

盐浓度对水稻苗期耐盐指标变异度的影响^{*}

顾兴友¹ 郑少玲² 严小龙² 杨崇³ 卢永根¹

(1 华南农业大学农学系, 广州, 510642; 2 华南农业大学资源环境学院; 3 华南农业大学生物技术学院)

摘要 在水培和人工气候室条件下, 用 7 种浓度的 NaCl 分别对 3 个耐盐力不同的品种的 4 周龄秧苗处理 2 周以考察盐浓度与水稻苗期耐盐指标表型变异的关系。结果表明, 除根部 Cl⁻ 含量外其余指标都有一个适于产生最大变异的盐胁迫范围。根据这一范围的不同, 初步将苗期耐盐指标分成适于低、中和较高盐胁迫 3 类。只有根据度量指标选用相应盐处理浓度, 才有可能充分估计出耐盐性遗传变异。

关键词 水稻; 耐盐性; 盐浓度; 变异度

中图分类号 S 332.1

衡量作物耐盐性的形态或生理指标一般都是数量性状, 表型易受环境影响而发生变异。在影响耐盐性表现的环境因素中根际盐浓度是核心因素。因此, 选择适宜盐处理浓度以及控制一致的环境条件对遗传变异的准确估计至关重要。

水稻属中度感盐作物。近 20 多年来, 国内外许多科研单位为改良这一主要粮食作物的耐盐性相继开展了一系列基础研究。目前, 在品种资源筛选方面已逐步形成了相对一致的鉴定标准(李毅民等, 1987)。但是在耐盐性遗传研究方面不同研究者的试验方法还很不一致, 其中尤以盐处理浓度这一主要环境因素差异较大。这不仅影响到试验结果的准确性, 而且也给同类资料的比较带来不便。因而有必要就盐胁迫压力与耐盐性变异之间的关系进行专门探讨。

本试验选用一组耐盐能力不同的基因型, 在严格控制其它环境因素的条件下, 考察水稻苗期常用耐盐指标的变异度与根际 NaCl 浓度的关系, 为进一步研究水稻耐盐性遗传机理设计适宜的盐处理浓度提供试验依据。

1 材料与方法

试验于 1994 年 10~11 月在华南农业大学进行。供试品种为 Pokkali、咸占和 Peta, 其耐盐性分属耐、中等和敏感 3 个水平(Yan et al, 1991; 严小龙等, 1992)。取纯净种子室温浸种, 35℃催芽, 砂培育苗。每品种各取 10 株大小一致的 10 日龄幼苗编为一组, 洗去根部砂粒后随机移入塑料箱(62 cm×37 cm×14 cm)用水稻常规营养液(吉田昌一等, 1975)培养。秧苗用塑料泡沫板固定, 密度为 6 cm×6 cm, 在玻璃网室自然温光条件下长至 4 周龄后, 连同培养箱一起移入同一台 PGV-36 型人工气候室作盐胁迫处理。处理设对照(CK, 全营养液不另加盐)与 CK 分别加 30、40、50、60、70 和 80 mmol/L NaCl 共 7 个水平, 相应电导率(r)依次为 0.011、0.039、0.047、0.056、0.064、0.073 和 0.081 s/m (25℃)。每处理重复 4 次, 随机排

1997-02-15 收稿 顾兴友, 男, 38 岁, 博士, 现在扬州大学农学院工作

^{*} 广东省自然科学基金资助项目

列。处理前后每天以自来水补足箱内消耗掉的水分, pH 调节在 4.5~5.0 之间。培养液每周更换一次。处理期间, 每天 07:00~19:00 给予光照, 光强 1.5 万 lx 左右, 温度 29℃, 相对湿度 80%; 其余时间无光照, 温度 21℃, 湿度不变。盐处理持续 2 周。

观测项目有盐害级别、苗长、地上部和根部鲜重、干重以及 Na^+ 和 Cl^- 含量。盐害级别逐株目测评定, 由轻至重分 0~5 共 6 级, 分级标准参考宋景芝等(1989)方法并作适当修改。 Na^+ 含量采用盐酸(1 mol/L HCl)浸提法在 JB 12-18 型火焰光度计上测定; Cl^- 含量采用灰化, AgNO_3 滴定法测定(吉田昌一等, 1975)。

2 结果与分析

盐处理期间逐日观察结果显示, 3 个品种的对照材料均能保持旺盛生长, 无任何伤害迹象; 盐处理的材料自胁迫第 4d 起陆续出现程度不同的盐害症状, 如生长变慢或停滞, 新叶叶端卷曲、退绿, 基部叶片黄化枯萎等。不同品种对盐胁迫的反应存在明显差别。其中, Pokkali 只在处理中后期或中、高盐浓度下才出现盐害症状, 而且症状表现轻、发展缓慢; 咸占在处理前期反应最敏感, 症状重, 后期出现缓慢恢复趋势, 即使在高浓度下也可以看到新叶和新生分蘖的缓慢生长, 没有发现整株死亡现象; Peta 在整个处理期间盐害症状呈持续加重趋势, 至取样时, 中、高浓度下的少数单株开始死亡。从总体表现来看, 这组品种能够代表不同水平的耐盐基因型。

原产我国广东沿海地区的咸占曾被作为耐盐等级的材料(祁祖白等, 1991)。而从本次和前试验(Yan et al, 1991)结果来看, 其耐盐能力仍无法与原产斯里兰卡的 Pokkali 相比。至少苗期表现如此。但咸占对盐胁迫的适应特点比较特殊, 其机理有待进一步研究。

由表 1 观测结果可以看出, 对照组(CK)多数性状的品种间变异都很明显。其中, Na^+ 和 Cl^- 含量的差异与不同基因型对盐离子的排斥能力有关, 已被用作度量耐盐力的生理指标(Yeo et al, 1984); 而其它与生长量有关的性状在对照条件下测得的这种“本底变异”, 不能反映品种间的耐盐性差异。为减少这类性状的本底影响, 通常以相对生长(物)量作耐盐性指标, 即将各处理的苗长和鲜、干物重等测定结果分别转换成相对于对照的百分率。

表 2 列出不同处理水平下各项指标的基因型间变异度(以均方表示)。比较表 2 结果可以看出, 除根部 Cl^- 含量以外, 其余 9 项指标的变异都存在明显的规律性。具体表现: 每一指标都有一个能够产生最大变异的盐浓度范围; 不同指标获得最大变异的盐浓度区间不完全一致, 不存在一个能同时满足所有指标产生最大变异的盐胁迫压力。根据诱导产生最大变异度的盐处理浓度的不同, 可将苗期耐盐指标大致分成 3 类: 1) 低盐胁迫指标, 盐浓度在 40 $\text{mmol}\cdot\text{L}$ 以下或 30 $\text{mmol}\cdot\text{L}$ 左右, 如根部 Na^+ 含量。2) 中度盐胁迫指标, 盐浓度在 40~60 $\text{mmol}\cdot\text{L}$ 间上, 如相对苗长、地上部与根部相对鲜、干物重和盐害级别; 3) 高或较高盐胁迫指标, 盐浓度在 60 $\text{mmol}\cdot\text{L}$ 以上, 如地上部 Na^+ 和 Cl^- 含量。以上 1、2 两类指标的变异度随盐浓度增高都出现由小变大再逐渐收敛的规律性变化。第 3 类指标产生最大变异的上限盐浓度已超出本试验范围; 估计这类指标同样存在获得最大变异的上限盐处理浓度, 而且这一浓度不会超出 80 $\text{mmol}\cdot\text{L}$ 很远。

表1 供试品种在不同 NaCl 浓度处理下的性状表现

NaCl 浓度 (mmol·L)	品 种 ¹⁾	盐 害 级 别	地上部					根部			
			苗长 / cm	鲜重 / g	干重 / g	Na ⁺ 含量 ²⁾ ($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$)	Cl ⁻ 含量 ²⁾	鲜重 / g	干重 / g	Na ⁺ 含量 ²⁾ ($\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$)	Cl ⁻ 含量 ²⁾
对照 (CK)	PK	0.0	84.7	4.61	0.604	26.1	21.7	2.35	0.205	316.3	18.1
	XZ	0.0	73.1	3.45	0.492	63.6	20.9	1.80	0.149	360.3	10.9
	PT	0.0	66.0	3.08	0.432	39.7	20.7	1.88	0.161	213.5	11.9
30	PK	0.5	81.1	3.76	0.564	277.2	43.8	2.14	0.205	480.4	55.0
	XZ	1.3	61.2	2.24	0.352	408.7	50.0	1.46	0.120	789.1	45.3
	PT	1.0	59.3	2.58	0.390	381.5	48.4	1.71	0.156	589.1	43.8
40	PK	0.4	73.3	3.88	0.562	308.7	43.5	2.27	0.195	923.9	57.0
	XZ	1.7	47.7	2.03	0.322	496.7	57.1	1.20	0.104	779.9	45.2
	PT	1.3	56.9	2.27	0.358	552.7	57.1	1.56	0.136	676.6	47.7
50	PK	0.7	75.6	3.41	0.520	379.9	50.1	2.03	0.185	930.4	57.9
	XZ	2.8	37.4	1.52	0.287	642.9	60.7	1.07	0.091	874.5	53.350
	PT	1.9	49.0	2.00	0.335	757.1	68.8	1.30	0.119	762.5	50.2
60	PK	0.8	69.9	3.53	0.540	392.8	50.5	1.90	0.115	1000.0	63.2
	XZ	2.5	45.8	1.78	0.299	690.4	62.6	1.07	0.099	934.8	54.3
	PT	2.2	46.1	1.89	0.344	838.6	77.2	1.16	0.116	842.9	50.2
70	PK	1.9	64.8	2.42	0.410	532.1	53.7	1.41	0.150	1019.0	63.3
	XZ	3.2	44.1	1.44	0.264	853.3	88.7	0.84	0.086	1047.8	63.7
	PT	2.9	46.4	1.77	0.309	915.2	74.7	1.04	0.112	876.6	53.5
80	PK	2.3	62.8	2.62	0.408	678.8	67.7	1.55	0.157	1021.7	66.9
	XZ	3.5	45.1	1.49	0.278	870.7	101.2	0.89	0.086	1054.9	57.4
	PT	3.5	45.1	1.48	0.275	1135.3	105.9	0.98	0.101	945.7	57.1

1) PK—Pokkali, XZ—咸占, PT—Peta; 2) 单位干物质含量

表2 不同盐处理水平下耐盐指标的变异度¹⁾

指标	NaCl/(mmol·L)						
	CK	30	40	50	60	70	80
盐害级别	0.0	0.15	0.44	1.00	0.83	0.30	0.35
地上部							
相对长度 ²⁾	—	47.6	190.4	153.8	100.0	67.8	38.4
相对鲜重 ²⁾	—	104.0	161.3	148.4	158.8	64.0	46.2
相对干重 ²⁾	—	139.2	193.2	201.6	231.0	88.4	31.4
Na ⁺ 含量	357.2	4 816.4	16 332.8	37 403.6	52 212.3	42 312.5	52 532.6
Cl ⁻ 含量	0.3	10.2	62.4	88.4	146.4	316.8	432.6
根部							
相对鲜重 ²⁾	—	37.2	302.8	282.2	259.2	72.3	156.3
相对干重 ²⁾	—	110.3	163.8	216.1	153.8	65.6	96.0
Na ⁺ 含量	5 670.1	24 523.6	15 425.6	7 310.3	6 225.2	8 390.6	3 124.8
Cl ⁻ 含量	15.2	37.2	38.4	15.2	44.9	33.6	31.4

1) 变异度以均方表示; 虚线“—”表示基因型间产生最大变异的盐浓度范围; 2) 处理与对照的相对量

3 讨论

作物耐盐性研究的适宜盐处理浓度主要取决于试验目的。品种资源筛选旨在挑选耐盐能力强的种质,因而一般采用较高盐浓度(质量浓度为 5 g/L 的 NaCl)。而遗传研究的任务则是对群体的遗传变异尽可能作出如实估计。象耐盐性这种由多基因控制的复杂性状,要使分离群体中各种基因型的耐盐性差异充分表现,理论上应该有一个适中的能够兼顾多种基因型表达需要的盐胁迫压力;也只有在这样的胁迫压力下群体的耐盐性遗传变异才有可能达到最大。

非盐生植物的耐盐性是一种生理特性(Yeo et al, 1984)。目前,由于对其生理基础了解不多,实践中还只能借助于相关的形态或生理性状间接地度量不同基因型间的耐盐性差异。在盐胁迫条件下,这些间接指标的表型变异中固然包含耐盐性遗传变异,但又不可避免地带有这些性状本身遗传基础的变异(相当于本底变异)。只是这两种变异对总变异的相对贡献会随着盐胁迫压力的变化而改变。例如与生物量有关的性状在对照或低盐浓度条件下的变异纯粹是或主要是这些性状的本底变异,当盐浓度增至适当范围所产生的表型变异中耐盐性变异才有可能占主要地位。可以认为实验测得的对应于最大表型变异的盐浓度范围就是用于估计耐盐性遗传变异的适宜盐胁迫压力。客观上,由于不同性状或指标对盐胁迫反应的敏感性不一样,现有测定技术与方法上也存在一定的局限性,加上其它环境因素的干扰,这几种复杂因素可能是造成各类指标产生最大变异的盐浓度范围不一致的主要原因。

本试验结果是将其它环境因子固定在一种水平上和单盐(NaCl)胁迫条件下得到的。有研究表明,气象因素或根际营养条件的改变均可能加重或缓解盐害症状*。因而需要了解其它环境因素的变化给水稻苗期耐盐性适宜表达的盐浓度带来多大影响。综合不同研究者的研究结果可以看到,水稻苗期盐害级别在 $68 \text{ mmol} \cdot \text{L NaCl}$ 附近变异最大*;苗期地上部相对干物重在 $50 \text{ mmol} \cdot \text{L NaCl}$ 下变异最明显(Yeo et al, 1984);当溶液电导率 r 高于 0.08 s/m 时地上部干物重变异呈收敛趋势(Moeljopawiro et al, 1981);根据本组以前的测定结果(严小龙等, 1992)以及从散见于有关文献中的数据分析,水稻苗期耐盐指标的变异一般都存在敏感的盐浓度范围。这说明,环境条件在一定范围内变化可能使某些指标适宜表达的盐浓度在表 2 相应区间内或附近波动,但这种相对合适的盐胁迫压力一般还是存在的。

基于以上认识,在水稻耐盐性遗传研究的试验设计上有两点值得注意: 1) 同类试验应尽可能采用相近而又适于度量耐盐性遗传变异的盐胁迫强度。与其它环境因素相比,人工条件下盐处理浓度易于控制。而现有资料反映,不同研究者使用的盐胁迫压力往往相差很大,电导率范围为 $0.049 - 0.152 \text{ s/m}$ (Narayanan et al, 1991; Moeljopawiro et al, 1981)。这可能是造成同类研究结果常常相差达数倍之多的主要原因之一。2) 利用一种盐胁迫压力同时估计多项耐盐指标的遗传参数往往难以保证都能获得比较准确的结果。例如, Akbar 等(1986)在一组双列杂交试验中以电导率为 0.12 s/m 的盐胁迫强度研究水稻苗期地上部和根部 Na^+ 含量的狭义遗传力,估算结果分别为 72.5% 和 35.9% ,两者相差 1 倍。由表 2 可见,这两性状适宜表达的根际 NaCl 浓度分别为 $60 \text{ mmol} \cdot \text{L}$ 以上和 $40 \text{ mmol} \cdot \text{L}$ 以下范围。很显然作者使用的盐胁迫压力不适合后一性状的表达,其估算结果的准确性是可想而知的。因此,本文尝试将水稻苗期耐盐指标分为适于低、中等和较高盐胁迫 3 种类型。实践中,一

* IRRI, 1974. IRRI Annual Report for 1974. 126~130

方面可以按照指标类别设置处理盐浓度,或选择能同时兼顾多项指标适宜表达的盐胁迫压力(如本试验条件下的 60 mmol^oL NaCl);另一方面有必要通过专门试验对盐浓度这一主要试验因素的主效应及其与遗传因素的互作效应作出估计。

参 考 文 献

- 李毅民, 陈业荣. 1987. 水稻耐盐碱性鉴定方法综述. 国外农学, 39(3): 8~11
- 祁祖白, 李宝健, 杨文广, 等. 1991. 水稻耐盐性遗传初步研究. 广东农业科学, (1): 18~21
- 严小龙, 郑少玲, 连兆煌. 1992. 水稻耐盐机理的研究 I. 不同基因型植株水平耐盐性初步比较. 华南农业大学学报, 13(4): 6~11
- 宋景芝, 王明珍, 朱志华, 等. 1989. 作物品种资源耐盐性鉴定方法的研究. 见: 中国农学会遗传资源学会, 中国农业科学作物品种资源研究所主编. 作物抗逆性鉴定的原理与技术. 北京: 北京农业大学出版社, 261~267
- 吉田昌一, 福尔诺 D A, 科克 J H 等著. 1975. 水稻生理学试验手册. 北京: 科学出版社, 22~38
- Akbar M, Khush G S, Hillerislambers D. 1986. Genetics of salt tolerance In rice. in: IRRI eds. Rice Genetics. Manila: IRRI, 399~409
- Moeljopawiro S and Ikehishi H. 1981. Inheritance of salt tolerance in rice. Euphytica, 30(2): 291~300
- Narayana K K, Rangasamy S R S. 1991. Genetics analysis for salt tolerance in rice. In: IRRI eds. Rice Genetics. II. Manila: IRRI, 167~173
- Yan Xiaolong, Tan Kezheng. 1991. Screening rice varieties for salt tolerance in greenhouse. IRRN, 16(1): 16~17
- Yeo A R, Flowers T J. 1984. Mechanisms of salinity resistance in rice and their roles as physiological criteria in plant breeding. In: Staples R C, Toenniessen G H eds. Salinity tolerance in plants strategies for crop improvement. New York: John wiley-interscience, 151~170

INFLUENCE OF SALINITY LEVELS ON VARIABILITY OF SALT TOLERANCE INDICES IN RICE SEEDLINGS

Gu Xingyou¹ Zheng Shaoling² Yan Xiaolong² Yang Chong³ Lu Yonggen¹

(1 South China Agric. Univ., Guangzhou, 510642; 2 Lab. of Plant Nutrition, South China Agric. Univ., 3 College of Biotechnology, South China Agric. Univ.)

Abstract

The relationship between salinity levels and variability of indices for salt tolerance in rice seedlings was investigated with salinized nutrient solution culture in a phytotron. 4-week-old seedlings of 3 local varieties with tolerant, moderately tolerant & sensitive to salinity, respectively, were separately grown in 0 (CK), 30, 40, 50, 60, 70 and 80 mmol^oL NaCl for 2 weeks. The results showed that the phenotypic variance of all the indices tested varied with the NaCl concentration. However these indices were different in the range of salinity levels which led to maximum variability. According to the range, the indices could be divided into three groups: low, moderately and higher salinity indices. To evaluate the genetic variance of salt tolerance correctly it is necessary to select the salinity level suitable for the expression of the indices used.

Key words *Oryza sativa* L.; salt tolerance; salt concentration; variability