

# 盐胁迫对野生稻幼苗生长及光合特性的影响

刘玉兰 段开怀 李皖 张国印 孙堂玉 陈殿元\*

(吉林农业科技学院, 吉林 吉林 132101; 第一作者: jillyl2006@163.com; \* 通讯作者: JLCdy@sina.com)

**摘 要:**研究了不同盐胁迫强度对野生稻植株生长发育及光合特性的影响。结果表明,低浓度的中性盐对野生稻生长具有一定的促进作用,低浓度的碱性盐抑制野生稻生长;高浓度盐胁迫严重抑制野生稻生长;碱性盐胁迫对野生稻的抑制作用强于中性盐胁迫。野生稻株高、根长、根数、根冠比、净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、气孔限制值与两种类型盐胁迫程度均呈极显著负相关;胞间  $\text{CO}_2$  浓度与两种类型盐胁迫程度均呈极显著正相关。在盐胁迫下,野生稻品种仍能保持一定的生长量和生物量积累,对盐胁迫表现为更强的适应性。

**关键词:**野生稻;盐胁迫;生长;光合特性

**中图分类号:**S511.041 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2018)04-0072-05

土壤盐渍化已成为限制农作物产量的重要因素<sup>[1]</sup>,严重威胁我国农业的发展。目前,在我国现存的大面积盐渍化土地中,钠盐是形成盐土的主要盐类<sup>[2]</sup>,不同钠盐导致土壤酸碱度差异较大,一般碱性盐对种子萌发的抑制效应要大于中性盐<sup>[3-4]</sup>。盐胁迫既可以直接影响作物的生长发育,也可以间接通过光合作用而影响作物生长,且盐浓度越大、作用时间越长,影响越明显<sup>[5-8]</sup>。光合作用是植物进行生命活动的唯一能量来源。在众多被盐胁迫影响的代谢中,光合作用被认为是对盐逆境胁迫最敏感的生理过程<sup>[9]</sup>。

野生稻是栽培稻的近缘种,有着丰富多样的变异类型,遗传多态性较栽培稻丰富<sup>[10]</sup>。野生稻中蕴藏着丰富的抗病虫、抗逆、品质好、蛋白质含量高等优异基因,是我国水稻育种研究的重要物质基础<sup>[11]</sup>,有些优良特性已被用于水稻常规育种和杂交育种中,是改良栽培稻以提高其产量、品质、抗性、与适应性的遗传资源。作物或同一种作物不同品种间的耐盐性不同,通过挖掘作物本身的耐盐能力,筛选和培育耐盐作物品种是开发利用盐碱地的有效途径之一<sup>[12]</sup>。

目前,关于盐胁迫对水稻生长和光合特性的影响报道较多,但多数集中于粳稻和籼稻研究中,对于野生稻的研究尚未有报道。本研究通过对野生稻进行盐胁迫处理,研究其耐盐性,以期对野生稻的耐盐研究以及野生稻在水稻耐盐品种选育中的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试品种为 MY-3, 于 2016 年 9 月采自吉林农业

科技学院植物科学学院实习农场野生稻种子资源圃。将野生稻种子种植于直径为 20 cm 的花盆内,采用营养土栽培,花盆放置在育苗大棚内。播前种子处理及播后管理同生产田。出苗后,每盆定苗 15 株。

### 1.2 试验设计

将中性盐 ( $\text{NaCl}$  与  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  按摩尔比 1:1 混合而成)和碱性盐 ( $\text{NaHCO}_3$  与  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  按摩尔比 1:1 混合而成) 分别设 20、30、60、90、120、150 mmol/L 6 个浓度处理,待 3 叶 1 心期,每处理选取植株生长健壮且生长状况基本相同的 3 盆苗进行盐胁迫处理,每处理 3 次重复,对照组浇清水。处理 7d 后开始进行植株生长指标和光合特性指标的测定。

### 1.3 测定指标及方法

#### 1.3.1 生长指标测定

处理 7 d 后,从每个重复中取有代表性的 10 株测量其株高、根长、根数、苗鲜质量、根鲜质量,计算根冠比。根冠比=根鲜质量/苗鲜质量。

#### 1.3.2 光合特性指标测定

盐胁迫处理 7 d 后,用 Li-6400 便携式光合仪对野生稻进行光合生理指标的测定。采用固定红蓝光源进行试验,光强为  $1\ 200\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ,为避免测定时环境  $\text{CO}_2$  浓度的变化对测定结果产生干扰,将仪器的进

收稿日期:2018-01-12

**基金项目:**国家重点研发计划项目(2017YFD0300609);吉林农业科技学院作物遗传育种科技创新团队(2018);吉林农业科技学院作物遗传育种教学团队(115012017005)

表 1 中性盐胁迫对野生稻生长指标的影响

中性盐浓度 (mmol/L)	株高 (cm)	根长 (cm)	根数 (个)	根冠比
CK	14.81 bB	8.09 bB	8.81 aA	0.58 aA
20	15.19 aA	8.91 aA	9.296 bB	0.61 aA
30	13.88 cC	7.50 cC	8.03 cC	0.55 aA
60	12.10 dD	6.39 dD	7.11 dD	0.43 bB
90	10.91 eE	5.11 eE	5.59 eE	0.35 cC
120	8.79 fF	4.19 fF	4.12 fF	0.29 dC
150	7.11 gG	2.88 gG	3.21 gG	0.21 eD

同列数据后不同小、大写字母分别表示处理间在 0.05 和 0.01 水平差异显著。下同。

表 2 碱性盐胁迫对野生稻生长指标的影响

碱性盐浓度 (mmol/L)	株高 (cm)	根长 (cm)	根数 (个)	根冠比
CK	14.83 aA	8.09 aA	8.81 aA	0.58 aA
20	13.17 bB	7.58 aA	8.02 bB	0.53 aAB
30	11.81 cC	6.27 bB	6.63 cC	0.47 bB
60	10.52 dD	4.91 cC	5.31 dD	0.36 cC
90	9.13 eE	4.01 dCD	4.02 eE	0.29 dCD
120	8.64 eE	2.92 eDE	3.12 fF	0.24 dDE
150	6.72 fF	2.42 eE	2.73 gF	0.18 eE

表 3 两种盐胁迫浓度与野生稻各生长指标的相关性分析

盐浓度	株高	根长	根数	根冠比
中性盐	-0.989**	-0.977**	-0.984**	-0.986**
碱性盐	-0.978**	-0.980**	-0.975**	-0.986**

\*\* 代表在 0.01 水平相关性显著,下同。

气口与装有恒定 CO<sub>2</sub> 浓度的钢瓶相接,钢瓶 CO<sub>2</sub> 浓度配制成 370 μmol/mol,温度设定为 28℃。各处理选取野生稻 5 株,在主茎的第 3 个叶片上测定净光合速率(P<sub>n</sub>)、气孔导度(C<sub>s</sub>)、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(C<sub>i</sub>)、蒸腾速率(Tr)等光合生理指标。气孔限制值(L<sub>s</sub>)=1- C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub>,C<sub>a</sub> 为仪器进气口 CO<sub>2</sub> 浓度。

1.4 数据分析

采用 Excel 软件进行数据统计,利用 DPS 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对野生稻 MY-3 幼苗生长的影响

由表 1 可知,随中性盐胁迫浓度的升高,野生稻幼苗株高呈先升高后降低的趋势,在浓度为 20 mmol/L 时达到最高值,与对照相比差异极显著,继续升高盐浓度则株高降低,在 150 mmol/L 时达到最低值,比对照降低 51.99%;从表 2 可见,碱性盐胁迫处理下野生稻

幼苗株高随盐浓度的升高呈降低的趋势,在 150 mmol/L 时达到最低值,比对照降低 54.69%。相关性分析显示,野生稻幼苗株高与两种不同类型盐胁迫浓度均呈极显著负相关(表 3)。

在中性盐胁迫处理下,野生稻幼苗根长随胁迫浓度的升高呈先升高后降低的趋势。在浓度为 20 mmol/L 时根长最长,极显著高于其他处理(表 1);碱性盐胁迫处理下,野生稻幼苗根长随胁迫浓度的升高呈降低的趋势(表 2)。碱性盐胁迫下的根长显著低于中性盐胁迫处理组,说明碱性盐胁迫对根长的影响比中性盐胁迫大。相关性分析表明,野生稻幼苗根长与两种盐胁迫浓度均呈极显著负相关(表 3)。

在中性盐胁迫处理下,野生稻幼苗根数随胁迫浓度的升高呈现先升高后降低的趋势,在浓度为 20 mmol/L 时根数最多,极显著高于其他各处理(表 1);碱性盐胁迫处理下,野生稻幼苗根数随盐胁迫浓度的升高呈降低的趋势(表 2)。根数均在两种盐浓度为 150 mmol/L 时达到最低值,中性盐处理比对照降低了 63.56%,碱性盐处理比对照降低了 69.01%,碱性盐胁迫下的根数显著低于中性盐胁迫处理组,说明碱性盐胁迫对根的抑制作用比中性盐胁迫大。相关分析表明,野生稻幼苗根数与两种盐胁迫浓度均呈极显著负相关(表 3)。

从根冠比来看,在中性盐胁迫处理下,野生稻幼苗根冠比随盐胁迫浓度的升高呈先升高后降低的趋势。在浓度为 20 mmol/L 时根冠比最大,但与对照相比差异不显著(表 1);碱性盐胁迫处理下,野生稻幼苗根冠比随胁迫浓度的升高呈降低的趋势(表 2)。根冠比均在两种盐浓度为 150 mmol/L 时达到最低值,中性盐比对照组降低了 63.79%,碱性盐比对照组降低了 68.971%,碱性盐胁迫下的根冠比显著低于中性盐胁迫处理组,说明碱性盐胁迫对根的抑制作用比中性盐胁迫大。相关分析表明,野生稻幼苗根冠比与两种盐胁迫浓度均呈极显著负相关(表 3)。试验结果说明,盐对野生稻根的抑制作用大于对苗的抑制作用,这可能是由于盐多积累在根部,从而造成盐对根的抑制作用强于苗。

2.2 盐胁迫对野生稻 MY-3 光合特性的影响

2.2.1 净光合速率(P<sub>n</sub>)的变化

由表 4 可以看出,中性盐对野生稻净光合速率的影响表现为随盐浓度的增加先升高后降低,在盐浓度为 20 mmol/L 时净光合速率最大,但与对照相比差异

表 4 中性盐胁迫对野生稻叶片光合特性的影响

中性盐浓度 (mmol/L)	净光合速率 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]	气孔导度 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 ( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ )	蒸腾速率 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]	气孔限制值
CK	14.85 aA	0.38 aA	265.23 eFe	5.15 bB	0.28 abAB
20	15.08 aA	0.41 aAB	256.80 fDE	5.28 aA	0.31 aA
30	13.60 bB	0.33 abABC	270.60 deCD	4.09 cC	0.27 bcBC
60	11.87 cC	0.27 bcBCD	276.71 cdBCD	2.71 dD	0.25 cdBCD
90	9.75 dD	0.23 cdCD	286.62 bcBC	2.18 eE	0.23 deCD
120	8.17 eE	0.20 cdD	289.071 abAB	1.85 fF	0.22 efDE
150	6.25 fF	0.17 dD	295.93 aA	1.39 gG	0.20 fE

表 5 碱性盐胁迫对野生稻叶片光合特性的影响

碱性盐浓度 (mmol/L)	净光合速率 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]	气孔导度 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 ( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ )	蒸腾速率 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]	气孔限制值
CK	14.85 aA	0.38 aA	265.23 eE	5.15 aA	0.28 aAB
20	13.75 bB	0.33 abAB	260.60 eDE	4.49 bB	0.30 aA
30	11.98 cC	0.27 bcBC	276.71 dCD	3.70 cC	0.25 bBC
60	9.45 dD	0.23 cdCD	282.60 cdC	2.24 dD	0.24 bcC
90	7.63 eE	0.19 deCDE	289.07 bcBC	1.78 eE	0.22 cdCD
120	5.43 fF	0.15 efDE	295.93 abAB	1.39 fF	0.20 deDE
150	3.27 gG	0.12 fE	304.77 aA	1.12 gG	0.18 eE

表 6 两种盐胁迫与野生稻光合特性指标的相关性分析

盐浓度	净光合速率	气孔导度	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度	蒸腾速率	气孔限制值
中性盐	-0.992**	-0.964**	0.951**	-0.950**	-0.951**
碱性盐	-0.996**	-0.972**	0.965**	-0.950**	-0.965**

不显著,盐浓度为 60 mmol/L 时净光合速率明显减小。从表 5 可见,碱性盐对野生稻净光合速率的影响总体上表现为随盐浓度的升高而降低,在盐浓度为 30 mmol/L 时净光合速率明显减小。在相同盐浓度下,中性盐胁迫处理野生稻的净光合速率要高于碱性盐胁迫处理,说明碱性盐胁迫对野生稻净光合速率的抑制作用强于中性盐胁迫处理。相关分析表明,野生稻净光合速率与两种盐胁迫浓度均呈极显著负相关(表 6)。

2.2.2 气孔导度( $G_s$ )的变化

由表 4 可以看出,中性盐对野生稻气孔导度的影响表现为随盐浓度的增加先升高后降低,中性盐在浓度为 20 mmol/L 时气孔导度最大,但与对照相比差异不显著,盐浓度为 150 mmol/L 时气孔导度最小,比对照减小 55.26%。从表 5 可见,碱性盐对野生稻气孔导度的影响表现为随盐浓度的升高而降低,在盐浓度为 150 mmol/L 时气孔导度最小,比对照减小 68.42%。在相同盐浓度下碱性盐胁迫对野生稻气孔导度的抑制作用强于中性盐胁迫处理。相关分析表明,野生稻气孔导度与两种盐胁迫浓度均呈极显著负相关(表 6)。

2.2.3 胞间  $\text{CO}_2$  浓度的变化

两种盐胁迫对野生稻胞间  $\text{CO}_2$  浓度的影响趋于—

致(表 4、表 5),即随盐浓度的升高均呈先降低后增高的趋势,在浓度为 150 mmol/L 时胞间  $\text{CO}_2$  浓度最高,中性盐比对照高 11.57%,碱性盐比对照高 14.91%。相关分析表明,野生稻胞间  $\text{CO}_2$  浓度与两种盐胁迫浓度均呈极显著正相关(表 6)。

2.2.4 蒸腾速率( $Tr$ )的变化

由表 4 可知,中性盐胁迫对野生稻蒸腾速率的影响表现为随盐浓度的增加先升高后降低,在浓度为 20 mmol/L 时蒸腾速率最大,与对照相比差异极显著,盐浓度为 150 mmol/L 时蒸腾速率最小,比对照减小 73.01%。由表 5 可知,碱性盐胁迫对野生稻蒸腾速率的影响表现为随盐浓度的升高而降低,盐浓度为 150 mmol/L 时蒸腾速率最小,比对照减小 78.25%。在相同盐浓度下,碱性盐胁迫对野生稻蒸腾速率的作用强于中性盐胁迫处理。相关分析表明,野生稻蒸腾速率与两种盐胁迫浓度均呈极显著负相关(表 6)。

2.2.5 气孔限制值( $L_s$ )的变化

由表 4、表 5 可知,两种盐对野生稻气孔限制值的影响都表现为随盐浓度的增加先升高后降低,在浓度为 20 mmol/L 时气孔限制值最大,但与对照相比差异不显著。相关分析表明,水稻气孔限制值与两种盐胁迫



浓度均呈极显著负相关(表 6)。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 盐胁迫对野生稻生长的影响

盐胁迫下植物的生长发育会受到一定程度的影响。李常健等<sup>[14]</sup>研究发现,幼苗阶段的水稻在受到盐胁迫时往往会出现植株矮化,叶片卷曲、变短、变黄等一系列反应。张荣平等<sup>[15]</sup>研究表明,水稻萌发过程中在低浓度盐胁迫下,对根数影响较小,高浓度盐胁迫下影响则相对较大;盐胁迫对水稻幼苗根系的抑制作用大于对幼苗地上部分的影响。本研究结果表明,在中性盐胁迫下,野生稻的株高、根长、根数、根冠比表现出随着盐浓度的增加呈先升高后降低的趋势;在碱性盐胁迫下,则表现出随着盐浓度的增加而降低的趋势。在相同盐浓度下,中性盐胁迫处理野生稻各生长量积累要高于碱性盐胁迫处理。野生稻株高、根长、根数、根冠比与两种盐胁迫浓度均呈极显著负相关。

#### 3.2 盐胁迫对野生稻叶片光合特性的影响

Ott 等<sup>[16]</sup>认为,盐胁迫下植物生长受到抑制,植物叶片内可溶性糖浓度增加,并反馈性地抑制光合作用。徐晨等<sup>[17]</sup>研究认为,不同水稻品种在 80 mmol/L 盐胁迫下 15 d 后,  $P_n$  存在差异性,耐盐水稻品种下降的百分率小于对盐敏感水稻品种,其  $P_n$  的下降主要来自于非气孔限制因素。本研究结果表明,在中性盐胁迫下,野生稻的净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、蒸腾速率( $Tr$ )、气孔限制值( $L_s$ )均表现为随着盐胁迫浓度的增加呈先升高后降低的趋势;在碱性盐胁迫下,随着盐浓度的增加,野生稻的净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、蒸腾速率( $Tr$ )、气孔限制值( $L_s$ )均呈降低的趋势。在相同盐浓度下,中性盐胁迫处理野生稻光合特性各指标值要高于碱性盐胁迫处理。野生稻净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、蒸腾速率( $Tr$ )、气孔限制值( $L_s$ )与两种盐胁迫浓度均呈极显著负相关,胞间  $CO_2$  浓度( $C_i$ )与两种盐胁迫均呈极显著正相关。

综上所述,低浓度的中性盐能提高野稻光合特性各指标值,对野生稻生长具有一定的促进作用,低浓度的碱性盐抑制野生稻生长;高浓度盐胁迫降低野生稻光合特性各指标值,严重抑制野生稻生长。碱性盐胁迫对野生稻的抑制作用强于中性盐胁迫。野生稻株高、根长、根数、根冠比、净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、蒸腾速率( $Tr$ )、气孔限制值( $L_s$ )与两种盐胁迫浓度均呈极显著负相关;胞间  $CO_2$  浓度( $C_i$ )与两种盐胁迫浓度

均呈极显著正相关。在盐胁迫下,野生稻品种仍能保持一定量的生长量和生物量积累,说明盐胁迫条件下野生稻品种能保证对水分、矿质元素和有机物质的有效利用,对盐胁迫表现为较强的适应性。

#### 参考文献

- [1] Munns R. Comparative physiology of salt and water stress [J]. *Plant Cell Environ*, 2002, 25: 239-250.
- [2] 夏尚光, 张金池, 梁淑英. NaCl 胁迫 3 种榆树幼苗生理特性的影响[J]. 河北农业大学学报, 2008(2): 53-56.
- [3] 邵桂花, 万超文, 李舒凡. 大豆萌发期耐盐生理初步研究[J]. 作物杂志, 1994(6): 25-26.
- [4] 寇贺, 曹敏建, 那桂秋.  $Na_2CO_3$  和 NaCl 对大豆种子萌发胁迫效应的比较研究[J]. 种子, 2007, 26(12): 27-31.
- [5] BETHKE P C, DREW M C. Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Captum annuum* during progressive exposure to NaCl salinity [J]. *Plant Physiol*, 1992, 99: 219-226.
- [6] Walker R R, Blackmore D H. Carbon dioxide assimilation and folierion concentration in leaves of *Leamon Citrus sinensis* (L.) osbeck trees irrigated with NaCl and  $Na_2SO_4$  [J]. *Aust Plant Physiol*, 1993, 20: 173-85.
- [7] Munns R. Physiological processes limiting plant growth in neutral soils: some dogmas and hypotheses [J]. *Plant Cell Environ*, 1993, 16: 15-24.
- [8] 张丽辉, 赵骥民, 范亚红. 中性盐胁迫对高粱苗期光合特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(8): 100-101.
- [9] 张丽华, 赵洪祥, 谭国波, 等. 灌溉方式对大豆光合性状及土壤水分利用率的影响[J]. 大豆科学, 2012, 31(4): 613-616.
- [10] 王一平, 魏兴华, 袁筱萍, 等. 海南普通野生稻自然居群间遗传多样性的微卫星分析[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(6): 573-578.
- [11] 张万霞, 杨庆文. 中国野生稻收集、鉴定和保存现状[J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4(4): 369-373.
- [12] Munins R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance [J]. *Annu Rev Plant Biol*, 2008, 59: 651-681.
- [13] 盖玉红, 牛陆, 董宝池, 等. 不同浓度盐、碱胁迫对野生大豆光合特性和生理生化特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 42(5): 89-93.
- [14] 李常健, 林清华, 张楚富, 等. NaCl 对水稻谷氨酰胺合成酶活性及同工酶的影响 [J]. 武汉大学学报: 自然科学版, 1999, 45(4): 497-500.
- [15] 张荣萍. NaCl 对水稻发芽和幼苗生长的影响[J]. 西昌学院学报: 自然科学版, 2011, 25(4): 8-11.
- [16] Ott T, Clarke J, Birks K. Regulation of the photosynthetic electron transport chain[J]. *Planta*, 1999, 209(2): 250-258.
- [17] 徐晨, 凌风楼, 徐克章, 等. 盐胁迫对不同水稻品种光合特性和生理生化特性的影响[J]. 中国水稻科学, 2013, 27(3): 280-286.

(下转第 80 页)

- 性分析[J]. 作物学报, 2004, 42(12): 1 185-1 191.
- [9] 刘丽华, 胡远富, 陈乔, 等. 利用 AMMI 模型分析寒地水稻 3 个品质性状的基因型与环境互作[J]. 作物学报, 2013, 39(10): 1 849-1 855.
- [10] 郑桂萍, 蔡永盛, 赵洋, 等. 利用 AMMI 模型进行寒地水稻品质分析[J]. 核农学报, 2015, 29(2): 296-303.
- [11] 肖文斐, 马华升, 陈文岳, 等. 籼稻耐盐性与稻米品质性状的关联分析[J]. 核农学报, 2013, 27(12): 1938-1947.
- [12] 余为仆. 秸秆还田条件下盐胁迫对水稻产量与品质形成的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2014.
- [13] 苏振喜, 赵国珍, 廖新华. 云南粳型特色软米食味品质性状稳定性分析[J]. 中国水稻科学, 2010, 24(3): 320-324.
- [14] Piepho H P. Analyzing genotype-environment data by mixed models with multiplicative effects[J]. *Biometrics*, 1997, 53(2): 761-766.
- [15] 吴为人. 对基于 AMMI 模型的品种稳定性分析方法的一点改进[J]. 遗传, 2000, 22(1): 31-32.
- [16] Piepho H P. Robustness of statistical tests for multiplicative term in the AMMI model for cultivar trials [J]. *Theor Appl Genet*, 1995, 90(3/4): 438-443.
- [17] Cheng F M, Zhong L J, Wang F, et al. Differences in cooking and eating properties between chalky and translucent parts in rice grains [J]. *Food Chem*, 2005, 90: 39-46.
- [18] Yamakawa H, Hirose T, Kuroda M, et. Comprehensive expression profiling of rice grain filling-related genes under high temperature using DNA microarray[J]. *Plant Physiol*, 2007, 144: 258-277.
- [19] 陈书强. 粳稻不同粒位上垩白及粒形与品质性状间的关系[J]. 华北农学报, 2014, 29(5): 161-167.
- [20] 王林森, 陈亮明, 王沛然, 等. 利用高世代回交群体检测水稻垩白相关性状 QTL[J]. 南京农业大学学报, 2016, 39(2): 183-190.
- [21] 李贤勇, 王楚桃, 李顺武, 等. 高温、低昼夜温差环境胁迫对水稻垩白的选择效应[J]. 西南农业学报, 2005, 18(6): 694-698.
- [22] 罗成科, 肖国举, 张峰举, 等. 不同浓度复合盐胁迫对水稻产量和品质的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2017, 31(1): 137-141.
- [23] 李红宇, 潘世驹, 钱永德, 等. 混合盐碱胁迫对寒地水稻产量和品质的影响[J]. 南方农业学报, 2015, 46(12): 2 100-2 105.

## Effects of Sodic Soil on Stability of Chalky Rice Rate and Chalkiness Degree Using AMMI Model

HAN Xiao, ZHAO Haicheng, TENG Wenzhi, LI Hongyu\*, PAN Xipeng, LU Jiahao, WANG Xuebin, LIU Menghong

(Agricultural College, Heilongjiang Bayi Agricultural University /Heilongjiang Provincial Key Laboratory of Modern Agricultural Cultivation and Crop Germplasm Improvement, Daqing, Heilongjiang 163319, China; \*Corresponding author)

**Abstract:** In order to provide the scientific basis for the improvement of appearance quality of rice in sodic soil, AMMI model was used to study the stability of chalky rice rate and chalkiness degree with 5 saline-alkali tolerance rice varieties (Longdao 16, 13G028, 13G030, 13G040, Changbai 9) as materials. The results showed that the stability of chalky rice rate and chalkiness degree were different in different varieties, and the effects of environment on chalkiness character was different. The effects on the total variation of chalkiness character was in the order of genotype (G)>environment (E)>G×E. Quadratic sum of PCA1, PCA2 and PCA3 of chalky rice rate and chalkiness degree explained 99.65% and 99.80% of the total variance quadratic sum respectively. The variety stability of Longdao 16 was the best in different saline-alkali environment, 13G030 was the second, followed by 13G028 and Changbai 9, 13G040 was the worst.

**Key words:** rice; sodic soil; AMMI model; chalky rice rate; chalkiness degree; stability

·····  
(上接第 75 页)

## Effects of Salt Stress on Seedling Growth and Photosynthetic Characteristics of Wild Rice

LIU Yulan, DUAN Kaihuai, LI Wan, ZHANG Guoyin, SUN Tangyu, CHEN Dianyan\*

(Jilin Agricultural Science and Technology University, Jilin, Jilin 132101, China; 1st author: jlyl2006@163.com; \*Corresponding author: JLCdy@sina.com)

**Abstract:** The effects of various salt stresses on the plant growth and photosynthetic characteristics of wild rice were studied. The result showed that the low concentration of neutral salt accelerated the growth of wild rice to a certain extent, while basic salt restrained the growth of wild rice; the high concentration of salt stress seriously restrained the growth of wild rice. The effect of basic salt stress was stronger than neutral salt stress. It showed strong negative correlation between plant height, root length, root number, root-shoot ratio, net photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate, limitation of stomatal for wild rice and two salt stress degree. The intercellular CO<sub>2</sub> concentration was very significant positive correlated with the salt stress degree. The wild rice were still retain a certain amount of the growth and biological accumulation, and showed more adaptable to salt stress.

**Key words:** wild rice; salt stress; growth; photosynthetic characteristics