

## $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐照对甘薯农艺性状变异的影响

王鹏<sup>1</sup>, 刘录祥<sup>2</sup>, 纪瑞瑞<sup>1</sup>, 隋炯明<sup>1</sup>, 乔利仙<sup>1</sup>, 郭宝太<sup>1</sup>, 孔祥远<sup>1</sup>, 王晶珊<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>青岛农业大学生命科学院, 山东省高校植物生物技术重点实验室, 山东青岛266109; <sup>2</sup>中国农业科学院作物科学研究所/国家农作物基因资源与基因改良重大科学工程/国家农作物航天诱变技术改良中心, 北京100081

**摘要:** 以甘薯品种‘徐薯22’和‘烟薯25’刚萌芽的薯块为辐照材料, 采用 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线(0、10、20、30和50 Gy)辐照处理后进行催芽。结果表明, 随辐照剂量的增加, 发芽薯苗的数量和薯苗长度逐渐减少。萌发的薯苗移栽田间后, 50 Gy辐照的仅有少数成活, 并且生长严重受抑制, 最终未得到薯块。10 Gy辐照的与对照无明显差异, 未得到变异植株。20和30 Gy辐照的薯苗移栽田间后, 在叶片颜色、叶片形状、感病性、薯形和单株结薯重等方面发生变异。其中‘烟薯25’有一变异体, 薯皮暴筋现象极轻, 克服了亲本‘烟薯25’薯皮暴筋严重的弱点, 并且单株结薯重达2.75 kg。

**关键词:** 甘薯;  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐射; 农艺性状; 变异

## Effects of $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ Irradiation on Variation of Agronomic Characters of *Ipomoea batatas*

WANG Peng<sup>1</sup>, LIU Lu-Xiang<sup>2</sup>, JI Rui-Rui<sup>1</sup>, SUI Jiong-Ming<sup>1</sup>, QIAO Li-Xian<sup>1</sup>, GUO Bao-Tai<sup>1</sup>, KONG Xiang-Yuan<sup>1</sup>, WANG Jing-Shan<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>College of Life Sciences, Qingdao Agricultural University, Key Lab of Plant Biotechnology in Universities of Shandong, Qingdao, Shandong 266109, China; <sup>2</sup>Institute of Crop Sciences, China Academy of Agricultural Sciences/National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement/National Center of Space Mutagenesis for Crop Improvement, Beijing 100081, China

**Abstract:** The newly-sprouted tubers of sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties ‘Xushu 22’ and ‘Yanshu 25’ were used as materials with irradiation treatment by  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  rays (0, 10, 20, 30 and 50 Gy). The results indicated that the number and length of seedlings reduced gradually with the increase of irradiation dose. After the seedlings were transplanted into field, only a few seedlings with 50 Gy irradiation survived, the growth were severely inhibited and no storage roots were harvested finally. There was no significant difference between plants with 10 Gy irradiation and control plants. The plants with 20 and 30 Gy irradiation showed various variation in the color and shape of leaves, storage tuber shape, disease susceptibility and the weight of storage tuber per plant etc. A variant from ‘Yanshu 25’ showed minor reinforced stripes on the skin, overcoming the disadvantages of serious reinforced stripes which was common in ‘Yanshu 25’. And the weight of storage tuber of the variant reached up to 2.75 kg.

**Key words:** *Ipomoea batatas*;  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  irradiation; agronomic characters; variation

甘薯是我国重要的粮食、饲料和工业原料作物(谢一芝等2003; 王刚等2014), 研究表明, 甘薯营养均衡, 具有很好的保健作用和应用价值(江阳和孙成均2010; 刘鲁林等2008; 张立明等2003; Liu等2007), 近年来随着人们对保健意识的提高, 甘薯越来越受到青睐(贾赵东等2011; 李爱贤等2009; 李强等2004, 2008)。但甘薯遗传基础狭窄, 遗传多样性较差(李强等2009; 王红意等2009), 从而影响杂交育种获得突破性进展。诱变技术的利用可以创造自然界不存在的或极为罕见的新性状、新个体, 是创造新种质、培育新品种的有效途径(敖妍和潘

青华2008; 王晶珊等2013; 于新玲等2012)。辐照诱变育种具有变异频率高、变异谱大、后代稳定快、育种年限短等特点(李树发等2011)。

甘薯是无性繁殖植物, 辐照诱变是甘薯品种改良的重要途径之一(李爱贤等2002)。王玉萍等(2002)利用慢照射与茎尖培养相结合获得了薯形、薯肉色、高干率、高产量和High Brix的同质突

收稿 2015-03-30 修定 2015-05-25

资助 山东省薯类产业创新团队遗传育种岗位(SDAIT-10-011-03)。

\* 通讯作者(E-mail: jswang319@126.com; Tel: 15963291167)。

变体。He等(2009)对悬浮培养细胞辐照处理后进行耐盐筛选,获得了耐盐突变体。目前,利用诱变技术育成甘薯新品种的报道较少,王凤宝等(2008)利用秋水仙素和二甲基亚砷混合水溶液处理甘薯种子,从后代中选择培育出了高产、高淀粉、高蛋白、高铁、高锌短蔓新品种‘短蔓3号’。本研究利用甘薯刚萌芽的薯块作为辐照诱变材料,采用 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线进行辐照处理,对辐照处理后农艺性状的变异等进行了研究,以期获得优良突变体,从中筛选培育新品种或突变材料。

## 材料与方法

### 1 材料

甘薯(*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)品种‘徐薯22’和‘烟薯25’由青岛农业大学遗传教研室种植保存。

### 2 方法

#### 2.1 辐照方法

选择刚萌芽的薯块,2014年在北京大学采用 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线进行辐照处理,辐照剂量设置为10、20、30和50 Gy,以不进行辐照为对照。

#### 2.2 辐照甘薯后代性状观察

将辐照处理后的薯块摆放入沙子上,薯块上覆盖1~2 cm的沙,放入温室中,在相对湿度约60%、(27±2) °C条件下进行催芽。根据沙子的湿度适量喷水,催芽19 d后测定及统计发芽薯苗数和3 cm以上的薯苗长度,采用DPS软件Duncan新复极差法进行统计分析。

在温室中,薯块不断长出薯苗,当薯苗长到20 cm以上后,5月3日开始从薯块上采下,并栽植青岛农业大学试验田,之后,随长随采随栽。当栽植于试验田的薯苗分枝达30 cm以上后,从其上剪切茎蔓,再栽植于试验田,同时栽植诱变亲本作为对照。栽植行距均为80 cm,株距25 cm,按常规方法进行田间管理,10月20日收获。

生长期及收获期观察茎蔓颜色、叶片形状、薯块形状、抗病性、薯块大小及秤重单株结薯的重量。

## 实验结果

### 1 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐照对甘薯萌发的影响

‘烟薯25’和‘徐薯22’经辐照后的薯块放于温

室中催芽,以未进行辐照的薯块作为对照。催芽的薯块逐渐发芽,长出薯苗。图1显示,随辐照剂量的增加,除‘烟薯25’10 Gy处理的以外,发芽薯苗的数量逐渐减少。图2显示,‘烟薯25’未进行辐照的对照薯苗平均长度为19.1 cm,与10 Gy处理的无显著差异。其他随辐照剂量的增加,薯苗的长度显著缩短,不同处理之间差异显著。而‘徐薯22’的对照及其不同辐照剂量处理间均达到显著差异(图3)。

观察薯苗性状发现,有些辐照处理的薯苗叶片形状和叶片颜色明显变化。‘烟薯25’叶片形状为心形,顶部叶片紫色(图4-A)。辐照剂量为10 Gy时,部分薯苗的叶片为较浅的锯齿状(图4-B);辐照剂量提高到20 Gy时,薯苗绝大多数叶片为锯齿状(图4-C);辐照剂量为30 Gy时,有的顶部叶片变为

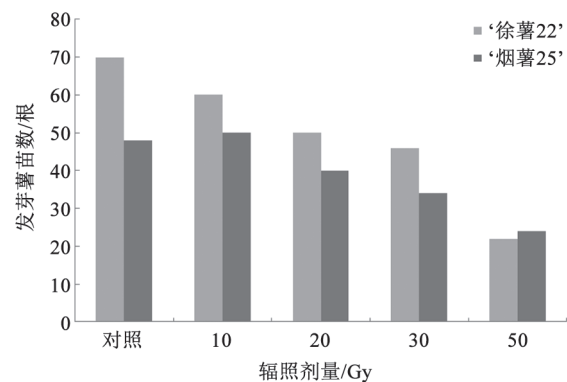


图1  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 辐照处理对发芽薯苗数的影响  
Fig.1 Effect of  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  irradiation on the number of germinated plantlets in *I. batatas*

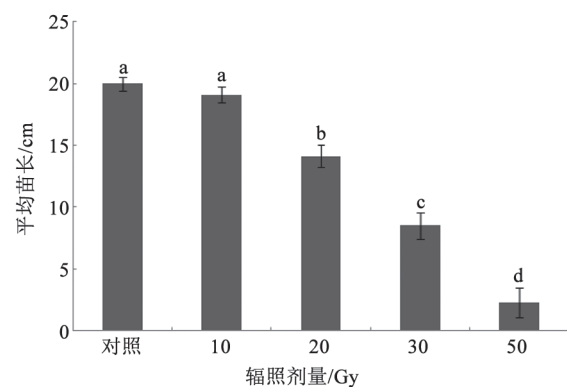


图2  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 辐照处理对‘烟薯25’薯苗长度的影响  
Fig.2 Effect of  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  irradiation on the plantlet length of ‘Yanshu 25’

不同小写字母表示0.05显著水平,下图同此。

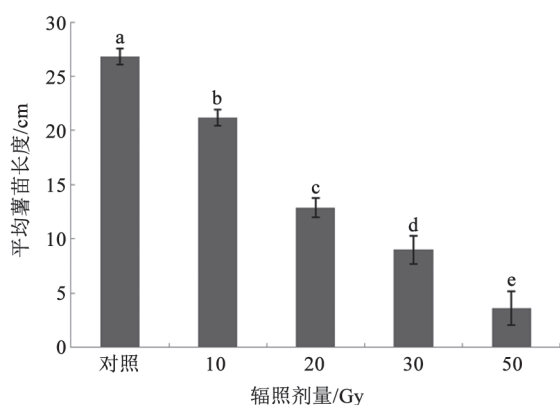


图3  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 辐照处理对‘徐薯22’薯苗长度的影响  
Fig.3 Effect of  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  irradiation on the plantlet length of ‘Xushu 22’

绿色, 有的叶片生长畸形(图4-D); 辐照剂量再提高到50 Gy时, 绝大多数叶片生长畸形(图4-E)。  
‘徐薯22’与‘烟薯25’类似, 在辐照剂量10 Gy时, 部分叶片为锯齿状; 辐照剂量20 Gy时, 薯苗绝大多数叶片为锯齿状; 辐照剂量30 Gy时, 部分叶片为锯齿状, 还有部分叶片为心形; 辐照剂量50 Gy时, 部分叶片为心形, 另有部分叶片畸形; 而未作辐照处理的‘徐薯22’为缺刻叶形, 顶部叶片绿色(结果未列出)。

## 2 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐照对甘薯田间茎蔓生长的影响

在温室中催芽的‘烟薯25’和‘徐薯22’及其经辐照的薯块不断发芽长出薯苗, 5月3日开始采苗栽植青岛农业大学试验田。移栽25 d后观察。从图5



图4 不同 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 辐照处理的‘烟薯25’薯苗生长  
Fig.4 Growth of ‘Yanshu 25’ seedlings treated by different  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  irradiation  
A: 诱变亲本‘烟薯25’; B: 10 Gy处理; C: 20 Gy处理; D: 30 Gy处理; E: 50 Gy处理。

可以看到, 辐照剂量50 Gy的‘徐薯22’移栽薯苗, 仅有少数成活, 并且生长严重受抑制, 小苗生长不正常。辐照剂量30 Gy以下各处理, 移栽薯苗几乎全部成活, 但茎蔓生长势和茎蔓长度随辐照剂量的增加明显降低。辐照剂量10 Gy时, 茎蔓生长势及茎蔓长度与未辐照的亲本无明显差异。辐照剂量30 Gy时, 生长受抑制, 茎蔓生长缓慢, 生长势差。辐照剂量20 Gy时, 生长势及茎蔓长度处于10~30 Gy之间(图5)。  
‘烟薯25’和‘徐薯22’情况类似。

## 3 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐照后的甘薯性状变异

‘烟薯25’和‘徐薯22’经辐照的薯块在温室中

催芽, 长出的薯苗直接栽植大田, 或移栽大田后长出的分枝再栽植大田, 进行常规栽培管理。观察和记载田间性状发现, 2个品种均表现出各种性状变异, 有的叶片颜色变异, 有的叶片形状变异。  
‘烟薯25’和‘徐薯22’均有叶片锯齿状的变异植株。辐照剂量20 Gy处理的‘徐薯22’有1株顶部叶片变为紫色(图6-B); 30 Gy处理的有1株叶片缺刻很深(图6-C); 还有1株长出了芽变分枝, 将芽变分枝剪切下再栽植田间, 叶片形状细长, 两头尖(图6-D)。而未作处理的‘徐薯22’叶片缺刻中等, 顶部叶片绿色(图6-A)。

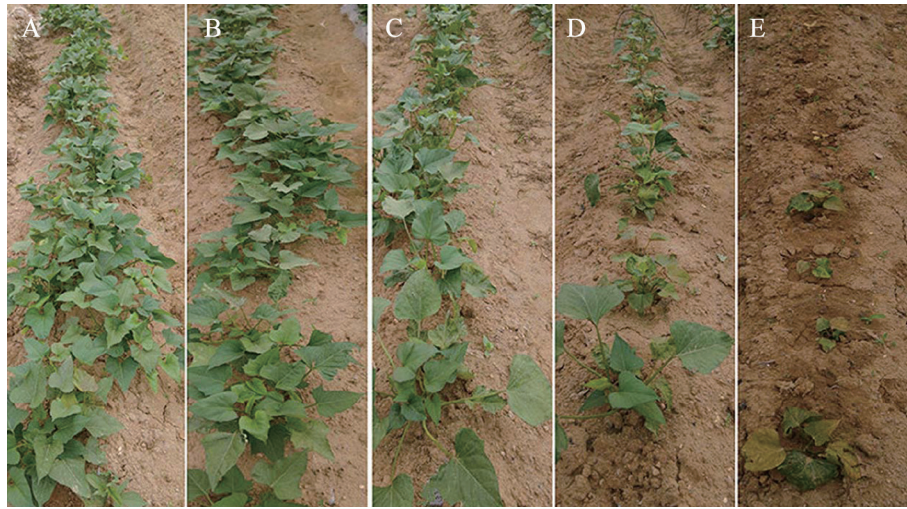


图5  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 辐照处理‘徐薯22’薯苗移栽田间后的生长

Fig.5 Growth of ‘Xushu 22’ plantlets treated by different  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  irradiation after transplanted in the field

A: 对照; B: 10 Gy处理; C: 20 Gy处理; D: 30 Gy处理; E: 50 Gy处理。

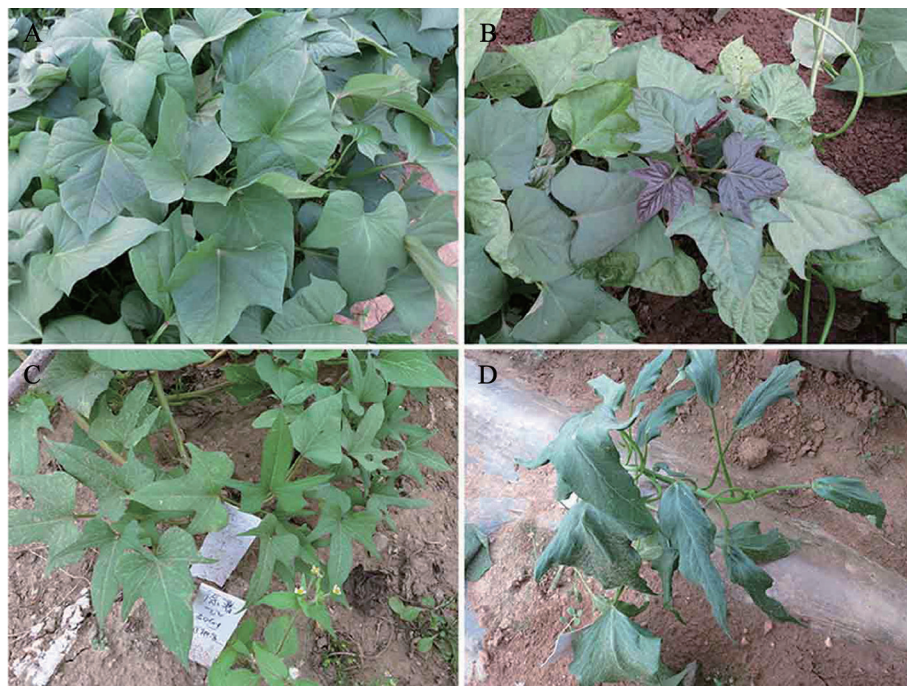


图6 ‘徐薯22’的叶片变异

Fig.6 Variation of leaf in ‘Xushu 22’

A: ‘徐薯22’正常植株; B: 顶部叶片变为紫色的变异体(20 Gy); C: 叶片缺刻很深的变异体(30 Gy); D: 叶片细长的变异体(30 Gy)。

收获期观察地下薯块性状发现, 辐照剂量50 Gy处理的‘烟薯25’和‘徐薯22’, 少部分成活的植株由于地上部生长极为缓慢, 均未得到薯块; 而辐照剂量10 Gy处理均未发现地下性状变异的植株。辐照剂量20和30 Gy处理的, 在薯块形状、感病性和

单株鲜薯重等方面各有变异。通过直观分析发现, ‘徐薯22’有103个单株鲜薯重分别比诱变亲本减少5%以上, 36个单株与亲本单株鲜薯重相当(差异5%以内), 12个则高于亲本(5%以上)。(‘烟薯25’有116个单株鲜薯重分别比诱变亲本减少5%以上, 41个

单株与亲本相当, 15个高于亲本。其中‘烟薯25’辐照剂量20 Gy有一变异植株单株鲜薯重达2.75 kg, 比对照增加51.1%, 并且薯皮暴筋现象极轻。此植株上结的3个薯块中, 仅有1个薯块上有半条暴筋, 其他2个薯块均无暴筋(图7-B), 而诱变亲本‘烟薯

25’薯皮暴筋严重(图7-A)。另外发现‘烟薯25’辐照剂量20 Gy处理的有一易感病的变异体(图7-C)。  
‘徐薯22’辐照后薯形变异的单株比较多, 有各种各样的不规则薯形, 也有在收获前已在地下发芽的变异株(图7-E和F)。

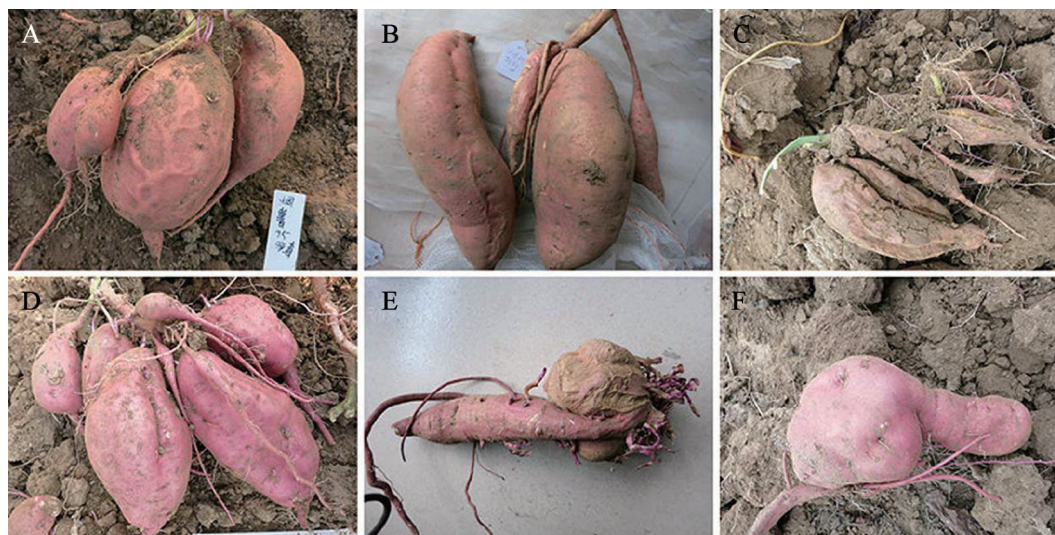


图7 甘薯的薯块形状变异

Fig.7 Phenotype variation of storage roots in *I. batatas*

A: ‘烟薯25’, 薯皮暴筋严重; B: ‘烟薯25’的一变异体, 薯皮暴筋极轻, 单株鲜薯重2.75 kg (20 Gy); C: ‘烟薯25’易感病的变异体(20 Gy); D: ‘徐薯22’; E: ‘徐薯22’薯形不规则的变异株, 薯块畸形切在地下已发芽(30 Gy); F: ‘徐薯22’薯形不规则的变异株(20 Gy)。

## 讨 论

本研究以甘薯品种‘徐薯22’和‘烟薯25’刚萌芽的薯块为辐照材料, 采用 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐照后进行催芽, 发芽的薯苗数量和长度随辐照剂量的增加显著减少。薯苗大部分叶片表现变异, 有的为锯齿状, 还有的畸形, 但移栽大田后, 其中大部分回复原品种的叶片形状, 类似情况也在 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐照切花月季上表现, 这是由于生理损伤自动修复(李树发等2011), 可能与植物细胞具有较强的辐照损伤修复能力有关, 使大部分DNA损伤能在短期内被修复(马爽等2007)。

辐照诱变具有很大的随机性(陈秀兰等2004), 本研究经 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐照从‘烟薯25’和‘徐薯22’获得了多个变异体, 有叶片形状、叶片颜色、感病性、薯形、薯皮性状及单株结薯重等变异。这些性状的改变有的可能是生理学改变所致, 有待于进一步进行世代鉴定验证。

‘烟薯25’是我国目前主要推广的食用型甘薯品种之一, 该品种产量高, 口感好, 但薯皮暴筋严重。本研究从辐照剂量20 Gy处理的‘烟薯25’获得了一个变异体, 暴筋现象极为减轻, 增加了薯块的感观性, 并且单株鲜薯重达2.75 kg, 期望利用该变异体能培育成高产优质美观的甘薯新品系。

不同基因型对辐照的敏感性不同(于虹漫和陈宗瑜2004)。李树发等(2011)利用 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐照切花月季的研究结果表明, 对辐照耐受性弱的品种以辐照剂量40~50 Gy为宜, 耐受性强的品种50~60 Gy为宜。刘丽强等(2010)运用 $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线辐照观赏海棠组培苗, 结果表明30 Gy是海棠组培苗适宜的辐射剂量。本文研究结果, 20~30 Gy为甘薯薯块适宜的诱变剂量; 在50 Gy时辐照损伤严重, 未得到后代薯块; 而10 Gy辐照未得到变异体。

突变常常不能在突变当代表现出表型的变化, 需在自交后代表现。但甘薯存在着杂交不亲和群, 同一不亲和群内的品种间杂交不亲和(Wang等

2007), 自交也不亲和, 发生的隐性突变无法通过自交在后代中表现。本文突变体当代表现出的变异可能是由于显性突变, 我们在花生化学离体诱变及定向筛选耐盐突变体的研究中, 也在当代获得了茎枝颜色变异的突变体(赵明霞等2012)。

本研究获得的甘薯变异体, 特别是产量性状变异体和易感病变异体有待于进一步鉴定和研究。

### 参考文献

- 敖妍, 潘青华(2008).  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线辐照扶芳藤枝条的表型变异研究. 核农学报, 22 (3): 217~275
- 陈秀兰, 包建忠, 刘春贵, 曹宏, 翟建青(2004). 观赏荷花辐射诱变育种初报. 核农学报, 18 (3): 201~203
- 贾赵东, 马佩勇, 郭小丁, 谢一芝(2011). 不同肥密条件处理对甘薯产量与干物质积累的影响. 华北农学报, 26 (增刊): 121~125
- 江阳, 孙成均(2010). 甘薯的营养成分及其保健功效研究进展. 中国农业科技指导报, 12 (4): 56~61
- 李爱贤, 刘庆昌, 王庆美, 张海燕, 侯夫云(2009). 我国甘薯育种研究现状及展望. 山东农业科学, 1: 38~42
- 李爱贤, 张立明, 刘庆昌, 王庆美, 孙立荣(2002). 甘薯辐射诱变育种研究进展. 莱阳农学院报, 19 (4): 256~260
- 李强, 李鹏, 刘庆昌, 马代夫, 李秀英, 王欣, 曹清河, 翟红(2008). 东亚甘薯品种AFLP标记遗传差异研究. 分子植物育种, 6 (5): 905~911
- 李强, 刘庆昌, 马代夫(2004). 甘薯原生质体培养研究进展. 杂粮学报, 24 (5): 271~274
- 李强, 刘庆昌, 马代夫, 李鹏, 李秀英, 王欣, 曹清河, 翟红(2009). 中国甘薯主要育成品种的遗传多样性及遗传趋势. 江苏农业学报, 25 (2): 253~259
- 李树发, 张颢, 邱显钦, 葛红, 蹇洪英, 王其刚, 晏慧君, 唐开学(2011). 切花月季 $^{60}\text{Co}$ 辐照诱变育种初报. 核农学报, 25 (4): 0713~0718
- 刘丽强, 刘军丽, 张杰, 耿慧, 张玉萍, 沈红香, 高遐红, 姚允聪(2010).  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 射线对观赏海棠组培苗的诱变效应. 中国农业科学, 43 (20): 4255~4264
- 刘鲁林, 木泰华, 孙艳丽(2008). 不同品种甘薯块根营养成分及相关性分析. 中国粮油学报, 23 (1): 39~43
- 马爽, 李文建, 周利斌, 余丽霞, 董喜存(2007). 观赏植物诱变育种的研究现状和展望. 核农学报, 21 (4): 378~382
- 王凤宝, 付金峰, 董立峰, 张永信(2008). 秋水仙素和二甲基亚砷诱变选育短蔓型甘薯新品种短蔓3号. 核农学报, 22 (2): 169~174
- 王刚, 肖强, 衣艳君, 杨洪兵, 史衍玺, 刘家尧(2014). 甘薯幼苗对NaCl胁迫的生理响应及外源钙的缓解效应. 植物生理学报, 50 (3): 338~346
- 王红意, 翟红, 王玉萍, 何绍贞, 刘庆昌(2009). 30个中国甘薯主要栽培品种的RAPD指纹图谱构建及遗传变异分析. 分子植物育种, 7 (5): 879~884
- 王晶珊, 赵明霞, 乔利仙, 隋炯明, 孔福全, 王潇, 刘录祥(2013). 快中子辐照对花生种子胚小叶植株再生的影响. 中国油料学报, 35 (2): 148~152
- 王玉萍, 刘庆昌, 李爱贤, 翟红, 森下敏和, 洪重建(2002). 慢辐射与茎尖培养相结合筛选甘薯同质突变体. 作物学报, 28 (1): 18~23
- 谢一芝, 尹晴红, 戴起伟, 邱瑞镰, 吴纪中(2003). 甘薯品种抗黑斑病鉴定及其遗传趋势. 植物遗传资源学报, 4 (4): 311~313
- 于新玲, 刘录祥, 乔利仙, 隋炯明, 郭宝太, 徐丽娟, 王晶珊(2012). 高能混合粒子场辐照对花生胚小叶组织培养及植物再生的影响. 核农学报, 26 (3): 0433~0438
- 于虹漫, 陈宗瑜(2004). 花卉的辐射敏感性. 内蒙古农业科技, (1): 34~36
- 张立明, 王庆美, 王荫墀(2003). 甘薯的主要营养成分和保健作用. 杂粮作物, 23 (3): 162~166
- 赵明霞, 孙海燕, 隋炯明, 乔利仙, 范乾程, 王晶珊(2012). 离体筛选花生抗逆突变体及其后代特征特性研究. 核农学报, 26 (8): 1106~1110
- He S, Han Y, Wang Y, Zhai H, Liu Q (2009). *In vitro* selection and identification of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) plants tolerant to NaCl. Plant Cell Tiss Organ Cult, 96: 69~74
- Liu C, Wang, Lan S, Dong L (2007). Review on hygienical components of sweet potato and their functions. Sci Pap, 8 (1): 7~11
- Wang JS, Sakai T, Taura S, Sato M, Kokubu T (1997). Production of somatic hybrid between cultivars of sweet potato, *Ipomoea batatas* (L.) Lam. in the same cross-incompatible group. Breed Sci, 47 (2): 135~139