

DOI:10.19462/j.cnki.zgzy.20241231001

青花6号辐射诱变体系探索及突变体库的构建

董敬超 王腾蛟 于树涛 殷业超 张宇 王立夫 张诗行

(辽宁省沙地治理与利用研究所,阜新 123000)

摘要:为了获得新的花生种质资源,利用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射处理对花生青花6号的干种子进行诱变,建立花生突变体库,获得多种具有潜在价值的突变体,对这些突变体的表型性状及品质性状进行分析后发现,辐射处理后主茎高、荚果长度、种子形状、单株果重、单株荚果数、单粒重、种子油酸含量和蔗糖含量等性状的突变频率较高,超过了10.00%。植株矮化和种子油酸含量2个性状出现了可以稳定遗传的优良突变体,特别在油酸含量性状上明显优于青花6号。这些遗传突变体的获得,为花生的品种创新及遗传改良奠定了坚实的基础,也为花生的功能基因组学研究提供了丰富的资源。

关键词:花生;青花6号;突变体;辐射诱变

Exploration of the Radiation-Induced Mutagenesis System in Qinghua No. 6 and Development of a Comprehensive Mutant Library

DONG Jingchao, WANG Tengjiao, YU Shutao, YIN Yechao,

ZHANG Yu, WANG Lifu, ZHANG Shihang

(Liaoning Institute of Sand Control and Utilization, Fuxin 123000, Liaoning)

花生是一种自花授粉植物,栽培种花生为异源四倍体,而其近缘的野生种大多数为二倍体,这导致两者存在杂交不亲和特性^[1],极大地限制了栽培花生与其远缘野生花生之间的基因交换。目前,约90%的花生栽培品种的主要来源为伏花生和狮头企。生产上利用的花生品种遗传多样性较为狭窄^[2],大部分品种是通过有性杂交培育而成,虽然杂交育种是选育花生新品种的基础手段,但从构建杂交组合到参加区域试验的整个育种过程较为漫长,再加上花生的繁殖系数较低,已然无法满足市场对花生新品种日益增长的需求。

利用诱变技术创制突变体种质是提高作物遗传改良与科学研究的重要途径。辐射诱变育种技术是在人工控制条件下,采用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线对种子进

行辐照,使其染色体的数量与结构发生变化,从而引起植株性状的变异,进而获取到具有生产价值的突变体,并在此基础上培育出新种质资源的方法^[3]。突变的遗传性状通常在经过3~4代的选择后便可实现稳定,其育种周期相对较短^[4],有助于提高花生育种效率。

本研究旨在利用 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线对青花6号花生干种子进行辐射处理,以此构建突变群体,并在技术上实现新的突破,发掘具有实际应用潜力的优质突变系,创制出高利用价值的特异新花生种质资源,并应用于新品种的选育。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为辽宁省沙地治理与利用研究所引进的优质花生品种青花6号,该品种属珍珠豆型小花生品种。荚果蚕茧形,果腰不明显,籽仁桃圆形,外种皮粉色,内种皮白色。辽宁地区春播生育期121d左右,主茎高37cm,侧枝长41cm,总分枝9个;单株结果16个,单株生产力16.0g,百果重

基金项目:2023年度沈阳市科学技术计划:种业创新专项(23-410-2-08);辽宁省种质创新藏粮于技专项计划(2023JH1/10200002);辽宁省农业科学院花生育种与栽培学科建设(2024XKJS234)

通信作者:于树涛

161g,百仁重 67g,出米率 75.4%;抗病性中等。蛋白质含量 22.3%,脂肪含量 45.9%,油酸含量 40.0%,属于普通品种。目前在辽宁省大部分地区均有种植。

1.2 试验设计 将青花 6 号干种子进行 3 个浓度梯度的 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 辐射处理,辐射强度分别为 100Gy、150Gy、200Gy,同时设置未经辐射处理的青花 6 号种子作为对照。每次 300 粒干种子,重复 3 次。在辽宁省农业科学院辐照中心实验室进行辐射处理,辽宁省沙地治理与利用研究所园区种质资源基地种植花生种子。研究表明,150Gy 辐射强度为最佳突变诱变剂量,因此对该辐射强度下的种子进行种植,并构建突变体库。

2022 年统计 M_1 种子的出苗率,进行单株收获,获得了 199 个株系。2023 年每个株系挑选出 5 粒饱满的 M_2 种子(少于 5 粒全部选用)进行单粒播种,分单株收获,获得了 199 个株系,841 个单株。生育期内对各单株的农艺性状进行评估,鉴别出存在显著差异的突变个体,并且只要 1 个性状改变就是突变,在评估总体突变频率时,具有多个突变性状的突变体将不被重复计算。2024 年从 M_3 的 199 个株系中,每株系挑选 1 株具有典型性状的植株,取 5 粒饱满种子进行田间种植,建立 M_3 突变群体,并对该群体的性状进行调查与鉴定。

1.3 性状测定 对 M_2 、 M_3 植株进行田间农艺性状调查,包括叶片性状、植株性状、荚果性状、种子性状、产量性状。叶片面积的大小由叶面积测定仪测定。叶片性状有叶形、叶片长度、长宽比、叶色、卷曲与否、斑驳程度、多小叶,以高于或低于对照 30% 的性状作为突变性状;植株性状有主茎高、侧枝长、总分枝、结果枝等,以高于或低于对照 30% 的性状作为突变性状;荚果性状有果腰明显程度、果嘴明显程度、网纹明显程度、荚果长度、荚果形状等,以高于或低于对照 10% 的性状作为突变性状;种子性状有种皮颜色、形状、单粒重等,种子品质性状有粗脂肪含量、粗蛋白含量、油酸含量、蔗糖含量等,均以高于或低于对照 10% 的性状作为突变性状;产量性状有单株果重、单株荚果数、出仁率等,单株果重和单株荚果数以高于或低于对照 50% 的性状作为突变性状,出仁率以高于或低于对照 15 个百分点的性状作为突变性状。

1.4 数据分析 使用 Excel 2010、SPSS 17.0 等软件完成数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 辐射处理下 M_2 各性状突变频率的变化 辐射处理显著降低了 M_1 种子出苗率,对照平均出苗率为 95.3%,3 个辐射处理的出苗率分别为 68.0%、62.0%、43.7%,在对 M_2 突变性状进行观察时发现,青花 6 号花生品种的干种子在半致死剂量条件下,最佳突变诱变剂量为 150Gy。由于部分株系未完成生活史,中途死亡,本研究仅统计剩余的 199 个株系的突变频率。由表 1 可知,突变频率较高的性状有单粒重、单株果重、主茎高、单株荚果数、种子形状、油酸含量、蔗糖含量及荚果长度,突变频率在 10.05%~19.10% 之间,未观察到种皮颜色变化的突变体。

2.2 辐射处理对 M_2 植株农艺性状的影响 由表 1 可知,辐射处理后植株的性状变化较大。辐射处理导致突变体主茎高有向两个方向偏移的趋势,对照的平均主茎高为 30.23cm,辐射处理后部分株系严重矮化,株系 24-308-39 最矮,主茎高仅为 18.67cm,而株系 24-308-17 最高,主茎高为 54.00cm。与对照品种相比,6.03% 的株系由直立型变为半匍匐型。辐射后代个别突变体的总分枝数最高达到 13.00 个,结果枝达到 10.00 个,而对照平均总分枝数为 7.00 个,结果枝为 4.30 个,变化明显。经辐射处理的突变体在侧枝长表现出较大的变异,对照品种的侧枝长为 33.30cm,而突变体的侧枝长变化范围在 23.67~55.00cm 之间,二级侧枝的生长十分旺盛。

辐射处理使 M_2 突变体的叶色、叶形、叶面积等性状呈现多样性。在叶色方面,未经辐射的对照叶片呈现绿色,而少数突变体则呈现暗绿色、黄绿色;在叶形方面,大部分变异材料与对照保持类似特征,主要呈现长椭圆形,而 9.55% 的突变材料呈现倒卵形或尖形;在叶面积方面,突变材料表现出明显的差异,其变化范围为 25.6~85.3cm²,与对照相比,64.0% 的突变体叶面积有所增大,而其他突变材料的叶面积则呈现减小的趋势。卷曲与否、斑驳程度以及多小叶等性状变异频率较小。

辐射处理后各突变材料的荚果长度存在明显变异。与对照相比,辐射处理使 86.9% 的突变体荚果长度变小,荚果长度最小的突变体比对照减小 42.12%;突变体荚果长度较对照增大者较少,荚果长度最大的突变体较对照增幅 19.4%。辐射处理

表1 辐射处理下 M₂ 各性状的突变频率

调查项目	突变性状	突变株系数量	突变频率(%)	突变类型/变化幅度
植株	株型	12	6.03	半匍匐型
	主茎高	30	15.08	18.67~54.00cm
	侧枝长	13	6.53	23.67~55.00cm
	总分枝	2	1.01	4.67~13.00个
	结果枝	7	3.52	3.01~10.00个
叶片	叶形	19	9.55	倒卵形、尖形
	长度	1	0.50	2.50~8.10cm
	长宽比	2	1.01	1.25~2.95
	面积	16	8.04	25.6~85.3cm ²
	叶色	1	0.50	黄绿色、暗绿色
	卷曲与否	1	0.50	卷曲
	斑驳程度	1	0.50	斑驳
	多小叶	5	2.51	5~6叶
荚果	果腰	12	6.03	轻微、中等
	果嘴	7	3.52	轻微、中等
	网纹	9	4.52	无、中等
	长度	20	10.05	17.63~36.37cm
	形状	3	1.51	普通形
种子	种皮颜色	0	0	无
	形状	28	14.07	圆柱形、椭圆形
	单粒重	38	19.10	0.11~0.71g
	粗脂肪含量	13	6.53	46.84%~59.12%
	粗蛋白含量	18	9.05	18.42%~29.85%
	油酸含量	27	13.57	33.53%~85.73%
	蔗糖含量	21	10.55	1.40%~5.91%
产量	单株果重	32	16.08	12.37~66.63kg
	单株荚果数	29	14.57	11~66个
	出仁率	3	1.51	51.07%~83.40%

使部分突变体种子的形状发生明显变化,突变体中13.6%的种子由桃园变为圆柱形。果腰、果嘴、网纹等性状变异频率较小。

辐射处理的突变体中,单粒重差异明显。96.0%的突变体材料籽粒数量少于100粒,其中还有相当数量的瘪果。突变体的单粒重在0.11~0.71g之间,而对照的平均单粒重为0.34g,辐射处理导致大多数突变体的单粒重显著增加,其中有17个株系单粒重比对照增加10.0%以上。

辐射处理后,62.8%的突变体单株果重比对照降低,突变体单株果重波动范围在12.37~66.63kg之

间,对照平均单株果重为32.01kg,其中12个突变体单株果重表现优于对照,提升幅度超过5.0%。在单株荚果数性状上,70.4%的突变体单株荚果数降低,只有部分株系的单株荚果数增加;对照平均单株荚果数为33个,突变群体中株系24-308-098单株荚果数最高,达到66个,而株系24-308-059最低,只有11个。辐射处理有使出仁率变大的趋势,突变体的出仁率在51.07%~83.40%之间,对照的出仁率为67.30%;其中大部分突变体表现优于对照,出仁率超过75.0%的突变体占突变体总数的37.7%,有3个株系的出仁率较对照提升超过15个百分点,其中

株系 24-308-088 出仁率最高,达到了 83.40%。

2.3 辐射处理对 M₂ 种子品质性状的影响 经近红外光谱仪检测,辐射处理对突变体种子油酸含量有提高的趋势,对照青花 6 号油酸含量为 45.08%,突变体株系油酸含量变幅为 33.53%~85.73%,其中 24-308-029、24-308-090、24-308-196 这 3 个株系均为高油酸,油酸含量最高者是青花 6 号的 1.90 倍,株系 24-308-087 油酸含量为 72.81%,接近高油酸的标准,但有可能继续分离。粗脂肪含量有降低的趋势,对照粗脂肪含量为 52.43%,突变体种子粗脂肪含量为 46.84%~59.12%,粗脂肪含量低于对照的突变体有 8 个,占突变株系总数的 61.5%,而高于对照且含油量大于 55.00% 的突变株系有 3 个。粗蛋白含量有降低的趋势,对照粗蛋白含量为 28.53%,突变体种子粗蛋白含量在 18.42%~29.85% 之间,突变体中含量低于对照的有 12 个,占突变体总数的 66.7%。蔗糖含量有明显增加的趋势,对照的蔗糖含量为 2.43%,突变体种子蔗糖含量在 1.40%~5.91% 之间,蔗糖含量

比对照显著提高的有 12 个株系,占突变株系总数的 57.1%。辐射处理在一定程度上使花生的油酸、脂肪、蛋白质、蔗糖的含量发生了变异,并获得了 11 个典型的高油酸、高脂肪、高蛋白质的优质突变体(表 2)。

2.4 M₃ 突变体鉴定结果 为了最终得到性状稳定遗传的突变体,对 M₃ 突变群体的各类性状进行了考察与测定,结果表明 M₃ 性状的分离相当普遍,但未观察到种皮颜色变化的突变体。在高于对照的株系中出现了 1 个特高的株系,而其他株系则表现出不同植株高度的性状分离,但其他特矮的株系却没有明显的分离现象,依然保持矮化特征,因此推断高株对特矮株可能为显性。此外,正常的小叶数目为 4 片,本试验发现了 17 个多小叶(5~6 片叶)的突变体(图 1),在 M₃ 还表现出了显著的性状分离,其中多小叶株系与普通 4 叶株系分离比为 2:1,与彭振英等^[5]的研究结论一致;M₃ 株系中 3 个高油酸突变体株系的油酸含量表现出稳定遗传特性,24-308-087 突变体株系的油酸含量表现出性状分离,其分离比例仍为 2:1。其

表 2 辐射处理获得的优质突变体

含量范围	株系	油酸(%)	脂肪(%)	蛋白质(%)	蔗糖(%)
油酸 ≥ 75%	24-308-196	85.73	51.77	29.79	3.31
	24-308-090	83.98	51.76	28.10	4.19
	24-308-029	82.13	52.36	25.68	4.29
蛋白质 ≥ 29%	24-308-046	34.59	50.87	29.85	2.36
	24-308-196	85.73	51.77	29.79	3.31
	24-308-053	41.54	51.05	29.44	2.67
	24-308-175	38.75	53.22	29.31	1.88
脂肪 ≥ 58%	24-308-160	40.25	59.12	20.21	0.51
	24-308-048	39.82	59.06	23.15	2.07
	24-308-125	58.22	58.79	20.77	2.55
	24-308-139	56.73	58.73	18.42	3.74
	24-308-082	36.16	58.37	21.62	2.50

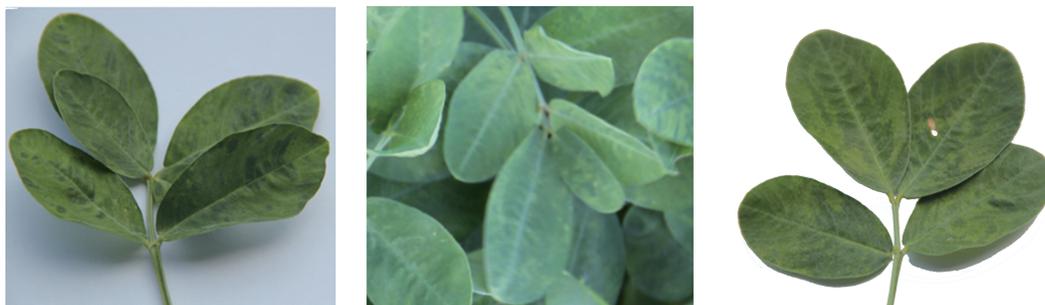


图 1 多小叶突变体株系

他性状的遗传变异规律还需进行多代验证。

3 讨论与结论

本研究通过对青花6号进行⁶⁰Co- γ 辐射处理,成功构建了青花6号辐射诱变突变体库,并收获了一些特异的突变体材料,且部分突变性状通过多代选择能够快速稳定遗传。研究表明,辐射对花生植株性状、叶片性状、荚果性状、种子性状、产量性状、品质性状等方面产生了明显影响,通过对M₂的突变群体进行调查分析,筛选出了一系列变异特征明显的突变体。花生的主茎高、荚果长度、种子形状、单株果重、单株荚果数、单粒重、油酸含量和蔗糖含量等性状有较高的突变频率,超过了10.00%,而对照在这些性状上的表现则相对稳定,与禹山林等^[6]的“在生产实际中应注意选择主茎较高、侧枝较长、果仁较大且单株荚果数多的变异单株”分析结果基本相符。通过M₃的突变群体进一步验证,多小叶等性状有待继续加代验证,植株矮化和种子油酸含量2个性状出现了可以稳定遗传的优良突变体,特别在油酸含量性状上明显优于青花6号,通过辐射诱变方法将普通油酸品种培育成高油酸或高油酸+高脂肪或高油酸+高蛋白的品种会比较容易突破,与迟晓元等^[7]的观点基本一致,也更能满足食用型花生育种的需求。

目前,辐射诱变已作为一种改善品种生产表现的有效手段应用于大豆育种^[8],辐射诱变的变异也已在花生的品种创新与改良中取得了成功^[9]。本次试验主要围绕变异后代的表型特征和种子品质的成

分变化展开调查,为花生资源创新及遗传育种研究提供基础理论支持,但未深入探讨突变体的形成机制及其遗传特性的变化,因此尚需通过多代定向选择,对筛选出的突变体性状与遗传规律进行更全面的鉴定,并进一步考察⁶⁰Co- γ 对花生的诱变效果,从而培育出优良的遗传突变种质,为新品种的育成打下坚实基础。

参考文献

- [1] 万书波. 中国花生栽培学. 上海:上海科学技术出版社,2003
- [2] 姜德锋,王维华,乔利仙,隋炯明,赵林姝,王晶珊,刘录祥. 花生辐射诱变新品系的选育. 核农学报,2017,31(9):1678-1683
- [3] 王守经,柳尧波,胡鹏,汝医,王兆华,孙宏春,许方佐,王志东. γ 射线辐照处理对小麦粉部分品质指标的影响. 核农学报,2014,28(4):611-616
- [4] 张丰收,王青. 植物辐射诱变育种的研究进展. 河南师范大学学报:自然科学版,2020,48(6):39-49
- [5] 彭振英,王兴军,田海莹,郑玲,单雷,范仲学,边斐,郭峰,王莹莹,万书波. 花生⁶⁰Co- γ 辐射诱变和突变体库的构建. 核农学报,2016,30(3):422-429
- [6] 禹山林,闵平,栾文琪,王传堂,徐建志,卢俊玲. 花生辐射突变体质量性状遗传. 花生学报,2002,31(3):6-10
- [7] 迟晓元,徐赫,许静,王通,陈娜,潘丽娟,陈明娜,王冕,孙杰,袁美,梁成伟,禹山林. 花生突变体创制与品质性状分析. 花生学报,2020,49(2):8-15
- [8] 赵星棋,岳明昊,王志新,郑伟,李灿东,张振宇,徐杰飞,王象然,郭美玲. 大豆辐射诱变育种相关研究进展. 中国种业,2025(2):13-17
- [9] 许燕,谢永平,陈肇聪,陈育华,郑楚群,翁伟嘉,朱宏发,陈冬瑾. ⁶⁰Co- γ 射线辐照油红2号创制油用型花生新品系. 福建农业科技,2023,54(9):53-58

(收稿日期:2024-12-31)

(上接第121页)

要求。由于其具有良好的口感、营养丰富等品质特点,未来将会在市场上受到消费者的广泛喜爱,为种植户带来更高的经济效益。

结合滇谷1728的品种特征特性,可在云南及与试验点类似海拔区域的1400m以下籼稻种植区进行推广(最安全种植区域为海拔1300m以下籼稻区)。稻瘟病高发区谨慎种植,需采取综合技术措施,防止稻瘟病及其他病虫害发生。为了进一步推广该品种,也可在推广种植示范基地组织专业技术人员为种植户提供全程技术指导和培训,包括种植技术、病虫害防治、田间管理等方面的知识,确保种植户能

够掌握正确的种植方法,从而提高种植效益。

参考文献

- [1] 李铮友. 滇型杂交水稻论文集. 昆明:云南科技出版社,1990
- [2] 万建民. 中国水稻遗传育种与品种系谱. 北京:中国农业出版社,2010
- [3] 张国忠,李娟,李毓才,金寿林,洪汝科,黄大军,普世皇,施从波,段自林,马迪,陈丽娟. 氮肥减施与移栽密度对杂交粳稻滇禾优615产量和食味品质的影响. 作物杂志,2023(3):109-115
- [4] 岳红亮,张梦龙,程新杰,刘凯,宛柏杰,朱静雯,唐红生,孙明法. RVA谱特征值的影响因素及其与稻米食味品质的关系综述. 江苏农业科学,2023,51(1):16-22

(收稿日期:2024-12-31)