

# 水稻空间诱变特异矮秆突变体 CHA-1 变异特性研究

刘永柱, 王 慧, 陈志强, 郭 涛, 张建国

(华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642)

**摘要:** 针对籼稻品种特华占经高空气球搭载空间诱变后产生的稳定特异矮秆突变体 CHA-1 研究和考察了其主要的农艺、经济以及生理性状的变异特性。结果表明: 与原种特华占相比, 突变体 CHA-1 在多个性状上同时发生了正向或负向变异, 其中株高明显变矮, 单株穗质量、穗长、第一枝梗数、实粒数、结实率、千粒质量、谷粒宽和着粒密度明显发生了负向变异, 但有效穗数明显增多, 谷粒长宽比增大。CHA-1 在开花习性上与原种相比变化不大, 但其柱头外露率有所增加, 花粉育性和生活力都有所降低, 花粉粒大小呈现出大、中、小 3 种类型的变异。

**关键词:** 水稻; 空间诱变; 矮秆突变; 性状变异

中图分类号: S335

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X (2005) 04-0001-04

## Characters variation of special dwarf mutant CHA-1 induced by space environment in rice

LIU Yong zhu WANG Hui CHEN Zhi qiang GUO Tao ZHANG Jian guo  
(College of Agriculture South China Agric Univ., Guangzhou 510642 China)

**Abstract** Characters variation of a special dwarf mutant CHA-1, selected from the induced generation derived from rice cultivar Tehuazhan after space treatment carried by the high space balloon, were studied. The results showed that: Compared with its original Tehuazhan, the main agronomic and economic characters of CHA-1 showed strong variation. The plant height was decreased obviously. The grains mass per plant, panicle length, per panicle spikelets, filled grains per panicle, seed setting ratio, 1000 grain mass, grain width and the density of growing grains were occurred negative variation. But the positive variation were found in the characters of panicle number and grain length-width rate. The flowering habit of CHA-1 was normal, but its stigma exertion rate increased slightly while the pollen fertility and the vigour of pollen decreased compared with its original. The pollens size of the mutant appeared three types: large, middle and small. CHA-1 was a special dwarf mutant with high apparent grain quality.

**Key words** rice; space mutation; dwarf mutant; character variation

众所周知, 水稻育种的进步与突破取决于 2 个主要因素, 一是育种技术的进步; 二是优异种质资源的发掘、鉴定和利用的突破。我国水稻生产上的 2 次巨大飞跃都是由于育种技术创新和优异种质的成功利用促使育种上的突破而产生的。我国自 20 世纪 80 年代末期开展水稻空间诱变育种以来, 先后选育和创造出一大批优质、高产、高抗的水稻新品种和新

种质。空间诱变具有变异频率高、幅度大、多数性状能遗传等特点, 既能明显改良作物某些农艺性状的变异, 又可能获得地面育种所难以得到的罕见突变, 是一种新的育种方法<sup>[1~4]</sup>。徐建龙等<sup>[5]</sup>在利用返回式卫星搭载的特早熟粳稻丙 95-503 的诱变后代, 鉴定出了多穗矮秆突变体 R955 并对其进行了形态特征和矮生性鉴定研究。本研究在籼稻特华占经高空

收稿日期: 2005-05-01  
lin@scau.edu.cn

作者简介: 刘永柱 (1974-), 男, 硕士, 通讯作者; 陈志强 (1956-), 男, 教授; E-mail: chen

基金项目: 国家 863 计划资助项目 (2001AA241012 和 2002AA241011); 广东省科技重大专项资助项目 (A2010301); 广东省自然科学基金重点项目 (010353)

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

气球搭载的诱变后代中,筛选得到 1 株高为 60 cm 左右的矮秆突变体,定名为 CHA-1。对其农艺经济以及生理性状变异特性进行了研究,为其育种利用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

籼稻品种特华占,空间诱变矮秆突变体 CHA-1。CHA-1 是特华占经高空气球搭载进行空间诱变处理后,从地面种植的 SP<sub>2</sub> 代中选出 1 个矮秆突变株并经过多代连续套袋自交,获得性状已经稳定的矮秆突变体。

### 1.2 方法

早造 3 月 2 号播种,4 月 4 号移栽,晚造 7 月 25 号播种,8 月 11 号移栽,3 次重复。田间种植成小区,面积 2.56 m<sup>2</sup>,株行距为 20 cm×20 cm,水肥按大田常规管理。田间调查开花习性<sup>[6-7]</sup>,室内观察其花粉育性、花粉生活力<sup>[8]</sup>,测量花粉粒大小。成熟期田间调查株高性状,收获后自然风干,室内按常规考种方法对主要农艺经济性状进行考察,进行数据统计分析。

## 2 结果与分析

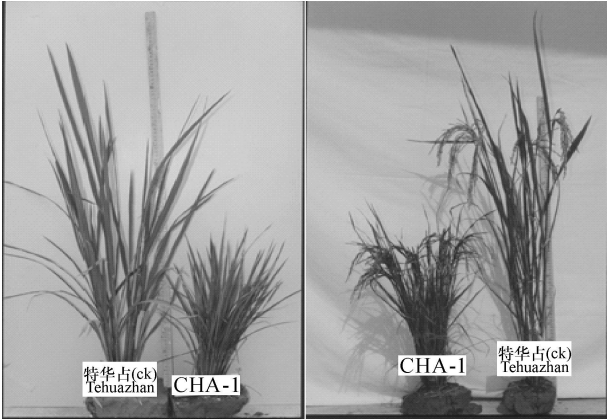
### 2.1 突变体 CHA-1 的筛选与纯化

搭载高空气球的回收种子和对照(原种特华占)种子同时种于华南农业大学试验田,从 SP<sub>2</sub> 代群体中筛选出矮秆突变体,命名为 CHA-1。多年的田间观

察发现,CHA-1 在单株选择种植后代中会出现高矮株分离的现象,并且还发现从同一矮秆单株种植后的小区中分离出来的高秆类型在株型、穗型和粒型上表现不一。对 CHA-1 矮秆植株种植小区进行连续隔离并在隔离区内单株套袋,收获套袋种子种植,发现后代中不出现分离现象,说明 CHA-1 后代出现分离的原因不是因为其基因型杂合所引起的,而是由于在自然条件下发生天然异交的结果,即 CHA-1 具有较好的天然异交特性。

### 2.2 CHA-1 主要农艺和经济性状表现

CHA-1 的植株形态和穗粒结构明显不同于对照品种特华占(图 1、表 1),其表现为植株较矮小,株高



I. 苗期 seedling stage      II. 成熟期 mature stage

图 1 CHA-1 与原种特华占的植株表现

Fig 1 Performance of plants for the mutant CHA-1 and the original Tehuazhan

表 1 突变体 CHA-1 与特华占主要农艺经济性状比较

Tab 1 Comparison of agronomic and economic traits between dwarf mutant and Tehuazhan

| 材料        | 季别 | 株高           |             | 单株穗质量        |            | 穗数           |            | 有效穗数         |             | 穗长             |  | 第一枝梗数        |  | 实粒数        |  | 空粒数        |  |
|-----------|----|--------------|-------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|-------------|----------------|--|--------------|--|------------|--|------------|--|
|           |    | plant height |             | grains mass  |            | panicles per |            | productive   |             | panicle length |  | per panicle  |  | filled     |  | emptied    |  |
|           |    | /cm          |             | per plant    |            | plant        |            | panicles per |             | /cm            |  | spikelets    |  | grains per |  | grains per |  |
|           |    |              |             | g            |            |              |            | plant        |             |                |  |              |  | panicle    |  | panicle    |  |
| CHA-1     | 早造 | early        | 66.21±0.59  | 15.64±1.34   | 20.36±1.44 | 19.77±1.32   | 19.26±0.18 | 8.97±0.15    | 42.54±1.86  | 46.19±1.19     |  |              |  |            |  |            |  |
|           | 晚造 | late         | 58.61±0.77  | 18.06±1.28   | 19.90±1.18 | 18.0±0.25    | 18.10±0.15 | 8.83±0.07    | 46.54±1.23  | 31.54±1.85     |  |              |  |            |  |            |  |
| 特华占       | 早造 | early        | 112.30±1.56 | 33.97±2.83   | 8.67±0.59  | 8.67±0.59    | 24.56±0.29 | 12.38±0.09   | 155.75±7.45 | 61.80±3.81     |  |              |  |            |  |            |  |
| Tehuazhan | 晚造 | late         | 100.00±0.74 | 28.56±1.46   | 7.53±0.38  | 7.53±0.38    | 23.02±0.19 | 12.09±0.18   | 151.65±4.26 | 40.75±2.88     |  |              |  |            |  |            |  |
| 材料        | 季别 | 总粒数          |             | 结实率          |            | 千粒质量         |            | 粒长           |             | 粒宽             |  | 谷粒长宽比        |  | 着粒密度       |  |            |  |
|           |    | number of    |             | seed setting |            | 1000-grain   |            | grain        |             | grain          |  | grain        |  | density of |  |            |  |
|           |    | total grains |             | percentage % |            | mass         |            | length       |             | width          |  | length width |  | growing    |  |            |  |
|           |    |              |             |              |            | g            |            | cm           |             | cm             |  | rate         |  | grains     |  |            |  |
| CHA-1     | 早造 | early        | 88.72±2.29  | 47.82±1.17   | 17.38±0.18 | 9.00±0.03    | 2.10±0.01  | 4.28±0.02    | 4.60±0.08   |                |  |              |  |            |  |            |  |
|           | 晚造 | late         | 78.10±1.73  | 59.77±1.76   | 19.03±0.11 | 9.20±0.03    | 2.10±0.01  | 4.34±0.04    | 4.31±0.07   |                |  |              |  |            |  |            |  |
| 特华占       | 早造 | early        | 217.55±7.13 | 71.28±1.79   | 23.79±0.17 | 9.18±0.05    | 2.48±0.02  | 3.71±0.03    | 8.83±0.20   |                |  |              |  |            |  |            |  |
| Tehuazhan | 晚造 | late         | 192.40±4.89 | 78.89±1.34   | 23.45±0.14 | 9.37±0.02    | 2.34±0.02  | 4.01±0.04    | 8.27±0.23   |                |  |              |  |            |  |            |  |

仅为 60 cm 左右, 其穗数显著增加, 达到近 20 个, 早、晚造分别为原种的 234.83% 和 274.33%, CHA-1 具有很强的分蘖力, 谷粒宽比原种明显变窄, 谷粒长宽比增大, 粒形变得更细长, 千粒质量有所降低。尽管突变体穗数明显增多, 但其结实率差, 单株实粒数少, 穗长变短, 着粒密度变疏, 第一枝梗数少, 因而导致其单株穗质量比原种明显降低 (表 1)。综合分析可知, 经空间诱变选育的 CHA-1 是在众多性状上明显发生了变异的特异矮秆突变体。

2 3 CHA-1 开花习性表现

突变体 CHA-1 开花正常, 颖壳张开, 花丝伸长, 花药开裂, 散粉正常, 但花粉量比较少。

2 3 1 单穗花时 早季, CHA-1 与特华占单穗时开花情况见图 2a CHA-1 单穗开花历时 5~6 h 比原种稍有延长, 上午 8:00~9:00 始花, 10:00~11:00 为盛花高峰, 占开花数的 38.42%, 一天中时开花主要集中在 9:00~12:00 占开花数的 97.12%, 阴天开花时间稍有延长。特华占单穗开花历时 4~5 h 一般 8:00~9:00 始花, 9:00~10:00 为盛花高峰时, 占开花数的 46.45%。一天中时开花主要集中在 9:00~12:00 占开花数的 97.18%, 13:00 以后基本不开花, 阴天对其开花影响较小。

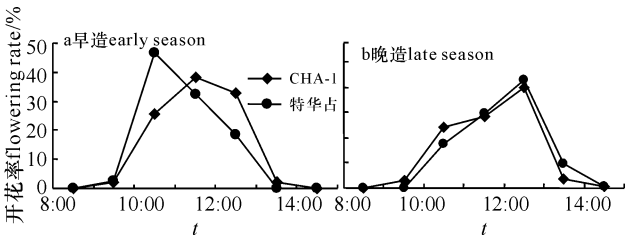


图 2 CHA-1 与特华占单穗开花情况  
Fig. 2 The anthesis time of CHA-1 and Tehuazhan

CHA-1 与特华占晚造单穗时开花情况见图 2b CHA-1 单穗开花历时 5~6 h 上午 8:00~9:00 始花, 11:00~12:00 为盛花高峰, 占开花数的 39.68%, 比早造推迟 1 h, 一天中时开花主要集中在 9:00~12:00 时, 占开花数的 92.51%。特华占开花历时 4~5 h 9:00~10:00 始花, 比早造延迟 1 h 左右, 11:00~12:00 为盛花高峰, 占开花数的 42.65%, 高峰期比早造晚 2 h 左右, 一天中时开花主要集中在 9:00~12:00 占开花数的 90.15%。

2 3 2 单穗花期 CHA-1 与特华占早造日开花率见图 3a CHA-1 与特华占单穗开花历期相同为 6 d CHA-1 开花主要集中在开花后前 4 d 占开花数的 91.75%, 开花后第 3 d 为盛花高峰, 日开花率为 34.11%, 第 6 d 终花, 日开花率为 0.94%, 终花后每穗中还有 13.53% 的颖花不张开。特华占开花后前

4 d 开花比较集中, 占开花数的 94.36%, 开花后第 2 d 为盛花高峰, 日开花率为 33.98%, 第 6 d 终花, 日开花率为 0.68%, 终花后每穗平均有 10.07% 的颖花不张开。

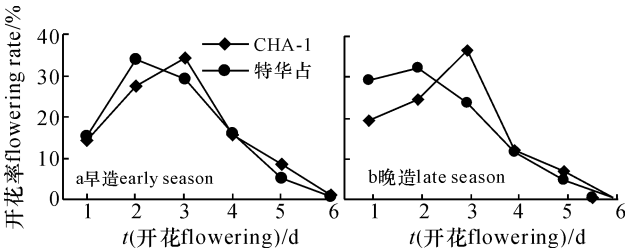


图 3 CHA-1 与特华占单穗日开花情况  
Fig. 3 The flowering period of CHA-1 and Tehuazhan

CHA-1 与特华占晚造日开花率见图 3b CHA-1 与特华占单穗开花历期相同为 6 d CHA-1 开花主要集中在开花后前 4 d 占开花数的 93%, 开花后第 3 d 为盛花高峰, 日开花率为 36.66%, 第 6 d 终花, 日开花率为 0.28%, 终花后每穗中还有 18.77% 的颖花不张开, 与早造相比没有什么大的差别。特华占开花后前 4 d 开花比较集中, 占开花数的 96.8%, 开花后第 2 d 为盛花高峰, 日开花率为 32.35%, 第 6 d 终花, 日开花率为 0.49%, 终花后每穗平均有 13.26% 的颖花不张开。

2 3 3 CHA-1 颖壳张开时间及开颖角度 CHA-1 的开颖时间及开颖角度早、晚造表现有所不同。早造 CHA-1 的开颖角度 15.2°~30.6°, 平均为 26.19°。开颖时间约 0.82~1.22 h 平均为 0.98 h 原种特华占开颖角度 22.5°~36.8°, 平均为 29.5°, 开颖时间约为 0.88~1.05 h 平均为 0.97 h 晚造 CHA-1 开颖角度 18.1°~33.8°, 平均为 27.6°。开颖时间约为 1.07~1.20 h 平均为 1.13 h 与早造相比, 开颖时间有所延长, 但开颖角度有所减小。特华占开颖角度 18.6°~31.7°, 平均为 27.8°, 开颖时间约为 1.08~1.13 h 平均为 1.12 h CHA-1 与特华占相比, 其开

表 2 CHA-1 与特华占柱头外露率比较

Tab. 2 Comparison of stigma exertion rate (SER) between dwarf mutant and Tehuazhan

| 材料       | 季别       | 柱头外露率                    |        |       |
|----------|----------|--------------------------|--------|-------|
|          |          | stigma exertion rate / % |        |       |
|          |          | 单外露率                     | 双外露率   | 总外露率  |
| material | seasons  | single                   | double | total |
| CHA-1    | 早季 early | 27.56                    | 2.05   | 29.61 |
|          | 晚季 late  | 29.56                    | 3.73   | 33.29 |
| 特华占      | 早季 early | 24.05                    | 3.02   | 27.07 |
|          | 晚季 late  | 28.35                    | 3.76   | 32.11 |

颖时间和开颖角度变化不大。

2.3.4 柱头外露率 CHA-1早、晚造柱头外露率见表 2。从表中可以看出: CHA-1与原种相比, 柱头单外露率比特华占有增加, 双外露率有所减少, 总外露率稍有增加。CHA-1的柱头单外露率均高于柱头双外露率, 晚造柱头外露率高于早造柱头外露率。

## 2.4 CHA-1花粉育性及生活力

CHA-1经空间诱变后, 花粉育性明显降低, 可育花粉率为 62.05%, 比原种 (94.29%) 降低 32.24%, 其不育性的表现主要以圆败和典败为主。同时还发现 CHA-1的花粉粒形状有大、中、小 3 种类型,  $d$  分别为 64.31、48.39 和 37.66  $\mu\text{m}$ , 所占比例分别为 5.01%、33.47% 和 61.52%, 而原种特华占的花粉粒大小比较均一,  $d$  为 42.81  $\mu\text{m}$ , 与 CHA-1 中型花粉粒大小相当。

CHA-1与原种特华占相比, 花粉生活力有所下降, 着色花粉粒的比例为 77.27%, 比特华占 (93.49%) 降低 16.22%, 其中大型花粉粒基本不染色或染色很浅。

## 3 讨论

籼稻矮化育种的成功归功于矮秆基因的利用, 籼稻矮化育种利用最多的是半矮秆基因  $sd-1$ <sup>[9~11]</sup>。矮脚南特和矮仔占是我国南方籼稻育种的 2 个主要矮源, 由于矮脚南特株型较散而分蘖力强、叶片短宽、熟期较早、穗中等、粒较大, 以此为亲本育成的品系早衰现象严重, 空壳率较高, 出米率低, 抗性较弱, 目前已很少作为亲本直接利用<sup>[12]</sup>。吴诗都等<sup>[13]</sup>研究结果证明  $sd-1$  基因带有多效性, 以致影响到各种农艺性状, 尤其是有效穗数的增加。因此, 创造、发掘和筛选新的矮秆资源对解决籼稻矮秆基因资源单一化具有十分重要的意义。本研究通过空间诱变途径选育的 CHA-1 矮秆突变体, 其植株较矮, 株高为原种 1/2 表现茎秆直立、叶片挺直、分蘖力强、谷粒长宽比大, 外观品质好, 并且具有良好的天然异交特性。经遗传学分析, 控制 CHA-1 矮生性状的矮生基因与  $sd-1$  非等位, 其对  $\text{GA}_3$  反应敏感, 但其敏感程度较矮脚南特弱<sup>[14]</sup>, 可以作为新的矮秆资源在水稻育种上加以利用。这也显示出了空间诱变在创造优异种质资源方面具有良好的应用前景。

## 参考文献:

- [1] KONZAK C E, NILAN R A, KLENHOFS A. Artificial mutagenesis as an aid in overcoming genetic vulnerability of crop plants [A]. BRC M A. Genetic Diversity in Plants [C]. New York: Plenum Press, 1977. 163 - 177.
- [2] 蒋兴村, 李金国, 陈芳远, 等. “8885” 返地卫星搭载对水稻种子遗传的影响 [J]. 科学通报, 1991, 36(23): 1 820 - 1 824.
- [3] 陈芳远, 蒋兴村, 卢升安, 等. 空间环境对水稻遗传性的影响 [J]. 中国水稻科学, 1994, 8(1): 1 - 8.
- [4] 李常银, 孙野青, 杨谦. 空间生物学研究进展 [J]. 哈尔滨工业大学学报, 2003(4): 385 - 388.
- [5] 徐建龙, 李春寿, 王俊敏, 等. 空间环境诱发水稻多穗矮秆突变体的筛选与鉴定 [J]. 核农学报, 2003, 17(2): 90 - 94.
- [6] 邹文昌, 罗小金, 朱敏益. 两系杂交水稻 65002 高产制种技术研究: II. 65002 亲本开花习性观察 [J]. 江西农业科技, 2000(3): 3 - 4.
- [7] 李曙光, 王丰, 黄健文, 等. 水稻低温敏不育系培矮 64S 的开花及制种特性 [J]. 广东农业科学, 1999(6): 7 - 8.
- [8] 申宗坦. 作物育种学实验 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 120 - 123.
- [9] SUH H S, HEU M H. The segregation mode of plant height in the cross of rice varieties II. Linkage analysis of the semi dwarfness of rice variety “Tongil” [J]. Korean J Breed, 1978, 10(1): 1 - 6.
- [10] 熊振民, 闵绍楷, 程式华. 我国水稻矮源的研究与利用 [J]. 水稻文摘, 1988, 7(4): 1 - 5.
- [11] CHO Y G, EUN M H, Mc COUCH S R, et al. The semi dwarf gene  $sd-1$  of rice (*Oryza sativa* L.): II. Molecular mapping and marker assisted selection [J]. Theor Appl Genet, 1994, 89: 54 - 59.
- [12] 谷福林, 翟虎渠, 万建民, 等. 水稻矮秆性状研究及矮源育种利用 [J]. 江苏农业学报, 2003, 19(1): 48 - 54.
- [13] 吴诗都, 曾富生. 水稻矮生基因对农艺性状之作用 [J]. 中华农业会报, 1985, 126: 10 - 18.
- [14] 王慧, 刘永柱, 张建国, 等. 空间诱变水稻矮秆突变体 CHA-1 对赤霉素的反应及其遗传分析 [J]. 中国水稻科学, 2004, 18(5): 391 - 395.

【责任编辑 周志红】