

# $^{60}\text{Co}$ $\gamma$ 射线对马铃薯的辐射效应及其在育种中应用的研究

谢莲美 刘满仓 张永成 辛元品

(青海省农科院)

邵步金

(青海大学)

## 摘要

本试验系不同剂量和剂量率的  $\gamma$  射线照射不同品种马铃薯的休眠块茎, 诱发出突变株系, 选育出高产、抗病、优质的辐射高原7号等新品系用于生产, 获得了显著的增产效果。本文通过对各辐射株系与原品种主要遗传性状的观察、比较, 对马铃薯辐射育种中的几个遗传变异问题进行了初步探讨。

## 1 前 言

辐射引起生物的遗传性变异, 早在1927年就被美国人穆勒 (H J Muller) 所发现。诱变育种也已经历了近60年的发展历史, 迄今已在上百种作物上得到了应用。我国从1958年以来, 用辐射技术先后育成了一批水稻、小麦、大豆、花生、棉花、谷子、油菜、白菜等农作物新品种。但是, 辐射技术在马铃薯育种上的应用, 在理论上尚有不同认识, 在实践上亦未见辐射新品种应用于大田生产的报道。

多年实践证明, 从引进品种中筛选的品种, 只能短期应用于生产, 不宜大面积栽培, 自育的新品种, 虽然适宜在青藏高原较长时期栽培, 但由于我国不是马铃薯的原产地, 亲本材料基因库狭窄, 配制杂交组合所

获得的后代材料, 有些性状仍不够理想。因此, 开辟马铃薯育种的新途径, 势在必行。

辐射育种产生的变异范围大, 变异类型受亲本限制较小, 有可能创造自然界所没有的新类型。

为了探讨  $\gamma$  射线对马铃薯的辐射效应, 并通过  $\gamma$  射线辐射处理, 引起马铃薯遗传性的变异, 在较短时间内改良现有良种的个别不良性状, 为大田生产提供优良新品种, 我们从1982年开始进行这项试验研究, 现将结果报告如下。

## 2 材料和方法

**材料:** 深眼窝、高原4号和高原7号品种的休眠薯块。

本文经青海省农科院的朱贤研究员审核, 特此谢意。

## 方法:

### a. 薯块的辐射处理

1982年5月4日, 选用 $\gamma$ 射线照射, 照射剂量分别为1000, 3000, 5000, 7000伦琴4组, 照射剂量率为235.5伦琴/分, 供试品种为深眼窝, 照射薯块各20个。

1983年3月3日, 选用 $\gamma$ 射线照射, 照射剂量分别为3000, 5000, 7000, 9000伦琴4组, 照射剂量率为99.5伦琴/分, 供试品种为深眼窝, 照射薯块各5个。

1984年3月9日, 选用 $\gamma$ 射线照射, 照射剂量分别为3000, 5000, 7000, 9000, 11000伦琴5组, 照射剂量率为186.6伦琴/分, 供试品种为高原4号及高原7号。照射薯块各10个。

### b. 播种、田间管理、考种及选择

将照射的薯块播种在省农科院试验地。按照西宁地区马铃薯栽培技术措施, 进行播种、田间管理等工作, 并分期进行观察、记载和考种。

辐射当代每穴播1整薯。长出的植株及薯块即为辐射一代( $M_1$ ), 以穴为株系, 逐穴分别收获、贮藏。翌年将上年收获的每1薯块(整薯)分穴播种, 成为一个新的株系, 为辐射二代( $M_2$ )。根据观察测定, 淘汰不良株系, 选择综合性状好的变异类型, 次年种成辐射三代( $M_3$ )。

### c. 加速繁殖

辐射三代及以后各代采用切薯播种, 继续进行观察、测定和对比试验, 选留性状稳定的优良变异株系, 直至达到育种目标为止。

## 3 结果与讨论

3.1 选择适宜的原始材料进行辐射处理, 是能否获得优良的变异后代的前提, 也是马铃薯辐射育种成败的关键之一。本试验表明, 不同品种具有不同的辐射敏感性。三

个供试品种的休眠薯块经适当剂量的 $\gamma$ 射线照射后, 均表现出不同程度的辐射效应, 如出苗率、成活率降低, 生长受抑制, 当代产量降低、后代出现变异株系等; 三个品种对相同剂量的 $\gamma$ 射线的敏感性不同, 产生性状变异的程度不同: 高原7号>高原4号>深眼窝。因为选择优良株系淘汰不良株系, 至1987年已把高原4号和深眼窝的辐射后代全部淘汰。

表1、表2、表3资料表明, 高原7号辐射后代中的某些株系在株高、叶型、茎粗、分枝部位、熟性、抗病性及品质等形态特征和生理特征上发生了一些变异, 这就为选育新品种提供了丰富的材料。为什么三个供试品种的辐射效应变异程度不同呢? 我们认为, 深眼窝是我省农家品种, 栽培历史悠久, 遗传性状比较稳定; 高原7号系用高原4号(多籽白×米拉)作母本, 高原3号(牛头×米拉)作父本有性杂交单系培育而成的复合杂种, 三个品种的杂合程度不同: 高原7号>高原4号>深眼窝。由此可见, 马铃薯的辐射效应与被照射材料的杂合程度密切相关。杂合程度愈高辐射后代的变异幅度愈大, 出现其亲本所没有的新性状的可能性愈大。因此, 选择综合性状较好、杂合程度高的品种作为辐射育种的试验材料, 比较容易获得理想的辐射品系。

试验表明, 高原7号辐射后代, 绝大多数性状与原品种高原7号相似, 只有极少数后代的极少数性状发生了有利的变异, 这是马铃薯辐射育种的特点之一。高原7号是我省自育的推广良种, 适应性强, 增产潜力大。本试验从高原7号辐射后代中选出的优良品系, 既保持了原品种丰产、早熟、适应性强等优良性状, 又克服了原来品质较差, 抗M,S病毒能力较弱等缺点(见表1、表2、表3), 由于原品种综合性状较好, 经辐射后个别缺点得到改良, 导致产量显著提高。

表 1

形态及生理性状记载

| 品<br>项<br>目 | 84—七<br>—3—1 | 84—七<br>—3—2      | 84—七<br>—3—3 | 84—七<br>—3—5 | 84—七<br>—3—6 | 84—七<br>—3—7    | 84—七<br>—5—6         | 84—七<br>—5—7 | 84—七<br>—7—1 | 高原7号     |
|-------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|----------------------|--------------|--------------|----------|
| 株高 CM       | 60.9         | 44.1              | 48.3         | 44.7         | 40.7         | 38.7            | 49.2                 | 41.5         | 45.3         | 41.8     |
| 茎粗 CM       | 1.62         | 1.52              | 1.64         | 1.37         | 1.49         | 1.53            | 1.39                 | 1.21         | 1.18         | 1.47     |
| 分枝部位        | 下、上部         | 上、下部              | 上、下部         | 上、下部         | 上、下部         | 下上中部            | 下、上部                 | 基、上部         | 下、中部         | 中、上部     |
| 幼苗生长势       | 强            | 强                 | 强            | 强            | 中            | 强               | 强                    | 强            | 强            | 中        |
| 叶 色         | 浓绿           | 绿                 | 绿            | 绿            | 浓绿           | 浓绿              | 绿                    | 浓绿           | 浓绿           | 绿        |
| 茎 色         | 绿            | 绿                 | 绿            | 绿            | 绿            | 绿, 下部<br>有紫斑    | 绿                    | 绿, 下部<br>浅红斑 | 绿, 下部紫斑      | 绿        |
| 顶 小 叶       | 形状           | 椭圆                | 椭圆           | 倒卵           | 椭圆           | 椭圆              | 倒卵                   | 椭圆           | 长倒卵          | 倒卵       |
|             | 顶端           | 较尖                | 较尖           | 尖            | 尖            | 中               | 中                    | 尖            | 较尖           | 较尖       |
|             | 基 部          | 中间形<br>边卷多<br>不卷少 | 楔形           | 中间形          | 中间形          | 心脏形<br>边卷       | 楔、中间<br>形, 边平<br>卷都有 | 中间形<br>边外卷   | 楔形           | 楔形       |
| 侧小叶对数       | 4            | 3—4               | 3            | 3—4          | 3—4          | 3—4             | 3                    | 3—4          | 4            | 5—7      |
| 托叶形状        | 叶形           | 中间形小              | 叶形           | 叶形           | 叶形小          | 叶形              | 叶形                   | 中间形<br>很小    | 叶形           | 中间形      |
| 花序花朵数       | 3—10         | 1—14              | 4—17         | 1—7          | 1—7          | 1—12            | 1—9                  | 3—9          | 4—9          | 4—6      |
| 柱头形状        | 三分裂          | 三分裂               | 三分裂          | 二三分裂         | 二分裂          | 三分裂             | 三分裂                  | 二分裂          | 三分裂          | 三分裂      |
| 薯 形         | 圆、卵圆<br>椭圆扁圆 | 圆、卵圆              | 圆、卵圆         | 扁圆<br>椭圆     | 卵圆、<br>长扁圆   | 长卵圆<br>椭扁圆<br>扁 | 圆、椭圆                 | 卵圆           | 圆、卵圆<br>椭圆   | 卵圆<br>椭圆 |
| 生育期(天)      | 139          | 141               | 142          | 144          | 125          | 125             | 132                  | 132          | 122          | 142      |

表 2

抗 病 性 观 测 表

| 类<br>型<br>品<br>系 | 花叶病株率% | 矮化株率% | 晚疫病薯块发病率% | 干腐病薯块发病率% |
|------------------|--------|-------|-----------|-----------|
| 84—七—3—1         | 0      | 0     | 0         | 0         |
| 84—七—3—2         | 0      | 0     | 0         | 0         |
| 84—七—3—3         | 0      | 0     | 0         | 0         |
| 84—七—3—5         | 1      | 0     | 0         | 0         |
| 84—七—3—6         | 0      | 0     | 1         | 0         |
| 84—七—3—7         | 0      | 0     | 0         | 0         |
| 84—七—5—6         | 0      | 0     | 0         | 0.1       |
| 84—七—5—7         | 0      | 0     | 0         | 0         |
| 84—七—7—1         | 0      | 0     | 0         | 0         |
| 高原7号             | 5      | 2     | 0.1       | 0.3       |

表 3 品质分析表

| 项目<br>品系 | 干物质%  | 还原糖%   | 粗蛋白% | 粗淀粉%  | 维生素C mg/100g |
|----------|-------|--------|------|-------|--------------|
| 84—7—3—1 | 21.04 | 0.4561 | 2.18 | 17.69 | 15.71        |
| 84—7—3—2 | 25.42 | 0.6233 | 1.85 | 20.37 | 14.45        |
| 84—7—3—3 | 23.40 | 0.6386 | 2.00 | 18.93 | 15.90        |
| 84—7—3—5 | 30.59 | 0.4898 | 2.05 | 16.77 | 19.64        |
| 84—7—3—6 | 28.66 | 0.8413 | 1.67 | 19.73 | 18.08        |
| 84—7—3—7 | 24.52 | 0.6386 | 1.56 | 16.76 | 17.30        |
| 84—7—5—6 | 31.28 | 0.7617 | 1.62 | 23.12 | 16.64        |
| 84—7—5—7 | 22.30 | 0.6252 | 1.31 | 18.08 | 16.88        |
| 84—7—7—1 | 29.02 | 1.2468 | 1.56 | 17.05 | 20.22        |
| 高原7号     | 27.50 | 0.8636 | 1.98 | 18.30 | 24.31        |

1984~1988年5年品系间平均单产幅度2963~3742公斤/亩, 比原品种高原7号(对照)增产19.1~50.5% (表4); 1988年在湟源

县大华乡试种20亩, 平均亩产2308公斤, 其中高的达亩产3200公斤。一般比对照品种增产10~50%。

表 4 辐射高原7号品系产量统计 公斤/亩

| 项目<br>品系 | 1984年<br>M <sub>1</sub> | 1985年<br>M <sub>2</sub> | 1986年<br>M <sub>3</sub> | 1987年<br>M <sub>4</sub> | 1988年<br>M <sub>5</sub> | 总平均  | 比对照增减产% |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------|---------|
| 84—7—3—1 | 3500                    | 4090                    | 2727                    | 4570                    | 2525                    | 3482 | 40.0    |
| 84—7—3—2 | 4300                    | 5555                    | 3408                    | 2424                    | 2525                    | 3742 | 50.5    |
| 84—7—3—3 | 5700                    | 4545                    | 3357                    | 2752                    | 2398                    | 3730 | 50.5    |
| 84—7—3—5 | 5200                    | 3156                    | 2020                    | 2171                    | 2272                    | 2963 | 19.1    |
| 84—7—3—6 | 6000                    | 4620                    | 2575                    | 2695                    | 2121                    | 3482 | 40.4    |
| 84—7—3—7 | 5500                    | 4040                    | 2499                    | 2598                    | 2250                    | 3337 | 34.2    |
| 84—7—5—6 | 5300                    | 3787                    | 2575                    | 2424                    | 2525                    | 3322 | 33.6    |
| 84—7—5—7 | 3800                    | 4292                    | 2121                    | 2171                    | 2525                    | 2981 | 19.9    |
| 84—7—7—1 | 3600                    | 5176                    | 2171                    | 2449                    | 2302                    | 3239 | 30.2    |
| 高原7号     | 3500                    | 2920                    | 2045                    | 2045                    | 1919                    | 2487 | 0       |

1984, 1985, 1986年是每亩折产, 1987和1988年是每亩实产

3.2 马铃薯属于同源四倍体作物。栽培品种多系杂合体, 遗传基础复杂。鉴于同源多倍体比二倍体诱变频率低, 获得优良辐射株系的频率更低, 诱变育种难度较大。但其好处是, 在适宜的辐射剂量下所引起的有

利突变, 一旦在表现型上显示出来, 无需纯化, 即可用无性繁殖方法加以固定和利用。

多年的育种实践表明, 对马铃薯进行辐射处理不失为一种行之有效的育种手段。用 $\gamma$ 射线辐射处理的马铃薯, 可以引起染色体

畸变, 亦可产生基因突变。与有性繁殖的作用相似, 利用有利的显性突变和隐性突变的可能性, 在无性繁殖的马铃薯上同样存在。因为, 同一位点上一般只有一个等位基因发生突变, 就质量性状而言, 突变基因能否表现, 随该位点的杂合程度而有差异。就  $aaaa \rightarrow Aaaa$  的显性突变而言, 突变性状在  $M_1$  代即可得到表现。而由  $aaaa \rightarrow A Aaa$ 、 $A Aaa \rightarrow AAAa$  和  $AAAa \rightarrow AAAA$  的显性突变, 后代的表现型则不会发生变化 (除有剂量效应外)。多数隐性突变虽然难以通过无性繁殖得到纯化、表现, 但在  $Aaaa \rightarrow aaaa$  的情况下, 即原始材料在这个位点上是单显性杂合体时, 一个显性等位基因发生了隐性突变, 也可以使突变基因在  $M_1$  代中表现出来。双显体 ( $AAaa$ )、三显体 ( $AAAa$ )、四显体 ( $AAAA$ ) 的隐性突变, 则无法从表现型上加以鉴别, 也无法通过无性繁殖使之纯化, 加以利用。

本试验采用的高原 7 号, 是有性复合杂交产生的杂种, 在不同位点上, 不同程度的杂合性极其复杂, 通过辐射有可能产生频率很低的显性或隐性突变株系。同时, 辐射可以使马铃薯产生一些微突变。从表列数据可以看出, 株高、茎粗、品质、生育天数及产量等, 均呈连续性变异。这与  $\gamma$  射线辐射引起的控制这些性状的微效多基因的突变有关。虽然每一个微效基因的突变对性状的表现作用较小, 但因具有累加作用, 而且其中出现有利突变的频率比大突变为高, 所以, 微突变对于马铃薯薯块产量的提高是不容忽视的。在马铃薯辐射育种的过程中, 我们应当特别注意观察、记载和重视对微突变的选择和利用。

**3.3 用马铃薯作诱变材料时, 同一薯块上各休眠芽所受到的辐射剂量差异较大, 加之不同芽原基的发育程度不同, 辐射效应差异较大。几年来对三个品种用不同剂量的**

$\gamma$  射线照射, 结果表明: 照射剂量在 1000~9000 伦琴范围内, 深眼窝、高原 4 号均能出苗。但随着照射剂量的增加, 植株生长所受的影响增大, 产量依次降低, 诱变的适宜照射剂量为 3000 伦琴, 致死剂量为 11000 伦琴。高原 7 号辐射敏感性强, 致死剂量为 9000 伦琴, 适宜的诱变照射剂量为 3000~5000 伦琴 (表 5、表 6)。

表 5 不同照射剂量与出苗的关系

| 品系           | 剂量  | 对照   |      |      |      |      |       |
|--------------|-----|------|------|------|------|------|-------|
|              |     | 1000 | 3000 | 5000 | 7000 | 9000 | 11000 |
| 深眼窝 $M_1$    | 播种数 | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20    |
|              | 出苗数 | 20   | 20   | 20   | 20   | 4    | 0     |
| 高原 4 号 $M_1$ | 播种数 | /    | 10   | 10   | 10   | 10   | 10    |
|              | 出苗数 | /    | 10   | 9    | 7    | 3    | 0     |
| 高原 7 号 $M_1$ | 播种数 | /    | 10   | 10   | 10   | 10   | 10    |
|              | 出苗数 | /    | 9    | 9    | 1    | 0    | 0     |

表 6 不同照射剂量与单株平均产量关系 (公斤/株)

| 品系           | 剂量    | 对照   |      |      |      |      |      |
|--------------|-------|------|------|------|------|------|------|
|              |       | 1000 | 3000 | 5000 | 7000 | 9000 |      |
| 深眼窝 $M_1$    | 1.64  | 0.91 | 0.76 | 0.93 | 0.15 | 0.43 |      |
| 高原 4 号 $M_1$ | /     | 1.39 | 0.76 | 0.08 | 0.27 | 1.90 |      |
| 高原 7 号 $M_1$ | /     | 2.44 | 1.83 | 1.80 | /    | 1.40 |      |
|              | $M_2$ | /    | 1.72 | 1.63 | 2.05 | /    | 1.16 |
|              | $M_3$ | /    | 1.09 | 0.85 | 0.86 | /    | 0.31 |
|              | $M_4$ | /    | 1.03 | 0.91 | 0.97 | /    | 0.61 |
|              | $M_5$ | /    | 0.94 | 1.00 | 1.11 | /    | 0.76 |

本试验采用整薯播种, 在  $M_1$  代的同一穴内, 变异的和未变异的植株混在一起, 不宜以株为单系进行选择。选择工作应到  $M_2$  代才开始进行。

据观察, 凡采用幼小嫩薯块作供试材料的, 在其后代中选出能够真实遗传的突变植

株的频率较高, 而采用老化薯块作供试材料的, 诱发频率则较低。我们还发现, 辐射一代中的有些变异株系, 到了第二代, 有些变异性状得而复失。如1983年辐射的深眼窝82—1—6—2株系曾出现顶叶呈“棉花叶”形状, 但到次年, 该性状消失, 又恢复为正常叶形。显然, 这是由于突变的单细胞性质产生的嵌合现象引起的。照射马铃薯的薯块, 变异发生在幼芽芽原基的单细胞中。因此应当采用幼嫩薯块进行照射, 以减少嵌合体, 提高诱变效果, 并从一开始就采用单芽播种, 以提高选择效果, 缩短育种年限。

此外, 从表2还可看出, 辐射高原7号各品系的抗病性提高了, 矮化株减少了, 可

能是该抗性基因位点发生突变, 从而改变了遗传组成的结果。至于这种突变究竟是属于隐性突变还是显性突变, 是受单基因控制还是受多基因控制的, 以及这种抗病性能否稳定遗传, 尚需进一步进行抗病基因分析和基因比较才能作出结论。

## 参 考 文 献

- (1) 浙江省农科院作物所原子能利用研究室. 让原子能更好地为发展社会主义农业服务—浙江省农作物辐射育种工作总结. 原子能在农业上的应用, 1975
- (2) 广东农科院粮食作物研究所. 1975, 水稻辐射育种工作体会. 原子能在农业上的应用, 1975
- (3) 华北农大等. 植物遗传育种学, 1976

# RADIATION EFFECT OF $^{60}\text{Co}$ $\gamma$ RAY TREATMENT ON POTATOES AND ITS APPLICATION IN BREEDING PROGRAMME

Xie Lianmei, Liu Mancang, Zhang Yongchen and Xin Yuanpin

(Qinghai Academy of Agricultural Sciences)

Shao Bujin

(Qinghai University)

## ABSTRACT

The dormant potato tubers of several cultivars were radiated with  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  ray at different doses and different dose rates. The new mutant clones, with high yield, good quality and resistance to diseases, had been selected. In addition, some problems involved in potato radiation breeding were also discussed based on comparisons of the main traits between the clones derived from the radiated cultivars and the original cultivars.