

液+30%海水(对照3);以对照3为基础分别添加CaCl₂,使其最终浓度分别达到10、20、30、40、50、70、100 mmol·L⁻¹,以上处理浓度依序分别记作T1~T7。油菜种子用次氯酸钠消毒10 min后,用蒸馏水冲洗并晾干,放入铺有滤纸和装有不同浓度处理液的直径为90 mm的培养皿中,每个培养皿放50粒种子,每种处理重复3次。每个培养皿的处理液大约为10 mL,再置于25℃恒温培养箱中培养观察。每24 h更换一次培养液,观察记录种子的萌发状况,10 d后统计发芽率。选择长势一致的幼苗,放在昼/夜温度为(25±1)℃/(20±1)℃、相对湿度为85%、光照时间为12 h·d⁻¹和光照强度为300 μmol·m⁻²·s⁻¹的光照培养箱中进行水培养。每天观察记录幼苗的生长状况并更换培养液。培养10 d后,测定幼苗的鲜重和苗高,取叶片测定各种生理指标,重复3次。用直尺测量幼苗的高度和根的长度,每组浓度随机抽取10株,取平均值。以油菜苗茎秆基部到芽腋顶部长度为苗高,以茎秆基部到根尖长度为根长。用电子天平测量幼苗的重量,每组浓度随机抽取10株,取平均值。叶绿素含量测定用分光光度法,丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量测定用硫代巴比妥酸法,过氧化物酶(peroxidases, POD)活性测定用愈创木酚法,超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性测定用NBT法,以上均按张志良和瞿伟菁(2003)书中方法进行。

全部数据在Excel 2003和SPSS 11.5软件中进行统计和差异性分析。

结果与讨论

1 Ca²⁺对海水胁迫下油菜种子发芽率的影响

由图1可以看出,海水对油菜种子的发芽率有一定的抑制作用,添加不同浓度Ca²⁺在一定程度上能够缓解海水的胁迫。此种缓解作用随着Ca²⁺浓度的增加而减弱,其具体机制尚待研究。

2 Ca²⁺对海水胁迫下油菜苗生长的影响

图2、3显示:(1)海水抑制油菜幼苗的生长,苗高下降。而10~30 mmol·L⁻¹ Ca²⁺能够缓解海水胁迫下油菜幼苗生长的抑制,但差异不显著(图2)。(2)海水胁迫下,油菜幼苗的鲜重下降。适当浓度的Ca²⁺可以提高海水胁迫下油菜幼苗的鲜重(图3),这与王强等(2007)结果一致。

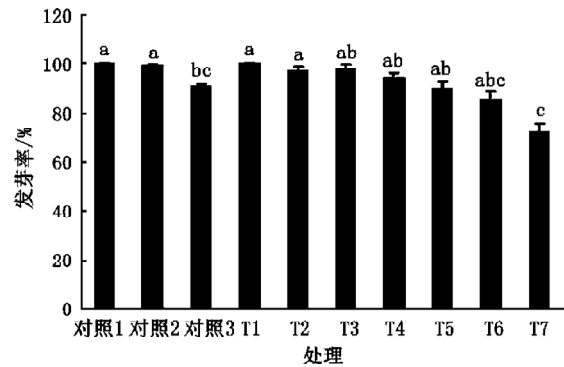


图1 Ca²⁺对海水胁迫下油菜种子发芽率的影响
Fig.1 Ca²⁺ effects on germination rate of rape seeds under seawater stress

不同小写字母表示在5%水平有显著差异,以下同。

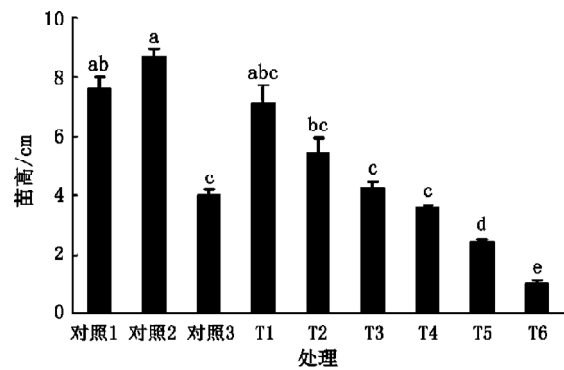


图2 Ca²⁺对海水胁迫下油菜苗高的影响
Fig.2 Ca²⁺ effects on height of rape seedlings under seawater stress

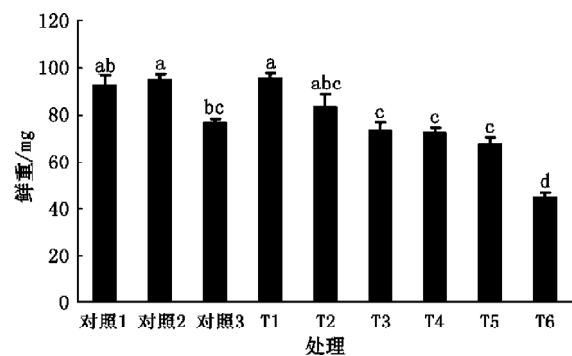


图3 Ca²⁺对海水胁迫下油菜幼苗鲜重的影响
Fig.3 Ca²⁺ effects on fresh weight of rape seedlings under seawater stress

3 Ca²⁺对海水胁迫下油菜叶中叶绿素和MDA含量的影响

叶绿素是叶绿体的重要组成部分,是植物叶片

光合作用的主要物质基础。海水胁迫下, 油菜叶绿素含量下降, 添加 $10\sim 20\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ Ca}^{2+}$ 后叶绿素含量则有显著增高。随着钙离子浓度的增加, 各处理的叶绿素含量下降。适当浓度的 Ca^{2+} 可以提高海水胁迫下油菜幼苗的叶绿素含量(图4)。此外, 海水胁迫下, 油菜的MDA含量增加, 添加 $10\sim 20\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ Ca}^{2+}$ 后则有显著下降(图5)。说明适宜浓度的 Ca^{2+} 能够削弱海水胁迫下油菜幼苗的膜脂过氧化物的发生。

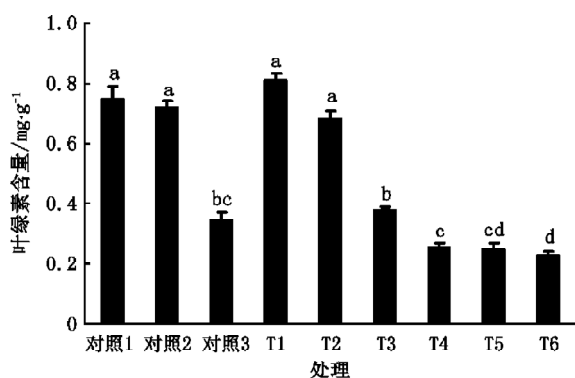


图4 Ca^{2+} 对海水胁迫下油菜幼苗叶绿素含量的影响
Fig.4 Ca^{2+} effects on chlorophyll content of rape seedlings under seawater stress

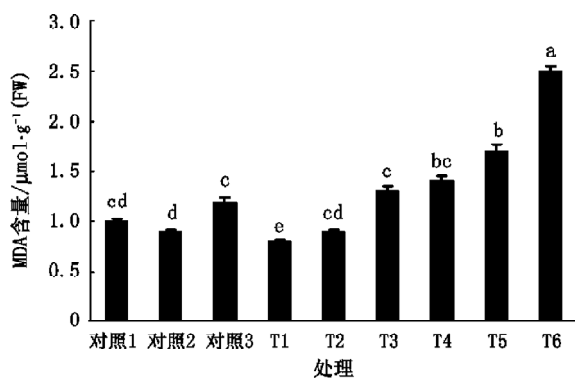


图5 Ca^{2+} 对海水胁迫下油菜幼苗丙二醛含量的影响
Fig.5 Ca^{2+} effects on MDA content of rape seedlings under seawater stress

4 Ca^{2+} 对海水胁迫下油菜叶中 SOD 和 POD 活性的影响

由图6和图7可见, (1)海水胁迫下, 油菜苗的SOD活性下降; 添加 $10\sim 30\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ Ca}^{2+}$ 后油菜幼苗SOD活性则有一定程度的增加。这表明, 适宜浓度 Ca^{2+} 能够提高油菜海水胁迫下SOD活性, 从而

提高其抗氧化能力和耐盐性。(2)海水胁迫下, 油菜幼苗的POD活性降低; 添加 Ca^{2+} 油菜幼苗POD可维持较高活性。这表明, 适宜浓度 Ca^{2+} 能够维持较高的POD活性, 从而缓解海水对油菜幼苗的胁迫。

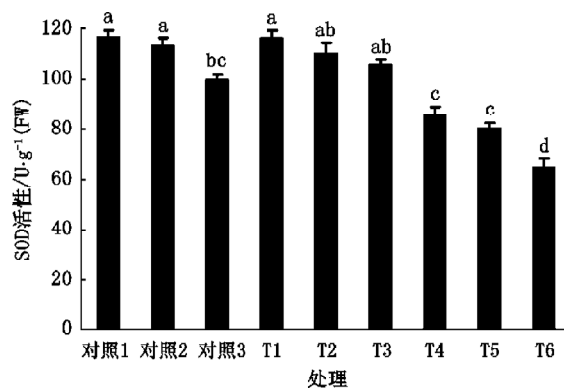


图6 Ca^{2+} 对海水胁迫下油菜幼苗超氧化物歧化酶活性的影响

Fig.6 Ca^{2+} effects on SOD activity of rape seedlings under seawater stress

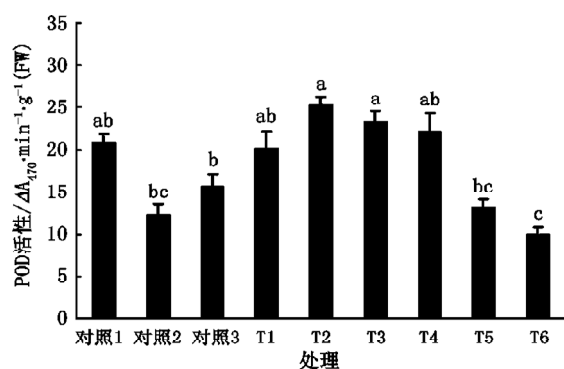


图7 Ca^{2+} 对海水胁迫下油菜幼苗过氧化物酶活性的影响
Fig.7 Ca^{2+} effects on POD activity of rape seedlings under seawater stress

总之, 30% 的海水显著抑制油菜幼苗生长; 施加适宜浓度的外源 Ca^{2+} 可以有效缓解海水对油菜的胁迫作用, 即油菜种子的发芽率、苗高、鲜重和叶片叶绿素含量均增加, MDA含量下降, SOD和POD活性维持较高水平; 较高浓度的 Ca^{2+} 则抑制油菜幼苗的生长; 缓解海水胁迫油菜的适宜 Ca^{2+} 浓度为 $10\sim 20\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

参考文献

寇伟锋, 刘兆普, 陈铭达, 郑青松, 赵耕毛, 郑宏伟(2006). 不同浓度海水对油菜幼苗光合作用和叶绿素荧光特性的影响. 西北

- 植物学报, 26 (1): 73~77
- 刘兆普, 刘玲, 陈铭达, 邓力群, 赵耕毛, 唐奇志, 夏天翔(2003). 利用海水资源直接农业灌溉的研究. 自然资源学报, 18 (4): 423~429
- 隆小华, 刘兆普, 郑青松, 徐文君(2005). 不同浓度海水对菊芋幼苗生长及生理生化特性的影响. 生态学报, 25 (8): 1881~1889
- 唐奇志, 刘兆普, 陈铭达, 陆国兴(2004). 海水处理对向日葵幼苗生长及叶片一些生理特性的影响. 植物学通报, 21 (6): 667~672
- 王强, 刘兆普, 陈浩, 隆小华, 郑青松(2007). 库拉索芦荟幼苗对海水胁迫的响应. 植物生理学通讯, 43 (3): 549~550
- 吴普特, 冯浩(2005). 中国节水农业发展战略初探. 农业工程学报, 21 (6): 152~157
- 徐质斌(2002). 海水灌溉农业的展望与对策. 农业现代化研究, 23 (2): 89~92
- 薛延丰, 刘兆普, 郑青松, 陈铭达, 刘玲, 严一诺(2006). 钙离子对菊芋海水胁迫的缓解效应研究. 西北植物学报, 26 (6): 1267~1271
- 张志良, 瞿伟菁(2003). 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 67~69, 123~124, 268~269, 274~276