

不同大豆品种种子萌芽期的耐盐性

刘太林¹,杨静慧¹,穆俊丽²,张伟玉³,哈玲津⁴,桂毓¹,朱文碧⁴,杜长城⁵,陈月⁵

(1. 天津农学院园艺系,天津 300384;2. 西北农林科技大学园艺学院,陕西 杨凌 712100;3. 天津农学院机电工程系,天津 300384;4. 天津农学院中心实验室 天津 300384;5. 天津市林业局 天津 300384)

摘要:对 10 个栽培品种大豆种子进行不同盐浓度处理(3、6、9、12、15、18 g·L⁻¹)后,统计了种子的发芽率、相对发芽率、发芽势、相对胚根长度,分析了其耐盐浓度、耐盐半致死浓度、耐盐极限浓度和各指标隶属函数,综合评价了各品种的耐盐性。随着盐浓度的增加,品种间的发芽势、发芽率和胚根长度都呈下降趋势,品种间存在显著差异。当 NaCl 浓度增加到 9 g·L⁻¹时,各品种的发芽率、发芽势差异最大。在 12 g·L⁻¹的盐浓度下品种间相对胚根长度差异最大。各品种中耐盐浓度最高的为绥农 10(可耐 12 g·L⁻¹的盐),其次为抗线 4 和飞龙 1(可耐 9 g·L⁻¹的盐)。耐盐半致死浓度最大的品种为绥农 10。耐盐极限浓度最高的也是绥农 10。综合分析各指标抗盐隶属值,各大豆品种的耐盐性强弱顺序依次为:绥农 10>抗线 4>丰豆 1>龙选 1>合丰 55>飞龙 1>垦丰 16>绥农 14>黑农 48>黑农 44。

关键词:大豆品种;耐盐浓度;耐盐半致死浓度;耐盐极限浓度;耐盐性

中图分类号:S529 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2009)05-0837-05

Salt Tolerance Selection of Ten Soybeans in Germination Period

LIU Tai-lin¹, YANG Jing-hui¹, MU Jun-li², ZHANG Wei-yu³, HA Ling-jin⁴, GUI Yu¹, ZHU Wen-bi⁴, DU Chang-cheng⁵, CHEN Yue⁵

(1. Department of Horticulture, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384; 2. College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shannxi 712100; 3. Department of Mechanical & Electrical Engineering, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384; 4. Central Laboratory of Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384; 5. Tianjin Forestry Bureau, Tianjin 300384, China)

Abstract: To study the salt tolerance of soybean in germination period. Seeds of ten soybean varieties were treated with different concentration of NaCl solution(3, 6, 9, 12, 15 and 18 g·L⁻¹, respectively), the germination related indexes such as germination rate(GR), relative germination rate(RGR), germination potential(GP), and relative radicle length(RRL) were calculated. The salt-tolerance concentration, semi-lethal salt concentration, limit concentration of salt tolerance and the membership function of each indicator were analyzed. With the increasing of NaCl concentration, all the indicators declined and the differences between varieties were obvious. When NaCl concentration increased to 9 g·L⁻¹, all varieties differed most in GP and GR. The RRL among varieties varied most in the salt concentration 12 g·L⁻¹. Suinong 10 had highest salt-tolerance concentration of 12 g·L⁻¹ NaCl, followed by Kangxian 4 and Feilong 1 (9 g·L⁻¹). Suinong 10 also had highest limit concentration of salt tolerance of 18 g·L⁻¹ NaCl. Comprehensive analysis of the membership function indicators of ten varieties showed the salt tolerance strength was in the order: Suinong 44 > Kangxian 4 > Fengdou 1 > Longxuan1 > Hefeng 55 > Feilong 1 > Kenfeng 16 > Suinong 14 > Heinong 48 > Heinong 44.

Key words: Soybean varieties; Salt-tolerance concentration; Semi-lethal salt concentration; Limit salt concentration; Salt tolerance

我国约有盐碱耕地 660 万 hm²^[1]。天津市有盐渍化土壤 422 038.7 hm², 占全市总面积的 38.9%, 为全国各省市盐碱地所占比例最大的一个地区^[2], 土壤盐碱化成为影响农业生产的最大的障碍因素。

收稿日期:2009-05-11
基金项目:天津市科技支撑计划重点资助项目(072CKFNC01100,08ZCKFNC01200);天津市农业科技成果转化与推广资助项目(0504018);天津农学院科学研究发展基金计划资助项目(2007)。
作者简介:刘太林(1983-),男,在读硕士,现主要从事果树生物技术研究。
通讯作者:杨静慧,教授。E-mail:Jinghuiyang2@yahoo.com.cn。

因此,利用抗盐碱植物品种改良盐碱地是经济而有效的方法^[3]。

大豆是我国的主要油料作物之一,是重要的能源植物,可以用来生产生物柴油,缓解能源紧缺;另外它还有固氮作用,可以作为绿肥,改良土壤。所以,在沿海滩涂等盐碱地上栽培耐盐的大豆有重要意义。

有关大豆耐盐性的研究有过报道,鉴定方法也各不相同。邵桂花等^[1]建立了一套大豆种质资源耐盐性的田间鉴定方法。马淑时等^[4]使用盐害指数指标法对 1020 份大豆品种分别于芽期和苗期进行抗盐碱性鉴定。

采用抗盐隶属方法评价大豆萌芽期的耐盐性,从目前较耐盐碱的大豆品种中,选出 10 个品种进行耐盐性测定,以筛选出最耐盐的品种用于盐碱地改良,也为进一步研究大豆抗盐机理和抗盐品种的选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

收集了不同地域的较耐盐的 10 个大豆栽培品种:合丰 55、抗线 4、绥农 14、丰豆 1 号、黑农 48、绥农 10、龙选 1、飞龙 1、垦丰 16、黑农 44,种子均采购于黑龙江飞龙种业公司。

1.2 方法

种子分别用 NaCl 处理,设 3、6、9、12、15、18 g·L⁻¹6 个浓度梯度,以蒸馏水为对照。每处理播 20 粒种子,3 次重复。处理方法为:取直径 90 mm 的洁净玻璃培养皿,底部垫一张滤纸,均匀放置 20 粒种子,种子上再覆一层滤纸。播种后分别加入上述不同浓度的 NaCl 溶液各 10 mL 直到滤纸吸收饱和并稍有溢出为止。将培养皿盖上,置于 24.5℃ 培养箱培养。每 24 h 更换 1 次相应浓度的盐溶液。试验期间每天记录发芽数,连续 2 d 种子发芽数不变时调查结束^[5]。根据调查数据,统计各种大豆种子在不同浓度 NaCl 溶液处理后的实际发芽率、相对发芽率、发芽势、胚根长度及胚根相对长度,计算耐盐指数。各指标的计算公式如下:

发芽率(%) = 最终发芽种子数/供试种子数 × 100

相对发芽率(%) = 某种大豆处理的发芽率/相

应对照的发芽率 × 100

相对胚根长度(%) = 某种大豆处理的胚根长度/相应对照的胚根长度 × 100

发芽势(%) = 发芽达到高峰期时发芽种子数/供试种子数 × 100

耐盐程度分析:

耐盐浓度(%):发芽率达对照发芽率 75% 时相对应的盐浓度;耐盐极限浓度(%):发芽率达对照发芽率 10% 时相对应的盐浓度;耐盐半致死浓度(%):发芽率达对照发芽率 50% 时相对应的盐浓度。

综合评价方法:利用模糊数学中求隶属函数的方法^[6]进行各指标抗盐性综合评价。其公式

为: $A: \hat{X}_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{jmin}}{x_{jmax} - x_{jmin}}$; $B: \hat{X}_{ij} = 1 - \frac{x_{ij} - x_{jmin}}{x_{jmax} - x_{jmin}}$;

$C: \hat{X}_{ij} = \bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum \hat{X}_{ij}$, 其中: X_{ij} 表示 i 种类 j 指

标的抗盐隶属函数值, X_{max} 和 X_{min} 分别表示各种类指标的最大和最小测定值,如果抗性指标测定值与抗性呈正相关用 A 式,反之用 B 式。 n 表示抗性测定指标总和。

先求出各个抗盐指标在不同盐浓度下的隶属值,再把每一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抗盐指标的隶属值累加求其平均值,平均值越大则表明其抗盐性越强^[7]。数据采用 Excel 和 SPSS11.5 统计分析软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 盐分胁迫对不同大豆种子发芽势的影响

由表 1 可知,不同大豆品种的发芽势都随着盐浓度的提高而下降,品种间存在显著性差异;其中品种合丰 55 发芽势下降最慢,而黑农 44 下降最快。在非盐胁迫下(盐浓度为 0),除黑农 48、黑农 44 发芽势为 95% 和 97% 显著低于其他 8 个品种外,其余均为 100%。当盐浓度为 3 g·L⁻¹ 时各品种的发芽势出现显著差异;盐浓度达到 9 g·L⁻¹ 时,差异最大,绥农 10 最高,飞龙 1 和抗线 4 次之,黑农系列 2 个品种较低。当盐浓度上升到 18 g·L⁻¹ 时,各品种的发芽势均低于或等于 10%。

表1 盐胁迫下不同大豆种子发芽势
Table1 Seed potential of different soybean varieties under salt stress/%

| NaCl/g·L ⁻¹ | 合丰 55 Hefeng 55 | 抗线 4 Kangxian 4 | 绥农 14 Suinong 14 | 丰豆 1 Fengdou 1 | 黑农 48 Heinong 48 | 绥农 10 Suinong 10 | 龙选 1 Longxuan 1 | 飞龙 1 Feilong 1 | 垦丰 16 Kenfeng 16 | 黑农 44 Heinong 44 |
|------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 95.0cC | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 97.5bB |
| 3 | 87.5cBC | 77.5fD | 90.0bB | 80.0eD | 77.5fD | 95.0aA | 87.5cBC | 85.0dC | 87.5bcB | 85.0dC |
| 6 | 77.5cC | 72.5dD | 77.5cC | 75.0cdCD | 67.5eE | 92.5aA | 75.0cdCD | 82.5bB | 65.0eE | 47.5fF |
| 9 | 57.5dD | 70.0bB | 65.0cC | 57.5dD | 47.5eE | 90.0aA | 65.0cC | 72.5bB | 65.0cC | 12.5fF |
| 12 | 27.5fF | 55.0cC | 37.5eE | 52.5cC | 37.5eE | 80.0aA | 45.0dD | 20.0gG | 60.0bB | 5.0hG |
| 15 | 5.0fF | 10.0eE | 12.5eE | 45.0bB | 12.5eE | 55.0aA | 25.0cC | 17.5dD | 2.5gG | 2.5gG |
| 18 | 2.5cB | 0dC | 0dC | 7.5bA | 2.5cB | 10.0aA | 2.5cB | 2.5cB | 0dC | 0dC |

表1 是将百分数转化为反正弦,然后进行 PLSD 多重比较。同一行内不同大小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著。下表同。
Table1 was transferred percentage to arcsine,then make PLSD multiple comparison. Values within a line followed by different capital and lowercase letters are significantly different at 0.01 and 0.05 probability level,respectively.

2.2 盐分胁迫对不同品种大豆种子发芽率的影响

由表2看出,随 NaCl 浓度的升高,10 个品种大豆种子的发芽率均呈明显下降趋势。在 0 ~ 3 g·L⁻¹NaCl 浓度下,各品种间的发芽率无差异,均为 100%。在 6 g·L⁻¹NaCl 浓度下,除绥农 14、丰豆 1、黑农 48 3 个品种的发芽率略有下降

(97.5%) ,其余均无变化。说明低盐浓度没有对种子萌发生产生危害。当 NaCl 浓度增加到 9 g·L⁻¹时,各品种的发芽率差异最大,与发芽势的变化相同(见表1),发芽率最高的为绥农 10,黑农 44 最低。当盐浓度上升到 1.8% 时,各品种的发芽率均低于 20%。

表2 盐胁迫对不同品种大豆种子发芽率的影响
Table2 Effect of salt stress on germination percentage of different soybean varieties

| NaCl/g·L ⁻¹ | 合丰 55 Hefeng 55 | 抗线 4 Kangxian 4 | 绥农 14 Suinong 14 | 丰豆 1 Fengdou 1 | 黑农 48 Heinong 48 | 绥农 10 Suinong 10 | 龙选 1 Longxuan 1 | 飞龙 1 Feilong 1 | 垦丰 16 Kenfeng 16 | 黑农 44 Heinong 44 |
|------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 0 | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA |
| 3 | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA |
| 6 | 100.0aA | 100.0aA | 97.5bB | 97.5bB | 97.5bB | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA | 100.0aA |
| 9 | 67.5dD | 82.5bB | 67.5dD | 67.5dD | 57.5eE | 100.0aA | 65.0eDE | 75.0cC | 65.0dD | 22.5fF |
| 12 | 32.5gG | 62.5bBC | 50.0dD | 65cC | 57.5cC | 97.5aA | 45.0fF | 47.5eE | 60.0bB | 10.0hH |
| 15 | 5.0gG | 10.0fF | 17.5eE | 47.5bB | 15.0eE | 57.5aA | 25.0dD | 27.5cC | 7.5fF | 2.5hH |
| 18 | 2.5eE | 0fF | 0fF | 15.0bB | 10.0cC | 17.5aA | 2.5eE | 2.5dD | 5.0dD | 2.5fF |

2.3 盐胁迫对不同大豆胚根生长的影响

盐胁迫下植物的生长量是反映植物耐盐性的重要指标。由表3可知大豆胚根生长对低浓度有一定的适应性。浓度为 3 g·L⁻¹时,各品种的胚根的生长量下降速率都较低。当盐浓度 6 ~ 9 g·L⁻¹时,相对胚根长度明显减少。在 12 g·L⁻¹的盐浓度下各个品种间相对胚根长度差异最大,达到显著或极显著水平。其中绥农 14 最高为 15.58% ,合丰 55 次之,为 12.55%。垦丰 16、黑农 44、黑农 48、飞龙 1 等 4 个品种相对胚根长度不足 4% ,飞龙 1 最低为 3.05% ,说明其在此浓度下受到盐害最严重。在 15 g·L⁻¹的高盐浓度下,虽然品种间存在显著性差异,但相对胚根长度都很低,最高值

也仅有 5.58% (抗线 4) ,对于筛选意义不大。在 18 g·L⁻¹的极高盐度下,品种间差异不显著,有 5 个品种出现零生长。

2.4 不同品种大豆种子的耐盐程度

品种耐盐浓度越高,说明品种的耐盐性越强。表4中显示,10 个品种中耐盐浓度最高的为绥农 10(可耐 12 g·L⁻¹的盐),其次为抗线 4 和飞龙 1,其他品种耐盐浓度相同,均为 6 g·L⁻¹。

各品种的耐盐半致死浓度也不同,最大的为绥农 10(15 g·L⁻¹);其次为抗线 4、绥农 14、丰豆 1、黑农 48、垦丰 16,耐盐半至死浓度为 12 g·L⁻¹;再次是合丰 55、龙选 1、飞龙 1,耐盐半至死浓度为 9 g·L⁻¹;最低的为黑农 44,仅为 6 g·L⁻¹。

表 3 盐胁迫下不同大豆种子相对胚根长度
Table 3 Relative radicle length of different soybean varieties under salt stress/%

| NaCl/g · L ⁻¹ | 合丰 55 Hefeng 55 | 抗线 4 Kangxian 4 | 绥农 14 Suinong 14 | 丰豆 1 Fengdou 1 | 黑农 48 Heinong 48 | 绥农 10 Suinong 10 | 龙选 1 Longxuan 1 | 飞龙 1 Feilong 1 | 垦丰 16 Kenfeng 16 | 黑农 44 Heinong 44 |
|--------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 3 | 94.75aA | 93.82aA | 74.44cB | 82.38bcB | 79.36bcB | 83.55bcB | 84.55bcB | 87.44bAB | 85.05bcB | 84.02bcB |
| 6 | 47.95eC | 65.64abcAB | 59.72cdB | 65.42abcAB | 59.12dB | 70.78aA | 69.37abA | 64.14bcdAB | 60.57cdB | 70.32aA |
| 9 | 26.26aA | 15.01bB | 8.61dC | 12.46bcBC | 11.11cdBC | 28.57aA | 10.84cdBC | 8.78dC | 10.00cdC | 8.22dC |
| 12 | 12.55bAB | 9.87bcBC | 4.72eDE | 7.62cdCD | 3.17eE | 15.58aA | 7.04dCD | 3.05eE | 3.53eE | 3.20eE |
| 15 | 3.42abABC | 5.58aA | 1.95bBC | 1.73bC | 1.59fDE | 4.76aAB | 2.17bBC | 0.38cD | 0.32cD | 0.00cD |
| 18 | 0bB | 0.86bB | 0bB | 0.35bB | 0.40bB | 3.03aA | 0.54bB | 0bB | 0bB | 0bB |

表 4 不同品种大豆种子的耐盐程度
Table 4 Salt tolerance level of different soybean varieties/g · L⁻¹

| 品种 Varieties | 合丰 55 Hefeng 55 | 抗线 4 Kangxian 4 | 绥农 14 Suinong 14 | 丰豆 1 Fengdou 1 | 黑农 48 Heinong 48 | 绥农 10 Suinong 10 | 龙选 1 Longxuan 1 | 飞龙 1 Feilong 1 | 垦丰 16 Kenfeng 16 | 黑农 44 Heinong 44 |
|-----------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 耐盐浓度 STC | 6 | 9 | 6 | 6 | 6 | 2 | 6 | 9 | 6 | 6 |
| 耐盐半致死浓度 SLSC | 9 | 12 | 12 | 12 | 12 | 15 | 9 | 9 | 12 | 6 |
| 耐盐极限浓度 LSTC | 12 | 15 | 15 | 15 | 15 | 18 | 15 | 15 | 12 | 12 |

STC;Salt tolerance concentration;SLSC;Semi-lethal salt Concentration;LSTC;Linmit salt tolerance concentration.

耐盐极限浓度最高的是绥农 10,为 18 g · L⁻¹;最小的是合丰 55、垦丰 16、黑农 44,为 12 g · L⁻¹;其余品种居中。

综合分析耐盐浓度、耐盐半致死浓度和耐盐极限浓度 3 个指标,绥农 10 耐盐性最强;其次是抗线 4;黑农 44 耐盐性最差。

2.5 不同品种大豆种子耐盐性综合评价

表 5 不同品种大豆种子耐盐性综合评价
Table 5 Comprehensive evaluation on salt tolerance of different soybean varieties

| 品种 Varieties | 合丰 55 Hefeng 55 | 抗线 4 Kangxian 4 | 绥农 14 Suinong 14 | 丰豆 1 Fengdou 1 | 黑农 48 Heinong 48 | 绥农 10 Suinong 10 | 龙选 1 Longxuan 1 | 飞龙 1 Feilong 1 | 垦丰 16 Kenfeng 16 | 黑农 44 Heinong 44 |
|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| 相对发芽率 RGP | 0.405 | 0.502 | 0.262 | 0.577 | 0.359 | 1 | 0.500 | 0.541 | 0.499 | 0.229 |
| 相对胚根长度 RRL | 0.543 | 0.648 | 0.170 | 0.359 | 0.217 | 0.884 | 0.408 | 0.241 | 0.210 | 0.244 |
| 发芽势 SP | 0.488 | 0.444 | 0.526 | 0.647 | 0.253 | 1 | 0.582 | 0.531 | 0.482 | 0.133 |
| 平均值 Mean | 0.479 | 0.531 | 0.319 | 0.528 | 0.276 | 0.961 | 0.497 | 0.438 | 0.397 | 0.202 |
| 耐盐性 Salt tolerance | 5 | 2 | 8 | 3 | 9 | 1 | 4 | 6 | 7 | 10 |

RGP;Ralative germination percentage;RRL;Relactive radical Length;SP;Seed Potential.

3 结论与讨论

当 NaCl 浓度增加到 9 g · L⁻¹时,各品种的发芽率和发芽势差异最大,从相对发芽率、发芽势、相对胚根长度和耐盐指数综合看,可将 9 g · L⁻¹作为大豆生长的盐浓度临界值。

综合各项指标,绥农 10、抗线 4 和丰豆 1 耐盐性相对较强,其抗盐隶属值总平均值均在 0.500 以上。其中尤以绥农 10 最佳,在 0.950 以上,在抗盐

通过综合分析相对发芽率、相对胚根长度、发芽势 3 个指标的抗盐隶属值总平均值,可以客观地分析出不同大豆品种在萌芽期的耐盐性。从表 5 可以看出,10 个大豆品种的耐盐性强弱顺序依次为:绥农 10 > 抗线 4 > 丰豆 1 > 龙选 1 > 合丰 55 > 飞龙 1 > 垦丰 16 > 绥农 14 > 黑农 48 > 黑农 44。

性良种筛选时应当作为首选品种。黑农 48 和黑农 44 耐盐性较差,抗盐隶属值总平均值不足 0.300。

其他品种的耐盐性居中。

10 个大豆品种的种子在萌发过程中,总体趋势都是在低盐浓度下盐胁迫抑制作用不明显,说明种子对低盐浓度有一定的适应性,这种现象可能与低盐促进细胞膜的调节有关。但随着 NaCl 浓度的升高,种子的发芽率、发芽势和胚根生长均呈明显降低

趋势,说明高浓度盐分胁迫显著抑制了大豆种子萌发。可能是由于高浓度的离子会对种子造成离子毒害而抑制种子萌芽^[8-9]。

种子萌发是植物生命周期的起点,是生命活动最强烈的一个时期。它表现母株的遗传特性,关系到子株的生长和发育。种子的发芽率是种子本身的生物学特性,但是和外界环境的关系更为密切^[10]。高盐胁迫下可以鉴定不同品种的耐盐性强弱。比较表 1 和表 2 可知,种子在发芽初期的发芽率和发芽势存在差异,说明盐确实影响了它们的发芽,有些品种具有较强的盐适应能力。

参考文献

[1] 邵桂花,常汝镇,陈一舞.大豆耐盐性研究进展[J].大豆科学,1993,12(3):244-248. (Shao G H,Chang R,Z,Chen Y W. The research progress of soybean tolerance. [J]. Soybean Science, 1993,12(3):244-248.)

[2] 武庆树,郭云峰,窦连彬,等.天津市盐碱地改良思路[J].农业环境与发展,2004,21(2):32-33. (Wu Q S,Guo Y F,Dou L B,et al. Tianjin saline soil improvement ideas[J]. Agro-environment and Development,2004,21(2):32-33.)

[3] 谢承陶.盐渍土改良原理与作物抗性[M].北京:中国农业科技出版社,1993:184-185. (Xie C T,. Saline soil improvement principle and crop resistance[M]. Beijing: Agricultural Science and Technology Press ,1993:184-185.)

[4] 马淑时,王伟.大豆品种资源的抗盐碱性研究[J].吉林农业科学,1994,4:69-71. (Ma S S ,Wang W. Research on soybean

species of salt resistance[J]. Jilin Agricultural Sciences,1994,4:69-71.)

[5] 莫红,翟兴礼.干旱胁迫对大豆苗期生理生化特性的影响[J].湖北农业科学,2007(1):45-48. (Mo H,Zhai X L. Effects of drought stress on protective enzymes activities and membrane lipid peroxidation in leaves of soybean seedlings[J]. Hubei Agricultural Sciences,2007(1):45-48.)

[6] 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. (Chen D M, Yu R P,Yang J S. Evaluation of salt resistance of wheat with subordinate function value method[J]. Acta Pedologica Sinica,2002,39(3):368-373.)

[7] 柴媛媛,史团省,谷卫彬.种子萌发期甜高粱对盐胁迫的响应及其耐盐性综合评价分析[J].种子,2008,27(2):43-47. (Chai Y Y,Shi T S,Gu W B. Response to salt stresses and salt-resistance evaluation of sweet sorghum during seed germination stage[J]. Seed,2008,27(2):43-47.)

[8] 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. (Shi L R. Effects of complex saline-alkali stress on the seed germination of *Zea mays* L[J]. Journal of Hengshui University,2007,9(1):13-15.)

[9] 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. (Cheng D Y,Zhang Y,Chen L. Germination of sugarbeet seed under stress of sodium chloride[J]. Chinese Journal of Diabetes,1996(2):21-23.)

[10] 刘卓,徐安凯,王志锋.13个苜蓿品种耐盐性的鉴定[J].草业科学,2008,25(6):51-55. (Liu Z,Xu A K,Wang Z F. Study on the salt tolerance of 13 alfalfa varieties. [J]. Pratacultural Science, 2008,25(6):51-55.)

(上接第 836 页)

[10] 宋艳波.不同品种枣树 SOD、POD、PPO 活性与矿质元素含量的相关性研究[D].太谷:山西农业大学,2003. (Song Y B. Studies on the correlation between the contents of the mineral nutrition and the activities of the SOD, POD, PPO in different varieties jujube trees[D]. Taigu:Shanxi Agricultural University,2003.)

[11] 邵邻相,黄伯钟,丁淑静. 锌、锰、铁和铜离子对水稻幼苗生长及 SOD 活性的影响[J]. 种子,2001,6:16-18. (Shao L X, Huang B Z,Ding S J. Effects of Zinc manganese ferrous and copper on growth and superoxide dismutase activity of rice seedlings[J]. Seed,2001,6:16-18.)

[12] 刘鹏,杨玉爱. 钼、硼对大豆叶片膜脂过氧化及体内保护系统的影响[J]. 植物学报,2000,42(5):461-466. (Liu P, Yang Y A. Effects of molybdenum and boron on membrane lipid peroxidation and endogenous protective systems of soybean leaves[J]. Acta Botanica Sinica,2000,42(5):461-466.)

[13] 李春喜,姜丽娜,代西梅,等.小麦氮素营养与后期衰老关系的研究[J].麦类作物学报,2000,20(2):39-41. (Li C X,Jiang L N,Dai X M,et al. The relationship between nitrogen nutrition and leaf senescence in the later stage of wheat[J]. Journal of Triticeae Crops,2000,20(2):39-41.)

[14] 胡蕾,施益华,刘鹏,等. 锰对大豆膜脂过氧化及 POD 和 CAT 活性的影响研究[J]. 金华职业技术学院学报,2003,1:29-32. (Hu L,Shi Y H,Liu P,et al. Effect of manganese on membrane lipid,activities of POD and CAT of soybean[J]. Journal of Jinhua College of Profession and Technology,2003,1:29-32.)

[15] 王宏燕,刘书宇,赵福华.生物种衣剂对大豆发芽和苗期生长、光合作用及酶活性的影响[J].东北农业大学学报,2002,33(2):111-115. (Wang H Y,Liu S Y,Zhao F H. The effect of biological seed coating agent on the growth,photosynthesis and enzyme of soybean[J]. Journal of Northeast Agricultural University,2002,33(2):111-115.)