

# 种子引发对杂交水稻幼苗耐盐性的生理效应

阮松林<sup>1</sup>, 薛庆中<sup>1</sup>, 王清华<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 浙江大学农业与生物技术学院农学系 杭州 310029; <sup>2</sup> 浙江大学动物科学学院 杭州 310029)

**摘要:** 用 4 种引发剂溶液处理 2 个杂交稻品种汕优 10 和两优培九种子, 并测定种子和幼苗脯氨酸、可溶性总糖、果糖和蔗糖含量。结果表明, 引发处理种子脯氨酸和蔗糖含量提高, 而可溶性糖和果糖含量降低。引发降低了盐胁迫后汕优 10 幼苗脯氨酸含量, 但提高了两优培九幼苗脯氨酸含量。引发处理还能提高盐胁迫后幼苗的可溶性总糖、果糖和蔗糖含量及水稻幼苗耐盐指数和耐盐比率。杂交水稻幼苗耐盐指数、耐盐比率与种子脯氨酸含量, 以及盐胁迫后幼苗内部可溶性总糖、果糖和蔗糖含量均呈显著正相关, 而与种子果糖含量呈显著负相关。盐胁迫后幼苗的可溶性总糖、果糖含量与种子可溶性总糖和果糖含量均呈显著负相关, 而种子脯氨酸含量与盐胁迫后幼苗果糖含量呈显著正相关。因此, 种子引发通过降低种子果糖水平, 增加种子脯氨酸含量和盐胁迫幼苗果糖水平, 从而增强杂交水稻幼苗的耐盐性。试验还表明, 杂交水稻组合汕优 10 耐盐性强于两优培九, 但引发的效果以两优培九组合更好。

**关键词:** 种子引发; 耐盐性; 相容性溶质; 杂交水稻

## Physiological Effects of Seed Priming on Salt-tolerance of Seedlings in Hybrid Rice (*Oryza sativa* L.)

RUAN Song-lin<sup>1</sup>, XUE Qing-zhong<sup>1</sup>, WANG Qing-hua<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Department of Agronomy, College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310029;

<sup>2</sup> College of Animal Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029)

**Abstract:** Seeds of two hybrid rice combinations, Shanyou10 and Liangyoupeijiu, were treated with four priming solutions, H<sub>2</sub>O, 10 mmol·L<sup>-1</sup> proline, 150 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl and 150 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl + 10 mmol·L<sup>-1</sup> proline, for 36 h at 25°C. Nonprimed or primed seeds were germinated in four solutions, 0, 50, 100 or 150 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl solutions, for 10 d at 30°C. The content of compatible solutes, proline, total soluble sugars, fructose and sucrose in seeds or stressed seedlings was determined. The results showed that significant higher levels of proline and sucrose and lower levels of total soluble sugars and fructose in primed seeds were observed as compared with control (nonprimed seeds). Priming decreased the content of proline in stressed shanyou10 seedling, but improved the content of proline in stressed Liangyoupeijiu seedlings. Priming increased the content of total soluble sugars, fructose and sucrose in stressed seedlings and the tolerance index and tolerance ratio of hybrid rice seedlings. Significant positive correlations between tolerance index and tolerance ratio of seedlings in hybrid rice and content of proline in primed seeds and content of fructose and sucrose in stressed seedlings were observed. Significant negative correlations between tolerance index and tolerance ratio of seedlings and content of proline in primed seeds were found. The content of total soluble sugars in stressed seedlings was only positively correlated with tolerance ratio of seedlings. Significant negative correlations between content of fructose in primed seeds and content of total soluble sugars and fructose in stressed seedlings were also found. Therefore, priming resulted in decreased content of fructose in seeds, and then increased content of proline in seeds and con-

收稿日期: 2001-07-24

基金项目: 国家科委中波政府科技合作资助项目[272-09(1997)]、浙江省教育厅资助项目[G20158(2001)]

作者简介: 阮松林(1969-), 男, 浙江上虞人, 讲师, 博士, 主要从事种子科学研究。现在中国农业大学生物学院做博士后工作。Tel: 010-62891322; E-mail: ruansl@hotmail.com

tent of fructose in stressed seedlings, thus improved salt-tolerance of seedlings in hybrid rice. It also indicated that Shanyou10 had greater salt tolerance than Liangyoupeijiu, but better priming effects were observed in Liangyoupeijiu.

**Key words:** Seed priming; Salt-tolerance; Compatible solutes; Hybrid rice

种子引发( seed priming )技术是一项控制种子缓慢吸水 and 后期回干的技术。用引发剂处理种子不仅能提高其出苗速率,使出苗率高而整齐<sup>[1~3]</sup>,还能提高番茄、甜瓜和高粱幼苗的耐盐性<sup>[4~6]</sup>,一些学者从幼苗受盐胁迫后的生理适应角度对此加以解释<sup>[4~6]</sup>,并未涉及引发前后种子的生理变化对后期幼苗耐盐性的影响。引发处理对水稻尤其是杂交稻的幼苗耐盐性的影响尚未见报道。

种子引发又称渗透调节,通常是将种子浸在低水势溶液中使之缓慢吸水,再将吸胀种子脱水回干至初始状态,整个过程可能会影响种子内部甜菜碱、脯氨酸、可溶性糖、果糖、蔗糖、多胺等相容性溶质( compatible solutes )的含量<sup>[7]</sup>。这类物质亲水性较强,可代替蛋白质、蛋白复合物或膜表面的水分子<sup>[8]</sup>,保护细胞中蛋白质、蛋白复合物和膜结构免遭破坏,维持细胞正常的生理活动<sup>[7]</sup>,进而影响植物抗旱和耐盐性<sup>[5,9,10]</sup>。

在盐胁迫条件下,水稻幼苗耐盐性受多种生理机制调节。一方面,脯氨酸、可溶性糖、果糖、蔗糖、多胺等小分子相容性溶质在体内大量积累<sup>[10]</sup>。另一方面,如渗透调蛋白、脯氨酸合成酶( P5CS )、通道蛋白( 水通道蛋白和钾通道蛋白 )、Lea 蛋白( 后期胚胎发生富集蛋白 )和跨膜运输蛋白( 质膜  $H^+$ -ATPase 和液泡膜  $H^+$ -ATPase )等功能性蛋白受盐诱导在水稻体内高表达<sup>[10,11]</sup>。水稻幼苗耐盐性是一个复杂性状,受主效耐盐基因或多个数量性状基因( QTLs )控制<sup>[10,12]</sup>,用传统的育种方法提高水稻幼苗耐盐性有一定的难度。近年来,利用基因工程手段将参与合成渗透调节物质的相关基因导入水稻,已获得高耐盐的水稻幼苗或植株<sup>[10]</sup>。本试验旨在研究引发对杂交水稻种子及幼苗内部相容性溶质的含量以及对后期盐胁迫条件下幼苗耐盐性的影响,探讨引发处理增加水稻幼苗耐盐性的机理,以期种子引发技术在水稻生产上应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

选用汕优 10( *Oryza sativa* ssp. *indica* )和两优培九( *Oryza sativa* L. )等 2 个杂交水稻组合,  $F_1$  种

子分别由浙江省种子公司和浙江金华市种子公司提供。

### 1.2 方法

**1.2.1 种子引发** 采用 4 种处理,即:  $H_2O$ 、 $10 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$  proline、 $150 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$  NaCl 和  $150 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$  NaCl +  $10 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$  proline。首先,将水稻种子浸入上述溶液中,种子重量与溶液体积比为 1:3 (g:ml),在  $25^\circ C$  发芽箱内培养 36 h 后,自来水冲洗 2 min,用吸水纸吸干,摊在干净的发芽纸上并移入  $25^\circ C$  鼓风干燥箱内晾 48 h。以未处理的干种子作为对照。

**1.2.2 种子发芽和幼苗培养条件** 引发和未引发(对照)处理的水稻种子置于垫有两层发芽纸的标准发芽皿(  $18 \text{ cm} \times 13 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$  )中,分别加入 20 ml 的 0、50、100、 $150 \text{ mmol} \cdot L^{-1}$  的 NaCl 溶液,每处理溶液设 4 次重复,每重复 50 粒种子。种子纸上发芽,在  $30^\circ C$  温度的发芽箱中进行,每天光照时间 12 h,光强约为  $4000 \text{ lx}$ ,每天需更换相应的溶液以保持 NaCl 溶液浓度不变,至第 10 天取幼苗地上部测定相容性溶质,并将幼苗在  $70^\circ C$  烘箱中烘至恒重,称得苗干重<sup>[13]</sup>。

**1.2.3 相容性溶质测定** 按薛应龙<sup>[14]</sup>法测定种子和幼苗内部可溶性总糖、果糖和蔗糖含量。按张宪政<sup>[15]</sup>法测定脯氨酸含量。

**1.2.4 幼苗干重测定及耐盐指数和耐盐比率计算** 耐盐指数按以下公式计算:

$$\text{耐盐指数 (TI)} = 100 + \sum_{i=0}^n 100X_i \left( \frac{WG_{X_i}}{WG_{X_0}} \right)^{16} [1]$$

$X_0, X_1, \dots, X_n$  为不同浓度 NaCl (  $g \cdot L^{-1}$  );  $WG_{X_0}$  为无 NaCl 水溶液中幼苗干重;  $WG_{X_0}, WG_{X_1}, \dots, WG_{X_n}$  为不同浓度 NaCl (  $g \cdot L^{-1}$  ) 水溶液中幼苗干重。耐盐比率( TR ) =  $WG_{X_n} / WG_{X_0}$  <sup>[5]</sup>。

### 1.3 统计分析

应用 SAS 统计软件处理本试验中所有数据。用 Duncan 氏新复极差测验法进行各种数据比较。

## 2 结果与讨论

### 2.1 杂交水稻种子相容性溶质的变化

引发处理后杂交水稻种子脯氨酸含量和蔗糖含

量明显上升。脯氨酸含量比对照种子分别增加0.65~1.94倍,蔗糖含量提高0.11~4.87倍,其中汕优10引发效果更明显。引发处理后水稻种子果糖含量明显下降,除NaCl+10 mmol·L<sup>-1</sup> proline处理

的两优培九引发种子外,其余引发种子可溶性总糖含量均显著低于对照。不同引发处理间在上述参数中虽有明显差异,但未见有规律性趋势(表1)。

表1 引发处理对杂交水稻种子内部相容性溶质含量的影响<sup>1)</sup>

Table 1 Effects of priming on the content of compatible solutes in hybrid rice seeds

杂交组合 Combinations	引发处理 Priming treatments	脯氨酸含量 Content of proline ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$ )	可溶性总糖含量 Content of total soluble sugars ( $\text{mg Glu}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$ )	果糖含量 Content of fructose ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$ )	蔗糖含量 Content of sucrose ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$ )
汕优10	Nonprimed	87.76g	5.57a	2.64a	0.26h
Shanyou10	H <sub>2</sub> O	161.96c	4.56d	1.86e	0.31g
	10 mmol·L <sup>-1</sup> proline	205.39a	4.58d	2.31b	1.54b
	NaCl	186.01b	4.25f	2.19bc	1.52b
	NaCl+10 mmol·L <sup>-1</sup> proline	158.44c	3.93g	2.00de	1.05f
两优培九	Nonprimed	52.15h	5.32b	2.75a	1.12e
Liangyoupeijiu	H <sub>2</sub> O	153.42d	4.42e	2.24bc	1.54b
	10 mmol·L <sup>-1</sup> proline	106.45f	4.56d	1.98de	1.58a
	NaCl	115.50e	4.93c	2.13cd	1.24d
	NaCl+10 mmol·L <sup>-1</sup> proline	86.06g	5.66a	2.32b	1.31c

<sup>1)</sup> 显著性在0.05的水平上。含相同字母的处理间为不显著。下同

Significant at level of 0.05. Not significant if there are the same letters among treatments. The same as below

## 2.2 引发导致杂交水稻幼苗耐盐性的变化

汕优10幼苗耐盐指数和耐盐比率高于两优培九,表明汕优10耐盐性比两优培九强(表2)。经不同引发处理的杂交水稻幼苗耐盐指数和耐盐比率仍显著高于对照,其中用150 mmol·L<sup>-1</sup> NaCl溶液引

发处理的杂交水稻幼苗耐盐指数和耐盐比率均为最高,表明种子引发明显提高了杂交水稻幼苗耐盐性,其中NaCl引发增加幼苗耐盐性效果最佳。在相同的引发处理中,两优培九幼苗耐盐指数和耐盐比率的增幅均高于汕优10幼苗,说明两优培九引发效果更好。

表2 种子引发对杂交水稻幼苗耐盐指数和耐盐比率的影响

Table 2 Effects of priming on tolerance index and tolerance ratio of seedlings in hybrid rice under salt stress

杂交组合 Combinations	引发处理 Priming treatments	耐盐指数 Tolerance index	耐盐比率 Tolerance ratio
汕优10	Nonprimed	1 404.75e	0.807b
Shanyou10	H <sub>2</sub> O	1 610.29bc	0.917a
	10 mmol·L <sup>-1</sup> proline	1 591.21c	0.924a
	NaCl	1 631.68ab	0.932a
	NaCl+10 mmol·L <sup>-1</sup> proline	1 594.69c	0.917a
两优培九	Nonprimed	1 209.21f	0.728c
Liangyoupeijiu	H <sub>2</sub> O	1 532.87d	0.895b
	10 mmol·L <sup>-1</sup> proline	1 556.98d	0.893b
	NaCl	1 644a	0.962a
	NaCl+10 mmol·L <sup>-1</sup> proline	1 560.35d	0.906b

据报道,引发可提高盐胁迫后番茄和甜瓜幼苗内部脯氨酸含量<sup>[4,5]</sup>,然而,本试验与上述结果并不完全一致,引发处理后提高了两优培九幼苗脯氨酸含量,但显著地降低了汕优10幼苗脯氨酸含量。而可溶性总糖、果糖和蔗糖含量均有明显增加(表3),笔者推测其差异可能与植物品种和种类有关,水稻属单子叶植物,而番茄和甜瓜为双子叶植物。品种

间对盐胁迫也有不同的反应,汕优10盐胁迫后幼苗内部可溶性总糖、果糖、蔗糖和脯氨酸含量均显著高于两优培九(表4)。汕优10无论从幼苗耐盐指数或耐盐比率看,其耐盐性均强于两优培九,笔者推测它们的差异可能与其双亲耐盐性的强弱有关。虽然有人报道,水稻耐盐性状的杂种优势并不明显<sup>[17]</sup>。

表 3 不同引发处理对杂交水稻幼苗在盐胁迫条件下相容性溶质含量的影响<sup>1)</sup>

Table 3 Effects of different priming treatments on the content of compatible solutes in hybrid rice seedlings under salt stress

杂交组合 Combinations	引发处理 Priming treatments	脯氨酸含量 Content of proline ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ )	可溶性总糖含量 Content of total soluble sugars ( $\text{mg Glu}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ )	果糖含量 Content of fructose ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ )	蔗糖含量 Content of sucrose ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ )
汕优 10	Nonprimed	184.39a	5.94e	1.08d	0.32c
Shanyou10	H <sub>2</sub> O	175.78b	6.25d	1.13c	0.36b
	10 mmol·L <sup>-1</sup> proline	171.87b	6.74b	1.18b	0.40a
	NaCl	143.16c	6.48c	1.17b	0.40a
	NaCl+ 10 mmol·L <sup>-1</sup> proline	118.93d	7.36a	1.21a	0.41a
两优培九	Nonprimed	122.60b	5.74d	1.01c	0.33c
Liangyoupeijiu	H <sub>2</sub> O	125.13ab	6.57b	1.11b	0.35c
	10 mmol·L <sup>-1</sup> proline	128.46a	6.79a	1.17a	0.36c
	NaCl	129.72a	6.91a	1.20a	0.41b
	NaCl+ 10 mmol·L <sup>-1</sup> proline	127.65ab	6.24c	1.08b	0.45a

<sup>1)</sup>表中数值为 50、100、150 mmol·L<sup>-1</sup>等 3 种盐浓度处理的平均值。下同

Each number in table is mean value of three kinds of salt concentrations, 50, 100, 150 mmol·L<sup>-1</sup>. The same as below

表 4 不同杂交水稻组合幼苗在盐胁迫条件下相容性溶质含量的差异

Table 4 Differences in content of compatible solutes of seedlings between hybrid rice combinations under salt stress

相容性溶质 Compatible solutes	汕优 10 Shanyou10	两优培九 Liangyoupeijiu
脯氨酸含量 Content of proline ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ )	184.39a	122.60b
相对脯氨酸含量 Relative content of proline	1.30a	0.85b
可溶性总糖含量 Content of total soluble sugars ( $\text{mg Glu}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ )	6.00a	5.64b
相对可溶性总糖含量 Relative content of total soluble sugars	1.04a	1.02b
果糖含量 Content of fructose ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ )	1.08a	1.00b
相对果糖含量 Relative content of fructose	1.04a	0.96b
蔗糖含量 Content of sucrose ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$ )	0.33a	0.33a
相对蔗糖含量 Relative content of sucrose	1.79a	0.87b

### 2.3 耐盐性与相容性溶质含量相关性

相关分析结果表明, 幼苗耐盐指数、耐盐比率与种子脯氨酸含量、蔗糖含量正相关, 与脯氨酸含量相关显著, 而与种子果糖及可溶性总糖的含量负相关,

其中与果糖含量的相关性极显著(表 5)。盐胁迫后的幼苗, 除耐盐比率与脯氨酸含量负相关外, 其余均表现正相关, 其中与可溶性总糖含量和蔗糖含量呈显著相关, 而与果糖含量呈极显著正相关(表 5)。

表 5 杂交水稻幼苗耐盐指数、耐盐比率与种子和盐胁迫后幼苗相容性溶质含量的关系<sup>1)</sup>

Table 5 Relationships between tolerance index and tolerance ratio and content of compatible solutes in seeds and stressed seedlings in hybrid rice as influenced by priming

	相关系数 Correlation coefficients	
	耐盐指数 Tolerance index	耐盐比率 Tolerance ratio
种子 Seeds		
可溶性总糖含量 Content of total soluble sugars	-0.5450 NS	-0.5253 NS
果糖含量 Content of fructose	-0.8257 **	-0.7954 **
蔗糖含量 Content of sucrose	0.2347 NS	0.3078 NS
脯氨酸含量 Content of proline	0.7066 *	0.6868 *
受盐胁迫后的幼苗 Stressed seedlings		
可溶性总糖含量 Content of total soluble sugars	0.7138 *	0.7362 *
果糖含量 Content of fructose	0.8435 **	0.8380 **
蔗糖含量 Content of sucrose	0.6582 *	0.7060 *
脯氨酸含量 Content of proline	0.0609 NS	-0.0137 NS

<sup>1)</sup>\*, \*\* :显著性水平分别为 0.05 和 0.01 ;NS : Not Significant 表示不显著。表 6 同

Significant at level of 0.05, 0.01. The same as Table 6

盐胁迫后幼苗可溶性总糖含量、果糖含量与种子可溶性总糖、果糖含量呈显著负相关,而与种子蔗糖和脯氨酸呈含量正相关,仅种子脯氨酸含量与盐胁迫幼苗果糖含量呈显著正相关(表 6)。幼苗蔗糖

与种子可溶性总糖及果糖含量呈负相关,而与种子蔗糖、脯氨酸含量呈正相关,幼苗脯氨酸含量与种子可溶性总糖及蔗糖含量呈负相关而与果糖及脯氨酸含量呈正相关,但上述相关系数均未达到显著水平。

表 6 杂交水稻种子相容性溶质含量和盐胁迫后幼苗相容性溶质含量之间的关系

Table 6 Relationships between content of compatible solutes in seeds and stressed seedlings in hybrid rice as influenced by priming

受盐胁迫后的幼苗 Stressed seedlings	种子 Seeds			
	可溶性总糖含量 Content of total soluble sugars	果糖含量 Content of fructose	蔗糖含量 Content of sucrose	脯氨酸含量 Content of proline
可溶性总糖含量 Content of total soluble sugars	-0.734*	-0.6923*	0.4136 NS	0.5490 NS
果糖含量 Content of fructose	-0.7371*	-0.7514*	0.2986 NS	0.6916*
蔗糖含量 Content of sucrose	-0.1229 NS	-0.3916 NS	0.4293 NS	0.3014 NS
脯氨酸含量 Content of proline	-0.1810 NS	0.0855 NS	-0.6080 NS	0.2896 NS

上述结果显示,种子内部低果糖和高脯氨酸水平,有利于提高盐胁迫后幼苗的果糖含量,从而增强杂交水稻幼苗耐盐性。但是,种子可溶性总糖水平高,反而不利于提高盐胁迫后幼苗的可溶性总糖和果糖含量。本试验中,不同引发处理均降低了种子内部的果糖水平,增加了脯氨酸和可溶性总糖水平,而且还提高了盐胁迫后幼苗的果糖和可溶性总糖含量。这在番茄上也有类似报道,引发处理可以增加盐胁迫后番茄幼苗的可溶性总糖和果糖含量<sup>[4]</sup>。本试验汕优 10 幼苗耐盐性高于两优培九也与可溶性总糖及果糖含量有关。由此笔者推测,引发处理可促进种子已有果糖的利用,降低种子内部果糖水平,增加脯氨酸水平,并提高后期盐胁迫幼苗的果糖水平,从而增强杂交水稻幼苗的耐盐性,这可能是引发处理提高杂交水稻幼苗耐盐性的生理调节机制。

## References

- [ 1 ] Bradford K J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience*, 1986, 21(5): 1105 - 1112.
- [ 2 ] Pill W G. Low water potential and presowing germination treatments to improve seed quality. *Seed Quality*. (ed. Basra, A. S.). New York: Food Products Press, 1994: 319 - 359.
- [ 3 ] Harris D, Joshi A K, Sodhi P S. On-farm seed priming in semi-arid agriculture-development and evaluation in maize, rice, and chickpea in India using participatory methods. *Experimental Agriculture*, 1999, 35(1): 15 - 19.
- [ 4 ] Cayuela E, Perez-Alfocea F, Caro M, Bolarin M C. Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plants

grown under salt stress. *Physiologia Plantarum*, 1996, 96: 231 - 236.

- [ 5 ] Sivritepe H O, Eris A, Sivritepe N. The effect of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings. *Acta Horticulturae*, 1999, 492: 77 - 84.
- [ 6 ] Amzallag G N, Lerner H R, Poljakoff-Mayber A. Induction of increased salt tolerance in *Sorghum bicolor* by NaCl pretreatment. *Journal of Experimental Botany*, 1990, 41: 29 - 34.
- [ 7 ] 瞿礼嘉, 顾红雅, 胡萍, 陈章良. 现代生物技术导论. 北京: 中国高等教育出版社和 Springer 出版社, 1998: 268 - 269. Qu L J, Gu H Y, Hu P, Chen Z L. *Introduction to Modern Biotechnology*. Beijing: China High Education Press and Springer Press, 1998: 268 - 269. (in Chinese)
- [ 8 ] Bohnert H J, Shen B. Transformation and compatible solutes. *Scientia Horticulture*, 1999, 78: 237 - 260.
- [ 9 ] 邹琦. 植物对水分胁迫的响应及其在旱作农业和抗旱育种中的应用. 吴平和陈昆松主编. 植物分子生理学进展. 杭州: 浙江大学出版社, 1999: 207 - 215. Zou Q. Responses of plant to water stress and its application to arid agriculture breeding for drought-resistant. In: Wu P, Chen K S. *Advances in Plant Molecular Physiology*. Hangzhou: Zhejiang University Press, 1999: 207 - 215. (in Chinese)
- [ 10 ] 张劲松, 陈受宜. 植物耐盐耐旱分子机制及其基因工程. 吴平和陈昆松主编. 植物分子生理学进展. 杭州: 浙江大学出版社, 1999: 223 - 244. Zhang J S, Chen S Y. Molecular mechanisms of salt or drought-tolerance in plants and its gene engineering. In: Wu P, Chen K S. *Advances in Plant Molecular Physiology*. Hangzhou: Zhejiang University Press, 1999: 223 - 244. (in Chinese)
- [ 11 ] 刘友良, 汪良驹. 植物对盐胁迫的反应和耐盐性. 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学(第二版). 北京: 科学出版社, 1998: 752 - 769. Liu Y L, Wang L J. The response of plant to salt stress and salt

- tolerance. In : Yu S W and Tang Z C. *Plant Physiology and Molecular Biology* (2nd edition). Beijing : Science Press , 1998 : 752 - 769. ( in Chinese )
- [ 12 ] 张福锁. 环境胁迫和植物育种. 北京 : 中国农业出版社 , 1993 : 330 - 356.  
Zhang F S. *Environmental Stresses and Plant Breeding*. Beijing : China Agriculture Press , 1993 : 330 - 356. ( in Chinese )
- [ 13 ] Khan M S A , Hamid A , Karim , M A. Effect of sodium chloride on germination and seedling characters of different types of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* , 1997 , 179 : 163 - 169.
- [ 14 ] 薛应龙. 植物生理学实验手册. 上海 : 上海科学技术出版社 , 1985 : 134 - 139.  
Xue Y L. *Experimental Manual of Plant Physiology*. Shanghai Shanghai Science and Technology Press , 1985 : 134 - 139. ( in Chinese )
- [ 15 ] 张宪政. 作物生理研究法. 北京 : 中国农业出版社 , 1992 : 205 - 207.  
Zhang X Z. *Study Methods of Crop Physiology*. Beijing : China Agriculture Press , 1992 : 205 - 207. ( in Chinese )
- [ 16 ] LaRosa P C , Singh N K , Hasegawa P M , Bressan R A. Stable NaCl tolerance of tobacco cells is associated with enhanced accumulation of osmotin. *Plant Physiology* , 1989 , 91( 5 ) : 855 - 861.
- [ 17 ] Rogbell J E , Subbaraman N , Karthikeyan C. Heterosis in rice (*Oryza sativa* L.) under saline stress condition. *Crop Research Hisar* , 1998 , 15 : 1 , 68 - 72.

( 责任编辑 孙雷心 )

## 农业图书信息网书目

中国农业工程	124.20	高粱学	207.00
分子进化工程	29.90	禽病学(第十版)	158.00
生态学	46.00	肉牛生产与产品加工	51.70
生物技术药物	36.80	鱼类育种学	97.70
分子克隆实验指南(第二版)	109.20	基因及其表达	48.30
中国小麦学	139.30	化工分离工程	46.00
中国经济真菌	166.70	基因治疗	48.30
草业科学研究方法	79.30	水稻病毒的分子生物学	43.70
农药生产与合成	138.00	英汉农业大词典	227.70
中国小麦遗传资源	79.30	农业大词典(免邮费)	248.00
英汉营养学词典	40.20	土壤肥力与肥料	138.00
兽医手册	86.20	“九五”时期的农业和农村经济政策	22.00
细菌名称(第二版)	63.20	植物微生物学	28.70
菌物学概论	66.70	作物根系分区交替灌溉和调亏灌溉的理论与实践	40.20
基因组	55.20	药品 GMP 实施与认证	51.70
棉花高产优质高效栽培实用技术	18.00	中国白蚁及其防治	86.20
神经细胞培养理论与实践	41.40	世界农药大全除草剂卷	103.50
植物基因工程(第二版)	101.20	中国肥料手册	198.00
植物生物化学与分子生物学	140.80	除草剂药害诊断原色图谱	231.00
英汉农药辞典(上下)	880.00	中国高等植物科属检索表	57.50

以上图书均含邮寄费,如欲得到更多图书信息,可光临本网站查询,或向本网来信索取图书(光盘)目录,可免费邮寄。

邮局汇款 北京市中关村南大街 12 号中国农科院 266 信箱 邮编 :100081

收款人 :周尊博

电话 010-62116838 62192273 传真 010-62116838

网址 :http://www.agribook.net E-mail :book@agribook.net