

耐低钾基因型水稻的矿质营养和穗粒性状^{*}

王永锐 李卫军

(中山大学生物学系, 广州 510275)

摘要 在完全营养液条件下 (K^+ 40 mg/L), 耐低钾基因型水稻品种“湘早糯 1 号”比不耐低钾基因型水稻品种“双白-211 竹印”分蘖期全株、根、茎秆的 K, Na, Ca, Mg, Fe 含量减少, 根中的 Mg 含量稍多; 孕穗期全株、根、茎秆的 K, Mg 含量增加, Fe 含量在茎秆也多。在低钾 (K^+ 3 mg/L) 营养液条件, “湘早糯 1 号”分蘖期植株苗高、苗干重、根干重、根体积及植株的 K, Mg, Fe, 茎秆的 K, Mg; 根的 K, Na, Ca, Mg, Fe 含量均比“双白-211 竹印”增加; 孕穗期全株、根、茎秆的上述 5 种营养元素含量都增多, 茎秆的 Fe 含量相近。耐低钾基因型水稻品种“湘早糯 1 号”在低钾 (K^+ 3 mg/L) 条件下抽穗率达 96%, 结实率达 31.1%, 不耐低钾品种“双白-211 竹印”抽穗率少于 10%, 且不结实。

关键词 水稻, 稻穗, 矿质营养, 钾, 耐低钾基因型

分类号 Q 945.1

植物吸收、利用营养特性存在基因型差异^[1], 由而提出筛选高效利用无机养分的植物品种^[2]。我国南北方都存在缺钾土壤, 统计全国缺钾 ($K_2O < 70 \mu g/g$ 土) 耕地面积达 0.23 亿 hm^2 , 占总耕地面积的 23%, 其中大部分是水稻土, 包括砖红壤区、赤红壤区、红壤、石灰岩土区及黄棕壤区的水稻土, 而又以赤红壤区及石灰岩区含钾量极低^[3]。为进一步提高水稻等作物产量, 筛选和培育高耐低钾基因型水稻品种是十分有意义的。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

供试水稻 (*Oryza Sativa* L.): 湘早糯 1 号 (XZN-1) 和双白-211 竹印 (SB-211-ZY) 分别由中国科学院长沙农业现代化研究所和广东省农业科学院水稻研究所提供。

1.2 试验方法

1.2.1 材料培养 供试水稻种子经浸种 48 h 后放入 $30 \pm 1^\circ C$ 温箱里催芽 2 d, 萌发后播种于装有石英砂的解剖盆里, 用去离子水浇灌, 当苗长有 3 片真叶, 即选择生长均一秧苗移栽于盛有营养液 (Yoshida, 1972) 的大塑料盆 (65 cm \times 45 cm \times 30 cm) 中, 培养液上悬浮钻有 24 小孔的泡沫塑料板 (厚度 3 cm), 泡沫塑料板底部 (向营养液一面) 紧缝贴塑料网, 秧苗栽植在小孔里的塑料网上, 每小孔种植 4 株, 根穿过塑料网孔长入营养液中。设完全营养液

* 广东省科委科学基金 (920004) 资助项目

收稿日期: 1996-07-12 王永锐, 男, 60 岁, 教授

($[K^+]$ 40 mg/L)和低钾营养液 ($[K^+]$ 3 mg/L)两个处理. 营养液各加入 Na_2SiO_3 使 SiO_2 浓度为 40 mg/L, 调节 pH 5~ 6, 置于玻璃网室内, 自然光温条件下培养. 被蒸发水份用去离子水补充. 每周更换营养液 1 次.

1. 2. 2 根、茎秆及全株干物重测量 样品于 $105^{\circ}C$ 烘箱杀青 10 min, 然后 $80 \pm 1^{\circ}C$ 烘干 72 h 至恒重, 称干重, 20 株平均值.

1. 2. 3 根系体积测量 把根浸入盛有水的刻度量筒, 水面上升部分则为根系体积.

1. 2. 4 营养元素含量测定 按照文献 [4], 用电感耦合等离子体发射光谱仪 (ICP-AES, ICAP-9000 型) 测定 K, Na, Ca, Mg, Fe 含量.

1. 2. 5 穗粒性状分析 按常规方法测量.

2 试验结果

2.1 分蘖期植株根、苗性状

在低钾营养条件下, 高耐低钾水稻品种“湘早糯 1 号”的苗高、苗干重、根干重及根系体积的相对百分率 (完全营养液为 100), 比不耐低钾品种“双白-211 竹印”的都高, 见图 1, 图中 1 为幼苗株高, 2 为幼苗干重, 3 为根干重, 4 为根系体积.

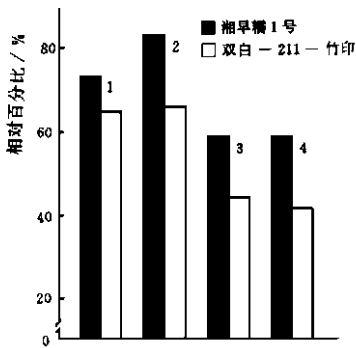


图 1 水稻在低钾营养液培养条件下分蘖期植株性状

Fig. 1 Seedling characters of rice varieties under cultured on the nutrition solution with K^+ 3 mg/L

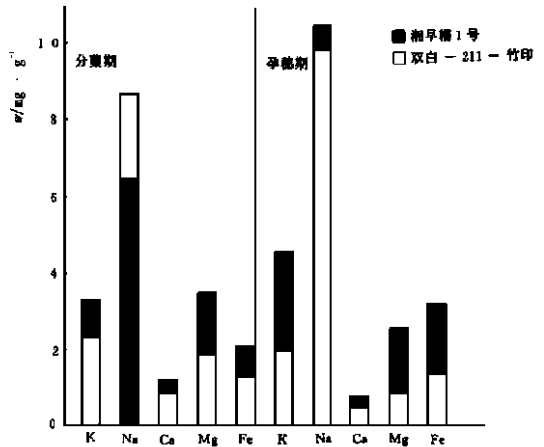


图 2 水稻在低钾营养液培养条件下根的营养元素含量

Fig. 2 The mineral nutrition contents in roots of rice varieties unaer cultured on nutrition solution with K^+ 3 mg/L

2.2 根的营养元素含量

在完全营养液条件下, “湘早糯 1 号”比“双白-211 竹印”分蘖期根单位干重的 Mg 含量增加 3.5%, K, Na, Ca, Fe 含量减少; 孕穗期根的 K, Mg 含量增加 (表 1). 在低钾营养条件时, 分蘖期根单位干重的 Na 含量减少, 其余所测营养元素含量增加; 孕穗期所测 5 个营养元素含量均增加, 其中 Mg, Fe 可增加 1 倍以上 (图 2).

表 1 水稻在完全营养液培养的植株营养元素含量

Tab. 1 Mineral nutrition contents in organ and plant of rice genotype varieties cultured on complete nutrition solution

| | | /mg ° g ⁻¹ | | | | |
|-----------------|--------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| 生育期及部位 | 品 种 | K | Na | Ca | Mg | Fe |
| 分蘖期 (根) | X ZN-1(A) | 9.98 | 4.46 | 0.65 | 1.47 | 0.57 |
| | SB-211-ZY(B) | 13.41 | 7.74 | 0.87 | 1.42 | 1.05 |
| | %* | - 25.6 | - 42.4 | - 25.3 | + 3.5 | - 45.7 |
| 孕穗期 (根) | X ZN-1 | 17.77 | 3.18 | 0.45 | 1.11 | 0.66 |
| | SB-211-ZY | 7.98 | 9.23 | 0.81 | 0.80 | 1.02 |
| | % | + 122.7 | - 65.6 | - 44.4 | + 38.8 | - 35.3 |
| 分蘖期 (茎+鞘) | X ZN-1 | 21.82 | 0.47 | 1.60 | 2.89 | 0.17 |
| | SB-211-ZY | 22.39 | 0.94 | 2.13 | 3.20 | 1.02 |
| | % | - 2.6 | - 50.0 | - 24.9 | - 9.7 | - 83.3 |
| 孕穗期 (茎+鞘) | X ZN-1 | 16.71 | 1.00 | 0.50 | 1.93 | 0.15 |
| | SB-211-ZY | 14.43 | 1.83 | 0.88 | 1.84 | 0.12 |
| | % | + 15.8 | - 45.4 | - 43.2 | + 4.9 | + 25.0 |
| 分蘖期 (全株(含根)) | X ZN-1 | 15.90 | 2.47 | 1.13 | 2.18 | 0.37 |
| | SB-211-ZY | 18.40 | 4.33 | 1.50 | 2.31 | 0.61 |
| | % | - 13.6 | - 43.0 | - 24.7 | - 5.6 | - 39.3 |
| 孕穗期 (全株(含根)) | X ZN-1 | 16.52 | 1.06 | 0.74 | 1.60 | 0.25 |
| | SB-211-ZY | 15.41 | 2.68 | 1.06 | 1.52 | 0.32 |
| | % | + 7.2 | - 60.4 | - 30.2 | + 5.3 | - 21.9 |

$$\% = (A - B) / B \times 100$$

2.3 茎秆的营养元素含量

在完全营养液条件下,“湘早糯 1号”比“双白-211竹印”分蘖期茎秆单位干重的 K, Na, Ca, Mg, Fe 含量减少,但孕穗期茎秆的 K, Mg, Fe 含量增加(表 1)。在低钾营养液条件时,“湘早糯 1号”分蘖期茎秆单位干重的 K, Mg 含量增加, Na, Ca, Fe 含量减少;孕穗期除 Fe 含量相近, Na 含量极显著地减少, K, Mg 含量却有所增加, Ca 含量增加 1 倍(图 3)。

2.4 全株的营养元素含量

在完全营养液条件下,“湘早糯 1号”比“双白-211竹印”分蘖期植株(含根)每克干重的 Na, Fe, K, Mg, Ca 含量都有不同程度的减少,孕穗期全株 K 和 Mg 含量增加,而 Na, Ca, Fe 含量有不同程度减少(表 1)。在低钾营养液条件时,“湘早糯 1号”比“双白-211竹印”分蘖期植株单位干重的 K, Mg, Fe 含量增加, Na, Ca 含量减少;孕穗期的营养元素含量都增加,其中 Mg 含量增加 1/3 以上(图 4)。

2.5 在低钾营养液条件下的穗粒性状

在完全营养液条件下,“湘早糯 1号”比“双白-211竹印”的穗长、每穗结实率及充实粒数下降。在低钾营养液条件时,“湘早糯 1号”抽穗率达 96%, 结实率 31.1%, 穗长、穗重及千粒重分别为完全营养液的 81.7%, 24.0% 和 76.6%, 而“双白-211竹印”的抽穗率则少于 10%, 且完全不结实(表 2)。

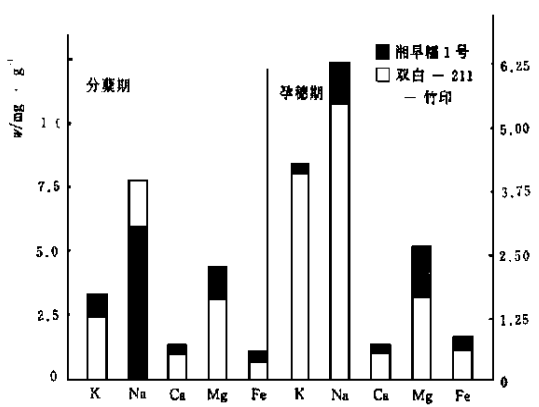
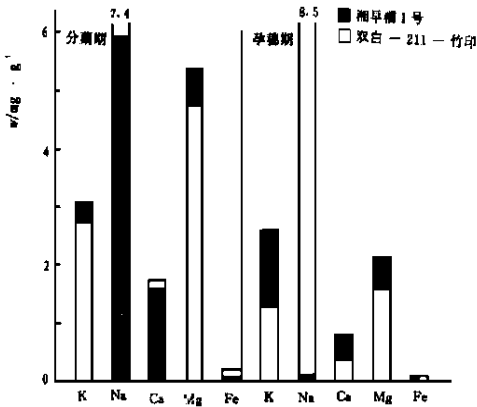


图 3 水稻在低钾营养液培养条件下茎(含鞘)的营养元素含量

图 4 水稻在低钾营养液培养条件下植株(含根)的营养元素含量

Fig. 3 The mineral nutrition contents in shoot & sheath of rice under cultured on the nutrition solution with K^+ 3 mg/L

Fig. 4 The mineral nutrition contents in whole plant (included roots) under cultured on the nutrition solution with K^+ 3 mg/L

表 2 水稻在低钾营养条件下培养的植株穗粒性状

Tab. 2 Panicle characters of rice genotype varieties cultured K deficiency

| 穗粒状况 | [K^+] 40 mg/L | | [K^+] 3 mg/L | |
|------------|-------------------|------------|------------------|-----------|
| | XZN-1 | SB-211-ZY | XZN-1 | SB-211-ZY |
| 抽穗 (%) | 100 | 100 | 96.0 | < 10 |
| 充实率 (%) | 75.3 ± 3.2 | 78.4 ± 3.5 | 31. ± 2.4 | 0 |
| 每穗充实粒数 | 27. ± 2.8 | 30.9 ± 2.3 | 6. ± 0.8 | 0 |
| 1000粒重 (g) | 23.0 ± 0.8 | 19.6 ± 0.9 | 17. ± 0.5 | 0 |

抽穗率调查 20穴的平均值,其余为调查 20穗的平均值

3 讨论及结论

Clark^[1]提出,植物在营养性状上存在基因型差异.文献[4-6]及本文试验结果也阐明了这个观点.谢少平等^[7]发现耐低钾水稻品种根系主动吸收 K^+ 的效率,向上运输的能力强.林咸永等^[8]揭示耐低钾水稻品种根系碳水化合物及 ATP 含量、ATP 酶活性高.本试验结果还显示,耐低钾基因型水稻品种除吸 K^+ 能力强,植株积累 K 增多以外, Ca, Mg, Fe 这 3 种营养元素的吸收、积累都多.文献[5]报道吸收 Mn, Cu, Zn 营养也多.根据植物生理学分析, Mg 和 Fe 营养元素对叶绿素形成和发育起重要作用; Mn 有利于 Hill 反应; K 则促进光合产物运输和提高光合效率; Ca 有利于延缓叶片和根系衰老; Zn 促进生长素形成,有益于植株生长.因此,耐低钾基因型水稻品种在极端低钾 ($[K^+] 3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 营养液条件下能抽穗、结实,而不耐低钾水稻品种的抽穗少、且完全不结实.

由此,我们认为利用 Yoshida 营养液并设置其中的 $[K^+]$ 为 $3 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, 可准确区分不同耐低钾的基因型水稻品种,它比大田筛选法更快捷、省工,更可避免不良天气和土质不均的影响.采用 Yoshida 营养液筛选耐低钾基因型水稻品种是行之有效的方法^[6].

本文和文献 [4, 5] 都简明耐低钾基因型水稻品种在缺钾营养液条件下吸收 Na 也增多, 这是否是 Na 营养元素起到补偿或调节 K 不足的生理作用, 尚待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 Clark R B. Plant genotype differences to uptake, translocation, accumulation and use of mineral elements. In Saric M R(ed). Genetic Specificity of Mineral Nutrition of Plants. Serbian Academy of Sciences and Arts. Beograd. 1982. 41~ 45
- 2 Paccaud F X, Fossati A. Plant breeding for a more efficient use of plant nutrients. In United Nations Economic Commission for Europe(ed). Efficient use of Fertilizer in Agriculture. Martins Nijhoff/Dr. W. Junk, Hague. 1983 129~ 140
- 3 中国农科院土壤肥料研究所. 中国化肥区划. 北京: 中国农业科技出版社. 1986
- 4 王永锐. 耐低钾水稻的幼苗生长及其营养吸收状况. 中山大学学报(自然科学版), 1989, 28(4): 68
- 5 Wang Y R. Absorption of nutrition and their replaceable functions in rice varieties tolerant of and sensitive to K deficiency. IRRI Newsletter, 1990, 15(4): 13~ 14
- 6 王永锐, 李卫军. 应用营养水培法筛选耐低钾基因型水稻品种. 江西农业大学学报, 1996, 2 193
- 7 谢小平, 倪晋山. 耐低钾籼稻幼苗根部的 K^+ (^{86}Rb) 运输和通量分析. 植物生理学报, 1989, 13(4): 410~ 417
- 8 林咸永, 孙羲. 不同水稻基因型对钾肥反应的差异及其根系生理基础. 土壤通报, 1992, 23(4)

Mineral Nutrition and Panicle Character of Rice(*Oryza sativa* L.) Genotype Variety Tolerant to K Deficiency

Wang Yongrui* Li Weijun

Abstract The experiments resulted that less mineral element contents of K, Na, Ca, Mg and Fe in roots, shoots and whole seedling, but more Mg in root at tillering stage of rice variety "XZN-1" shown than those of rice variety "SB-211-ZY" at Yoshida's complete nutrition solution. Under which at booting stage the root, stem and the whole plant of "XZN-1" have shown more K, Mg, more Fe in stem compared with "SB-211-ZY". Otherwise at the seedling stage of "XZN-1" the seedling height, seedling dry weight, root volume, root dry weight and mineral element contents of K, Mg in shoots, K, Na, Ca, Mg and Fe in roots, K, Mg and Fe in the whole seedling have observed over that of "SB-211-ZY", while K concentration was K^+ 3mg/L. During which cultural condition at the booting stage of "XZN-1" more mineral element contents of K, Na, Ca, Mg and Fe in roots, stems and whole plant as well as less Fe in stem were found in comparison with "SB-211-ZY". The panicle extension about by 96% and filled grain about 31.0% of "XZN-1", panicle extension less than 10% and never filled grain in "SB-211-ZY" were appeared.

Keywords rice, panicle, mineral nutrition, potassium, genotype tolerant to K deficiency

* Department of Biology, Zhongshan University, Guangzhou 510275