + 0.7500$	0.00	0.19	0.37
DC6009	0.7687	$y = -134.52x + 0.7583$	0.01	0.19	0.38
135	0.8796	$y = -147.02x + 0.8583$	0.07	0.24	0.41
RH118	0.9148	$y = -157.14x + 0.9875$	0.15	0.31	0.47

2.1.2 不同品种食葵在不同浓度 NaCl 胁迫下发芽势的比较 由图 2 可知,各品种的种子发芽势总体随 NaCl 浓度的升高而下降,不同品种之间存在显著或极显著差异。与对照相比,RH118、RH3146、DC6009 在 0.10% 浓度盐胁迫下的发芽势较高,说明低浓度盐胁迫有利于提高这三个品种的发芽势。0.10% NaCl 胁迫下,供试品种的发芽势分为三类,RH118 极显著高于其他品种,RH318 极显著低于其他品种,其他品种差异不显著;在 0.20%~0.30% NaCl 浓度下,RH118 的发芽势极显著高于其他品种,其他品种差异不显著;在 0.40%~0.60% NaCl 浓度下,各品种发芽势均处于极低水平,但 RH118 的发芽势极显著高于其他品种。总之,盐分胁迫可推迟食葵发芽时间,影响发芽整齐度。运用前文所述评价方法进行计算,各品种发芽势耐盐次序为 RH118>135>SH909>RH3146>DC6009>RH318。

与对照相比,RH118、DC6009 在 0.10% 浓度盐胁迫下的发芽指数较高,说明低浓度盐胁迫有利于提高这两个品种的发芽指数。0.10% NaCl 下,RH118 极显著高于其他品种,RH318 显著低于其他品种,其他品种差异不显著;0.20% NaCl 下,RH118 极显著高于其他品种,DC6009 显著低于其他品种,其他品种差异不显著;0.30%~0.40% NaCl 浓度下,RH118 极显著高于其他品种,其他品种差异不显著;在 0.50% NaCl 浓度下,各品种发芽指数均处于较低水平。运用前文所述评价方法进行计算,各品种发芽指数耐盐次序为 RH118>SH909>135>RH3146>RH318>DC6009。盐胁迫下,品种 RH118 发芽迅速,发芽能力强,种子活力好,受盐胁迫抑制程度最轻。

综合发芽势、发芽率、发芽指数三种萌发指标,运用前文所述评价方法进行计算,各食葵品种萌发指标耐盐次序为 RH118>135>RH3146>SH909>RH318>DC6009。

2.2 不同品种食葵在不同浓度 NaCl 胁迫下胚根生长的比较

不同食葵品种最终胚根长度(图 4)反映试验结束时各品种胚根的最终生长状况。由图 4 看出,低浓度盐胁迫对胚根长度影响较小。在 NaCl 浓度为 0.10% 时,各品种受抑制作用总体均较小,盐胁迫甚至对 RH118 与 DC6009 品种还有明显的促进作用。但品种间存在显著或极显著差异。在 NaCl 浓度为 0.20% 时,各品种间无显著差异。随着盐浓度的增加,胚根长度受到严重影响。当 NaCl 浓度≥0.30% 时,基本抑制了胚根的生长。运用前文所述评价方法进行计算,各品种最终胚根长度耐盐性依次为 RH118>RH3146>RH318>SH909>DC6009>135。

不同食葵品种相对胚根长度(表 2)可反映不同

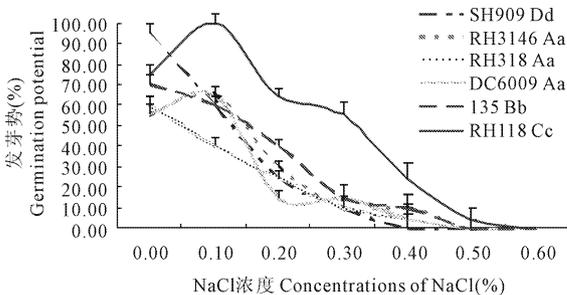


图 2 不同浓度 NaCl 胁迫下不同食葵品种发芽势的比较

Fig.2 Effects of different concentrations of NaCl on germination potentials of different *Helianthus* cultivar seeds

2.1.3 不同品种食葵在不同浓度 NaCl 胁迫下发芽指数的比较 图 3 为不同浓度 NaCl 胁迫下各品种食葵发芽指数,可看出各品种发芽指数随盐浓度的升高呈下降趋势,品种间存在显著或极显著差异。

品种的食葵胚根在盐胁迫下相对于无盐胁迫时的生长状况。由表 2 可知,低盐胁迫下,大多数品种受到抑制,但 DC6009 与 RH118 品种则表现出优于无盐胁迫时的生长能力;随着盐浓度的上升,各品种胚根

长度比无盐胁迫时降低。运用前文所述评价方法进行计算,各品种相对胚根长度耐盐性为 $RH118 > 135 > RH3146 > SH909 > DC6009 > RH318$ 。

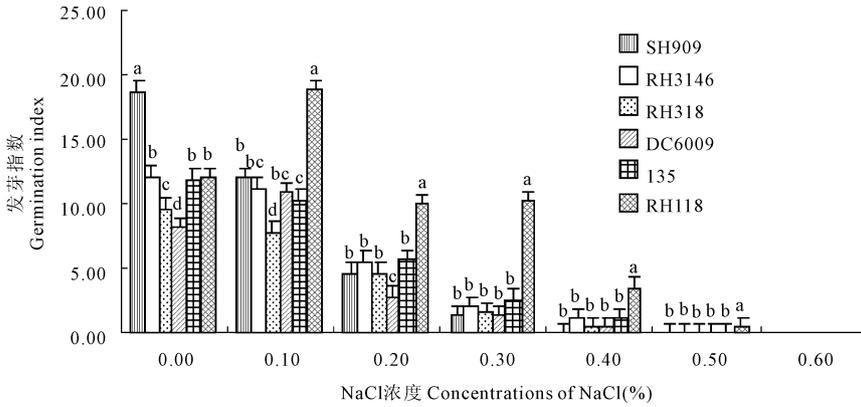


图 3 不同浓度 NaCl 胁迫下不同食葵品种发芽指数的比较

Fig. 3 Effects of different concentrations of NaCl on germination index of different *Helianthus* cultivar seeds

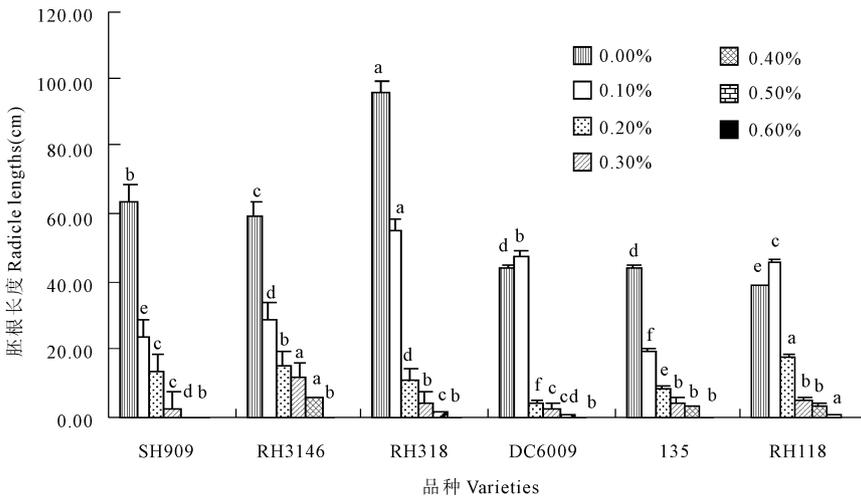


图 4 不同浓度 NaCl 胁迫下不同食葵品种最终胚根长的比较

Fig. 4 Effect of different concentrations of NaCl on radicle length of germinated seeds from six different *Helianthus* cultivars

表 2 不同浓度 NaCl 胁迫下不同食葵品种相对胚根长度(%) 的比较

Table 2 Effect of different concentrations of NaCl on relative radicle length of germinated seeds from six different *Helianthus* cultivars

NaCl (%)	SH909	RH3146	RH318	DC6009	135	RH118
0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
0.10	36.85	49.49	57.46	108.82	43.75	118.32
0.20	21.20	25.56	11.74	8.96	18.57	45.31
0.30	4.42	19.75	4.70	6.89	10.42	13.72
0.40	0.00	9.76	1.88	1.61	7.70	9.32
0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.55
0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

在不同浓度盐胁迫下各食葵品种的累计胚根长可反映种子整体胚根持续生长状况。比较各品种的累计胚根长度数据(表 3)可以发现,盐分胁迫对胚的整

体持续生长能力造成了一定危害,盐分浓度越高,危害越大。但低浓度盐分胁迫对 DC6009 与 RH118 的胚根累计长度表现出了一定的促进作用,说明低浓

度盐胁迫促使这两个食葵品种的幼苗持续更快地生长。运用前文所述评价方法进行计算,各品种累计胚根长耐盐性依次为 RH3146>RH118>RH318>135>SH909>DC6009。

最终,综合考虑各品种相对胚根长、最终胚根长

与累计胚根长这三种胚根生长指标,运用前文所述评价方法进行计算,各食葵品种胚生长指标耐盐次序为 RH118>RH3146>RH318>135>SH909>DC6009。

表3 不同浓度 NaCl 胁迫下不同食葵品种胚根长度累计总和(cm)的比较

Table 3 Effect of different concentrations of NaCl on accumulated radicle length of germinated seeds from six different *Helianthus* cultivars

NaCl(%)	SH909	RH3146	RH318	DC6009	135	RH118	合计 Total
0.00	296.60	217.80	287.68	181.22	184.96	176.53	1344.79
0.10	68.16	150.60	163.90	197.21	71.82	180.20	831.89
0.20	54.72	68.42	51.00	17.16	19.68	76.30	287.28
0.30	11.40	47.60	20.40	13.20	17.10	24.80	134.50
0.40	0.00	23.20	7.80	2.60	13.60	14.90	62.10
0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合计 Total	430.88	507.62	530.78	411.39	307.16	473.73	2661.56

2.3 同一浓度 NaCl 胁迫下不同食葵品种在萌发期幼苗生长过程的生理效应比较

测定对照与低浓度盐分胁迫下(NaCl浓度为0.10%)不同食葵品种幼苗叶内MDA含量,结果见图5。在盐胁迫下,不同食葵品种幼苗叶内MDA含量均高于对照。在同一盐分浓度胁迫(0.10% NaCl)下,不同品种叶中的MDA含量不同,135、SH909、RH3146的MDA含量相对较高,说明这些品种在同样的盐分胁迫下,组织的保护能力下降,细胞膜遭受破坏严重。而DC6009、RH318品种MDA含量较低,RH118的含量最低。

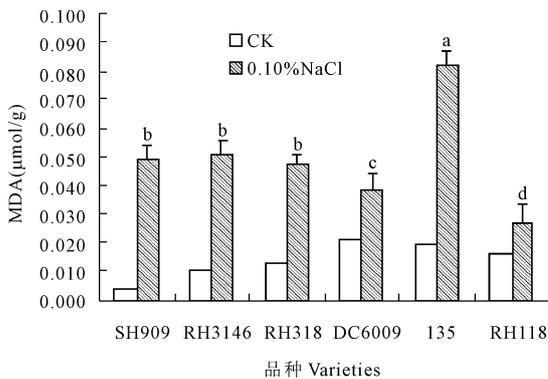


图5 0.1% NaCl 胁迫下不同食葵品种叶 MDA 含量的比较

Fig.5 Effect of 0.1% NaCl on leaf MDA contents of six different *Helianthus* cultivars

测定对照与低浓度盐分胁迫下(0.10% NaCl)各品种幼苗叶内 POD、CAT、SOD 含量(图6)。在盐胁迫下,不同食葵品种幼苗叶内这三种酶的含量均低于对照。POD 能分解植物体内过多的过氧化物,在

同一盐分浓度胁迫(0.10% NaCl)下,RH118 叶中的 POD 的含量最高,为 0.662 [Δ OD470/(min·g)],DC6009、RH318、SH909、RH3146 等品种含量较高,135 含量最低,品种间差异显著;CAT 可清除植物体内的过氧化氢,在同一盐分浓度胁迫(0.10% NaCl)下,RH318、RH118、135 品种叶中的 CAT 含量较高,分别为 0.115、0.069、0.083 mg/mL,DC6009、SH909、RH3146 等品种含量较低,品种间差异显著;SOD 是膜脂过氧化防御系统的主要保护酶,在同一盐分浓度胁迫(0.10% NaCl)下,RH118、135、SH909、RH3146 叶中 SOD 含量较高,分别为,2.394、2.370、2.389、2.363 U/g,RH318 含量较低,DC6009 含量最低。结果表明,运用前文所述评价方法进行计算,在同一水平盐胁迫(0.10% NaCl)下,不同食葵品种生理指标耐盐性的排序为 RH118>RH318>DC6009>RH3146>SH909>135。

2.4 不同品种食葵种子的耐盐程度综合评价结果

分析 6 个品种食葵种子在不同浓度 NaCl 胁迫下表现出的发芽率、发芽势、发芽指数、相对胚根长度、最终胚根长度、累计胚根长度、抗盐生理指标等抗盐隶属值综合评价结果(表4)显示,盐胁迫对不同食葵品种会造成不同的危害,各食葵品种萌芽期耐盐性存在显著或极显著的差异,耐盐性表现为 RH118>RH3146>RH318>135>SH909>DC6009。根据综合评价结果,RH118 为极耐盐品种,其在不同浓度盐胁迫下,有较好的萌发能力和胚根生长能力,幼苗的生理反应也有利于抗盐胁迫;RH3146 为耐盐品种,其在不同浓度盐胁迫下,种子萌发能力受到一

定的抑制,但萌发后,根生长能力很强,成活能力强;RH318 为中等耐盐品种,其在不同浓度盐胁迫下,种子萌发能力受到较强抑制,但萌发后,根生长能力较强,成活能力较强,幼苗的生理反应也有利于抗盐胁迫;

135 与 SH909 为盐敏感品种,在不同浓度盐胁迫下,其萌发能力、根生长能力、幼苗生理反应均受到较大影响;DC6009 为盐极敏感品种,在不同浓度盐胁迫下,其萌发能力与根生长能力受到严重影响。

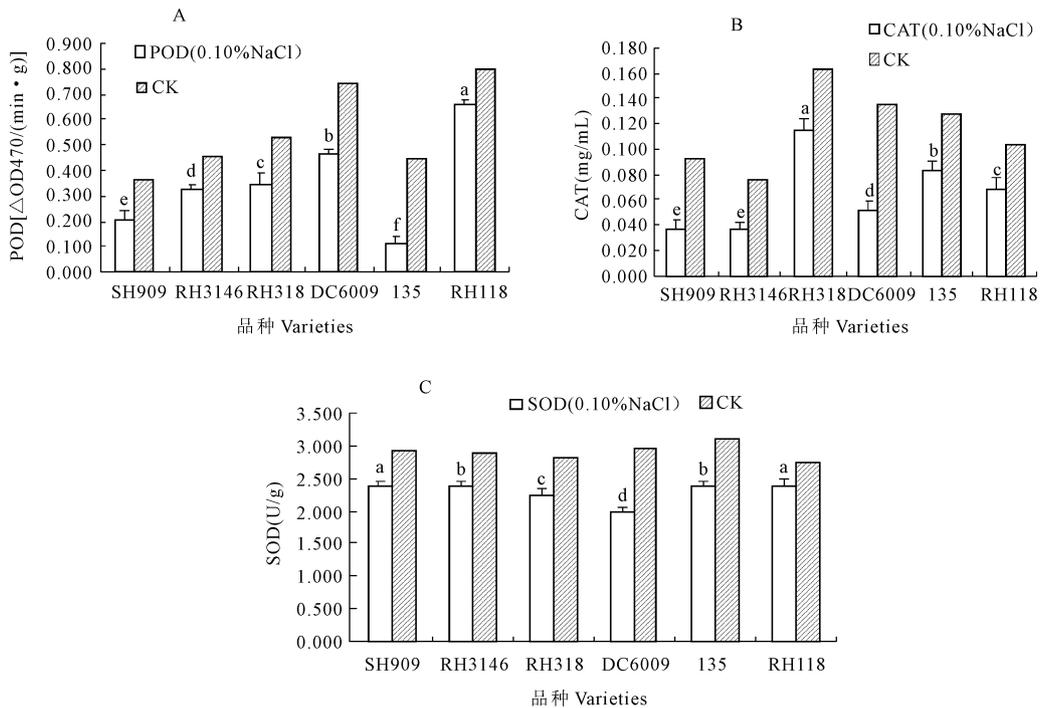


图 6 0.10% NaCl 胁迫下不同食葵品种叶 POD(A)、CAT(B)、SOD(C)含量的比较

Fig. 6 Effect of 0.10% NaCl on POD (A), CAT (B), SOD (C) contents in leaves of six different *Helianthus* cultivars

表 4 不同品种食葵种子的耐盐性综合评价结果

Table 4 Comprehensive evaluation on salt tolerance of different *Helianthus* varieties

项目 Items	SH909	RH3146	RH318	DC6009	135	RH118
发芽率指标 Germination rate	0.2190	0.3524	0.1667	0.1571	0.3762	0.7857
发芽势指标 Germination potential	0.2190	0.1595	0.0750	0.1040	0.2456	0.7857
发芽指数指标 Germination index	0.2331	0.2099	0.0796	0.0601	0.2105	0.7671
胚根长指标 Radicle length	0.2336	0.5638	0.4196	0.1932	0.1270	0.5732
相对胚根长指标 Relative radicle length	0.2237	0.2406	0.1071	0.1071	0.2774	0.7795
累计胚根长度指标 Accumulate radicle length	0.1989	0.6739	0.4978	0.1633	0.2706	0.6443
芽期生理指标 Physiological parameter	0.2766	0.2766	0.6340	0.6299	0.2576	0.9032
综合评价结果 Comprehensive evaluation	0.2291De	0.3538Bb	0.2828Cc	0.2021Ef	0.2521CDd	0.7484Aa
排序 Sequence	5	2	3	6	4	1

注:不同大写字母为 $P < 0.01$ 下显著性,不同小写字母为 $P < 0.05$ 下显著性。

Note: Capital letters represent the significance at the 0.01 level, while lowercase letters represent the significance at the 0.05 level.

3 结论与讨论

一般认为随着盐浓度的增加,种子的发芽率下降,盐浓度影响种子的萌发主要有三方面效应,即增效效应、负效效应和完全阻抑效应^[4]。本研究发现,对于食葵种子来说,低浓度的 NaCl 胁迫 ($\text{NaCl} \leq 0.10\%$) 对萌发并没有造成明显的影响,一定范围内

增加盐浓度还可以刺激发芽率的提高,即出现增效效应;而当 $\text{NaCl} \geq 0.20\%$ 以后,随着盐浓度增大,食葵种子的发芽率、发芽势和发芽指数均显著下降,种子萌发开始受到严重影响,负效效应开始展现。

根系发育的好坏对作物的耐盐性尤其重要,本研究结果表明,低浓度的 NaCl 胁迫 ($\text{NaCl} \leq 0.10\%$) 对 SH909、RH3146、RH318、135 品种的胚根生长具有

负面效应,但对 RH118、DC6009 品种的胚根生长具有增效效应;当 $\text{NaCl} \geq 0.20\%$ 以后,各品种幼苗的胚根长明显低于对照值,胚的生长开始受到严重影响。

不同品种食葵在同样浓度盐胁迫下,受到的生理损害有差异。试验表明,盐胁迫下,各品种食葵 MDA 含量均较对照增加,SOD、POD、CAT 含量减少,说明盐胁迫会造成食葵膜系统破坏,耐盐性不同的食葵品种受到的损害不同。

综合计算盐胁迫下不同食葵品种的萌发能力、根生长能力与生理指标,各品种耐盐强弱为 $\text{RH118} > \text{RH3146} > \text{RH318} > 135 > \text{SH909} > \text{DC6009}$ 。其中,RH118 为极耐盐品种,盐胁迫下种子萌发能力与根系生长能力仅受到一定的影响;RH3146 为耐盐品种,盐胁迫下仅种子萌发能力受到一定的影响;RH318 为中等耐盐品种;135 与 SH909 为盐敏感品种,盐胁迫下种子萌发能力与根系生长能力、幼苗生理反应均受到较大影响;DC6009 为盐极敏感品种,盐胁迫下萌发能力与根系生长能力受到严重影响。

在该试验中,仅是模拟盐胁迫条件,探讨了一种盐分对不同食葵品种萌发期的影响,但实际盐土都是复合盐分,实际土壤盐分胁迫下各品种的萌发期耐盐性表现与 NaCl 溶液胁迫下是否有差距尚未知。另外,由于试验时间及样品量等原因,高浓度 NaCl 胁迫下 ($\text{NaCl} \geq 0.20\%$) 食葵幼苗的生理指标没有测

定。因此,需要进一步的研究。

参考文献:

- [1] 郭峰,万书波,李新国,等. NaCl 胁迫对花生种子萌发的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(3): 177—181.
- [2] 尹增芳,何祯祥,王丽霞,等. NaCl 胁迫下海滨锦葵种子萌发和幼苗生长过程的生理特性变化[J]. 植物资源与环境学报, 2006, 15(1): 14—17.
- [3] 陈德明,俞仁培,杨劲松. 盐渍条件下小麦抗盐性的隶属函数值法评价[J]. 土壤学报, 2002, 39(3): 368—373.
- [4] 高波. 油葵耐盐机理及耐盐极限的研究[J]. 陕西农业科学, 2006, (2): 36—37.
- [5] 杨升,张华新,张丽. 植物耐盐生理生化指标及耐盐植物筛选综述[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(3): 59—65.
- [6] 时丽冉. 混合盐碱胁迫对玉米种子萌发的影响[J]. 衡水学院学报, 2007, 9(1): 13—15.
- [7] 程大友,张义,陈丽. 氯化钠胁迫下甜菜种子的萌发[J]. 中国糖料, 1996, (2): 21—23.
- [8] Inze D, Montaga M V. Oxidative stress in plants[J]. Current Opinion in Biotechnology, 1995, (6): 153—158.
- [9] 王俊娟,叶武威,王德龙,等. 几个陆地棉品种萌发出苗期耐盐性差异比较[J]. 中国棉花, 2010, (1): 7—21.
- [10] 寇伟锋,刘兆普,陈铭达,等. 不同浓度海水对油葵幼苗光合作用和叶绿素荧光特性的影响[J]. 西北植物学报, 2006, 26(1): 73—77.
- [11] 郝再彬,苍晶,徐仲,等. 植物生理实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2006: 65—81.

Salt tolerance of *Helianthus* varieties at germination stage

WANG Jing, ZHAO Yong-gan, PANG Huan-cheng, REN Tian-zhi, LI Yu-yi

(Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The effect of NaCl on *Helianthus* seed germination after treated with different NaCl concentrations (0, 0.10%, 0.20%, 0.30%, 0.40%, 0.50%, 0.60%) were studied with *Helianthus* cultivars SH909, RH3146, RH318, DC6009, RH118 and 135. With different NaCl concentrations, the germination percentage, the relative germination percentage, seed potentiality, germination index, the relative root length were calculated. Changes in some physiological indexes derived from the embryos of *Helianthus* were measured under salt stresses. The salt tolerance characteristic and membership function were comprehensively evaluated with all above traits. The results showed that salt tolerance characteristic of different *Helianthus* cultivars were differential. The salt tolerance order of six varieties of *Helianthus* was: $\text{RH118} > \text{RH3146} > \text{RH318} > 135 > \text{SH909} > \text{DC6009}$. RH118 was the most salt tolerant variety and the limit germination ratio was 0.47%, showed strong germination ability and embryos grow ability. Second is RH3146, the limit germination ratio was 0.41%, showed more strong embryos grow ability. The effect of low concentration of NaCl treatment ($\text{NaCl} \leq 0.10\%$) on *Helianthus* seed germination was relatively small. Under higher concentrations of salt ($\text{NaCl} \geq 0.20\%$), the overall trend was that the germination percentage, seed potentiality, germination index and root growth of different *Helianthus* seeds decreased with increasing salt content. The physiological reaction of different varieties was different under salt stress.

Keywords: salt tolerance; salt stress; germination stage; *Helianthus*; hydroponics