

PEG 胁迫下水、陆稻幼苗生长势比较研究

李自超 刘文欣 赵笃乐

(中国农业大学作物学院)

摘要 选用 2 个陆稻品种作为抗旱类型, 2 个水稻品种作为敏旱类型, 以 PEG 作为水分胁迫剂, 通过对幼芽、幼根和幼苗等不同时期或状态的 PEG 胁迫比较水、陆稻的生长势。研究结果表明: 水、陆稻幼芽粗度、幼根粗度差异相对较小; 陆稻幼芽长度、幼根长度、发芽率及 3 周后苗高等明显比水稻表现有较强的生长势, 因此可用这些性状与抗旱品种的相对生长势鉴定水、陆稻的抗旱性, 未浸种处理的种子可用 15% 的 PEG 溶液胁迫, 浸种处理过的种子可用 20% 的 PEG 溶液胁迫。低浓度的 PEG 溶液 (< 15%) 胁迫抗旱类型与敏旱类型差异不明显, 高浓度的 PEG 溶液 (> 20%) 胁迫对所有试验材料损伤严重, 达不到鉴定抗旱类型与敏旱类型的目的。因此, 可以在 15% (未浸种) 或 20% (浸种) 浓度的 PEG 处理下, 以抗旱的陆稻品种作对照比较幼芽长度、幼根长度、发芽率及幼苗高度等性状的相对值 (X_U/X_P , %, 称胁迫系数) 来判别供试品种的抗旱性。以达到简单、快速鉴定抗旱品种的目的。

关键词 水稻; 陆稻; PEG 胁迫; 抗旱性

中图分类号 S511.6

Comparison of Growing Tendency During Young Seedling Between Paddy Rice and Upland Rice Under PEG Water-stress

Li Zichao Liu Wenxin Zhao Dule

(College of Crop Science, CAU)

Abstract Two upland rice varieties (as drought-resistant type) and Two paddy rice varieties (as drought-sensitive type) were investigated using PEG-6000 as water-stress agent, in order to search a convenient, quick approach of appraising drought resistance. The results showed that the thickness of buds and young root were a little different between paddy rice and upland rice; The upland rice appeared stronger growing tendency than the paddy rice in terms of length of young buds and young roots, the percent of germination and the height of three-week seedlings. Therefore, They can be used as criteria for assessing the drought resistance. However, the difference between drought-resistant type and drought-sensitive type was not obvious if the seeds were treated with 15% PEG solution or soaked with > 20% PEG solution for high density PEG solution made all rice varieties seriously damaged. It is concluded that relative growing tendency (X_U/X_P , %, index of water-stress) the length of young buds and young roots, the percent of germination and the height of three-week seedlings between drought-resistant upland rice variety and paddy rice variety can be used to

收稿日期: 2000-12-05

国家自然科学基金资助项目 (30070464)

李自超, 北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区), 100094

identified drought resistance, under 15% (for soaking seeds) or 20% (for non-soaking seeds) PEG 6000 water-stress

Key words paddy rice; upland rice; PEG water-stress; drought resistance

PEG(聚乙二醇)是一种亲水性很强的大分子有机物,溶于水后能产生强大的渗透压,因此PEG常用作植物耐旱性选择剂或水分胁迫剂。近年来,利用分子生物学手段研究植物抗旱性时常用一定浓度的PEG溶液处理植株,然后研究水分胁迫下的mRNA差异表达或旱激蛋白的合成等,进而研究植物的抗旱机理。1979年首次以PEG为诱导剂和筛选剂筛选出抗旱的烟草细胞系^[1];以后,相继出现的研究成果有:把细胞放在含有PEG的培养基中选到了抗干旱的番茄细胞^[2];利用高粱种子经PEG诱导产生的愈伤组织为材料获得了耐旱性强的再生植株并且收获了种子^[3]。国内的研究也取得了一定进展,用3种途径获得抗PEG胁迫而且抗性稳定的苜蓿细胞系^[4,5],以PEG6000作为耐旱性选择剂初步获得耐旱性甘薯植株^[6]。

水、陆稻是相对“抗旱”和“敏旱”的2个生态类型,由于全球淡水资源越来越紧张,传统的水稻种植将面临缺水的威胁,中国的形势更为严峻。因此开展水、陆稻抗旱研究,筛选快捷、稳定、有效的抗旱鉴定指标,选育耐旱陆稻品种具有重要的实践应用价值。本研究以陆稻作为抗旱类型,水稻作为敏旱类型,比较在不同浓度的PEG胁迫下二者的差异,以进一步探讨用PEG胁迫是否能作为早期鉴定水、陆稻抗旱性的可行方法。

1 材料与方法

1.1 材料

试验所用的陆稻品种为旱稻2号和旱稻65;水稻品种为津稻1187和中作93。所用PEG分子量为6000,溶液浓度按质量体积比配制(%)。

1.2 试验方法

种子发芽用PEG处理,但种子事先分蒸馏水浸种或不浸种。

未浸种处理:直径为90mm的培养皿底部垫上圆形滤纸,每皿放种子50粒,再加PEG溶液10mL。加液盖好后置28℃左右发芽。PEG溶液设置0.5%,10%,15%,20%共5个水平。试验设置2个重复。5d后测其幼芽长度、幼芽粗度、根长度、根粗度和发芽率。

浸种处理:将干种子装入尼龙小网袋,浸没于蒸馏水中,28℃下浸种36h后将种子取出,用滤纸将种子表面的水吸干后再按未浸种处理的方法处理。

对以上各处理后的幼苗用营养液培养(国际水稻研究所营养液配方),并保持各自的PEG浓度不变,3周后测苗株高度。各性状的陆稻和水稻的比值(X_U/X_P ,%)定名为胁迫系数。

2 结果与分析

对所用的4个品种的所有处理的幼芽长度、幼芽粗度、根长度、根粗度和发芽率进行差异显著性检验,其中根长度达到显著水平,其他性状均达极显著水平。对陆稻和水稻2类型间各性状差异显著性检验表明,5个性状均达极显著水平。

表1 不同浓度的PEG胁迫下各性状的胁迫系数

| 性状 | 品种 | 不浸种; PEG/% | | | | | 蒸馏水浸种; PEG/% | | | | |
|------------|---------------------------|------------|-------|-------|-------|------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| 幼芽长 /mm | 旱稻 2号 | 34.5 | 25.0 | 19.2 | 5.9 | 1.2 | 28.4 | 25.5 | 20.6 | 11.4 | 5.1 |
| | 旱稻 65 | 26.5 | 21.3 | 15.9 | 8.2 | 1.2 | 21.6 | 18.3 | 18.1 | 12.8 | 7.3 |
| | 陆稻平均(\bar{X}_U) | 30.5 | 23.1 | 17.5 | 7.0 | 1.2 | 25.0 | 21.9 | 19.4 | 12.1 | 6.2 |
| | 津稻 1187 | 19.8 | 15.6 | 10.6 | 2.9 | 0.0 | 16.8 | 15.9 | 14.0 | 7.5 | 2.3 |
| | 中作 93 | 23.1 | 16.7 | 12.1 | 5.2 | 0.0 | 18.4 | 17.1 | 13.8 | 8.5 | 3.2 |
| | 水稻平均(\bar{X}_P) | 21.4 | 16.2 | 11.3 | 4.1 | 0.0 | 17.6 | 16.5 | 13.9 | 8.0 | 2.8 |
| | $\bar{X}_U/\bar{X}_P(\%)$ | 142.5 | 142.6 | 154.9 | 170.7 | — | 142.0 | 132.7 | 139.6 | 151.3 | 221.4 |
| | $\bar{X}_U/\bar{X}_P(\%)$ | 142.5 | 142.6 | 154.9 | 170.7 | — | 142.0 | 132.7 | 139.6 | 151.3 | 221.4 |
| 幼芽粗 /mm | 旱稻 2号 | 1.27 | 1.15 | 1.03 | 0.70 | 0.25 | 1.20 | 1.16 | 1.07 | 0.95 | 0.76 |
| | 旱稻 65 | 1.20 | 1.09 | 0.98 | 0.76 | 0.28 | 1.23 | 1.12 | 1.04 | 0.98 | 0.85 |
| | 陆稻平均(\bar{X}_U) | 1.23 | 1.12 | 1.00 | 0.73 | 0.26 | 1.21 | 1.14 | 1.05 | 0.96 | 0.78 |
| | 津稻 1187 | 1.19 | 1.03 | 0.88 | 0.52 | 0.00 | 1.10 | 1.10 | 0.96 | 0.79 | 0.50 |
| | 中作 93 | 1.16 | 1.06 | 0.93 | 0.68 | 0.00 | 1.13 | 1.06 | 0.93 | 0.82 | 0.60 |
| | 水稻平均(\bar{X}_P) | 1.18 | 1.04 | 0.90 | 0.60 | 0.00 | 1.12 | 1.08 | 0.94 | 0.80 | 0.55 |
| | $\bar{X}_U/\bar{X}_P(\%)$ | 104.2 | 107.7 | 111.1 | 121.7 | — | 108.1 | 105.6 | 111.7 | 120.0 | 141.8 |
| | $\bar{X}_U/\bar{X}_P(\%)$ | 104.2 | 107.7 | 111.1 | 121.7 | — | 108.1 | 105.6 | 111.7 | 120.0 | 141.8 |
| 幼根长 /mm | 旱稻 2号 | 87.1 | 81.6 | 77.5 | 38.2 | 15.4 | 73.2 | 72.3 | 68.6 | 64.1 | 33.8 |
| | 旱稻 65 | 64.4 | 61.5 | 55.4 | 38.2 | 6.8 | 55.3 | 53.8 | 55.3 | 46.7 | 30.0 |
| | 陆稻平均(\bar{X}_U) | 75.7 | 71.5 | 66.4 | 38.2 | 11.1 | 64.2 | 63.0 | 61.9 | 55.4 | 31.9 |
| | 津稻 1187 | 57.1 | 57.4 | 57.2 | 22.3 | 0.0 | 54.5 | 50.3 | 52.5 | 42.6 | 17.8 |
| | 中作 93 | 59.4 | 69.4 | 65.3 | 32.4 | 0.0 | 68.4 | 74.1 | 61.5 | 46.9 | 18.1 |
| | 水稻平均(\bar{X}_P) | 58.2 | 63.4 | 61.2 | 27.3 | 0.0 | 61.4 | 62.2 | 57.0 | 44.7 | 17.9 |
| | $\bar{X}_U/\bar{X}_P(\%)$ | 130.1 | 112.8 | 108.5 | 140.0 | — | 104.9 | 101.3 | 108.6 | 123.9 | 178.2 |
| | $\bar{X}_U/\bar{X}_P(\%)$ | 130.1 | 112.8 | 108.5 | 140.0 | — | 104.9 | 101.3 | 108.6 | 123.9 | 178.2 |
| 幼根粗 /mm | 旱稻 2号 | 0.53 | 0.47 | 0.46 | 0.42 | 0.36 | 0.53 | 0.53 | 0.50 | 0.43 | 0.37 |
| | 旱稻 65 | 0.63 | 0.57 | 0.52 | 0.46 | 0.23 | 0.60 | 0.54 | 0.51 | 0.48 | 0.45 |
| | 陆稻平均(\bar{X}_U) | 0.58 | 0.52 | 0.49 | 0.44 | 0.29 | 0.56 | 0.53 | 0.50 | 0.45 | 0.41 |
| | 津稻 1187 | 0.49 | 0.45 | 0.39 | 0.35 | 0.00 | 0.51 | 0.46 | 0.41 | 0.37 | 0.36 |
| | 中作 93 | 0.50 | 0.44 | 0.40 | 0.39 | 0.00 | 0.47 | 0.42 | 0.41 | 0.38 | 0.34 |
| | 水稻平均(\bar{X}_P) | 0.49 | 0.44 | 0.40 | 0.37 | 0.00 | 0.49 | 0.44 | 0.41 | 0.37 | 0.35 |
| | $\bar{X}_U/\bar{X}_P(\%)$ | 118.4 | 118.2 | 122.5 | 118.9 | — | 114.3 | 120.5 | 122.0 | 121.6 | 117.1 |
| | $\bar{X}_U/\bar{X}_P(\%)$ | 118.4 | 118.2 | 122.5 | 118.9 | — | 114.3 | 120.5 | 122.0 | 121.6 | 117.1 |
| 发芽率 /% | 旱稻 2号 | 0.96 | 0.96 | 0.95 | 0.71 | 0.12 | 0.97 | 0.98 | 0.96 | 0.90 | 0.85 |
| | 旱稻 65 | 1.00 | 1.00 | 0.97 | 0.82 | 0.15 | 1.00 | 0.96 | 0.97 | 1.00 | 0.96 |
| | 陆稻平均(\bar{X}_U) | 0.98 | 0.98 | 0.96 | 0.77 | 0.14 | 0.99 | 0.97 | 0.97 | 0.95 | 0.91 |
| | 津稻 1187 | 1.00 | 0.99 | 0.89 | 0.40 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.91 | 0.47 |
| | 中作 93 | 0.99 | 0.88 | 0.85 | 0.33 | 0.00 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.84 | 0.51 |
| | 水稻平均(\bar{X}_P) | 1.00 | 0.94 | 0.87 | 0.37 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.88 | 0.49 |
| | $\bar{X}_U/\bar{X}_P(\%)$ | 98.0 | 104.3 | 110.3 | 208.1 | — | 99.0 | 97.0 | 98.0 | 108.0 | 185.7 |
| | $\bar{X}_U/\bar{X}_P(\%)$ | 98.0 | 104.3 | 110.3 | 208.1 | — | 99.0 | 97.0 | 98.0 | 108.0 | 185.7 |

2.1 幼芽长度

由表1可知,在2个对照(PEG用量为0)中, \bar{X}_U/\bar{X}_P 都达到了140以上,可能是陆稻种子发芽比水稻种子发芽快。随PEG浓度升高,水、陆稻各品种幼芽生长均逐渐变慢。从陆稻和水稻幼芽长度胁迫系数可以看出,随PEG胁迫程度的增加, \bar{X}_U/\bar{X}_P 值逐渐增大,这说明陆稻的

早期幼芽长度比水稻品种生长势强, 陆稻耐胁迫性强, 而水稻受抑制程度大。在不浸种处理中, 15% 浓度的 PEG 胁迫水, 陆稻幼芽长度相对差异最大, 20% 浓度的 PEG 胁迫可能由于浓度偏高水, 陆稻都受到严重抑制; 在浸种处理中, 20% 的 PEG 胁迫二者相对差异最大。

2.2 幼芽粗度

随 PEG 浓度的增加, 水、陆稻品种的幼芽均变细, 其胁迫系数 $\overline{X_U}/\overline{X_P}$ 逐渐增加。说明在 PEG 胁迫下陆稻比水稻幼芽粗度增长的快, 而且随 PEG 胁迫强度增加这种现象更加明显, 在不浸种和浸种 2 种处理中, 15% 和 20% 浓度处理的水、陆稻相对差异最大。

2.3 幼根长度

随 PEG 浓度的增加, 各品种幼根的生长速度都变慢。低浓度下 $\overline{X_U}/\overline{X_P}$ 值较小, 但在高浓度下 $\overline{X_U}/\overline{X_P}$ 值较大。在不浸种处理中, 15% 浓度下 $\overline{X_U}/\overline{X_P}$ 达到 140%; 在浸种处理中, 20% 浓度下 $\overline{X_U}/\overline{X_P}$ 达到 178.2%。

2.4 幼根粗度

幼根粗度的 $\overline{X_U}/\overline{X_P}$ 值在 PEG 各水平上差异不大, 包括对照在内其 $\overline{X_U}/\overline{X_P}$ 值基本保持在 120% 左右, 表明陆稻幼根一般比水稻粗, 在 PEG 胁迫下根粗度基本不受影响。王秀珍等认为^[7], 在逆境条件下, 发根早、生长快而粗的品种, 其抗旱性较强, 这与我们的结果一致。另外, 菲律宾国际水稻所用弹簧称测拔苗时的拉力, 结果是根系越发达拉力值越大, 并以此来评价品种的抗旱性。这充分说明根系在抗旱性中的重要地位。

2.5 发芽率

随 PEG 浓度的增加, 水、陆稻品种的发芽率都有一定的下降, 水稻品种下降更明显。未浸种处理中, 15% 浓度的 PEG $\overline{X_U}/\overline{X_P}$ 为 208.1%; 浸种处理中, 5% 和 10% 的 PEG 胁迫与对照基本相同, 20% 的浓度胁迫其 $\overline{X_U}/\overline{X_P}$ 为 185.7%。

2.6 始芽期

未浸种处理下始芽期由早到晚顺序依次为: 旱稻 2 号、旱稻 65、中作 93、津稻 1187。浸种处理下始芽期由早到晚顺序依次为: 旱稻 2 号、中作 93、旱稻 65、津稻 1187。在未浸种处理下 2 个陆稻品种都早于水稻品种, 这可能是陆稻种子在受到干旱胁迫下吸水能力较强, 而且水、陆稻种子的吸水能力只有在受到水分胁迫时才表现出差异。

2.7 3 周苗高度

从表 2 可以看出, 陆稻和水稻 2 个对照的 $\overline{X_U}/\overline{X_P}$ 值均小于 100.0%, 即在没有 PEG

表 2 PEG 胁迫下营养液培养 3 周后各品种幼苗高度

| 品 种 | 不浸种; PEG/% | | | | | 蒸馏水浸种; PEG/% | | | | | /mm |
|-------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | |
| | 旱稻 2 号 | 119.8 | 105.4 | 124.8 | 99.0 | 24.3 | 128.9 | 112.3 | 108.8 | 95.0 | |
| 旱稻 65 | 139.6 | 111.8 | 100.3 | 86.6 | 36.2 | 133.3 | 117.6 | 100.4 | 85.1 | 57.6 | |
| 陆稻平均 ($\overline{X_U}$) | 129.7 | 108.6 | 112.6 | 92.8 | 30.3 | 131.1 | 115.0 | 104.6 | 90.1 | 51.8 | |
| 津稻 1187 | 139.6 | 87.9 | 80.9 | 65.0 | 0 | 140.5 | 72.4 | 65.2 | 54.2 | 29.4 | |
| 中作 93 | 126.5 | 92.6 | 111.6 | 66.8 | 0 | 140.8 | 100.7 | 76.7 | 59.0 | 16.0 | |
| 水稻平均 ($\overline{X_P}$) | 133.1 | 90.1 | 96.1 | 65.9 | 0 | 140.7 | 86.6 | 71.0 | 56.6 | 22.7 | |
| $\overline{X_U}/\overline{X_P}$ (%) | 97.4 | 120.5 | 117.2 | 140.8 | — | 93.2 | 132.8 | 147.7 | 159.2 | 228.2 | |

胁迫下陆稻品种苗高不及水稻,但在有 PEG 胁迫下陆稻比水稻明显有较强的生长优势。在浸种处理中,随 PEG 浓度的增加,其胁迫系数有明显的提高,20% 浓度的 PEG 胁迫下, $\overline{X_U}/\overline{X_P}$ 达到 228.2%。

3 结论

本研究的供试材料为 2 个陆稻和 2 个水稻品种,陆稻品种可作为抗旱类型,水稻品种作为敏旱类型。在低浓度 PEG 处理及对照中,陆稻的发芽率与水稻差异不显著甚至低于水稻,但在高浓度 PEG 处理下陆稻表现出相对较高的生长优势。干种子(未浸种)在 15% 的 PEG (分子量 6 000) 溶液中直接发芽或生长,能较好的区别抗旱类型和敏旱类型,在 20% 的 PEG 的溶液中处理,陆稻仍有一定的生长量,但 2 个水稻品种均不能发芽和生长。纯水中浸过种的种子(浸种)在 20% 的 PEG 溶液中发芽或生长能较好的鉴定抗旱类型。

水、陆稻品种在本实验条件下发芽或生长,水、陆稻的相对生长量有明显差异,但各性状的差异程度有所不同,幼芽长度、幼根长度、发芽率及苗高等性状差异明显,而幼芽粗度、幼根粗度相对差异较小,因此,可以在 15% (未浸种) 或 20% (浸种) 浓度的 PEG 处理下,以抗旱的陆稻品种作对照比较幼芽长度、幼根长度、发芽率及幼苗高度等性状的胁迫系数($\overline{X_U}/\overline{X_P}$) 来判别供试品种的抗旱性,以达到简单、快速鉴定抗旱品种的目的。

参 考 文 献

- 1 James W H, Murray W N. Osmotic adjustment of tobacco cells and plants to and penetrating and nonpenetrating solutes. *Plant Physiol Suppl*, 1979, 63: 77
- 2 Bressan K A, Hasegawa P M, Avtar K H. Resistance of cultured high plants cells to polyethylene glycolinduced water stress. *Plant Sci Lett*, 1981, 21: 23
- 3 Smith R H, Bhaskaran S, Miller F R. Screening for drought tolerance in sorghum using cell cultures *in vitro*. *Cell Dev Biol*, 1985, 21: 541
- 4 张志胜, 赵世绪. 苜蓿抗性愈伤组织抗旱机理的初步研究. *华南农业大学学报*, 1993, 14(1): 60~ 64
- 5 张志胜, 赵世绪. 渗透胁迫下苜蓿愈伤组织的生长和植株再生(简报). *植物生理学通讯*, 1995, 31(1): 21~ 23
- 6 马彪. 甘薯悬浮细胞辐射诱变及突变体筛选: [学位论文]. 北京: 中国农业大学, 1998
- 7 王秀玲, 吕文泓, 张文绪. 水稻早期抗旱性指标的探讨. *植物学通报*, 1986, 4(1-2): 50~ 53