

# 胡萝卜黄色突变体的遗传及表现研究

沈火林 程杰山 韩青霞

(中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094)

**摘要:** 从胡萝卜‘新黑田五寸’品种的高世代自交系中发现了能稳定遗传的黄色突变体。遗传分析证明该黄色突变性状为单基因隐性遗传, 绿色对黄色为完全显性。黄色突变体叶片中叶绿素含量仅为正常株的 29.3%~50.1%, 且黄色不受温度光照等环境的影响。黄色突变体 (*yelyel*) 地上部和地下部的生长量明显少于正常株系 (*YEL YEL*), 但在等位基因杂合时 (*YEL yel*) 与正常株系的生长量、产量和营养品质无显著差异。

**关键词:** 胡萝卜; 黄色突变体; 遗传

中图分类号: S 631.2; S 603.2 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2006) 04-0856-03

## Studies on Inheritance and Phenotype of the Yellow Mutant of Carrot

Shen Huolin, Cheng Jieshan, and Han Qingxia

(Department of Vegetable, Academy of Agronomy and Bio-technology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** Stably inherited leaf yellowish mutant was found in the high-generated inbred line of carrot cultivar (*Daucus carota* ‘Kurōda’). Genetic analysis indicated that the yellowish mutant was nucleolus inheritance and was controlled by one pair of recessive gene, and green color was complete dominant to yellow color. The leaf chlorophyll content of the yellowish mutant was only 29.3% - 50.1% of the normal line, and was not affected by the temperature and the illumination of the environment. The growth weight of the over-ground and under-ground of the mutant (*yelyel*) was significantly lower than the weight of the normal line (*YEL YEL*), but when the allele is heterozygous (*YEL yel*), there was no significant difference in growth weight, yield and nutrient quality between the mutant and the normal line.

**Key words:** Carrot; *Daucus carota* L.; Yellow mutant; Inheritance

## 1 目的、材料与方法

叶色突变是自然界中一种比较普遍的突变。在黄瓜<sup>[1-3]</sup>、辣椒<sup>[4]</sup>等蔬菜上已报道了“芽黄”或叶色突变体。Nothnagel等<sup>[5]</sup>报道了胡萝卜 (*Daucus carota* L.) 叶黄色突变体的遗传, 并获得了与黄化基因紧密连锁的分子标记。胡萝卜黄色突变体在杂种纯度鉴定以及杂交种子生产上有重要的利用价值。作者对本课题组发现的胡萝卜黄色突变体的性状遗传机制和表现进行了研究, 旨在为今后该性状的利用提供理论依据。

供试材料为中国农业大学蔬菜系从胡萝卜品种‘新黑田五寸’的高代自交系中发现的能够稳定遗传的叶色黄色突变体‘黑 9303 黄’自交系。为研究该突变体的遗传规律, 配制了黄色突变体株系 × 正常株系的  $F_1$ 、 $BC_1$  ( $B_1$ 、 $B_2$ ) 及  $F_2$ , 观察植株叶片颜色的分离规律。

为观察黄色突变基因对胡萝卜生长的影响, 分别选择遗传背景完全相同、但控制颜色性状位点基因不同的 3 份材料, ‘黑 9303’自交系 (颜色正常自交系, 无黄色基因)、‘黑 9303 黄’ (‘黑 9303’的黄色突变自交系, 黄色突变等位基因纯合) 和 ‘黑 9303 黄 × 黑 9303’ (黄色突变等位基因杂合) 于 2004 年 7 月 21 日播种观察其生长表现。播种后 40 d (8 月 31 日) 开始取样, 每隔 15 d 取样 1 次,

收稿日期: 2005 - 11 - 15; 修回日期: 2006 - 04 - 06

重复 3 次, 每小区品种取样 10 株, 分别测定地上部和地下部生长量, 同时用丙酮法测定叶片中的叶绿素含量。在 2004 年 11 月 3 日最后 1 次取样时, 用分光光度法测定胡萝卜肉质根的胡萝卜素含量, 用蒽酮比色法测定可溶性糖含量, 用重量法测定粗纤维含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 黄色突变性状遗传分析

田间观察表明, ‘黑 9303 黄’ 黄色突变体地上部全为黄绿色, 在秋季的整个生长期黄色性状表现稳定, 不受温度、光照等环境变化的影响。F<sub>1</sub> 表现为正常的绿色, F<sub>2</sub> 和 B<sub>1</sub> 出现叶色正常和黄色性状的分离, B<sub>2</sub> 全部为正常的绿色。说明该黄色突变性状是细胞核遗传, 与细胞质无关。X<sup>2</sup> 测验 (表 1) 表明: F<sub>2</sub> 和 B<sub>1</sub> 性状分离分别符合 3:1 和 1:1 的预期分离规律, 说明黄色突变性状是受 1 对等位基因控制, 黄色性状为隐性。将控制黄色性状的基因暂名为 “*yel*”, 控制正常绿色的基因定名为 “*YEL*”。颜色正常自交系 ‘黑 9303’ 的基因型应为 *YEL YEL*, 黄色突变株 ‘黑 9303 黄’ 的基因型应为 *yelyel*, 而 ‘黑 9303 黄 × 黑 9303’ 的基因型应为 *YELyel*。该研究结果与 Nothnagel 等<sup>[4]</sup>报道的结果相同。

表 1 胡萝卜黄色株系与正常株系杂交不同世代性状的分离

Table 1 Segregation analysis of different generations of hybrid between yellow mutant line and normal line

| 组合<br>Combination                                 | 绿色株数<br>Green | 黄色株数<br>Yellowish | 期望比值<br>Theoretical ratio | X <sup>2</sup> | X <sub>0.05</sub> <sup>2</sup> |
|---|---------------|-------------------|---------------------------|----------------|--------------------------------|
| P <sub>1</sub>                                    | 0             | 273               |                           |                |                                |
| P <sub>2</sub>                                    | 306           | 0                 |                           |                |                                |
| F <sub>1</sub>                                    | 511           | 0                 |                           |                |                                |
| F <sub>2</sub>                                    | 763           | 253               | 3:1                       | 0.00           | 3.84                           |
| B <sub>1</sub> (F <sub>1</sub> × P <sub>1</sub> ) | 227           | 233               | 1:1                       | 0.04           | 3.84                           |
| B <sub>2</sub> (F <sub>1</sub> × P <sub>2</sub> ) | 468           | 0                 |                           |                |                                |

利用该胡萝卜黄色突变受 1 对隐性核基因控制, 且黄色性状不受温度和光照等环境条件的改变而变化的特点, 可直接利用黄色突变株系作母本生产杂交种子, 从黄色母本上采得的 F<sub>1</sub> 种子出苗后 1~2 片真叶即可鉴定出杂种的纯度, 为保证纯度可在田间出苗后拔除出现黄色的假杂种。另外还可以将黄色株系育成雄性不育系, 将其作母本生产杂种一代种子, 更有利于保证杂种纯度和杂交种在苗期淘汰少量的假杂种。

### 2.2 黄色突变对植株生长和肉质根营养品质的影响

2.2.1 对植株地上部生长的影响 在整个生长期各材料的叶绿素含量较稳定 (表 2), 但纯合黄色

表 2 正常和黄色突变株地上部、地下部生长和叶绿素含量动态

Table 2 Dynamic change of chlorophyll content, over-ground plant and root among yellowish mutant and normal plants

| 基因型<br>Genotype | 日期<br>Date<br>(M-D) | 地上部 Over-ground plant |                       |                     | 地下部 Root          |                  |                       |                     | 叶绿素<br>Chlorophyll content<br>(mg/g FM) |
|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|------------------|-----------------------|---------------------|---|
|                 |                     | 株高<br>Height (cm)     | 鲜质量<br>Fresh mass (g) | 干质量<br>Dry mass (g) | 根长<br>Length (cm) | 根粗<br>Width (cm) | 鲜质量<br>Fresh mass (g) | 干质量<br>Dry mass (g) |   |
| <i>yelyel</i>   | 08-31               | 15.84b                | 2.00b                 | 0.39b               | 12.04b            | 0.32b            | 0.32b                 | 0.06b               | 0.59b                                   |
|                 | 09-16               | 24.63b                | 9.80b                 | 1.12b               | 16.78a            | 1.21a            | 4.45b                 | 0.30b               | 0.80b                                   |
|                 | 10-02               | 30.99b                | 19.60b                | 2.01b               | 19.18b            | 2.30b            | 19.07b                | 1.42b               | 0.69b                                   |
|                 | 10-18               | 32.42b                | 19.02b                | 2.06b               | 20.33b            | 2.98b            | 38.13b                | 1.73b               | 1.067b                                  |
|                 | 11-03               | 31.61b                | 26.64b                | 3.17b               | 22.58b            | 3.86b            | 83.08b                | 5.48b               | 1.164b                                  |
| <i>YEL YEL</i>  | 08-31               | 27.68a                | 7.30a                 | 1.08a               | 19.96a            | 0.88a            | 2.54a                 | 0.30a               | 1.79a                                   |
|                 | 09-16               | 33.12a                | 15.93a                | 1.75a               | 19.06a            | 1.47a            | 8.81a                 | 0.66a               | 2.43a                                   |
|                 | 10-02               | 40.24a                | 46.95a                | 5.41a               | 22.97a            | 3.39a            | 55.75a                | 3.09a               | 2.34a                                   |
|                 | 10-18               | 39.60a                | 26.56a                | 2.99a               | 23.32a            | 3.88a            | 60.47a                | 3.76a               | 2.31a                                   |
|                 | 11-03               | 44.50a                | 50.13a                | 6.67a               | 24.68a            | 4.46a            | 154.70a               | 11.07a              | 2.32a                                   |
| <i>YELyel</i>   | 08-31               | 28.58a                | 7.08a                 | 1.05a               | 18.32a            | 1.03a            | 2.94a                 | 0.31a               | 1.74a                                   |
|                 | 09-16               | 35.15a                | 15.75a                | 1.75a               | 16.97a            | 1.88a            | 14.30a                | 0.99a               | 2.42a                                   |
|                 | 10-02               | 38.33a                | 40.66a                | 4.26a               | 22.33a            | 3.30a            | 47.20a                | 3.78a               | 2.24a                                   |
|                 | 10-18               | 43.83a                | 27.08a                | 2.58a               | 24.60a            | 3.60a            | 78.68a                | 4.69a               | 2.07a                                   |
|                 | 11-03               | 47.08a                | 42.97a                | 5.06a               | 26.25a            | 4.67a            | 188.48a               | 12.40a              | 1.92a                                   |

注: *yel*: 黄色突变体的隐性基因; *YEL*: 叶色正常的显性基因。不同小写字母为 0.05 水平有显著差异 (基因型间比较)。

Note: *yel*: Recessive gene of yellowish mutant; *YEL*: Dominant gene of normal. Different letters indicated significance at  $P=0.05$  level (compare data between genotypes).

突变株 (*yelyel*) 的叶绿素含量显著低于正常株 (*YEL YEL*) 和杂合的植株 (*YELyel*), 黄色突变株叶片中叶绿素含量仅为正常株的 29.3% ~ 50.1%, 而 *YEL YEL* 和 *YELyel* 基因型间叶绿素含量没有显著差异。整个生长期, 黄色突变体叶片中的叶绿素 a 和 b 均显著降低, 但其叶绿素 a/b 值均显著高于正常株和杂合的植株, 而正常株和杂合株间叶绿素 a 和 b 含量及 a/b 值均无显著差异。比较分析胡萝卜生长过程中地上部植株株高、鲜质量和干质量的变化 (表 2), 可以看出黄色突变株之间 (*yelyel*) 在不同的时期均显著低于正常株 (*YEL YEL*) 和杂合的植株 (*YELyel*), 而正常株和杂合株之间无显著差异。

2.2.2 对地下部肉质根生长的影响 不同植株颜色基因型的肉质根生长的差异和地上部的差异有一定的相似性 (表 2), 黄色突变株根部生长较为迟缓, 其肉质根长度、粗度、鲜质量 (产量)、干质量在不同的生长期均显著低于正常株 (*YEL YEL*) 和杂合的植株 (*YELyel*), 而后二者间无显著差异。说明控制黄色的等位基因纯合时会严重影响胡萝卜的产量, 而杂合时对产量没有显著影响。

2.2.3 对肉质根营养品质的影响 黄色突变株 (*yelyel*) 的胡萝卜素含量显著低于正常株 (*YEL YEL*) 和杂合的植株 (*YELyel*) (表 3), 仅为正常株的 74.9%, 而后二者无显著差异, 3 种基因型材料肉质根中的可溶性总糖和粗纤维含量均无显著差异。

黄色突变虽然显著影响了植株生长和肉质根的产量, 但对肉质根的含糖量、粗纤维含量等营养品质无显著影响。同时杂合植株 (*YELyel*) 几乎所有指标均与正常株 (*YEL YEL*) 无显著差异, 这说明控制颜色的等位基因杂合 (*YELyel*) 时, 黄色隐性基因的存在没有显著影响胡萝卜的生长、产量和营养品质, 这对将来将黄色隐性基因应用于杂种优势非常有利。

表 3 正常与黄色突变对胡萝卜肉质根营养品质的影响

Table 3 Effect of carrot fleshy root nutritional quality between normal line and yellowish mutant

| 基因型            | 胡萝卜素               | 可溶性糖               | 粗纤维             |
|----------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| Genotype       | Carotenoid (mg/kg) | Total sugar (mg/g) | Crude fibre (%) |
| <i>yelyel</i>  | 36.72b             | 0.4296a            | 24.40a          |
| <i>YEL YEL</i> | 49.01a             | 0.4792a            | 24.93a          |
| <i>YELyel</i>  | 48.44a             | 0.4055a            | 25.80a          |

## 参考文献:

- 陈远良, 刘新宇, 李树贤. 黄瓜“芽黄”突变体的遗传分析. 西南农业学报, 2002 (3): 27~30  
Chen Y L, Liu X Y, Li S X. Genetic analysis of a cucumber mutant of light yellow sprout. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2002 (3): 27~30 (in Chinese)
- 国艳梅, 顾兴芳, 张春霞, 方秀娟, 张圣平, 徐彩清. 黄瓜叶色突变体遗传机制的研究. 园艺学报, 2003, 30 (4): 409~412  
Guo Y M, Gu X F, Zhang C Z, Fang X J, Zhang S P, Xu C Q. Genetic mechanism of the cucumber leaf mutant. Acta Horticulturae Sinica, 2003, 30 (4): 409~412 (in Chinese)
- 顾兴芳, 张圣平, 池秀蓉. 黄瓜叶色突变、苦味与其他 5 个性状的基因间连锁遗传关系. 园艺学报, 2005, 32 (1): 108~110  
Gu X F, Zhang S P, Chi X R. Inheritance and linkage relationships among the genes of leaf mutant and bitterness with other five major genes in cucumber. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32 (1): 108~110 (in Chinese)
- 马志虎, 颜素芳, 罗秀龙. 辣椒黄绿苗突变体的选育及遗传分析. 长江蔬菜, 2001 (4): 31~32  
Ma Z H, Yan S F, Luo X L. Breeding and genetic analysis of yellow-green seedling mutant in pepper. Journal of Changjiang Vegetables, 2001 (4): 31~32 (in Chinese)
- Nothnagel N, Straka P. Inheritance and mapping of a yellow leaf mutant of carrot (*Daucus carota*). Plant Breeding, 2003, 122: 339~342