

X線によるオクラ (*Abelmoschus esculentus*) の突然変異

桑 田 晃

I 緒 論

X線, ^{60}Co を始めとする種々の放射線による人為突然変異に関する研究は多く, 突然変異の機構, 放射線の感受性, スペクトラムなど基礎的な研究は勿論, 実用的に優秀な形質をそなえた品種の育成に関する研究も行なわれている。これらに関する研究の材料としては, 主として米麦を始めとする普通作物や園芸作物が用いられているが, アオイ科 (*Malvaceae*) については, 棉属 (*Gossypium*) などいくつかの種, 属について研究が行なわれているのみで, 他の科に比較すれば著しく少ない。

アオイ科のうち, トロロアオイ (*Abelmoschus Manihot*) の人為突然変異については, さきに報告したが⁽¹⁾, 本報ではオクラ (*A. esculentus*) について人為突然変異の研究を行なったので, その結果を報告する。

本研究に際し, 種子の X線照射の労をとられた小野智明 (現, 丸種種苗KK) ならびに圃場の栽培, 管理などにあたられた高橋道彦助手および研究室各位に対し深甚の謝意を表する次第である。

II 実験材料および方法

供試材料は当研究室保存のオクラ (*A. esculentus*) の「品種番号 4」である。1956年度産種子を京都大学に送り, そこで X線処理を行なった。

X線照射には京都大学農学部の施設 (遺伝学研究室管理) を用い, 200KVP, 19mA, 1.0mm のアルミニウムのフィルターを使用し, 照射線量率は 110R/min で, 試験区は 0.5KR, 5KR および 50KR の 3 区を設けた。照射には乾燥種子を用い, 常温で処理した。

これらの種子を 1957年 6月 6日に播種して, X1を育成し, 1966年で X10迄育成した。この間, これらの材料を毎年同一地区で栽培し, 栽培中の肥培管理は慣行法に従った。そして毎年 10月下旬の生育末期に生育調査をし, 全萌を収納し, 特性の調査を行なった。その間, 生育途中において, 特異形質の発現の有無について注意を払った。

III 実験結果および考察

(1) 照射種子の発芽および生存率

X線照射種子の発芽率, 幼植物の生存率ならびにその生育は第 1 表の如くである。標準状態では発芽率ならびに

Tab. 1 Germination % of irradiated seeds and survival % of X₁ plants

Plot	No. of seed sown (a) (June, 6)	No. of seed Germinated (b) (June, 11, 12)	Germination % of seed ($\frac{b}{a} \times 100$)	No. of plant grown			Survival % of X ₁ Plants ($\frac{c}{b} \times 100$)
				Early stage (middle of June)	Middle stage (middle of Sept.)	Late stage (c) (middle of Oct.)	
X-R 0.5KR	60	40	66.7	40	38	38	95.0
X-R 5.0KR	60	34	56.7	34	30	30	88.2
X-R 50.0KR	60	36	60.0	35	30	9	25.0

生存率は殆んど 100% に近いにも拘らず, 照射区では各線量区ともに発芽率はやゝ低下した。しかし線量が 0.5KR, 5KR および 50KR と増加しても, 発芽率には差異は認められなかった。しかし生存率については, 線量が増加するにつれて低下し, 特に 50KR 区では 25% に激減した。

この点については, さきに報告したトロロアオイ⁽¹⁾ の場合と同様の傾向を示した。かくてオクラの LD₅₀ は 30 KR

前後とみなされよう。

なお放射線の感受性に関し、前報⁽¹⁾のトロロアオイと本報のオクラの場合とを比較すれば、後者の方が低いことがわかる。なおトロロアオイは $2n=68$ であり、オクラは $2n=124$ であり、いずれも染色体は著しく小さいが、その数を著しく異にし、核量も異にしている故、従来からの例よりすれば、オクラの方がトロロアオイよりも感受性は低いことが推定されるが、本実験の結果はほぼその通りであった。

なお斎藤⁽²⁾は放射線による花卉類の研究に際し、オクラでは21.0KRでは不発芽であったと報じているが、本実験では50.0KRでも不発芽ではなかった。しかし生存率は著しく減少し、次代の種子は完全に不発芽であった。

またオクラの放射線感受性についてはインドのPAIIL⁽²⁾が種子の発芽率と幼植物の生存率から調べた結果、X線の5KRから50KRの間では発芽率には差は見られなかったが、生存率については播種後10週では40KRと50KRで減少し、その他植物体の矮性化や葉に種々の異常が見られ、オクラは放射線に対する抵抗力はきわめて高いと報じているが、本実験結果と類似の傾向を示している。

(2) X_1 の生育ならびに特性

以上の如く、0.5KR区、5KR区および50KR区において、それぞれ38、30および9個体生育したので、これらの特性を示せば第2表の如くである。草丈については、標準区では35.2cmであったが、処理区では線量が多くなるにしたがい草丈は高くなる傾向を示した。

Tab.2 Growth of X_1 plants

Plot	Plant height (cm)	Stem thickness (cm)	No. of node	No. of branch
X-R 0.5KR	33.6 (30~40)	1.4 (1.2~1.7)	13.2 (12~15)	0.1 (0~1)
X-R 5.0KR	40.0 (35~45)	1.7 (1.3~1.9)	12.8 (12~14)	0.3 (0~2)
X-R 50.0KR	47.8 (40~50)	2.0 (1.7~2.3)	12.7 (11~15)	0.2 (0~2)
Cont.	35.2	1.5	12.2	0.1

したがい草丈は高くなる傾向を示した。

なおこの X_1 では播種期が多少おそかったため、全体として草丈はやや低かったが、処理区で標準区に比し、草丈が高くなったのは放射線による刺戟により生育が促進されたものとみなされるべきで、これはまた当代のみであって、次代にまで影響をおよぼすものではなかった。

また茎の太さについても、標準区では1.5cmであったが、処理区では、線量が多くなるにしたがい、太くなる傾向を示した。これも放射線による刺戟とみなされよう。しかし節数と分枝数については標準区と処理区との間の差異、また線量による差異は認められなかった。

なお各試験区において、草丈その他の形質について、特に上述以外の異常を示す個体の出現はみられなかった。

次に蒴数(以後、蒴数とは1個体当りの着蒴数のことである)、粒数(以後、粒数とは1蒴中の種子数のことである)、秕数(以後、秕数とは1蒴中の秕数のことである)および花粉稔性は第3表の如くである。蒴数については、

Tab.3 Characteristics of X_1 Plants

Plot	No. of plant	No. of pod per plant	No. of Seed per pod	No. of immature seed per pod	Pollen fertility (%)
X-R 0.5KR	38	4.5	48.8	4.7(0.0~24.4)	98.1
X-R 5.0KR	30	4.1	51.6	4.7(0.0~18.0)	99.2
X-R 50.0KR	9	0.4	13.0	0.1(0.0~10.0)	2.5~99.3

0.5KR区と5KR区では大差は認められず、それぞれ4.5、4.1であったが、50KR区では著しく少なくなり、0.4であった。この0.4の内訳をみると、9月中旬の生育中期の30個体中、0蒴が21個体で大部分を占め、あとは1蒴が7個体、2蒴が僅か2個体であった。

粒数については、やはり0.5KR区と5KR区とでは差異はなく、ともに50粒前後であったが、50KR区では僅かに13.0粒と著しく減少した。

秕数については、0.5KR区と5KR区とではともに4.7粒であり、その範囲はそれぞれ0.0~24.4粒と0.0~18.0粒であって、両区の間には殆んど差異は認められなかった。しかし50KR区では粒数の減少が著しかったのかかわらず

秕数は少なく、僅かに0.1粒で、変異は0.0~10.0であった。

花粉稔性については、0.5KR区と5KR区とではいずれも100%近かったが、50KR区では個体により著しく異にし、

Tab.4 Characteristics of 9 plants which grown to the finish in 50 KR plot

Ind. No.	No. of pod	No. of seed per pod	No. of immature seed per pod	Pollen fertility (%)
5	1	44	0	99.3
7	1	16	0	12.5
8	2	22.5	0	52.0
12	1	4	0	31.6
13	1	18	0	58.7
19	2	9.5	0	38.5
21	1	18	0	71.5
22	1	11	0	34.5
26	1	0	10	2.5

2.5%より99.3%迄変異した。この50KR区の全個体については調査しなかったが、9月中旬の生育中期に30個体中15個体についてみると、80%以上が6個体、50~80%が4個体、20~50%が3個体、20%以下が2個体であった。

なお50KR区で最後まで生育した9個体の蒴数、粒数、秕数および花粉稔性は第4表の如くである。これによると、蒴数はいずれも1または2であり、個体により粒数、花粉稔性は著しく変異した。

各試験区におけるX₁植物は第1図の如くである。

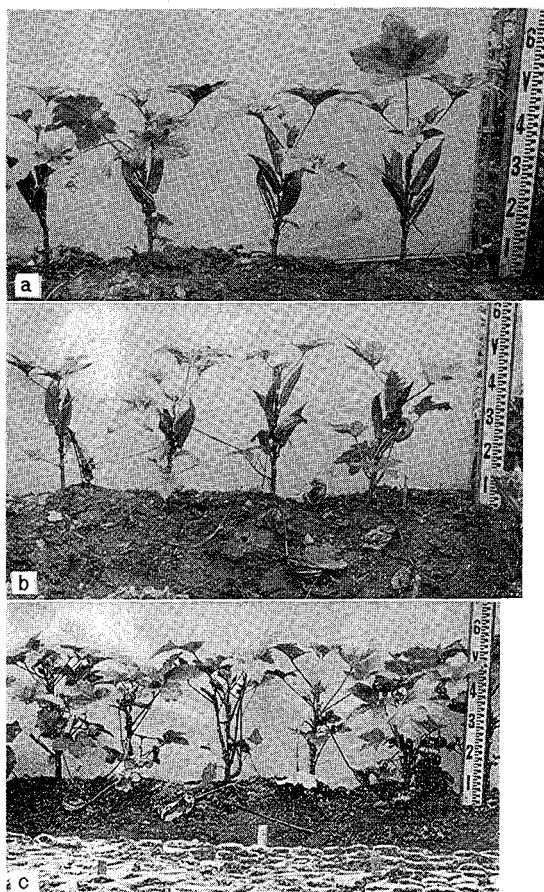


Fig.1 X₁ Plants a : 0.5KR b : 5.0KR c : 50.0KR

(3) X₂の生育および特性

0.5KR区、5KR区および50KR区よりそれぞれ4、6および5個体を採種し、合計15系統のX₂を育成せんとしたが、5KR区の1系統と50KR区よりの5系統は全部完全に不発芽であった。したがって、結局F₂は9系統の育成である。これらの生育状況ならびに諸特性は第5表に示す如くである。

草丈については、X₂のいずれの系統も皆、X₁より草丈は高かった。これはX₁においては播種期が6月6日であったが、X₂では5月13日で、これが標準の播種期である故、正常な生育を示したものである。なおX₁では0.5KR区と5KR区とで草丈に差異を示したが、X₂では系統1が最も高く、系統2が最も低く、他の系統はその間の値を示した。したがってX₁において処理区により草丈を異にしたのは、その当代だけの放射線の影響とみなされよう。

蒴数については、X₂の各系統はともにX₁より多かった。これはやはりX₁では播種期がおそかったためであろう。X₂では系統により蒴数に差異を示し、少ない系統で5.2、多い系統で13.0であった。粒数についても、X₂では各系統ともにX₁より多かった。このX₂では、少ない系統で67.1粒、多い系統で96.1粒であった。秕数については、系統によりことなるが、最低0.1粒、最高1.2粒で特に秕数が多いとは認められなかった。

Tab.5 Growth and characteristics of X₂ plants

plot	X ₁ (1957)		X ₂ (1958) L.No.	No. of plant	Plant height (cm)	No. of pod per plant	No. of seed per pod	No. of immature seed per pod
	L. No.	Ind. No.						
X—R 0.5KR	7	2	1	12	98.4	5.2	74.2	0.2
		7	2	8	63.8	8.9	69.3	1.0
		12	3	11	66.4	6.2	67.1	1.2
		17	4	4	71.5	12.5	81.3	0.5
X—R 5.0KR	8	1	5	12	67.9	8.0	96.1	1.2
		5	6	3	70.0	10.3	67.4	0.4
		7	7	—	—	—	—	—
		11	8	4	82.5	11.0	74.4	0.1
		13	9	3	81.7	13.0	74.8	0.1
X—R50.0KR	9	15	10	4	77.8	10.5	73.5	0.1
		5	11	—	—	—	—	—
		8	12	—	—	—	—	—
		19	13	—	—	—	—	—
		21	14	—	—	—	—	—
		22	15	—	—	—	—	—

なおX₂において、系統により個体数の少ないものがあるが、各系統いずれも約12個体育成したものである故、これより少ないのは、不発芽または途中の枯死によるものである。なおこの不発芽または枯死が放射線の影響によるものか、病死によるものか、あるいはその他の原因によるものかは不明であるが、多分放射線によるものと思われる。

(4) X₃および後代の特性

X₁における0.5KR区および5KR区の後代の系統は第6表に示す如くである。

X₃においては種子の発芽および植物体の諸形質について特に異常は認められなかった。

X₄においては種子の発芽においてやや異常が認められ、これまでのX₁, X₂, X₃種子に比し、発芽が著しく悪かった。したがって、X₄の各系統における個体数はいずれも少なかった。この点については前報⁽¹⁾のトロロアオイ (*A. Manihot*)の放射線処理のX₄種子において、異常種子が出現し、その発芽が著しく悪かったのと全く同様である。しかしオクラにおいては、外観上、形態的に異常な種子は見られなかった。かかる発芽の異常は放射線の影響によるものと思われ、X₄種子において始めて現われたものである。

かくて得られたX₄植物の生育をみると、草丈については、これ迄の世代とほとんど変らなかったが、蒴数、粒

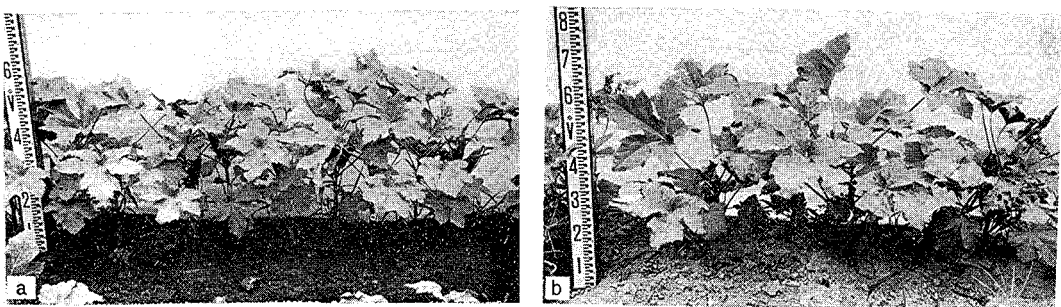


Fig.2 Mutant line and its control

a : Control (Var. No. 4)

b : Mutant line (L.No. 2)

Tab.6 Lineage of *A. esculentus*

X ₁ (1957)	X ₂ (1958)	X ₃ (1959)	X ₄ (1960)	X ₅ (1961)	X ₆ (1962)	X ₇ (1963)	X ₈ (1964)	X ₉ (1965)	X ₁₀ (1966)
7(38)-2	→1(12)-3	→1(11)-1	→1(2)-1	→1(3)-2	→1(5)-1	→1(3)-1	→1(1)-1	→1(3)-2	→1(7)-1
		6	→2(0) 2	→2(4)-4	→2(3)				
-7	→2(8)-3	→2(11)-10	→3(0)						
		3	→4(2)-1	→3(6)-4	→3(1)				
-12	→3(11)-5	→3(11)-8	→5(1) 1	→4(5)-2	→4(3)	2	→2(3)-2	→2(6)-2	→2(11)-1
		4	→6(3)-2	→5(7)-7	→5(3)-2	→2(4)-3	→3(2)-1	→3(11)-4	→3(4)-1
-17	→4(4)-2	→4(7)-6	→7(4)-1	→6(4)-2	→6(3)-2	→3(2)-2	→4(1)		
			2	→7(5)-5	→7(1)				
			4	→8(7)-7	→8(3)-1	→4(6)-1	→5(2)-1	→4(4)-1	→4(9)-4
8(30)-1	→5(12)-9	→5(0)							
-5	→6(3)-3	→6(7)-5	→8(2)-1	→9(4)-1	→9(5)-4	→5(4)-4	→6(2)-2	→5(6)-1	→5(7)-1
-7	→7(0)								
-11	→8(4)-4	→7(0)	3	→10(7)-6	→10(5)-4	→6(5)-3	→7(2)-2	→6(9)-1	→6(7)-2
		1	→9(4)-4	→11(6)-5	→11(4)-2	→7(5)-4	→8(2)-1	→7(7)-4	→7(10)-1
-13	→9(3)-1	→8(7)-7	→10(2)-2	→12(7)-5	→12(3)-2	→8(6)-1	→9(2)-2	→8(7)-3	→8(8)-1
		1	→11(2)-1	→13(4)-2	→13(4)-4	→9(5) 5	→10(2)-2	→9(9)-2	→9(15)-6
-15	→10(4)-1	→9(10)-3	→12(0) 2	→14(8)-1	→14(5)-4	→10(6) 1	→11(1)		
						1	→12(1)-1	→10(12)-2	→10(9)-1

The first, middle and last figure in the column of each generation shows line No., No of plant and individual number respectively.

数, 粗数はこれ迄の世代と著しく異なり, 萌数, 粒数は少なく, 糞数は著しく多かった。すなわち系統により異なるが, 各系統ともに萌数は2または3萌であった。粒数も20ないし, 44粒であった。萌数は0あるいは3.8粒というのもあったが, あとの系統はいずれも10.0粒以上で19.8粒迄であった。

X₅においては, その種子の発芽についてはX₄においてみられたような異常は認められず, また植物体においても特に異常は認められなかった。

つづいてX₆, X₇, X₈, X₉およびX₁₀と育成したが, X₄における如く, 種子の発芽ならびに植物における異常は認められず, かつ形質はほぼ固定したものとみなされる。

以上X₁よりX₁₀まで継続栽培して得られた各系統の各世代における主要特性は第7表の如く矮生のもの, 萌数の多いものなど種々の特性をそなえた系統が育成された。

なお標準区(品種番号4)および育成代表系統(系統番号2)は第2図の如くである。

IV 摘 要

1. オクラの乾燥種子にX線の0.5KR, 5KRおよび50KRを照射して, 後代に各種の突然変異体を得た。
2. X線照射により, 種子の発芽率は若干低下したが, 線量のちがいによる大きな差異は認められなかった。しかし生存率では, やや大きな差異を示し, 線量が増加するにしたがい生存率は減少し, 50KRでは25%にまで低下した。
3. X₁においては, 特に異常個体は出現しなかったが, 草丈については, X線は刺激的作用をなし, 生長を促進

Tab.7 Characteristics of plants in each generation from X₁ to X₁₀

	X ₁ (1957)	X ₂ (1958)	X ₃ (1959)	X ₄ (1960)	X ₅ (1961)	X ₆ (1962)	X ₇ (1963)	X ₈ (1964)	X ₉ (1965)	X ₁₀ (1966)
Plant height (cm)	40.0	90.6	92.7	92.9	100.0	100.4	100.1	130.6	116.3	92.8
	30.0	73.8	{ 86.4	{ 87.3	{ 85.7	{ 90.5	{ 83.7	{ 100.5	{ 91.5	{ 81.4
			{ 82.4	{ 93.1	{ 95.6	{ 103.8	{ 80.5	{ 96.2	{ 99.5	{ 64.8
	35.0	80.1	85.1	93.4	90.3	95.3	110.8	110.3	116.8	97.1
	50.0	95.9	{ 88.9	{ 95.4	{ 95.7	{ 90.1	{ 80.7	{ 100.0	{ 100.4	{ 85.5
			{ 91.2	{ 99.0	{ 110.6	{ 105.1	{ 80.3	{ 98.6	{ 104.6	{ 85.6
45.0	80.3	97.6	87.0	95.9	75.9	83.3	98.7	75.3	64.5	
No. of pod per plant	5	6	11	8	8	9	9	9	11.3	12.3
	3	10	{ 13	{ 8	{ 10	{ 7	{ 6	{ 10	{ 11.8	{ 11.3
			{ 10	{ 8	{ 12	{ 7	{ 8	{ 12	{ 15.5	{ 15.0
	4	12	6	8	9	5	8	6	9.0	14.6
	2	14	{ 8	{ 8	{ 9	{ 9	{ 5	{ 8	{ 9.9	{ 13.3
			{ 10	{ 8	{ 7	{ 7	{ 8	{ 11	{ 13.1	{ 12.2
5	9	6	9	6	7	8	7	10.5	12.4	
No. of seed per pod	33.8	67.7	43.6	64.7	86.7	65.8	61.8	76.2	83.2	80.0
	59.7	80.6	{ 58.4	{ 51.2	{ 66.3	{ 64.0	{ 63.6	{ 63.7	{ 78.3	{ 75.1
			{ 60.2	{ 42.8	{ 79.8	{ 55.3	{ 50.4	{ 63.2	{ 72.9	{ 83.2
	37.5	72.6	69.7	64.1	55.5	50.0	55.9	68.3	71.8	86.3
	38.0	84.1	{ 59.4	{ 53.6	{ 66.6	{ 49.8	{ 57.5	{ 67.4	{ 75.1	{ 79.2
			{ 57.6	{ 63.9	{ 53.0	{ 53.7	{ 56.7	{ 54.3	{ 75.6	{ 78.9
70.0	78.0	77.4	44.7	60.3	59.0	57.4	76.5	74.1	72.0	
No. of immature seed per pod	24.4	0.2	0.2	0.0	0.7	7.1	3.9	3.7	2.2	5.2
	5.7	0.5	{ 2.4	{ 19.8	{ 0.9	{ 0.6	{ 0.0	{ 4.9	{ 3.1	{ 2.1
			{ 1.4	{ 9.9	{ 0.1	{ 7.0	{ 0.2	{ 0.0	{ 0.6	{ 1.0
	7.3	0.4	0.7	16.3	0.1	0.3	0.0	0.8	1.7	0.1
	0.0	0.1	{ 1.3	{ 8.7	{ 0.1	{ 2.4	{ 0.0	{ 0.7	{ 0.1	{ 4.2
			{ 0.2	{ 19.0	{ 0.2	{ 6.7	{ 2.0	{ 5.0	{ 0.9	{ 3.0
0.0	0.1	1.3	3.6	0.4	2.7	0.0	2.8	0.7	2.7	

した。茎の太さについても同様の傾向が認められた。しかし節数、分枝数などはその現象は認められなかった。

4. X₁においては、萌数、粒数、蒴数、花粉稔性については、0.5KRおよび5KRでは異常は認められなかったが、50KRでは萌数、粒数は減少し、花粉稔性は個体により異なり、最低2.5%、最高99.3%までの変異を示した。
5. X₂においては、50KR区から得られた種子は全粒完全に不発芽であったが、0.5KR区と5KR区からの種子は発芽に異常は認められず、また特に異常個体も現われなかった。しかし、草丈、蒴数、粒数などについては系統により差異を示した。
6. X₃においては特に異常は認められなかったが、X₄種子の発芽は悪かった。しかしX₄植物体の生育に特に異常は認められなかったが、蒴数、粒数は少なく、秕数は増加した。

7. X_5 では X_4 におけるような異常は認められず、以後 X_{10} 迄の間でも特に異常は認められず、一部の系統を除いては、諸形質はほぼ固定した。かくて矮性型、多萌型その他種々の特性をそなえた若干の系統が育成された。

引用文献

- (1) 桑田晃： ^{60}Co - γ 線およびX線によるトロロアオイ (*Abelmoschus Manihot*) の突然変異，育種，17 (3)，49—55，(1967)
- (2) PATIL, J. A : Radio sensitivity in Okra (*Abelmoschus esculentus*), *Mag. Coll. Agric. Parbhani*, 8 : 27—30, (1966—7), [*Horticultural Abstracts* 39(2) : 354 No.2907, (1969) より引用].
- (3) 斎藤清：花卉における放射線変異の作出とその育種的利用に関する研究 (第1報) 1・2年草類にあらわれた放射線感受性の差異と変異個体の出現，園雑 35(1): 80~88, (1966).

X-RAY INDUCED MUTATIONS IN OKRA (*Abelmoschus esculentus*)

Hikaru KUWADA

Summary

(1) The several new varieties have been bred up in the progeny of Okra (*Abelmoschus esculentus*), variety "No.4" by irradiating X-Rays of 0.5KR, 5KR and 50KR to its dry seeds.

(2) The germination percentages of seeds irradiated by X-Rays have somewhat decreased, but there were no differences among the doses used. The survival percentages of the plants decreased in proportion to the increase of the doses, reaching 25% in 50KR.

(3) No plant showing any abnormal characteristics has appeared in X_1 generation, but X-Rays have served as a stimulus to the number of node and branch.

(4) Nothing unusual has appeared for the number of pod per plant and of normal and immature seeds per pod and pollen fertility in X_1 generation as far as the total doses were 0.5KR and 5KR. But both the number of pod per plant and of the normal seed per pod decreased, and the pollen fertilities have varied between 2.5% in minimum and 99.3% in maximum, when the total dose was 50 KR.

(5) In X_2 generation, the seeds obtained from X-Rays 50KR did not germinated, but those obtained from X-Rays 0.5KR and 5KR germinated as normal ones. And no plants showed abnormal characteristics, but the plant height, the number of pod per plant and the number of seed per pod have varied among the lines.

(6) In X_3 generation, there were no abnormal plants. The germination percentages of X_4 seeds were very poor, however, no plants have showed abnormality in growth habit. The number of pod per plant and the number of seed per pod decreased and the number of immature seed per pod increased in this generation.

(7) No plants showed abnormality in X_{10} from X_5 . In X_{10} generation, the characteristics became constant, excepting some lines. Thus the strains having the several new characteristics have been bred up.

(1969年12月23日受理)