

周毅, 崔丰磊, 杨萍, 等. 盐胁迫对不同品种水稻幼苗生理生化特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(1): 90–93.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.023

# 盐胁迫对不同品种水稻幼苗生理生化特性的影响

周毅<sup>1</sup>, 崔丰磊<sup>2</sup>, 杨萍<sup>2</sup>, 张帆涛<sup>2</sup>, 罗向东<sup>2</sup>, 谢建坤<sup>2</sup>

(1. 江西师范大学高等研究院, 江西南昌 330022; 2. 江西师范大学生命科学学院, 江西南昌 330022)

**摘要:**以 923 选、绵恢 838、稻花香、辐恢 838、空育 131 以及哈 04-29 等 6 个水稻品种幼苗为材料, 采用 200 mmol/L NaCl 对其进行盐胁迫处理, 并测定处理后水稻幼苗的含水量、叶绿素含量、电导率、可溶性蛋白含量、脯氨酸含量、丙二醛(MDA)含量和超氧化物歧化酶(SOD)活性, 研究盐胁迫对不同水稻品种幼苗生理生化特性的影响。此外, 运用隶属函数法对各项指标进行综合分析, 各品种的耐盐性从强到弱依次为辐恢 838 > 923 选 > 空育 131 > 绵恢 838 > 稻花香 > 哈 04-29。

**关键词:**水稻; 幼苗; 盐胁迫; 生理生化特性; 隶属函数法; 耐盐性

**中图分类号:** S511.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)01-0090-03

生长在自然环境中的植物经常会受到各种不良环境(如高盐、干旱、低温以及高温等)的影响, 其中高盐环境是影响植物生长和发育的主要环境因子之一。根据联合国教科文组织和粮农组织 2008 年不完全统计, 仅我国就有盐碱地 9 913 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>。高盐胁迫对植物危害表现在多个方面: 首先, 在外观整体水平上表现为植物生长受抑制, 生物量减少, 甚至植株枯萎死亡; 其次, 在生理水平上通常表现为累积过多活性氧, 造成植物组织及细胞氧化损伤; 最后, 植物多种生理功能也会受到干扰, 例如光合作用下降、蛋白质合成障碍、多种物质代谢途径受阻等<sup>[2]</sup>。

水稻是中度耐盐的作物, 曾被作为盐碱地开发利用的先锋植物; 但水稻在盐碱地种植一般都会减产, 严重时甚至不能完成生活史。除了通过泡田洗盐、暗管排水等合理的水土管理和化学、生物改良可以减轻对水稻的盐害之外, 挖掘抗盐水稻种质资源, 研究水稻在盐胁迫下的生理生化特性变化的机理, 选育具有广泛适应性的水稻耐盐品种是解决盐渍化土地水稻生产的根本途径<sup>[3]</sup>。祁祖白等研究发现, 水稻在幼苗阶段的耐盐性在某种程度上可代表整个植株全生育期的耐盐性水平<sup>[4]</sup>。因此, 本研究通过测定 NaCl 胁迫下 923 选、绵恢 838、稻花香、辐恢 838、空育 131 以及哈 04-29 等 6 个水稻品种幼苗生理生化特性的变化来探明盐处理对水稻苗期生长的影响, 且通过隶属函数法对供试水稻材料的耐盐性进行综合评价, 从而为耐盐种质资源筛选及育种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料为 923 选、绵恢 838、稻花香、辐恢 838、空育 131 以及哈 04-29 等 6 个水稻品种, 种子由江西省农业科学院提供。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 水稻幼苗的培养

供试材料种子用 0.1%  $\text{HgCl}_2$  表  
收稿日期: 2014-12-29  
基金项目: 江西省自然科学基金(编号: 20142BAB214012)。  
作者简介: 周毅(1980—), 男, 河北张家口人, 博士, 助理研究员, 从事水稻品种资源研究。E-mail: zhoyu25@mail2.sysu.edu.cn。

面消毒 10 min, 蒸馏水冲洗干净, 再用蒸馏水浸种 2 d。发芽 7 d 后, 选取大小一致的幼苗移栽到盛有蛭石的塑料盆中, 以 IRRI 营养液<sup>[5]</sup>培养, 每隔 3 d 换 1 次营养液。

**1.2.2 盐胁迫处理** 在水稻幼苗移栽约 14 d(3 叶 1 心期)后以 200 mmol/L NaCl 胁迫处理 5 d。试验采用 3 次重复, 每个品种每个重复种植 10 株。对照组则是营养液中不加入 NaCl, 其他培养条件都相同。

**1.2.3 含水量的测定** 将幼苗去胚乳后, 用电子天平称量其鲜质量, 再将幼苗在 120 °C 的烘箱中烘 30 min, 然后置于 80 °C 烘箱中, 直至幼苗质量恒定记为干质量。利用鲜干质量差计算含水量。

**1.2.4 各项生理生化指标的测定** 叶绿素含量的测定采用浸提法<sup>[6]</sup>; 电导率的测定按照汪月霞等的方法<sup>[7]</sup>进行; 可溶性蛋白质含量的测定参照李大红的方法<sup>[8]</sup>进行; 脯氨酸含量的测定采用磺基水杨酸法<sup>[9]</sup>进行; MDA 含量的测定采用硫代巴比妥酸显色法<sup>[8]</sup>进行; SOD 活性的测定采用碧云天公司的总 SOD 活性检测试剂盒(产品编号 S0109)进行。

**1.2.5 不同水稻品种耐盐性评价** 参照张国新等的隶属函数法<sup>[10]</sup>对 7 个不同水稻品种的耐盐性进行鉴定。

**1.2.6 数据处理** 试验数据统计分析和作图由 Microsoft Excel 完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 NaCl 处理对水稻不同品种幼苗含水量的影响

植物组织相对含水量体现了植株的抗逆性以及受损程度, 与植物的耐盐性关系密切。从图 1 可以看出, 200 mmol/L NaCl 处理后, 各个品种水稻幼苗相对含水量呈降低趋势。其中, 下降幅度最大的是绵恢 838, 下降率为 30.1%; 而辐恢 838 下降幅度最小, 下降率为 8.8%。

### 2.2 NaCl 处理对水稻不同品种幼苗叶绿素含量的影响

盐胁迫处理的水稻幼苗叶片的叶绿素含量明显比对照少, 对不同水稻品种的影响程度也有很大区别, 叶绿素含量下降率最高的是哈 04-29, 达到 70.5%; 而下降率最小的是空育 131, 下降率为 21.6% (图 2)。

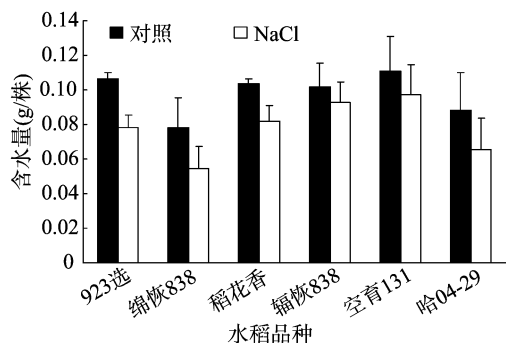


图1 NaCl 处理对不同水稻品种幼苗含水量的影响

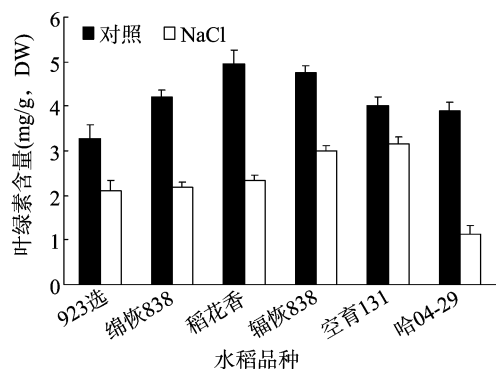


图2 NaCl 处理对不同水稻品种幼苗叶绿素含量的影响

### 2.3 NaCl 处理对水稻不同品种幼苗细胞质膜透性的影响

植株细胞质膜透性是衡量植物耐逆性的一个重要指标。图3显示,盐胁迫处理后,各个品种水稻幼苗相对电导率均呈增加趋势,其中提高最明显的是哈04-29,增加率为290.0%;而绵恢838最小,增加率为62.9%。

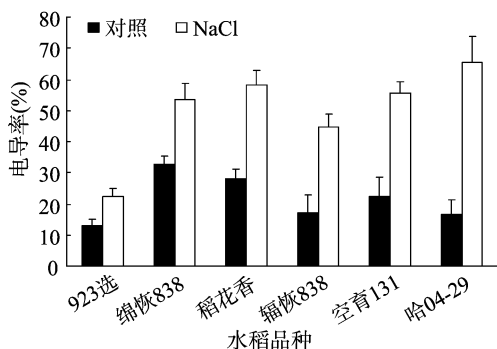


图3 NaCl 处理对不同水稻品种幼苗相对电导率的影响

### 2.4 NaCl 处理对水稻不同品种幼苗可溶性蛋白含量的影响

植物体内蛋白质含量增加是植物在逆境的适应表现,可作为鉴定植物相对抗性的指标。从图4可看出,盐胁迫处理后,辐恢838幼苗的可溶性蛋白含量发生的变化最大,提高200.4%,其他品种可溶性蛋白含量的变化率依次为923选(20.4%)>空育131(19.2%)>绵恢838(12.9%)>稻花香(4.7%)>哈04-29(2.9%)。

### 2.5 NaCl 处理对水稻不同品种幼苗脯氨酸含量的影响

植物体内脯氨酸含量在一定程度上反映植株的抗逆性。由图5可以看出,在盐胁迫下,各个品种水稻幼苗脯氨酸含量均明显高于对照组,其中辐恢838的脯氨酸含量提高幅度最大,为3006.2%;而空育131的提高幅度最小,为427.7%。

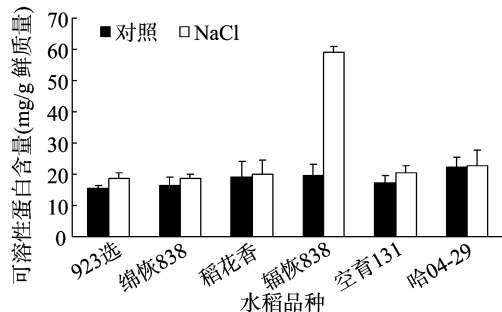


图4 NaCl 处理对不同水稻品种幼苗可溶性蛋白含量的影响

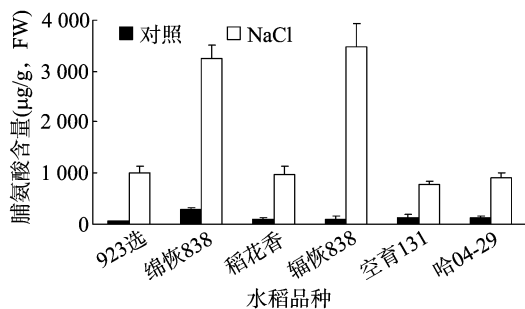


图5 NaCl 处理对不同水稻品种幼苗脯氨酸含量的影响

### 2.6 NaCl 处理对水稻不同品种幼苗MDA含量的影响

MDA作为常用的膜脂过氧化指标,其含量可以反映植物遭受逆境伤害的程度。从图6可以看出,盐胁迫下的水稻幼苗叶片的MDA含量均呈明显上升趋势。其中,空育131的MDA含量与对照组相比增加的幅度最大,为651.1%;而923选增加的幅度最小,为193.2%。

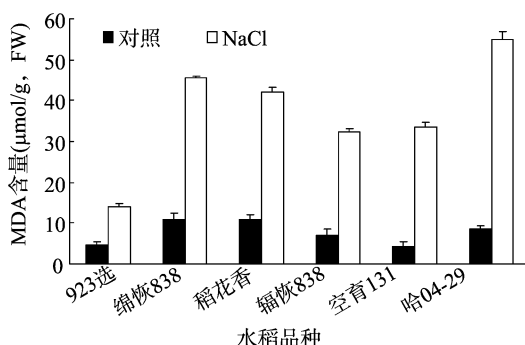


图6 NaCl 处理对不同水稻品种幼苗MDA含量的影响

### 2.7 NaCl 处理对水稻不同品种幼苗SOD活性的影响

SOD是重要的活性氧清除酶,当外来胁迫导致大量活性氧产生时,它能及时有效清除自由基,保护细胞免受活性氧胁迫的伤害。从图7可以看出,盐胁迫下的水稻幼苗的SOD活

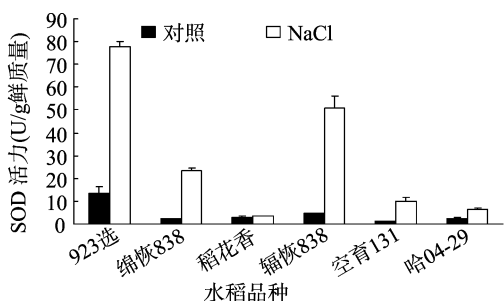


图7 NaCl 处理对不同水稻品种幼苗SOD活性的影响

性与对照组相比不同程度增强了。其中,绵恢 838 的 SOD 活性增强幅度最大,为 910.7%;而稻花香的增强幅度最小,为 6.8%。

2.8 水稻不同品种幼苗耐盐性综合评价

利用隶属函数计算方程对 7 个生理生化指标的变化率(表 1)进行数量转换,量化结果见表 2。水稻耐盐性是一个多因素作用的结果,因此单一指标很难真正反映品种的耐盐

性,而各种生理生化指标的综合评价更能揭示品种真实耐盐力。从表 2 可以看出,各指标平均值最大的为辐恢 838,为 0.840 5;其次为 923 选,为 0.545 7;哈 04-29 最小,仅为 0.101 0;其他品种在 0.377 7~0.486 2 之间。水稻品种耐盐性从强到弱依次为辐恢 838>923 选>空育 131>绵恢 838>稻花香>哈 04-29。说明辐恢 838 耐盐性相对最强,哈 04-29 耐盐性相对最弱。

表 1 不同水稻品种 7 个耐盐生理生化指标的变化率

品种	含水量下降率 (%)	叶绿素下降率 (%)	电导率增加率 (%)	可溶性蛋白 增加率(%)	脯氨酸含量的 增加率(%)	MDA 含量的 增加率(%)	SOD 活性的 增强率(%)
923 选	26.9663	35.5229	74.8341	20.3560	1609.6045	193.2426	480.4894
绵恢 838	30.1020	47.8980	62.8956	12.8867	1009.5086	321.2132	910.7026
稻花香	20.8494	52.3288	108.0498	4.7199	1044.5127	290.7111	6.7613
辐恢 838	8.8409	37.0523	160.7819	200.4227	3006.1693	362.5344	1030.1945
空育 131	12.2744	21.5978	145.9323	19.1713	427.7425	651.0970	874.7657
哈 04-29	25.3968	70.5236	289.9612	2.9201	613.1068	529.3805	158.4082

表 2 不同品种水稻幼苗在盐胁迫下指标数量转换

品种	含水量	叶绿素含量	电导率	可溶性蛋白含量	脯氨酸含量	MDA 含量	SOD 活性	平均值	位次
923 选	0.147 5	0.715 4	0.947 4	0.088 3	0.458 4	1.000 0	0.462 9	0.545 7	2
绵恢 838	0.000 0	0.462 4	1.000 0	0.050 5	0.225 6	0.720 5	0.883 2	0.477 5	4
稻花香	0.435 2	0.371 9	0.801 1	0.009 1	0.239 2	0.787 1	0.000 0	0.377 7	5
辐恢 838	1.000 0	0.684 1	0.568 9	1.000 0	1.000 0	0.630 2	1.000 0	0.840 5	1
空育 131	0.838 5	1.000 0	0.634 3	0.082 3	0.000 0	0.000 0	0.848 1	0.486 2	3
哈 04-29	0.221 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.071 9	0.265 8	0.148 2	0.101 0	6

3 结论与讨论

相对含水量是反映植物体水分状况的重要指标<sup>[11]</sup>。本试验结果表明,在 200 mmol/L NaCl 胁迫下,6 个水稻品种幼苗的含水量均有不同程度的下降,说明盐胁迫导致水稻幼苗生理性缺水。在盐胁迫下,植物细胞发生水分亏缺,造成渗透胁迫,植物为了避免伤害,产生一种适应机制,即植物细胞主动积累一些可溶性溶质来降低胞内渗透势,以保证水分的正常供应。脯氨酸在植物体内分布最广泛,具有很强的水合能力,可防止渗透胁迫条件下细胞脱水变性,在植物抵御盐胁迫中起重要作用。当植物受到盐胁迫时,体内脯氨酸含量会显著增加,从而帮助植物抵御盐害<sup>[12]</sup>。本试验结果表明,在盐胁迫处理下,6 个水稻品种幼苗的脯氨酸含量均增加了,这与前人的研究结果一致。

叶绿素是重要的光合作用物质,其含量在一定程度上反映植物光合作用的强度,并影响植物的正常生长<sup>[13]</sup>。本试验结果表明,在盐胁迫处理下,6 个水稻品种幼苗的叶绿素含量均下降了,说明在盐逆境下,植物叶片细胞内离子含量增高,使得叶绿素和叶绿体蛋白间的结合变得松弛,从而促进叶绿素被分解<sup>[14]</sup>。

有研究发现,可溶性蛋白含量与植物的抗逆性之间存在正相关关系,植物抗逆性的提高可能涉及特异可溶性蛋白质的形成<sup>[8]</sup>。本研究结果表明,在盐胁迫处理后,只有部分水稻品种(如辐恢 838)幼苗的可溶性蛋白含量提高了,但其具体机理还有待进一步研究。

质膜透性可以反映植物叶片细胞膜的完整性及其受到伤

害的程度,在正常的生长条件下,植物的质膜透性均较小<sup>[15]</sup>。本研究结果表明,盐胁迫导致 6 个水稻品种幼苗的膜透性均呈增加的趋势,说明盐胁迫造成水稻叶片细胞膜结构损害,影响水稻幼苗的生长发育。细胞内或多或少都有氧自由基存在,它很容易使膜脂发生过氧化作用或膜脂脱脂作用(形成 MDA),从而破坏膜结构<sup>[16]</sup>。因此,MDA 积累量可作为植物遭受破坏程度的重要指标。本研究结果表明,盐胁迫导致 6 个水稻品种幼苗的 MDA 含量均呈增加趋势,这说明在盐胁迫条件下,水稻叶片膜结构受到严重破坏。SOD 是细胞内一种重要的清除氧自由基的酶,许多植物抗逆研究已表明 SOD 活性与植物抗逆性有极为密切的关系<sup>[17]</sup>。本研究结果表明,在盐胁迫条件下,除稻花香外,其余 5 个品种的水稻幼苗的 SOD 活性都增强了,在盐胁迫下,水稻 SOD 活性增强,将逆境条件下产生的自由基通过歧化作用生成分子氧和过氧化氢,从而防御活性氧或其他过氧化物自由基对细胞质膜的伤害,这是植物对逆境伤害的一种应答机制。

水稻耐盐性是一个多因素作用的结果,机理复杂,隶属函数分析提供了一条在多指标测定基础上对材料特性进行综合评价的途径,将其应用于水稻耐盐育种的研究,可大大提高水稻耐盐性筛选的可靠性。本研究利用隶属函数法对各项生理生化指标进行综合评价,结果发现,在所试验的 6 个水稻品种中辐恢 838 相对比较耐盐。

参考文献:

[1]毛秀红,刘翠兰,燕丽萍,等. 植物盐害机理及其应对盐胁迫的策略[J]. 山东林业科技,2010(4):128-130.

王长军,王肇陟,王世荣. 生物有机肥、腐殖酸对水稻产量和土壤化学性质的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(1):93-95.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.01.024

# 生物有机肥、腐殖酸对水稻产量和土壤化学性质的影响

王长军<sup>1</sup>, 王肇陟<sup>2</sup>, 王世荣<sup>1</sup>

(1. 宁夏农林科学院农业资源与环境研究所, 宁夏银川 750002; 2. 宁夏彭阳一中, 宁夏彭阳 756500)

**摘要:**采用随机区组小区试验,研究生物有机肥、腐殖酸对水稻产量、土壤化学性质的影响。结果表明:优化施肥+生物有机肥、优化施肥+腐殖酸处理的千粒质量分别比优化施肥处理增加了1.9、1.8 g,生物产量、经济产量相对优化施肥差异不明显;优化施肥+生物有机肥、优化施肥+腐殖酸处理有机质含量分别比优化施肥处理提高了14.9%、5.7%,且表现为显著提高;相对于优化施肥处理,优化施肥+生物有机肥、优化施肥+腐殖酸处理的pH值、全盐含量、全量养分、速效养分等土壤化学性质指标无明显变化。

**关键词:**生物有机肥;腐殖酸;水稻产量;土壤化学性质

**中图分类号:** S511.062 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)01-0093-03

生物有机肥是多种有益微生物菌群与有机肥结合形成的新型、高效、安全的微生物有机复合肥料<sup>[1-2]</sup>,因其含有独特的生物菌活性及对土壤有改良特性而成为有机农业发展的希望之肥<sup>[3]</sup>。由于生物有机肥兼顾传统有机肥与添加有机菌剂的优势,可减少化肥、农药的使用,增强作物抗逆性,改善作物品质,从而越来越多地被人们所认可并在生产上广泛应用<sup>[4-7]</sup>。腐殖酸主要是动、植物的遗骸经过微生物的分解和转化,以及地球化学的一系列过程形成并积累起来的一类成

分复杂的天然有机物质<sup>[8]</sup>。相关研究表明,腐殖酸类肥料在改良土壤、促进土壤养分有效化、提高肥料利用率等方面有明显的效果<sup>[9-11]</sup>。但是关于生物有机肥和腐殖酸对水稻产量、土壤理化性质的影响尚未见相关报道,通过本研究可初步明确生物有机肥、腐殖酸对土壤理化性质、水稻产量的影响,以期在当地水稻合理施肥提供理论依据和技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于2014年5—10月进行,试验区位于宁夏引黄灌区青铜峡市叶盛镇盛庄村,该区域地处东部季风区与西部干旱区域的交汇地带,气候资源独特,属中温带大陆性气候,冬无严寒,夏无酷暑,四季分明,昼夜温差大,全年日照时间2 955 h,无霜期176 d,年降水量260.7 mm。供试土壤基本理

收稿日期:2015-07-25

基金项目:宁夏农林科学院科技先导资金基础研究项目(编号: NKYJ-15-04)。

作者简介:王长军(1982—),男,宁夏西吉人,硕士,助理研究员,主要从事植物营养与土壤肥料研究工作。E-mail: 18909509782@189.cn。

[2] Deinlein U, Stephan A B, Horie T, et al. Plant salt-tolerance mechanisms[J]. Trends in Plant Science, 2014, 19(6): 371-379.

[3] 郑英杰. 盐胁迫对水稻的影响及水稻耐盐育种研究[J]. 北方水稻, 2013(5): 71-74, 80.

[4] 祁祖白, 李宝健, 杨文广, 等. 水稻耐盐性遗传初步研究[J]. 广东农业科学, 1991(1): 18-21.

[5] Zhang F T, Cui F L, Zhang L X, et al. Development and identification of a introgression line with strong drought resistance at seedling stage derived from *Oryza sativa* L. mating with *Oryza rufipogon* Griff[J]. Euphytica, 2014, 200(1): 1-7.

[6] 王素平, 郭世荣, 胡晓辉, 等. 盐胁迫对黄瓜幼苗叶片光合色素含量的影响[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(1): 32-38.

[7] 汪月霞, 孙国荣, 王建波, 等. NaCl 胁迫下星星草幼苗 MDA 含量与膜透性及叶绿素荧光参数之间的关系[J]. 生态学报, 2006, 26(1): 122-129.

[8] 李大红. 水稻 *RACK1* 基因(*OsRACK1*) 在盐胁迫响应中的功能研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2008.

[9] Troll W, Lindsley J. A photometric method for the determination of proline[J]. Journal of Biological Chemistry, 1955, 215(2): 655-660.

[10] 张国新, 王秀萍, 鲁雪林, 等. 隶属函数法鉴定水稻品种耐盐性[J]. 安徽农学通报: 上半月刊, 2011(1): 36-37.

[11] 韩建秋, 王秀峰, 张志国, 等. 表土干旱对白三叶根系分布和根活力的影响[J]. 中国农学通报, 2007(3): 458-461.

[12] 谭卫军, 李其勇, 沈雪峰, 等. 盐胁迫对杂草稻和水稻种子萌发特性的影响[J]. 广东农业科学, 2014(3): 5-8.

[13] Golldack D, Lütting I, Yang O. Plant tolerance to drought and salinity: stress regulating transcription factors and their functional significance in the cellular transcriptional network[J]. Plant Cell Reports, 2011, 30(8): 1383-1391.

[14] Pardo J M. Biotechnology of water and salinity stress tolerance[J]. Current Opinion in Biotechnology, 2010, 21(2): 185-196.

[15] 李倩, 刘景辉, 武俊英, 等. 盐胁迫对燕麦质膜透性及  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  吸收的影响[J]. 华北农学报, 2009, 24(6): 88-92.

[16] Xie Z, Duan L, Tian X, et al. Coronatine alleviates salinity stress in cotton by improving the antioxidative defense system and radical-scavenging activity[J]. Journal of Plant Physiology, 2008, 165(4): 375-384.

[17] Pierik R, Testerink C. The art of being flexible: how to escape from shade, salt, and drought[J]. Plant Physiology, 2014, 166(1): 5-22.