

丹波黒大豆の突然変異育種に関する研究 I

気乾種子に対する γ 線照射の影響

森 重之・中西宏夫・中井 孝・村上道夫

SHIGEYUKI MORI, HIROO NAKANISHI, TAKASHI NAKAI and MICHIO MURAKAMI

Mutation breeding in a black soybean (*Glycine max* (L.) Merr. cv. Tanba-Kuro) I

Effects of gamma radiation on dormant seeds

要旨 丹波黒大豆(京都1号)の気乾種子を用い、5~40 KR の ^{60}Co γ 線を照射して、放射線感受性を検討した。幼苗長は10 KR までは対照区とほとんど差異は認められなかったが、20 KR 以上では線量の増加に伴って有意に減少した。これは主として子葉から初生葉までの子葉節長の障害に起因しているものと思われる。開花始は20 KR までは対照区に比べてやや遅延し、30 KR 以上では、2、3日の有意な遅延が認められ、かつ、分散も大となった。成熟期における諸形質は、100粒重をのぞいて、概して線量の増加に伴って減少を示したが、その様相には形質によって差異が認められ、莢数、莢重、粒数および粒重において障害が著しかった。

以上の結果から、丹波黒大豆の放射線感受性は大豆のうちでは概して「中~やや強」であるものと推察された。

緒 言

作物の突然変異育種を実施するに際しては、供試品種の放射線感受性の程度を予め知っておくことが、極めて重要であると考えられる。

大豆に対する放射線の影響に関しては多数の報告^{1)~26)}があり、すでに、品種間に著しく放射線感受性の差異が存在することが報告されている^{5), 15), 20)}。しかしながら、京都府の丹波地域と兵庫県多紀郡一帯で古くから栽培されている黒大豆(丹波黒大豆)に関しては、その作物・育種学的報告事例が極めて少ない^{27)~29)}が、特に放射線感受性に関しては全く明らかにされていない現状である。ここに供試しようとする丹波黒大豆は、従来、極大粒かつ良質で、種皮に白色のろう粉を有するのが特徴であり、正月の煮豆用品種として商品価値は極めて高い。しかし、本大豆は秋大豆の極晩

生種に属し、その形状は長茎分枝開張型で、かつ、まん化し易い等の欠点を有している³⁰⁾。従って、著者らは京都府農業総合研究所栽培部と共同し、本大豆の早生、短茎、多収化などを主目標に、1975年以来突然変異育種を実施中である。その結果、現在までに、10 KR 照射区の後代から約10日早熟で短茎、多収かつ大粒の変異体を獲得することができた。しかし、これらには若干の裂皮現象が認められるので、1980年以降生産性に関する試験を実施するかたわら、この点についても実験中である。

本報においては、丹波黒大豆の突然変異育種に関する一連の実験中、まず放射線照射当代における諸形質の放射線感受性について検討することによって、本大豆の突然変異育種遂行上の基礎的知見を得ようとしたものである。

京都府立大学農学部作物学育種学研究室

Laboratory of Crop Science and Plant Breeding, Faculty of Agriculture,
Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

要旨は昭和53年日本育種学会第53回講演会にて発表
昭和56年7月13日受理

材料および方法

供試材料としては、京都府農業総合研究所において、丹波地域および兵庫県篠山地域より採種した在来種より系統選抜を行なった結果、優良品種と認められた「京都1号」³⁰⁾の気乾種子を用いた。放射線照射には京都大学農学部生物用 γ 線照射施設の ^{60}Co γ 線を利用した。実験は、まず丹波黒大豆の放射線感受性の概略を把握するために1975年に予備的に実施し、その結果に基づいて次年度に追試した。まず、1975年の実験方法は以下に示すとおりである。

方法：1区；50粒，線量率；5 KR/h，総線量；5，10，15，20，30 KR，種子の水分含量；約11%，照射日；7月14，15日，播種日；7月19日，移植日；8月12日，調査形質；発芽率，生存率，幼苗草丈，開花始，成熟期の主茎長，主茎節数，分枝数，莢数，粒数。

次に、1976年においては線量率を10 KR/hに変更して以下のとおりの方で実施した。6月9日に1区50粒として、5，10，20，30および40 KRの γ 線を照射し、6月12日にパーミキュライト床に播種し、7月5日に90×40 cmの1条植で圃場に移植した。幼苗期の草丈，各節間長および開花始は全個体について，成熟期の主茎長，主茎節数，1株当りの莢数，莢重，粒数，粒重および100粒重は無作為に抽出した10個体について調査した。施肥，中耕，培土，除草などの栽培管理は京都府農林部農産普及課の大豆，あづき栽培指導資料³⁰⁾に準拠して行なった。

結果および考察

1. 幼苗期の草丈に対する放射線照射の影響

1975年の予備実験においては丹波黒大豆の播種適期より約1ヶ月遅播きであったため，開花始は約20日程度遅延し，特に，成熟期において測定された諸形質は必ずしも丹波黒本来の特性を示していたとは言い難かったため，本報告では幼苗期の結果についてのみ考察することとした。

発芽に関しては照射による顕著な遅延は認められず，照射区における発芽率は94～98%を示し，また，移植時においてはいずれの区も80%以上の生存率を示していた。しかしながら，線量の増加に伴って主茎頂端が枯死し，そのため子葉節より分枝してくる個体が増加した。15 KR以下の区では正常な生育を示した個体は92%以上の高い割合を示したが，20および30 KRではそれぞれ35および39%と著しく低下した。また，高線量区では葉型の形態異常が出現したが，これは高線量照射において一般に認められる現象であり³¹⁾，著

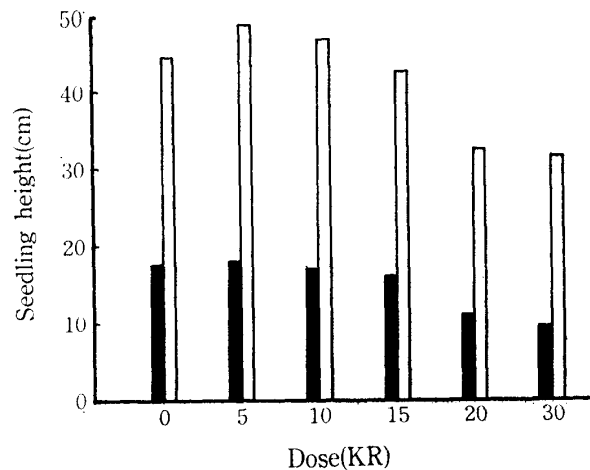


Fig. 1. Seedling height of 10-day-old and 23-day-old seedlings grown after gamma irradiated seeds.

■; 10-day-old seedlings,
□; 23-day-old seedlings

者らも大豆の他の品種¹⁴⁾や菜豆³²⁾で報告したとおりである。次に，播種後10日目と23日目における幼苗長に対する放射線照射の影響を調査したが，その結果は第1図に示すとおりである。まず，播種後10日目についてみれば，線量の増加に伴って概して幼苗長は減少を示し，15 KR以上においてはその減少は対照区に比べて有意であった。次に，播種後23日目においては，苗長は10日目とほぼ同様の傾向を示したが，5，20および30 KRにおいて対照区に比べ有意差が認められた。

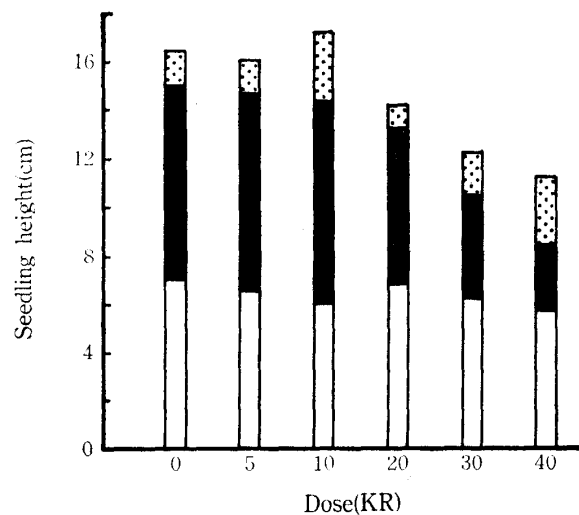


Fig. 2. Seedling height and internode length of 18-day-old seedlings grown after gamma irradiated seeds.

□; ground level~cotyledon,
■; cotyledon~primary leaf,
▨; primary leaf~top of seedling

次に、1976年においては、照射区における発芽率は前年度と同様に96~100%の高い値を示し、また、生存率も移植時には発芽率とほぼ同様であり、成熟期においても40 KRにおいて71%を示した以外は、いずれも84%以上の高い値を示した。発芽に関しては、Fujiiら⁵⁾によれば大豆の気乾種子は100 KRの γ 線照射においても66~96%の値を示しており、また、永松ら¹⁵⁾も大豆11品種を用いた試験で、80 KRではほとんどすべての品種が100%の発芽を示したと述べている。すなわち、大豆は放射線による発芽抑制の少ない種類に属するものと考えられる。次に、生存率に関しては、永松ら¹⁵⁾は80 KRでは供試した全品種が完全に枯死し、一方、40 KRでは顕著な品種間差異を認め、この結果を基にして供試品種を6群に分類している。この分類からみれば、丹波黒大豆は第4群(中強)あるいは第5群(強)に相当するものと考えられる。さらに、播種後18日目における幼苗長および各節間長に及ぼす γ 線照射の影響を調査したが、その結果は第2図に示すとおりである。幼苗長は前年度と同様に、10 KR以下では対照区とあまり差異は認められなかったが、20 KR以上では線量の増加に伴って有意な減少を示した。次に、各節間長についてみれば、節間によって顕著な差異が認められ、特に、初生葉から幼苗頂端までの長さはほとんど照射の影響を受けず、逆に、10および40 KRにおいては対照区に比べて有意な伸長を示した。しかし、この部分の幼苗長に占める割合は6~24%で、上述の幼苗長において認められた20 KR以上における有意な減少は、主として子葉から初

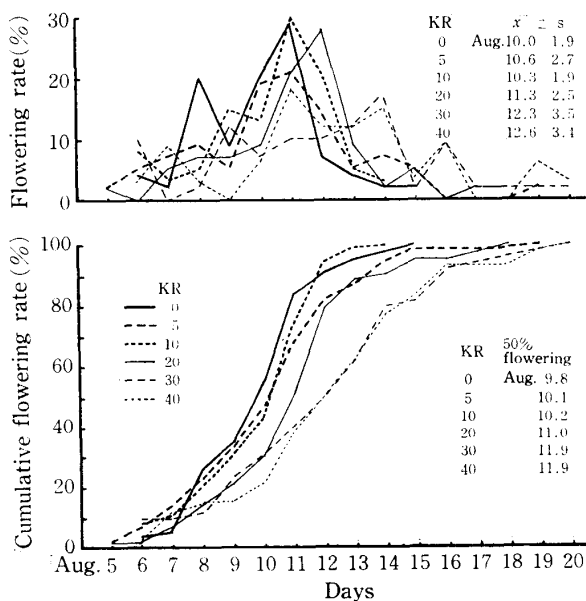


Fig. 3. Flowering rate and cumulative flowering rate on the first flower of the individual plant.

生葉までの節間長(子葉節)が有意に減少したことに起因しているものと考えられる。

2. 開花始に対する放射線照射の影響

丹波黒大豆の開花現象は極めて複雑であり、適確に開花期を判定することは困難であるが、本実験ではとりあえず、その個体内で最初に開花の認められた日をその個体の開花始と決定した。各区における開花始でみた開花率および累積開花率について調査した結果は第3図に示すとおりである。まず、開花率についてみると、概して線量の増加とともに平均値は大となり、30および40 KRでは2, 3日の有意な遅延が認められ、一方、開花始の分散も大となる傾向を示した。また、区内の半数の個体が開花始に達した時(50%開花期)でみた場合においても、線量の増加に伴って開花遅延の程度が大となることが認められた。開花に対する放射線照射の影響に関しては、供試材料により異なり、開花が遅延する場合と促進される場合とが知られている³¹⁾。

3. 成熟期の諸形質に対する放射線照射の影響

成熟期の諸形質に対する放射線照射の影響は第4図に示すとおりである。まず、主茎長についてみれば、40 KRにおいてのみ有意な減少が認められたにすぎないが、長さの順位でみれば各区は $10 > 0 > 5 > 20 > 30 > 40$ KRの順となり、幼苗長の順位と同様であった。このことは、気乾種子照射により幼苗長にみられた放射線障害は、成熟期に至っても完全には回復しないことを示唆するものと考えられる。また、主茎節数においても主茎長とほぼ同様の傾向が認められた。その他の形質、すなわち、1株当りの莢数、莢重、粒数および粒重等は、いずれも線量の増加に伴って減少の程度は大となり、かつ、その傾向も極めてよく類似していた。このことは、これら形質相互間の相関がいずれの照射区においても $r=0.96$ 以上の高い値を示したことから明らかである。一方、図には示していないが、便宜的に粒数と粒重から求めた100粒重の値を0~40 KRの各区について順に示すと、50.4, 56.8, 54.9, 56.7, 51.9および57.8 gであり、いずれの照射区においても対照区より高い値を示した。この傾向はこれまでみてきた他の諸形質の反応とは異なるものである。このことは、対照区が若干まん化の傾向を示し、また、3次分枝においてもかなりの着莢が認められたのに反し、照射区は大部分の個体が主茎と1, 2次分枝に着莢し、かつ、1粒莢の割合が高い傾向が認められたこともその一因と推察される。

4. 諸形質の放射線感受性の比較

上述の諸形質に関し、対照区の値を100として放射

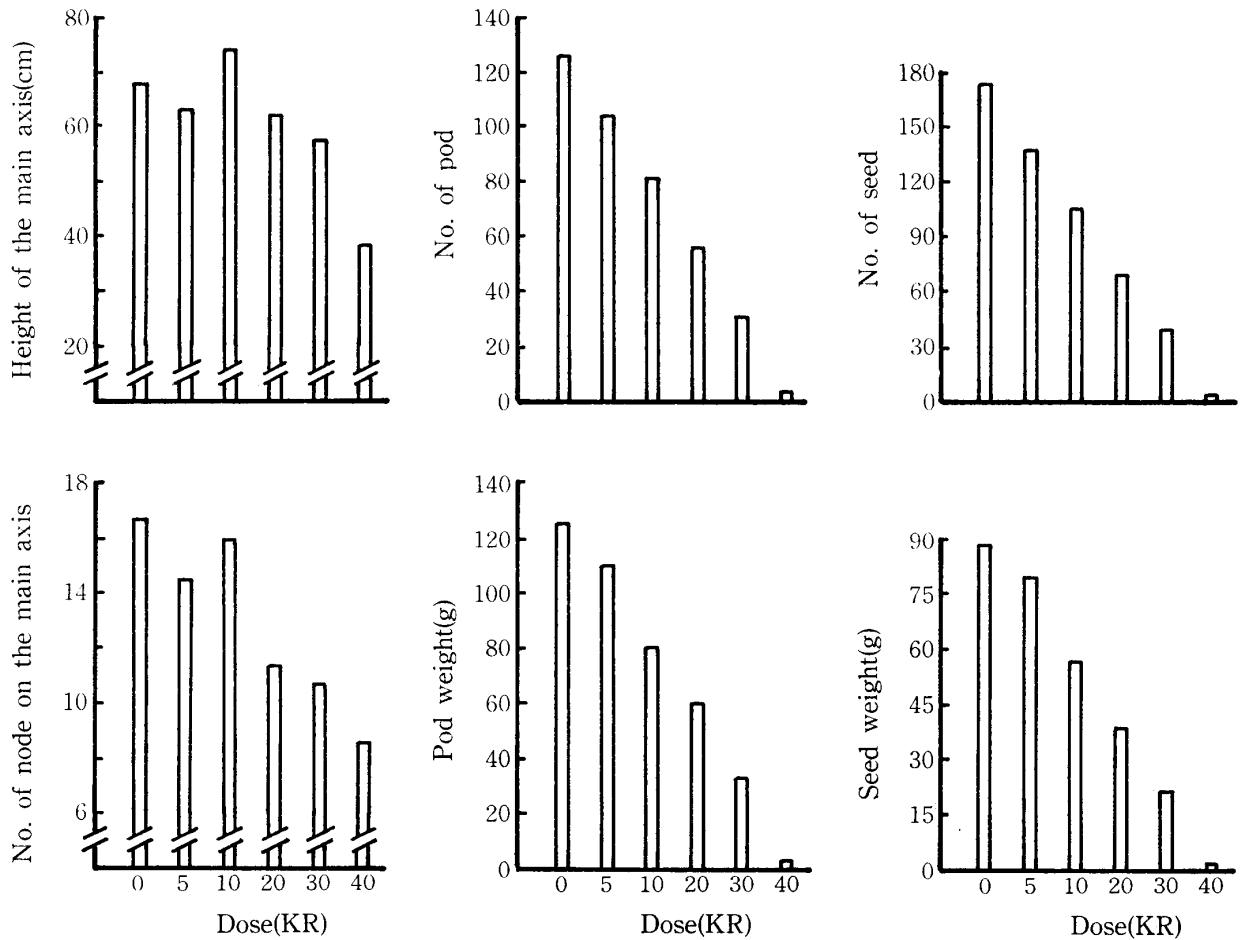


Fig. 4. Effects of gamma radiation on some characters in maturing time.

線照射の影響を比較した結果は第5図に示すとおりである。図から明らかなように、100粒重をのぞいては、概して諸形質の発現は照射区で抑制されていたが、その抑制程度は線量の増加に伴って大となった。しかし、その抑制の様相は形質の種類によって顕著な差異が認められた。なお、諸形質の RD_{50} （各形質が対照区の値に対し50%になる線量）を求めてみると、主茎長；42.0，主茎節数；40.7，莢数；16.8，莢重；18.1，粒数；14.9および粒重；17.2 KRであった。すなわち、前2形質に比べ、収量関連形質である残りの4形質で放射線照射の影響が顕著に認められた。

ここで、丹波黒大豆は放射線感受性に関して、他の大豆品種に比べていかなる位置を占めているのかについて若干の考察を加えれば、以下に示す点が指摘できよう。すなわち、丹波黒大豆は諸形質中発芽率および生存率の点では、前述したように、永松ら¹⁵⁾の第4群（中強）から第5群（強）に相当するものと考えられる。また、高木²⁰⁾は大豆の放射線感受性を617品種を供試し、播種後30日目における草丈その他の形質に現れる生育障害を指標として、critical doseで検討しているが、これによれば4~54 KRの広範囲にわたって

品種間差異が存在することを報告している。これに対して、丹波黒大豆は第2および第5図で示したように、40 KRにおいても対照区の約68%の幼苗長を示しており、critical doseはかなり高線量域にあるものと推察される。さらに、成熟期における粒数および莢数についてみると、高木²⁰⁾は45品種を用いて RD_{50} を調べた結果、粒数；5.4~32.0 KR，莢数；6.0~37.0 KRであると述べている。これに対して、丹波黒大豆の RD_{50} はそれぞれ14.9, 16.8 KRを示したので、高木²⁰⁾の結果のほぼ中間の位置を示すものと思われる。一方、著者ら¹⁴⁾はシンメジロ（放射線感受性）とタチスズナリ（放射線抵抗性）の種子とカルスとの放射線感受性の比較から、両品種の放射線感受性の差異は種子とカルスとはほぼ同程度であることを指摘したが、丹波黒大豆のカルスの RD_{50} 値は、タチスズナリに比べて約2倍の抵抗性を有するとの知見（未発表）を得ているので、丹波黒大豆はカルスの放射線感受性の面よりみても、少なくともタチスズナリよりは抵抗性であると考えられる。以上のことを総合して丹波黒大豆の放射線感受性を検討すれば、本大豆は他の大豆諸品種の中では「中」ないし「やや強」の放射線感受性を有するも

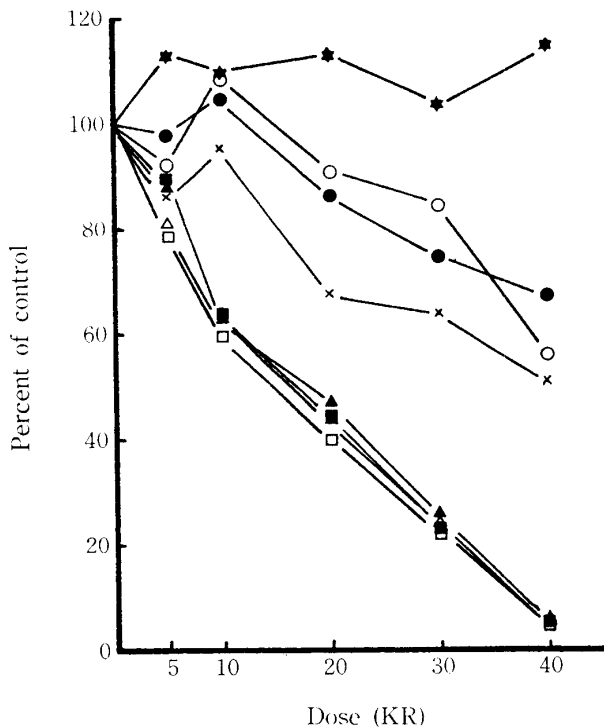


Fig. 5. A comparison of radiosensitivity on some characters in "Tanba-Kuro".

- ; seedling height,
- ; height of the main axis,
- ×; No. of node on the main axis,
- △; No. of pod,
- ▲; pod weight,
- ; No. of seed,
- ; seed weight,
- ★; 100 seeds weight

のと考えてよいであろう。

本報は、丹波黒大豆の放射線感受性を特に照射当代についてのみ検討したにとどまったので、本大豆の突然変異育種の可能性に関しては、次報以降で詳述することとする。しかし、本報の当初にも述べたように、育種目標に合致した突然変異体の獲得に成功していることは、本大豆の突然変異育種の有効性を示唆するものとする。

謝辞：本実験において γ 線照射に際し、京都大学農学部藤本光宏講師の援助を賜った。ここに厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) Chorney, W., N.J. Scully and H.J. Dutton (1965): Radiat. Bot., **5**, 257-263.
- 2) Conger, B. V., L. W. Skinner and L. N. Skold (1976): Crop Sci., **16**, 233-236.
- 3) Constantin, M. J., W. D. Klobe and L. N. Skold (1976): *ibid.* **16**, 49-52.
- 4) Evans, D. A. and E. F. Paddock (1980): Theor. Appl. Genet., **56**, 245-251.
- 5) Fujii, T. and S. Matsumura (1958): Jap. Jour. Genet., **33**, 389-397.
- 6) 後藤寛治 (1963): 北海道立農業試験集報, **11**, 1-10.
- 7) Hiraiwa, S., S. Tanaka and S. Nakamura (1976): "Evaluation of protein alterations by mutation breeding", IAEA, Vienna, pp. 185-196.
- 8) Katayama, T. and T. Nagamatsu (1966): Japan. J. Breeding, **16**, 77-82.
- 9) Khvostova, V. V. (1968): Gamma Field Symp., **7**, 123-136.
- 10) Killion, D.D. and M.J. Constantin (1974): Radiat. Bot. **14**, 91-99.
- 11) Killion, D. D., M. J. Constantin and E. G. Siemer (1971): *ibid.*, **11**, 225-232.
- 12) Koo, F. K. S. (1972): "Induced mutations and plant improvement", IAEA, Vienna, pp. 285-292.
- 13) McCabe, J., B. Shelp and D. J. Ursino (1979): Environ. Exptl. Bot. **19**, 253-261.
- 14) 森 重之・中西宏夫・谷本忠芳・村上道夫 (1979): 京府大学報, 農 **31**, 1-7.
- 15) 永松土己・小川峯登 (1964): 九州大学農学部学芸雑誌, **21**, 47-55.
- 16) Papa, K. E., J. H. Williams and D. G. Hanway (1961): Crop Sci., **1**, 87-90.
- 17) Rawlings, J. O., D. G. Hanway and C. O. Gardner (1958): Agron. J., **50**, 524-528.
- 18) Shelp, B., J. McCabe and D. J. Ursino (1979): Environ. Exptl. Bot., **19**, 245-252.
- 19) Sigurbjornsson, B. and A. Micke (1974): "Polyploidy and induced mutations in plant breeding", IAEA, Vienna, pp. 303-343.
- 20) 高木 胖 (1974): 放射線育種場研究報告, 第**3**号 45-87.
- 21) Tanaka, S., N. Nagata and S. Hiraiwa (1976): Gamma Field Symp., **15**, 75-78.
- 22) 東北農業試験場栽培第2部作物第3研究室(1970): 東北農業試験場研究報告, 第**40**号, 65-105.
- 23) Ursino, D. J., H. Schefski and P. W. Latour (1977): Environ. Exptl. Bot., **17**, 35-42.
- 24) Ursino, D.J., H. Schefski and J. McCabe (1977): *ibid.*, **17**, 27-34.
- 25) Williams, J. H. and D. G. Hanway (1961): Crop Sci., **1**, 34-36.
- 26) Witherspoon, J. P. and A. K. Corney (1970): Radiat. Bot. **10**, 429-435.

- 27) 川上幸治郎 (1960) : 農業及園芸, **35**, 1593-1598.
 28) 川上幸治郎・永田忠男 (1964) : 兵庫農科大学研究報告, **6**, 97-101.
 29) 永田忠男 (1953) : 兵庫農科大学研究報告, **1**, 9-12.
 30) 京都府農林部農産普及課 (1977) : “大豆, あづき栽培指導資料”
 31) Gunckel, J. E. and A. H. Sparrow (1961): “Encyclopedia of plant physiology”, **16**, Springer, Berlin, pp. 555-611.
 32) 森 重之・中西宏夫・塩尻 哲・村上道夫(1980): 京府大学報, 農 **32**, 1-7.

Summary

Dry seeds of a black soybean, *Glycine max* (L.) Merr. cv. Tanba-Kuro, with about 11% moisture were given acute gamma radiation exposures of 5, 10, 15, 20, 30 and 40 KR from a 1,800 Ci ^{60}Co source. Seedling height was nearly equal to the control at 10 KR and below, while at 20 KR and over decreased significantly with increasing doses. We supposed that this decrease resulted from the damage of epicotyl (length between cotyledon and primary leaf). The day of the first flower in individual plants was slightly later than the control at 20 KR and below, and was significantly

delayed by 2 to 3 days at 30 KR and over. Moreover, its variance was larger than the control with increasing doses. Values of some characters in maturing time, in general, was decreased with increasing doses as compared to the control. While the patterns of reduction showed striking differences in some characters, the reduction was severe in the number of pods, pods weight, number of seeds and seeds weight.

We assumed that the radiosensitivity of “Tanba-Kuro” held the “middle to semi-resistant” position in soybean.