



辐射诱变对不同遗传背景大豆杂交后代蛋白质和脂肪含量改良

董丽杰, 李盛有, 王雅珍, 宋书宏, 王文斌, 曹永强

(辽宁省农业科学院 作物研究所, 辽宁 沈阳 110161)

摘要: 高蛋白材料匮乏及选育方法单一是辽宁省高蛋白大豆育种中的两个突出问题。为探索高蛋白大豆种质资源创新有效途径, 本研究以辽宁省农业科学院选育的辽 04Q086、辽 08020、辽 05086 和辽 06Q003 高蛋白品系为母本, 与河北省沧州市农林科学院选育的高蛋白品种沧豆 10 号进行有性杂交, 并对亲本及杂交 F_2 代进行不同剂量的辐射诱变处理, 分析了不同剂量辐射诱变对不同受体的籽粒蛋白质和脂肪含量的改良效果。结果表明: 4 个大豆品系与沧豆 10 号杂交衍生的 F_3 代植株中, 低蛋白高脂肪类型所占比例最高, 达到了 45.0%。4 个大豆品系经辐射诱变($^{60}\text{Co}\gamma$ -14000 和 $^{60}\text{Co}\gamma$ -16000)衍生的 M_1 代中, 低蛋白高脂肪类型所占比例也分别达到 42.5% 和 40.0%。然而, 以杂交 F_2 代种子为受体进行不同剂量辐射诱变衍生的 M_1 代植株中, 高蛋白低脂肪类型所占比例最高, 分别为 35.0% 和 27.5%, 蛋白质含量最高达 47.0%。本研究表明, 以不同遗传背景的高蛋白大豆杂交, 并结合辐射诱变选育高蛋白材料是可行的。

关键词: 大豆; 杂交; 遗传背景; 辐射诱变; 品质

Improvement of Protein and Oil Content in Cross Generations of Soybean Varieties with Diverse Genetic Background in Radiation-induced Mutation

DONG Li-jie, LI Sheng-you, WANG Ya-zhen, SONG Shu-hong, WANG Wen-bin, CAO Yong-qiang

(Institute of Crop Research, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract: The scarcity of high-protein germplasm and singular breeding method are the two limiting factors for high-protein soybean breeding in Liaoning province. In order to explore an efficient innovation pathway of high-protein germplasm breeding, this study analyzed the change of protein and oil content in the generations of different receptors induced by different radiation doses. Four lines (Liao04Q086, Liao08020, Liao05086 and Liao06Q003) released in Liaoning province were used to cross with high-protein cultivar Cangdou 10 released in Hebei province, and then the parents along with their crossing generations were induced by $^{60}\text{Co}\gamma$ ray. The results showed that the percentage of low-protein with high-oil types was 45.0%, which was larger than those of other types in the F_3 generations. The similar results found in M_1 generations from radiation treatment on four parents indicated that it was difficult to obtain high-protein types as lines being receptors. However, after radiation treatment on the F_2 generations, the high-protein with low-oil types had a larger percentage (35.0% and 27.5%) than other types in their M_1 generations, and the highest protein content reached 47.0%. Results of this manuscript provided a feasible pathway to improve protein content of soybean through combining cross technique of high-protein parents with different background and radiation-induced mutation technique.

Keywords: Soybean; Genetic background; Radiation-induced mutation; Quality

大豆为世界提供了 30% 的植物油脂及 60% 植物蛋白, 是重要的油料、食用和饲料作物。目前, 由于作物本身特性及育种水平等因素的限制, 我国大豆生产面临着单产、品质水平低, 严重影响市场竞争力等严峻问题。发挥我国大豆高蛋白的特殊优势, 培育高蛋白专用品种, 形成我国大豆产业特色^[1], 是解决上述问题的有效途径之一。

大豆蛋白质和脂肪的形成与积累受气候环境影响较大, 东北地区昼夜温差大、降水适中, 夏秋季光照充足, 利于脂肪形成, 而南方则利于蛋白质形

成^[2-3]。大豆蛋白质含量与脂肪含量、单株粒重呈显著负相关, 而脂肪含量与产量呈显著正相关, 在人们长期以高产为重点选育指标的情况下, 高蛋白材料的培育被严重忽视^[4-5]。辽宁作为我国大豆主产区之一, 高蛋白大豆育种除面临不利的生态因素外, 高蛋白资源严重匮乏及单一的常规杂交育种方法也限制了高蛋白材料的培育。

前人以不同遗传背景的大豆品种进行杂交, 对后代群体蛋白质和脂肪含量的遗传变异进行了大量研究^[6-11], 普遍认为双亲中值和双亲差值决定了

收稿日期: 2018-01-31

基金项目: 国家大豆产业技术体系 (CARS-004-CES11); 国家重点研发计划项目 (2016YFD0100201-01; 2017YFD0101304-2); 辽宁省中央引导地方科技发展专项 (2017108006)。

第一作者简介: 董丽杰 (1966-), 女, 学士, 研究员, 主要从事大豆遗传育种与栽培生理研究。E-mail: 18602438179@163.com。

通讯作者: 曹永强 (1977-), 男, 硕士, 研究员, 主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: yongqiangcao@hotmail.com;

王文斌 (1968-), 男, 硕士, 研究员, 主要从事大豆遗传育种与栽培生理研究。E-mail: wbwang@163.com。

后代均值和变异幅度。但由于蛋白质和脂肪含量由多基因控制,以加性效应遗传为主,导致蛋白质或脂肪含量超亲个体较少、早期世代选择效果不佳和育种周期较长等问题^[6,10]。近年来,在育种实践中一些育种者选用优良大豆品种或杂交组合后代进行辐射诱变处理,培育出了多个高产优质突变体^[12-15]。这些优异突变体一定程度上丰富了高产优质育种基础材料。本研究以4个辽宁高蛋白大豆品系分别与高蛋白品种沧豆10号杂交,并进行辐射诱变处理,分析不同剂量辐射诱变对不同受体籽粒蛋白质和脂肪含量的影响,以供大豆品质改良及优

质资源创新研究工作参考。

1 材料与方法

1.1 材料

以高蛋白大豆品系辽04Q086、辽08020、辽05086和辽06Q003作母本,分别与高蛋白品种沧豆10号进行有性杂交。辽04Q086、辽08020、辽05086和辽06Q003为辽宁省农业科学院选育,沧豆10号为河北省沧州市农林科学院选育,亲本来源及蛋白质和脂肪含量见表1。

表1 亲本来源及其蛋白质和脂肪含量

Table 1 Parents origin and their protein and oil content of seed

亲本 Parents	来源 Origin	蛋白质含量 Protein content/%	脂肪含量 Oil content/%
辽04Q086 Liao 04Q086	沈农6号×彰武绿豆	44.11	20.61
辽08020 Liao 08020	铁豆63×铁豆39	44.43	20.92
辽05086 Liao 05086	铁豆46×铁丰33	45.54	19.10
辽06Q003 Liao 06Q003	辽95186×铁95068	45.91	19.46
沧豆10号 Cangdou 10	96B59×96QT(群体)	44.78	20.32

1.2 试验设计

2014年,配置杂交组合。2015年,种植F₁代,去伪留真,获得4个组合的F₁代种子,随机分成2份,其中1份连同4个亲本进行辐射(⁶⁰Coγ-14000和⁶⁰Coγ-16000)诱变处理。2016年,分别种植亲本、F₂代及辐射诱变M₀代,成熟时收获种子。2017年,分别种植亲本、F₃代和辐射诱变M₁代。亲本种植1行,后代群体按种子量不定行种植,行长6m,行距0.6m,穴距10cm,保苗1株·穴⁻¹。成熟时,亲本随机连续取样10株,各杂交组合后代及辐射诱变后代根据田间综合表现选择10株优良单株收获。

1.3 测定项目与方法

待测材料籽粒统一风干后,采用Foss公司InfratecTM1241型近红外谷物分析仪测定蛋白质、脂肪含量,并转换为干基值。

1.4 数据分析

以籽粒蛋白质含量≥45.0%为高蛋白衡量标准,籽粒脂肪含量≤20.0%为低脂肪衡量标准,(籽粒蛋白质45.0%、脂肪20.0%为CK),将测定材料划分为4种类型,即高蛋白低脂肪、高蛋白高脂肪、低蛋白高脂肪、低蛋白低脂肪。采用SPSS 19.0、Sigmaplot 12.5软件进行统计、作图分析。

2 结果与分析

2.1 杂交F₃代籽粒蛋白质和脂肪含量

4个辽宁育成大豆品系辽04Q086、辽08020、辽05086和辽06Q003与沧豆10号杂交衍生的F₃代群体中,40个优良单株的蛋白质和脂肪含量见图1。

其中,高蛋白低脂肪、高蛋白高脂肪、低蛋白高脂肪、低蛋白低脂肪类型单株所占比例分别为25.0%、12.5%、45.0%和17.5%。由此看出,在杂交衍生后代植株中,低蛋白高脂肪类型植株的频率要高于其它类型。其中,低蛋白高脂肪类型植株的平均蛋白质含量较CK降低了2.7个百分点,脂肪含量较CK提高了3个百分点。

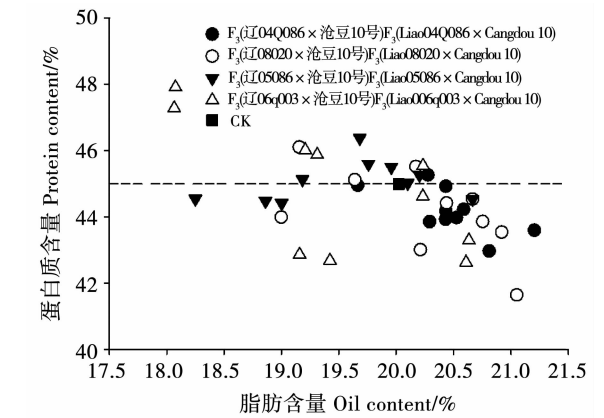


图1 F₃代籽粒蛋白质与脂肪含量

Fig. 1 The protein and oil content of seed in F₃ generations

2.2 大豆品系经不同剂量辐射诱变后,M₁代籽粒蛋白质和脂肪含量

对4个大豆品系进行⁶⁰Coγ-14000辐射诱变处理,在M₁代群体中,筛选的40个优良单株籽粒蛋白质和脂肪含量见图2,其中,高蛋白低脂肪、高蛋白高脂肪、低蛋白高脂肪、低蛋白低脂肪4个类型比例分别为37.5%、12.5%、42.5%和7.5%,可见,大豆

品系经⁶⁰Coγ-14000 辐射诱变处理后,M₁代群体中,低蛋白高脂肪类型植株的频率要高于其它类型。同时,低蛋白高脂肪类型植株的平均蛋白质含量较 CK 降低了 1.5 个百分点,平均脂肪含量较 CK 提高了 3.1 个百分点。

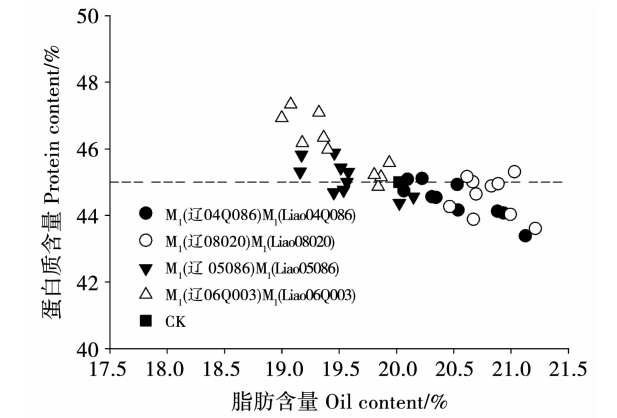


图2 大豆品系经⁶⁰Coγ-14000 辐射诱变衍生的 M₁代植株的蛋白质与脂肪含量

Fig. 2 The protein and oil content of seed in M₁ generations from lines induced by ⁶⁰Coγ-14000

利用⁶⁰Coγ-16000 对辽 04Q086、辽 08020、辽 05086 和辽 06Q003 分别进行辐射诱变,在 M₁代群体中,筛选的 40 个优良单株蛋白质和脂肪含量见图 3,其中,高蛋白低脂肪、高蛋白高脂肪、低蛋白高脂肪、低蛋白低脂肪类型单株比例分别为 30.0%、20.0%、40.0% 和 10.0%。由此看出,大豆品系经⁶⁰Coγ-16000 辐射诱变处理后,M₁代群体中,低蛋白高脂肪类型植株的频率也高于其它类型植株。同时,低蛋白高脂肪类型植株的蛋白质含量较 CK 降低了 1.2 个百分点,脂肪含量较 CK 提高了 3.8 个百分点。

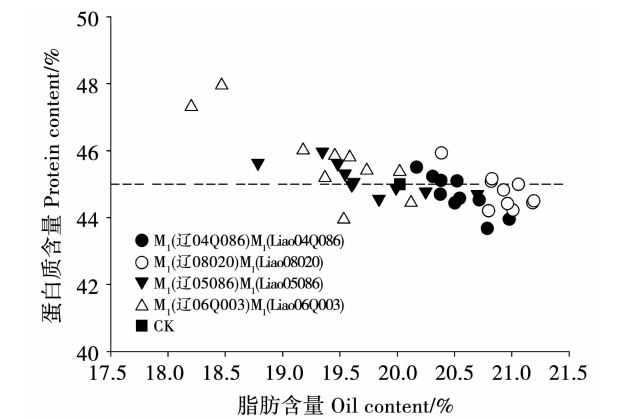


图3 大豆品系经⁶⁰Coγ-16000 辐射诱变衍生的 M₁代植株的蛋白质与脂肪含量

Fig. 3 The protein and oil content of seed in M₁ generations from lines induced by ⁶⁰Coγ-16000

由上可知,以辽 04Q086、辽 08020、辽 05086 和辽 06Q003 作为辐射受体,分别利用⁶⁰Coγ-14000、⁶⁰Coγ-16000 进行辐射诱导,对 M₁代各类型优良植株比例无明显的影响,均表现为低蛋白高脂肪类型植株的频率高于其它类型植株。

2.3 杂交 F₂代经不同剂量辐射诱变后,M₁代籽粒蛋白质和脂肪含量

对各杂交组合 F₂代种子进行⁶⁰Coγ-14000 辐射诱变,在 M₁代群体中,筛选 40 个优良单株的籽粒蛋白质和脂肪含量见图 4,其中,高蛋白低脂肪、高蛋白高脂肪、低蛋白高脂肪、低蛋白低脂肪类型单株所占比例分别为 35%、15%、20% 和 30%。由此看出,F₂代经⁶⁰Coγ-14000 辐射诱变处理衍生的后代植株中,高蛋白低脂肪类型植株的频率要高于其它类型植株。其中,高蛋白低脂肪类型植株的蛋白质含量相比 CK 提高了 2.0 个百分点,脂肪含量相比 CK 降低了 4.1 个百分点。

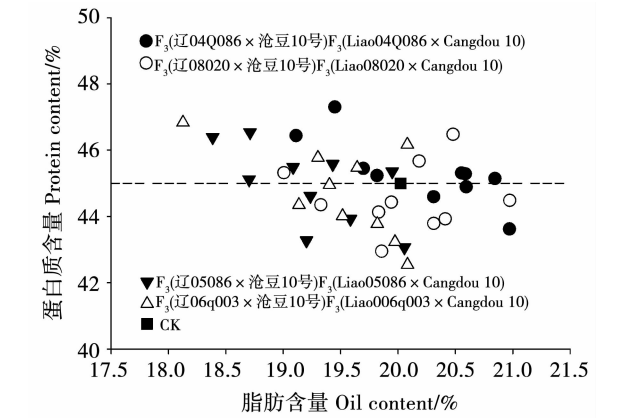


图4 杂交 F₂代经⁶⁰Coγ-14000 辐射诱变衍生的 M₁代植株的蛋白质与脂肪含量

Fig. 4 The protein and oil content of seed in M₁ from F₂ induced by ⁶⁰Coγ-14000

对辽宁育成大豆品系辽 04Q086、辽 08020、辽 05086 和辽 06Q003 与沧豆 10 号杂交 F₂代种子进行⁶⁰Coγ-16000 辐射诱变,在 M₁代群体中,筛选 40 个优良单株的籽粒蛋白质和脂肪含量见图 5。其中,高蛋白低脂肪、高蛋白高脂肪、低蛋白高脂肪、低蛋白低脂肪类型单株所占比例分别为 27.5%、27.5%、22.5% 和 22.5%。由此看出,杂交 F₂代经⁶⁰Coγ-16000 辐射诱变处理后,M₁代植株中,高蛋白低脂肪和高蛋白高脂肪类型植株的频率要高于其它类型植株。其中,高蛋白低脂肪类型植株的蛋白质含量相比 CK 提高了 1.4 个百分点,脂肪含量相比 CK 降低了 3.1 个百分点;高蛋白高脂肪类型植株的蛋白质含量相比 CK 提高了 1 个百分点,脂肪

含量相比 CK 提高了 2 个百分点。

以杂交 F₂ 代种子作为受体材料时,⁶⁰Coγ-14000 和⁶⁰Coγ-16000 两种辐射剂量处理,对 M₁ 代群体中各类型优良单株比例有所影响。其中,⁶⁰Coγ-14000 辐射剂量处理使后代群体具有较高频率的高蛋白低脂肪类型植株,而⁶⁰Coγ-16000 辐射剂量处理使后代群体中高蛋白低脂肪和高蛋白高脂肪类型植株均具有较高的频率。

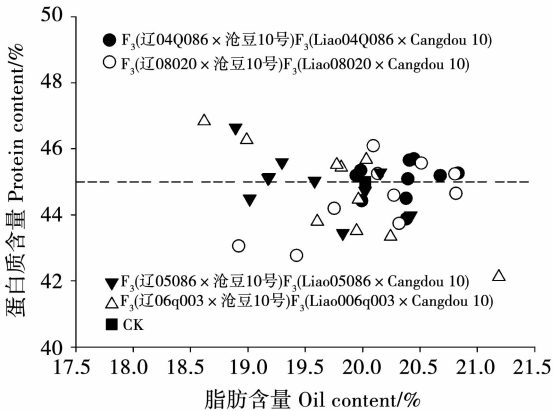


图 5 大豆杂交后代经⁶⁰Coγ-16000 辐射诱变衍生的 M₁ 代植株的蛋白质与脂肪含量

Fig. 5 The protein and oil content of seed in M₁ from F₂ Induced by ⁶⁰Coγ-16000

3 讨论

引入遗传背景差异大的高蛋白资源与当地优良高蛋白品种(系)进行有性杂交,基因重组后可以聚合、累加更多的高蛋白调控基因,是蛋白质遗传改良的重要途径,同时,通过人工选择又能保留当地资源的优良特性。大豆品系辽 04Q086、辽 08020、辽 05086 和辽 06Q003 是由辽宁省农业科学院采用本地品种(系)杂交选育而成,主要含有沈农 6 号、彰武绿豆、铁豆 63、铁豆 39、铁豆 46、铁丰 33、辽 95186 和铁 95068 等血缘,而沧豆 10 号是由河北省沧州市农林科学院以 96B59 为母本,以 96QT(群体)为父本,自然杂交后经系统选育而成,与辽宁育成的大豆品系的遗传背景差异较大。本研究采用 4 个辽宁育成大豆品系与外来高蛋白品种沧豆 10 号进行有性杂交,在 F₃ 代优良植株中,低蛋白高脂肪类型占较高比例,而高蛋白类型比例则较小。这主要由于在辽宁生态条件下对产量和农艺性状的选择极易造成高蛋白资源的丢失。

辐射诱变育种技术是采用电离辐射对植物体(种子、植株、器官)进行诱发突变,产生遗传变异(基因突变和染色体畸变),创造新类型,对改良单一性状或少数性状有一定效果,尤其对熟期、品质、

抗病性等性状效果显著^[16]。王义谅等^[17]发现,栽培大豆 M₂ 和 M₃ 群体的蛋白质含量与野生型品种相似,但其变异幅度分别超过野生型品种 3 和 12 倍,说明辐射诱变处理能够产生高蛋白突变体。王培英等^[18]通过辐射诱变处理获得了蛋白质含量高达 46.66% 的突变系龙辐 81-9837。然而,本研究以 4 个辽宁育成大豆品系经辐射诱变衍生的 M₁ 代优良植株中,低蛋白高脂肪类型仍然占较高比例,可见,供试材料的遗传背景以及对辐射诱变条件的敏感度等因素对突变性状的表现和诱变效率存在较大影响。

本研究对 4 个辽宁育成大豆品系与沧豆 10 号杂交 F₂ 代的种子进行了辐射诱变,在其衍生的 M₁ 代植株中,高蛋白类型植株则占较高比例,以⁶⁰Coγ-16000 辐射效果最为明显,高蛋白类型植株占比达到 55.0%,蛋白质含量最高达到 47.0%。近年来,在育种中选用优良稳定品种(品系)作原材料的基础上,选用杂合材料进行辐射处理育成的比重明显加大。王连铮等^[12]指出高蛋白组合经辐射诱变处理后易选出高蛋白突变体,在“高蛋白 F6 × 中作 85-059”和“泗豆 11 × 吉林 22”的辐射后代中分别得到了蛋白质含量为 45.29% 和 44.00% 的突变系。我们认为,在传统杂交遗传改良方法基础上,利用辐射诱变技术不仅易诱发基因突变,打破蛋白质与产量性状 QTLs 间的不良连锁,同时也能增加邻近染色体遗传物质的交换、重组,从而扩大遗传变异幅度,创造出具有优良农艺性状的高蛋白资源,提高遗传改良效果。

4 结论

不同辐射诱变受体衍生的后代群体中,不同蛋白质、脂肪含量类型植株所占比例不同,而相同受体条件下不同剂量辐射诱变则对不同类型植株所占比例影响较小。采用杂交 F₂ 代种子作为受体材料进行辐射诱变更有利于创造高蛋白类型个体。因此,杂交育种技术与辐射诱变育种技术相结合是选育高蛋白大豆品种的有效方法之一。

参考文献

[1] 宋书宏,董钻. 辽宁省大豆研究 60 年[M]. 北京:中国农业出版社,2010. (Song S H, Dong Z. Soybean research in Liaoning province for 60 years[M]. Beijing: Agricultural Press, 2010.)
[2] 张志民,周青,郑丽敏,等. 大豆蛋白质遗传和生育期间积累规律的研究进展[J]. 大豆科技, 2017 (1): 36-39. (Zhang Z M, Zhou Q, Zheng L M, et al. Research progress on genetic and accumulation during reproductive period of protein content in soy-

bean[J]. Soybean Science and Technology, 2017 (1): 36-39.)

[3] 王燕平,宗春美,孙晓环,等. 东北春大豆种质资源表型分析及综合评价[J]. 植物遗传资源学报, 2017, 18(5): 837-845. (Wang Y P, Zong C M, Sun X H, et al. Phenotype analysis and comprehensive evaluation on northeast spring soybean resources in Mudanjiang[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2017, 18(5): 837-845.)

[4] 王大秋,陈恒鹤. 大豆蛋白质和脂肪含量选择效果研究[J]. 大豆科学,1998,17(1):72-78. (Wang D, Chen H H. Studies on selection effect of protein and oil content in soybean[J]. Soybean Science, 1998, 17(1): 72-78.)

[5] 仲义,鄂成林,孙发明,等. 大豆农艺性状和品质性状间相关性分析[J]. 吉林农业科学, 2012, 37(2): 1-3. (Zhong Y, E C L, Sun F M, et al. Analysis of correlation between agronomic traits and quality traits of soybean[J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2012, 37(2): 1-3.)

[6] 邱丽娟,王金陵,杨庆凯. 大豆蛋白质育种的亲本选配和后代选择的研究 I. 大豆杂种 F₂、F₃、F₄代蛋白质含量的遗传变异特点[J]. 大豆科学,1990,11(4):271-277. (Qiu L J, Wang J L, Yang Q K. Study on selection of parents and early generations of high-protein breeding in soybean I. Characteristics of genetic variability of protein content in F₂, F₃, F₄ of six soybean crosses [J]. Soybean Science, 1990, 11(4): 271-277.)

[7] 李盛有,宋书宏. 不同遗传背景大豆杂交 F₂代脂肪含量的遗传分析[J]. 大豆科学, 2011,30(6):916-920. (Li S Y, Song S H. Genetic analysis for fat content in F₂ generation of crosses with different genetic background soybeans [J]. Soybean Science, 2011, 6: 916-919.)

[8] 刘长海,于晓春,朱洪德,等. 大豆不同亲本组合对早世代群体油分含量的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(5): 756-759. (Liu C H, Yu X C, Zhu H D, et al. Effect of soybean parents on oil content of F₂-generation group [J]. Soybean Science, 2010, 29(5): 756-759.)

[9] 刘长海,于晓春,朱洪德,等. 大豆不同亲本组合对早世代群体蛋白质含量的影响[J]. 作物杂志, 2012 (4): 112-115. (Liu C H, Yu X C, Zhu H D, et al. Effect of soybean parents on protein content of F₂-generation group [J]. Crops, 2012 (4): 112-115.)

[10] 曹永强,宋书宏,董丽杰. 大豆蛋白质和油分含量遗传研究进展[J]. 大豆科学, 2012, 31(2): 316-319. (Cao Y Q, Song S H, Dong L J. Research progress on heredity of protein and oil content in soybean [J]. Soybean Science, 2012, 31(2): 316-319.)

[11] 战宇航,曹广禄,刘阳,等. 不同遗传背景 BC₃F₂代大豆蛋白质及脂肪含量遗传分析[J]. 大豆科学, 2015, 34(1): 16-18. (Zhan Y H, Cao G L, Liu Y, et al. Genetic analysis of protein and oil content in BC₃F₂populations of soybean [J]. Soybean Science, 2015, 34(1): 16-18.)

[12] 王连铮,王岚,赵荣娟,等. 大豆辐射育种的某些研究[J]. 中国油料作物学报,2001,23(2):1-5. (Wang L Z, Wang L, Zhao R J, et al. Some research on soybean mutation breeding[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2001, 23(2): 1-5.)

[13] 郭泰,刘忠堂,胡喜平,等. 辐射诱变培育高油大豆新品种及其应用[J]. 核农学报,2005,19(3):163-167. (Guo T, Liu Z T, Hu X P, et al. Breeding and application of high-oil soybean varieties through radiation[J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2005, 19(3): 163-167.)

[14] 郭泰,刘忠堂,吕秀珍,等. 合丰号的辐射诱变育种回顾[J]. 核农学报, 2010 (2): 292-297. (Guo T, Liu Z T, Lyu X Z, et al. A review on irradiation-induced breeding of a series of soybean varieties Hefeng[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2010, 24(2): 292-297.)

[15] 杨凯敏,李贵全,郭数进,等. 晋大 78 ⁶⁰Co 诱变 M₅ 代的遗传变异分析[J]. 天津农业科学, 2014, 20(7): 11-15. (Yang G M, Li G Q, Guo S J, et al. Analysis on genetic variation of the progeny M₅ of Jinda 78 irradiated by ⁶⁰Co[J]. Tianjin Agricultural Sciences, 2014, 20(7): 11-15.)

[16] 陈子元. 从辐射育种的发展来展望航天育种的前景[J]. 核农学报,2002, 16(5):261-263. (Chen Z Y. Prospect of plant breeding by spaceflight from the views on development of irradiation breeding in China[J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2002, 16(5): 261-263.)

[17] 王义谅,袁洪伟,杨淑范. “辽豆三号”大豆选育报告[J]. 大豆科学, 1985, 4(3): 201-208. (Wang Y L, Yuan H W, Yang S F. The report on developing a new soybean cultivar Liaodou 3 [J]. Soybean Science, 1985, 4(3): 201-208.)

[18] 王培英,许德春,郭玉虹,等. 人工诱变改良大豆品质的研究[J]. 核农学报,2000,14(1):21-23. (Wang P Y, Xu D C, Guo Y H, et al. Induced mutation for soybean quality[J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica, 2000, 14(1): 21-23.)