

放射線によるバレイショの突然変異

I. γ 線による突然変異

金子一郎*

Mutations in Potatoes Induced by Radiation

I. Mutations by gamma irradiation

Ichiro KANEKO*

バレイショ品種「農林1号」の塊茎に、2.5~30 kR の γ 線を照射した後、それぞれ1個の目をつけた小切片に切断して温床に伏込み、萌芽した切片を圃場に栽植した。その結果萌芽率は15 kR以上の線量になると低下し、30 kRでは、わずかに11%であった。照射当代植物には、種々の形態的異常が5 kRからみられ、線量の増加につれて異常個体の発現率は高くなった。しかしこれら異常個体の次代には形態的異常がみられず、ほとんどの個体は正常であった。照射第2代ならびに照射第3代に発現した変異は、いずれも次の代に伝えられるから、突然変異とみなすことができ、最も発現頻度の高い線量は15 kRであった。変異の種類は葉に関するものが最も多かった。多くの突然変異系統は、収量、でん粉含量などの実用的形質については、原品種にくらべて劣っていたが、生育日数の短い系統が得られた。

I 緒 言

栄養繁殖植物に放射線を照射して、突然変異の誘発を試みた研究は多い。それらの研究では、放射線の生物学的作用についての調査のみでなく、突然変異の育種の利用にも試みられている。特に花卉においては、花色、葉形などの変化を容易に起し得ることが明らかにされ、多くの変異系統が作出された^{3,5,6,12,13,14}。またサツマイモやバレイショについても、体細胞変異の

誘発について報告されている^{7,9,11}。

著者はバレイショについて、種々の放射線による突然変異の作出と利用を試みてきたが、ここでは塊茎に γ 線を照射した場合の適線量、変異の出現および種類などを明らかにしようとして、1959~1962年にわたって行った試験結果について報告する。

γ 線照射は農林省農業技術研究所に依頼して行われたもので、照射の労をとられ、種々の教示を与えられた河合武博士に感謝の意を表する。

Table 1. Doses of γ -ray irradiated by ^{60}Co to potato tubers.

Year	Dose (kR)	Dose rate (R/min.)	Vertical distance from the source (cm)	Horizontal distance from the source (cm)	Duration of irradiation	
1959	2.5	2.18	43	80	May	17-18
	5	3.3		60	May	18-19
	7.5	1.5		100	May	17-20
1960	10	0.71	42	140	Apr.	30-May 10
	15	0.96		120	Apr.	30-May 11
	20	1.5		100	Apr.	30-May 9
	30	2.4		80	Apr.	30-May 9

* 前北海道立十勝農業試験場（現東北農業試験場、盛岡市下厨川）

II 試験方法

バレイショ品種「農林1号」の塊茎に⁶⁰Co γ 線の照射を行った。照射条件は Table 1 に示すとおりである。

照射には1個100g内外の塊茎を用いた。それらの塊茎は、わずかに萌芽が認められる状態であった。

1959年に処理した塊茎は、6月3日に照射面にある目が、1切片に1つずつあるように約5g内外に小さく切断して、培養土を詰めた木箱に伏込み、電熱温床に定置して催芽させた。萌芽した切片は7月8日に、畦幅75cm、株間22.5cmで圃場に定植した。1960年に処理した塊茎は、5月20日に照射面にある目のうち、線源の方向から5つの目を、おのおの約5g内外の切片に切断し、前年に準じて催芽させ、7月23日に畦幅69cm、株間30cmで圃場に栽植した。収穫は茎葉が枯れてから行ない、個体別に着生した塊茎を収納した。

処理次代(vR2)は処理当代(vR1)の個体に着生した塊茎のうち、2.5~7.5kR照射区については上いも(重さ20g以上の塊茎)を、10kR以上の処理については全塊茎を、各処理当代の個体別に系統として栽植し、変異の出現状態を調査した。

処理3代目(vR3)はvR2で変異が認められた個体に着生した全塊茎を系統として供試し、vR2で変異の伝達と固定状態を調査するとともに、vR2で変異のみられなかった系統については、各系統を7株ずつ供試し、変異の出現について再調査を行った。

処理第4代(vR4)はvR3までに得られた変異系統について、一般的な特性ならびに塊茎の収量について調査した。

III 試験結果

1 照射当代における γ 線の影響

催芽床に伏込み後の萌芽状態は、Table 2に示すよ

Table 2. Effect of γ -ray irradiation on the sprouting of tuber pieces in the treated generation (vR1)

Year	Dose (kR)	No. of tuber pieces planted on hotbed (A)	No. of tuber pieces sprouted										Total (B)	B/A (%)
			20	25	30	35**	40	45	50	55	60			
1959	0	113	66	46								112	99.1	
	2.5	331	181	147								329	99.4	
	5	297	128	155								283	95.2	
	7.5	212		114	88							202	95.3	
1960	0	75	23	40	11	1						75	100	
	10	146			9	58	31	27	12	6		143	97.9	
	15	142				2	9	48	31	22	11	123	86.6	
	20	154					11	18	31	32	14	11	117	76
	30	145						1	1	5	5	4	16	11

* Tuber pieces were each with a single eye.

** Number of days needed for sprouting.

Table 3. Stem length and aberrant individuals in the treated generation (vR1)

Year	Dose (kR)	Stem length		No. of aberrant individuals	
		Observed (cm)	Rate for control (%)	Observed	%
1959	0	31.4	100	0	0
	2.5	31.5	100.3	0	0
	5	30.6	97.4	1	0.3
	7.5	28	89.2	1	0.5
1960	0	45.6	100	0	0
	10	38.1	83.6	8	5.6
	15	35.4	77.6	6	4.9
	20	32.7	71.7	7	6
	30	27	59.2	3	18.8

うに、無処理区では伏込み後15日で萌芽がみられるが、照射区では線量が増すにつれて萌芽がおそくなり、5 kR 増すごとに、ほぼ5日のおくれが認められた。

催芽切片数に対する萌芽切片数を萌芽歩合とすると、10 kR までは無処理区との間に大きな差はみられないが、15 kR 以上では減少し、30 kR では、わずかに11%であった。

萌芽後に圃場に定植された個体の生育は、低線量の5 kR までは、わずかしこ影響をうけないが7.5 kR 以上では阻害され、その程度は線量の増加につれて大となり、Table 3に示すように茎長は線量に比例してほぼ直線的に減少した。

植物体の地上部には種々の異常が認められ、葉が肥厚したもの、葉が肥厚して分枝の多いもの、葉がちぢれて奇形を呈するもの、主茎が伸長せずに腋芽が伸びるもの、小葉の小さいものおよび矮小個体などが観察された。これらの異常個体の出現はTable 3にみられるように2.5 kR では認められなかったが、5 kR 以上では認められ、その発現率は線量の増加とともに高くなり、特に30 kR では著しく高かった。

収穫はほとんどの個体が枯れた10月上旬に行ない、個体別に収納したが、塊茎が形成されずに早期に枯死した個体も認められ、定植個体数に対する塊茎着生個体数の比率は、線量の増加にともなって低下し、30 kR では48.3%であった。なお茎葉に異常が認められた26個体のうち、塊茎が形成されたものは20個体で、小葉が肥厚し、著しく矮小な6個体では塊茎が形成されなかった。

2 突然変異の出現

vR1の個体に着生した塊茎のうち、2.5~7.5 kR 照射区については上いもを、10~30 kR 照射区については全塊茎を、vR1 個体別に系統として栽植し、vR2に

おける変異の出現状態を調査した。その結果 vR1 で茎葉に異常が認められた26個体のうち、塊茎が形成された20個体ではvR2に変異が伝えられたものは、わずかに1個体で、その他の個体の後代はすべて正常型であった。そして低線量の2.5 kR 照射区ならびに高線量の20, 30 kR 照射区を除いた5~15 kR 照射区で、それぞれ少数の変異個体が認められた。

それらの変異は葉に関するもので、小葉が肥厚してちぢれているもの、小葉がちぢれて濃緑色のもの、小葉が密に着生するもの、および小葉がちぢれてやや奇形を呈するものが認められた。

vR2 で認められた変異はすべて次代(vR3)に伝えられた。またvR2 で変異がみられなかった20 kR, 30 kR 照射区のvR3 でも変異個体が認められた。vR3 で発現した変異は葉形に関するものが最も多く、葉色および花の奇形、開花数の少ないものがこれに次ぎ、葉色のキメラは少なかった。vR3 で認められた変異は、すべて次代(vR4)に伝えられた。

従ってvR2, vR3に発現した変異は、突然変異とみなすことができる。そこでvR2 および vR3 系統の中で、1個体でも変異がみられた場合は、その系統を変異系統とし、この変異系統数と、vR1の萌芽切片数から算出した突然変異の発現率は、Table 4にみるようにvR2では15 kR まで線量が増すにつれて増加したが、20 kR 以上では変異がみられなかった。しかしvR3においては20 kR 以上の照射区にも変異がみられ、その発現率は線量の増加にともなって高くなった。

3 変異系統の特性

vR4においてはvR3までに得られた突然変異18系統について、一般的な特性ならびに実用的な形質について調査した。その結果生育日数では原品種に比較して10日内外短かく、かなり早生化した系統も認められ

Table 4. Frequencies of mutations in vR2 and vR3 generations

Year	Dose (kR)	No. of tuber pieces sprouted in vR1 (A)	No. of mutant clones (B)		B/A (%)	
			vR2	vR3	vR2	vR3
1959	0	112	0	0	0	0
	2.5	329	0	0	0	0
	5	283	1	1	0.3	0.3
	7.5	202	1	1	0.5	0.5
1960	0	75	0	0	0	0
	10	143	2	2	1.4	1.4
	15	123	3	6	2.4	4.9
	20	117	0	5	0	4.3
	30	16	0	2	0	12.5

たが、収量については、いずれの変異系統も原品種にくらべて劣り、特に早生化あるいは矮性化したもので低下が著しく、でん粉含量についても変異系統は、数系統を除き低いものが多かった (Fig. 1)。

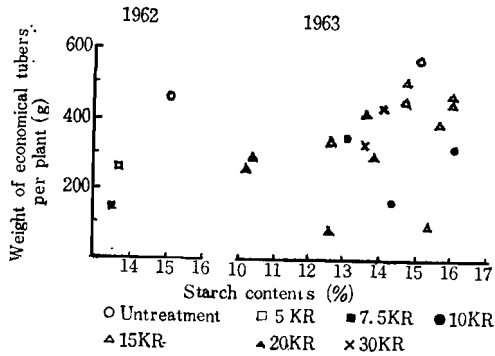


Fig. 1 Relations between the weight of economical tubers and the starch contents of mutant clones in vR 4

IV 考 察

バレイショの塊茎に2.5 kRから30 kRの範囲で γ 線を照射したところ、vR3までの分析で発現された突然変異は、5 kRよりみられ、その発現率は線量を増すにつれて増加した。しかしながら変異系統数は本実験では15~20 kRの照射で多く、30 kRの高線量照射では発現率は高いけれども、生存個体数が少ないために変異系統数も少なくなった。Roer¹⁵⁾は2~16 kRの γ 線をバレイショの塊茎に照射した結果、16 kRでは全く萌芽個体がなく、8 kRでは致死した個体は少なかったが、突然変異は認められず、最も多くの突然変異が出現した線量は、およそ3.2 kRであると報告している。またNybon¹³⁾は、その著書の中でHeikenの論文を引用し、2~8 kRのX線を照射したバレイショのX₂における突然変異の出現率は、線量が増すにつれて直線的に増加したが、8 kRでは致死個体率がかなり高いことから、多数の突然変異を誘発するには、4 kRが最適線量であろうと述べている。本実験において突然変異が多発した線量は、前述のように15~20 kRであるから、Heiken, Roerらの実験より数倍も多い線量であった。このような差異は、照射した総線量よりも線量率が強く影響しているものと考えられる。この点に関して著者が行った他の実験¹⁰⁾によると、総線量20 kRの γ 線を毎分1.31, 3.45, 7.8 Rの線量率で照射したところ、萌芽率は1.31 R/分の照射で91%, 3.45 R/分の照射で40%であったが、7.8 R/分

の場合は全く萌芽が認められず、vR3にみられた突然変異の発現率は、1.31 R/分の照射で4%, 3.45 R/分で3%であった。Roer¹⁵⁾の実験における線量率は明らかではないが、本実験にくらべて高かったものと推定される。

また放射線に対する感受性すなわち処理当代の萌芽率の低下、ならびに突然変異の発現率は、線量率および総線量のみでなく、品種によっても異なるものと考えられる。例えばHagberg and Nybon⁷⁾は3品種の塊茎に、種々の線量のX線を照射したところ、処理後の萌芽率ならびに突然変異の発現率は、品種によって異なることを報告している。

vR1植物の地上部にみられる形態的な異常は、Hagberg and Nybon⁷⁾の報告に類似し、vR2以降に現われた形態的な突然変異は、葉形に関するものが多く、Asseyava^{1,2)}, Heiken⁶⁾が報告した自然突然変異の種類とよく似ている。

次に突然変異の誘発から発現までの過程について考察する。Davidson⁹⁾によれば、休眠が破れた時期、すなわち萌芽とは、芽の長さが肉眼で認められる0.45 mmであるとし、吉田(未発表)によると、芽の長さが肉眼で観察できる時期では、すでに匍枝の原基の分化が認められ、さらに芽の長さが1 mmを越える頃になると、主茎には種いもからかぞえて少なくとも4節ぐらいに、匍枝の原基が分化しており、さらに芽が伸長した時期では、地上茎の本葉原基が分化しているものであろうとしている。本実験の照射時期は、4月または5月であったから、匍枝原基が未分化のものから、本葉の器官が形成されたものまで、いろいろの發育段階にある芽をもった塊茎が照射されたものと考えられる。従って照射時に葉の器官形成が行われていたと思われるものでは、vR1の地上部に異常が出現し、まだ葉の分化が行われていないものでは、正常葉が多いと考えられる。しかしこれらの異常形質は、次代(vR2)にはほとんど出現しなかったから、突然変異とは考えられない。突然変異の誘発には、(1)処理期に形成されていた匍枝の原基細胞に突然変異が誘発されるか、(2)匍枝原基が障害をうけて發育を停止し、未分化細胞に突然変異が誘発され、処理後新しく形成された原基が突然変異をもつ場合の、いずれかが考えられる。匍枝原基細胞で突然変異が誘起された場合は、変異細胞と正常細胞が塊茎の形成に関与し、vR1の塊茎では区分キメラあるいは周縁区分キメラとして、変異細胞群と正常細胞群とが共存し、vR2において周縁キメラまたは変異体として固定することができるものといえよ

う。ごく細かいキメラの場合には、vR2でもキメラとなり、vR3で周縁キメラとなることも考えられる。

突然変異系統のなかには、原品種にくらべて生育日数の短かいものが得られたが、収量、でん粉含量などの実用的形質については、原品種にくらべて一般に劣っていた。諸外国においても実用に供し得る突然変異の作出までに至っていないが、ROER⁵¹⁾は品種「Pimpernel」から誘発した突然変異系統の自殖後代から、匍枝の短かいものや、疫病に対する抵抗性の強いものが得られたことを報告している。

引用文献

- 1) ASSEYEVA, T. 1927 : Bud mutations in potato and their chimerical nature. J. Genet. 19 : 1—26.
- 2) ———. 1931 : (Bud mutations in the potato). Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed. 27 : 135—218.
- 3) BROERTJES, C. 1966 : Mutation breeding of chrysanthemums. Euphytica 15 : 156—162.
- 4) DAVIDSON, T. M. W. 1958 : Dormancy in the potato tubers and the effects of storage conditions on initial sprouting and on subsequent sprout growth. Am. Potato J. 35 : 451—465.
- 5) DOWRICK, G. J. and El A. BAYOUMI. 1966 : The induction of mutations in chrysanthemum using X-ray and gamma radiation. Euphytica 15 : 204—210.
- 6) FUJII, T. and T. MABUCHI. 1961 : Irradiation experiments with chrysanthemum. Rep. Ki-hara Inst. Biol. Res. 12 : 40—44.
- 7) HAGBERG, A. and NYBON. 1954 : Reaction of potatoes to X-irradiation and radiophosphorus. Acta. Agric. Scand. 4 : 578—584.
- 8) HEIKEN, A. 1958 : Aberant types in the potato. Acta. Agric. Scand. 8 : 319—358.
- 9) ———. 1961 : Induction of somatic changes in *Solanum tuberosum* by acute gamma irradiation. Hereditas 47 : 606—614.
- 10) 金子一郎. 1967 : 線量率の異なるγ線およびX線による馬鈴薯の突然変異誘発. 育種 17 (別冊1) : 44—45. (第31回講演会要旨)
- 11) 真島勇雄, 佐藤尚雄. 1959 : X線による甘藷の突然変異. 育種 8 : 233—237.
- 12) MOL, E. W. de. 1953 : X-raying of hyacinths and tulips from the beginning, before thirty years (1922), till to day (1952), Jap. J. Breed. 3 : 1—18.
- 13) NYBON, N. 1961 : The use of induced mutations for the improvement of vegetatively propagated plants. Mutation and Plant Breeding 252—294.
- 14) RICHTER, A. and R. W. SINGLETON. 1955 : The effect of chronic gamma radiation on the production of somatic mutations in carnations. Proc. Natl. Acad. Sci. 41 : 295—300.
- 15) ROER, L. 1967 : Mutations in potatoes induced by gamma irradiation. Euphytica 16 : 283—292.

Mutations in Potatoes Induced by Radiation

I. Mutations by gamma irradiation

Ichiro KANEKO*

Summary

The tubers of potato variety; Norin No. 1, were irradiated with 2.5-30 kR gamma rays.

After irradiation, the tubers were cut into some pieces with a single eye, and planted in a hotbed. The sprouted tuber pieces were planted in the field. The rates of sprouted pieces decreased at doses higher than 15 kR and was only 11 % at 30 kR.

In vR1 plants, various kinds of morphologically abnormal plants were found with the 5 kR treatment, and their percentage was increased with the increase of the dosages. The occurrence of somatic mutations in vR2 and vR3 plants was most frequent when a radiation dose of 15 kR was applied. Most of the mutants recognized were leaf mutations.

Many mutants were inferior to the original clones in yield and starch content, though some obtained earlier maturity.

* Formerly, Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station. (Present, Tohoku National Agricultural Experiment Station, Morioka, 020-01 Japan.)