

# 玉米叶夹角突变体 FU1603 的选育及遗传分析

刘忠祥, 何海军, 王晓娟, 连晓荣, 杨彦忠, 周文期, 周玉乾, 寇思荣

(甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 以玉米自交系 LY8405 为材料, 以 252CF 裂变快中子源为手段, 通过快中子辐射诱变并连续自交多代, 选择培育出叶夹角突变体 FU1603。遗传分析表明, 该突变体受单个隐性核基因控制的遗传, 其穗三叶的叶夹角显著减小, 叶片皱缩卷曲, 株型更加紧凑, 具有耐密植的特性。玉米叶夹角突变体 FU1603 的发掘与选育为玉米的株型育种以及高密度育种提供了重要的种质。

**关键词:** 玉米; 叶夹角; FU1603; 选育; 遗传分析

**中图分类号:** S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)12-0001-04

[doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2019.12.001](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2019.12.001)

玉米是世界上产量高、种植面积广的农作物之一, 随着玉米品种郑单 958、先玉 335、京科 968、登海 605、浚单 20、伟科 702、隆平 206 等在我国的大面积种植, 导致了育种资源的日渐匮乏, 种质基础越来越狭窄<sup>[1-2]</sup>。玉米种质资源贫乏的现状, 严重阻碍了玉米杂种优势的研究和利用, 创造具有丰富遗传基础的育种材料是目前玉米育种工作者研究的重点之一<sup>[3-4]</sup>。快中子辐射诱变是一种诱发突变频率高、诱变范围广的有效育种手段, 加强快中子辐射诱变在玉米育种中的应用, 是扩大玉米种质基础, 创制新种质、新材料的一种育种方法<sup>[5]</sup>。叶夹角是重要的玉米株型指标, 直接影响光和 CO<sub>2</sub> 在冠层内的分布及群体的光能利用, 进而影响植株的生长发育、生理特性和产量。我们通过 252CF 裂变快中子源辐照玉米自交系 LY8405 的研究, 为玉米株型育种、高密度育种创制了很好的种质资源。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料有玉米自交系 LY8405、B73、

ZD1057、0986, LY8405 快中子诱变获得的突变体材料 FU1603, 以及 (B73/FU160)<sub>F<sub>2</sub></sub>、(ZD1057/FU1603)<sub>F<sub>2</sub></sub>、(0986/FU1603)<sub>F<sub>2</sub></sub> 分离群体。

### 1.2 辐射方法

利用兰州大学中子物理实验室的 252CF 裂变快中子放射源辐照 LY8405 干种子。快中子辐射剂量分别为 0.00 Gy、0.46 Gy、0.81 Gy、1.61 Gy、4.19 Gy, 每处理辐射 90 粒种子, 以未处理种子为对照。

### 1.3 田间试验

将快中子辐射诱变得到的各后代材料、FU1603、LY8405、B73、ZD1057、0986, 以及 (B73/FU1603)<sub>F<sub>2</sub></sub>、(ZD1057/FU1603)<sub>F<sub>2</sub></sub>、(0986/FU1603)<sub>F<sub>2</sub></sub> 分离群体种植于甘肃省张掖九公里玉米试验站。试验顺序排列, 行长 5 m, 宽 0.6 m, 每行种植 20 株。开花散粉高峰期对 LY8405 以及 FU1603 各个农艺性状进行考察, 包括: 穗上叶夹角、穗位叶夹角、穗下叶夹角、倒 3 叶夹角、倒 3 叶长、倒 3 叶宽、株高、穗位高、叶片数、节间数、雄穗长、雄穗分枝数、雌穗长、雌穗

收稿日期: 2019-09-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(31860383、31760390); 国家重点研发计划(2018YFD0100202-3、2016YFD0100103-19)。

作者简介: 刘忠祥(1964—), 男, 甘肃清水人, 研究员, 主要从事玉米育种研究工作。联系电话: (0)13919451665。

粗、穗行数、轴粗、粒长、粒宽、百粒重等多个性状, *t*-test 检验差异显著性。

#### 1.4 突变体遗传分析

通过对(B73/FU1603) $F_1$ 、(ZD1057/FU1603) $F_1$ 、(0986/FU1603) $F_1$  植株表型分析, 及以上3个杂交组合  $F_2$  分离群体中野生型与突变型植株的分离比例分析, 结合卡方测验判断该突变体的遗传模式。 $F_2$  分离群体中突变体鉴定的依据主要依赖于叶片皱缩卷曲程度, 植株叶片表现皱缩卷曲的为突变体, 反之为野生型。

## 2 结果与分析

### 2.1 玉米叶夹角突变体 FU1603 选育经过

玉米叶夹角突变体 FU1603 (原代号 LY8405-I-②311) 是甘肃省农业科学院作物研究所与兰州大学核科学与技术学院合作, 在兰州大学中子物理实验所利用  $^{252}\text{CF}$  裂变快中子源, 经 0.46 Gy、0.81 Gy、1.61 Gy、4.19 Gy 的辐射剂量辐照玉米自交系 LY8405 种子, 田间种植多代自交选择培育而成。

2013 年春, 将快中子辐照的  $M_0$  种子按不同辐照处理田间顺序种植, 每处理播种 90 粒种子, 3 行区, 每行 30 粒种子。开花授粉期间, 对每处理的不同单株全部套袋自交授粉, 获得  $M_1$  种子。

2014 年春, 将上年度获得的  $M_1$  种子按不同辐照处理全部种植, 共种植  $M_2$  代 238 个穗行。开花授粉期间, 对形态上表现明显变异的  $M_2$  单株选株继续套袋自交, 获得  $M_3$  种子。同时, 对叶片尖硬、叶面皱褶、植株变矮的穗行 FU1403(LY8405-I-②3) 全部套袋自交授粉, 下年重点选择培育。

2015 年春, 将上年度筛选的  $M_3$  种子按

株系全部种植。田间选株时重点关注 FU1403(LY8405-I-②3), 开花授粉时继续选株套袋自交, 获得  $M_4$  种子, 材料编号为 FU1504(LY8405-I-②31)。

2016 年春, 继续种植上年度筛选的 FU1504(LY8405-I-②31) $M_4$  种子, 开花授粉选株套袋自交, 获得  $M_5$  种子, 田间材料编号为 FU1603(LY8405-I-②311)。至此, 玉米叶片皱缩、叶夹角变小突变体 FU1603 (原代号 LY8405-I-②311) 选育而成。

### 2.2 性状表现

2.2.1 叶夹角 玉米叶夹角突变体 FU1603 来源于快中子辐射诱变玉米自交系 LY8405 的突变体。该突变体表现为株型紧凑, 叶片上冲, 叶夹角变小, 叶片皱缩卷曲, 茎秆粗细中等, 穗位节秆较脆, 遇大风易茎折。通过田间观察发现, 突变体 FU1603 在 5 叶期以后开始出现叶片皱缩卷曲的表型, 之后叶片卷曲皱缩表型越来越明显, 与野生型 LY8405 叶片的表型差异显著。对穗三叶以及倒三叶的叶夹角进行考察, 结果显示突变体 FU1603 穗上叶夹角  $15.43^\circ$ , 穗位叶夹角  $25.17^\circ$ , 穗下叶夹角  $25.89^\circ$ , 倒三叶夹角  $17.3^\circ$ ; 与野生型 LY8405 相比, 突变体 FU1603 的穗位叶、穗下叶以及穗上叶的叶夹角显著变小 ( $P < 0.01$ ), 而倒三叶的叶夹角在两个材料中差异不显著 ( $P > 0.05$ ) (表 1)。

2.2.2 农艺性状 从表 2 看出, 与野生型 LY8405 相比, 突变体 FU1603 的株高、穗位高显著降低 ( $P < 0.05$ ); 株高 179.1 cm, 降低约 15 cm; 穗位高 64.3 cm, 降低约 6 cm。单株叶片数在 2 个材料间没有显著差异 ( $P > 0.05$ )。此外, 与 LY8405 相比, FU1603 雄

表 1 突变体 FU1603 和野生型 LY8405 叶夹角分析

品系	叶向值	穗上叶夹角 $^\circ$	穗位叶夹角 $^\circ$	穗下叶夹角 $^\circ$	倒3叶夹角 $^\circ$
LY8405	54.6±3.1	22.2±4.51	32.6±5.25	31.2±5.58	18.7±2.44
FU1603	64.0±2.4	15.43±5.55	25.17±6.49	25.89±8.99	17.3±2.16
<i>p</i>	3.90E-08	2.312E-06	3.4942E-05	0.004 235 125	0.059 772 626
<i>n</i>	8/11	35/35	35/35	35/35	29/14

穗长 14.5 cm、雄穗分枝数(6.8个)、雌穗长(8.4 cm)、穗粗(3.5 cm)、穗行数(12 行)、轴粗(2.4 cm)等性状显著降低( $P < 0.05$ ), 即 FU1603 雌雄生殖器官都显著减小。籽粒相关性状分析显示, 与 LY8405 相比, FU1603 粒长(10.3 cm)显著降低, 粒宽(7.6 cm)显著增加, 而百粒重没有显著变化。综上所述, 与 LY8405 相比, FU1603 突变体的株型、穗部性状以及籽粒等多个农艺性状均发生了显著的改变。

### 2.3 遗传分析

2016 年夏, 对鉴定筛选的株型紧凑、叶片皱缩、叶夹角变小的突变体 FU1603, 与叶片宽大, 株型平展的玉米自交系 ZD1057、0986、玉米全基因组测序品种 B73 分别杂交, 当年 11 月在海南南繁加代获得  $F_1$  自交种子。2017 年春, 在张掖九公里玉米试验站田间种植 3 个杂交组合(B73/FU1603)、(ZD1057/FU1603)、(0986/FU1603)的  $F_2$  分离群体种子。田间调查发现, 杂交组合(ZD1057/FU1603) $F_2$  群体分离出野生型 129 株, 叶片皱缩突变型 39 株; 组合(B73/FU1603) $F_2$  群体分离出野生型 159 株, 叶片皱缩突变型 54 株; 组合(0986/FU1603) $F_2$  群体分离出野生型 128 株, 叶片皱缩突变型 35 株(表3)。卡方检验发现, 以上 3 个  $F_2$  杂交组合野生型植株与突变型植株的分离比例均符合 3 : 1 的理论比例(表3),  $\chi^2 < \chi^2_{0.05,1} =$

3.84, 表明该突变体是受单个隐性核基因控制的遗传。

### 3 小结

玉米叶夹角是株型的重要影响因素, 穗上叶叶夹角与个体受光姿态和群体透光能力密切相关, 直接影响植株的光合能力, 进而影响产量<sup>[6]</sup>。叶夹角突变体的发掘与研究为玉米的株型育种以及高密度育种提供了重要的种质资源<sup>[7-8]</sup>。我们通过  $^{252}\text{CF}$  裂变快中子辐射诱变选育得到的叶夹角突变体 FU1603, 遗传分析表明是受单个隐性核基因控制的遗传。其穗三叶的叶夹角都显著减小, 叶片皱缩卷曲, 株型更加紧凑, 具有耐密植的特性; 同时籽粒产量性状的分析结果表明, 粒型虽然发生了改变, 但百粒质量没有显著变化。因此, 玉米叶夹角突变体 FU1603 的发掘与选育为玉米的株型育种以及高密度育种提供了重要的种质资源。

### 参考文献:

- [1] 王志东, 胡瑞法. 中国粮食作物辐射诱变育种及其影响因素分析[J]. 核农学报, 2002, 16(6): 403-410.
- [2] 陈长青, 白石, 史磊, 等. 我国玉米生产现状和高产育种方向[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(14): 4135-4136.
- [3] 周玉乾, 寇思荣, 连晓荣. 不同生态区玉米单倍体自然加倍率研究[J]. 甘肃农业科技, 2016(6): 5-7.
- [4] 安学丽. 不同诱变剂与不同诱变方法对玉米

表 2 突变体 FU1603 和野生型 LY8405 农艺性状分析

品系	株高 /cm	穗位高 /cm	叶片数 /片	雄穗分枝数 /个	雄穗长 /cm	穗长 /cm	穗粗 /cm	穗行数 /行	轴粗 /cm	粒长 /mm	粒宽 /mm	百粒重 /g	倒3叶宽 /cm
LY8405	194.2±15.8	70.2±8.2	21.9±0.8	8.4±1.9	25.1±3.3	12.1±0.8	4.2±0.1	16.9±1.0	2.7±0.1	12.0±0.3	6.5±0.2	26.3±0.5	8.6±1.30
FU1603	179.1±15.0	64.3±5.6	22.2±1.0	6.8±1.3	14.5±1.2	8.4±0.9	3.5±0.3	11.9±1.5	2.4±0.1	10.3±0.3	7.6±0.2	26.2±0.4	4.55±0.85
<i>p</i>	2.2E-05	2.1E-04	0.05	1.3E-04	2.7E-25	1.8E-14	2.1E-10	3.4E-13	1.6E-09	2.0E-10	6.9E-10	0.6	0.000 170 291
<i>n</i>	36/31	36/31	36/30	36/30	36/30	17/17	17/17	17/17	17/17	11/11	11/11	11/11	29/14

表 3  $F_2$  分离群体的卡方测验

组合名称	播种粒数	出苗株数	出苗率 /%	突变型株数	野生型株数	卡方检验 $\chi^2$	分离比例
(ZD1057/FU1603) $F_2$	180	168	93.33	39	129	0.1 984	3:1
(B73/FU1603) $F_2$	270	213	78.89	54	159	0.00 156	3:1
(0986/FU1603) $F_2$	180	163	90.56	35	128	0.90 184	3:1

## 4 个短枝型富士苹果新品种在静宁县的表现

董 铁, 刘兴禄, 孙文泰, 尹晓宁, 牛军强, 马 明

(甘肃省农业科学院林果花卉研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 2015—2017 年, 对短枝型富士苹果新品种龙富、成纪 1 号、晋 18、天红 2 号在静宁产区的树体生长状况、物候期、生长结果习性、果实经济性状、产量及丰产性、抗逆性等指标进行调查。结果认为, 这 4 个短枝型富士苹果新品种作为晚熟富士系品种, 均具有易成花、易管理、早果性强、丰产性好、抗逆性强、耐贮运、品质优的特性, 适宜在静宁县乃至生态气候相似的陇东黄土高原地区种植。

**关键词:** 苹果; 新品种; 富士; 短枝型; 表现; 静宁县

**中图分类号:** S661.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2019)12-0004-04

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2019.12.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2019.12.002)

静宁县位于甘肃中部, 六盘山以西, 属暖温带半湿润半干旱气候, 四季分明, 气候温和, 光照充足, 年平均蒸发量 1 469 mm, 适宜苹果生长<sup>[1]</sup>, 是农业部划定的黄土高原苹果优势产区<sup>[2]</sup>, 也是甘肃苹果生产第一大县。2018 年全县苹果种植面积达到 6.75 万 hm<sup>2</sup>, 在发展农村经济、增加农民收入、脱贫致富方面发挥着重要的作用<sup>[2]</sup>。静宁县苹果产业从 20 世纪 80 年代开始起步, 2000 年前后发展到 3.00 万 hm<sup>2</sup>, 目前有幼龄果园面积约 2.20 万 hm<sup>2</sup>, 盛果期树树

龄普遍在 10 年以上, 60% 以上的果园是乔砧长枝型品种, 普遍存在着树体高大, 果园郁闭, 光照不良, 施肥、打药不便, 树龄老化, 果实品质下降, 效益低下等问题。随着农村人口老龄化问题日益严重, 劳动力紧缺与生产需求的矛盾越加尖锐, 推广种植成花早、上色快、易结果, 易管理的短枝型苹果新品种显得十分迫切。我们引进了国内新选育的短枝型富士苹果品种龙富、天红 2 号、晋 18、成纪 1 号等<sup>[3-5]</sup>, 于 2013 年在静宁县进行了试栽, 对其在静宁县的适应性表现

**收稿日期:** 2019-08-10

**基金项目:** 国家苹果产业技术体系专项资金(CARS-28); 甘肃省农牧厅科技攻关项目“早作富士苹果矮砧宽行现代建园与早丰技术试验研究”(gpck2013-3); 甘肃省现代水果产业技术体系现代果园建园与作业模式岗位; 农业部西北地区果树科学观测试验站(10218020)。

**作者简介:** 董 铁 (1969—), 男, 重庆人, 副研究员, 主要从事苹果栽培及育种工作。联系电话: (0)13919206727。Email: dongtie666888@163.com。

**通信作者:** 马 明 (1965—), 男, 甘肃泰安人, 研究员, 主要从事果树育种与栽培生理研究工作。联系电话: (0931)7616698。Email: maming65118@163.com。

- 诱变效应的研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2003.
- [5] 刘忠祥, 徐大鹏, 连晓荣, 等. 快中子辐照玉米自交系的细胞学效应及后代变异[J]. 辐射研究与辐射工艺学报, 2017, 35(6): 29-37.
- [6] 张姿丽, 刘鹏飞, 蒋 锋, 等. 基于四交群体的玉米叶夹角和叶向值 QTL 定位分析[J]. 中国农业大学学报, 2014(4): 7-16.
- [7] DUVICK D N. Genetic progress in yield of United States maize (*Zea mays* L.) [J]. *Maydica*, 2005, 50(3): 193-202.
- [8] MA D L, XIE R Z, NIU X K, et al. Changes in the morphological traits of maize genotypes in China between the 1950s and 2000s [J]. *European Journal of Agronomy*, 2014, 58: 1-10.

(本文责编: 陈 珩)