

有用植物に対する放射線照射効果

ソバ, ブラック・マップ, エンドウ, カブ, ベニバナについて

団野皓文**・松尾英輔*・石黒悦爾・宮里 満

(農業物理学研究室・*観賞園芸学研究室)

昭和59年8月10日 受理

Studies on the Irradiation Effects on Some Useful Plants.
—Buck Wheat, Black Mapped, Peas, Turnips and Safflowers—

Akibumi DANNO**, Eisuke MATSUO*, Etsuji ISHIGURO
and Mitsuru MIYAZATO

(Laboratory of Agricultural Physics, *Laboratory
of Ornamental Horticulture and Floriculture)

緒 言

種々の農作物の種子および苗に対する放射線照射効果に関する研究の一環として、これまでウリ類²⁾、水稻¹⁾、コムギおよびハダカムギ³⁾を用いて、放射線照射の影響を調査してきた。本研究は引き続き、ソバなど数種の有用植物を供試して、照射効果の実態を明らかにしようとするものである。

材 料 と 方 法

1. 供試材料と照射方法

供試した有用植物と照射線量を Table 1 に示す。種苗店で購入した市販乾燥種子をプラスチック製の円筒に詰め、日本原子力研究所東海研究所 Co-60 照射室において、14kCi の Co-60 線源を使用し、1983年10月5～6日と1984年3月10～11日に照射した。いずれの場合も、1kGy 以下の線量区では42kR/H(1983年)、または40kR/H(1984年)と一定の線量率で、照射時間を変えて照射した。他方、3.8kGy 以上の線量区では照射時間を18または19時間に固定し、線量率を変えて所定の照射線量となるようにした。なお、照射線量は同研究所で発表した線量率表に基づいて決定した。

照射した種子は、照射時の円筒に詰めたまま室内条件で保管し、必要に応じて実験に供した。

2. 発芽と出芽

発芽：直径9cmのシャーレにろ紙を2枚敷き、蒸

留水を加え、40～50粒の種子を置床した。これを恒温(20℃)暗黒下に置き、置床後8～10日間毎日発芽個体数を調査した。

出芽：砂を入れた6号鉢に0.5～1.5cmの深さに播種し、ガラス室で2週間にわたって調査した。なお、1区は10～15粒を4～6反覆で構成した。

3. 植物の生育

上記砂鉢で出芽させた後、直ちに緩効性肥料(N:P:K=13:3:11)を1鉢あたり5g置床して、35～60日間、出芽と同じガラス室で栽培した。この間、生存数の推移、照射による傷害を観察し、最終調査時には、草丈、展開葉数、個体別生体重ならびに傷害の程度などを調査した。供試材料の播種条件ならびに調査期間を Table 2 に示す。

結 果 と 考 察

1. ソバ (Table 3, Fig. 1)

発芽率は0～9.5kGy区では90%以上ときわめて高く、照射区間の差は認められなかったが、15kGy以上の区ではまったく発芽しなかった。播種から発芽までに要した日数(平均発芽日数)は0～1kGy区では約2日とほぼ同じであったが、3.8kGy以上の区では照射線量が増加するにつれて次第に多くなった。このように、同じ発芽現象でも発芽率と平均発芽日数では、照射の影響が現われ始める線量は異なった。

出芽率は0～0.3kGy区では100%とすべて出芽したが、0.4kGy区からは線量が増加するにつれて次第に減少し、1kGy区ではわずか2.5%、3.8kGy以上の区では0%であった。

出芽後、栽培期間(35日間)に枯死する個体がみられた。最終調査時の生存率(出芽個体数に対する生存

本研究は日本原子力研究所施設共同利用研究に採択された。

** 前鹿児島大学教授 Former Professor, Kagoshima University

Table 1. Irradiation data and plant materials

Number	Oct. 1983			Mar. 1984			
	Dose (kGy)	Irradiation time	Dose rate (kR/H)	Irradiation distance (cm)	Irradiation time	Dose rate (kR/H)	Irradiation distance (cm)
0(Cont)	—	—	—	—	—	—	—
0.05		7 min.	42	50	8	40	50
0.1		14	42	50	15	40	50
0.2		28	42	50	30	40	50
0.3		42	42	50	45	40	50
0.4		56	42	50	60	40	50
0.5		70	42	50	75	40	50
0.7		98	42	50	105	40	50
1.0		140	42	50	150	40	50
3.8		18 hour	21	70	19	20	70
6.3		18	35	55	19	33	55
9.5		18	53	45	19	49	45
15		18	86	35	19	81	35
21		18	115	30	19	110	30
29		18	160	25	19	150	25
Irradiated plant material				Irradiated plant materials			
Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)				Buck wheat (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench)			
				Black mape (<i>Phaseolus mungo</i> L.)			
				Peas (<i>Pisum sativum</i> L.)			
				Turnips (<i>Brassica campestris</i> L. ssp. <i>rapifera</i> Sinsk.)			

Table 2. Experimental conditions

Plant materials	Indoor (20°C dark room)		Outdoor (glass room)		
	Seeding date (1984)	Seeding depth (cm)	Seeding date (1984)	Final observation (1984)	
Buck wheat	June 23	1.0 - 1.5	April 21	May 26	
Black mape	June 16	1.0 - 1.5	April 21	May 26	
Peas	June 16	1.0 - 1.5	April 21	May 26	
Turnips	June 23	0.5 - 1.0	April 21	May 26	
Safflowers	June 28	1.0 - 1.5	March 27	May 26	

個体数の割合)は0~0.2 kGy 区では100%であったが、0.3 kGy 区は90%, 0.4 kGy 区は約20%, 0.5 kGy 以上の区では0%と線量が多くなるにつれて生存率は次第に低下した。この生存率の推移は11~24日の間に著しく減少し、その後はやや平衡状態を示した (Fig. 1).

草丈は0~0.2 kGy 区では30 cm 以上とほぼ同様

であったが、0.3 kGy 以上の区では線量が増加するにつれて急激に減少した。また、下胚軸長は0~0.1 kGy 区ではほとんど同じであったが、0.2 kGy 以上の区で減少が著しかった。また、草丈よりも下胚軸長に照射の影響が顕著に現われた。

展開葉数は0~0.4 kGy 区では照射区間にほとんど差異は認められず、0.5 kGy 区でやや減少した。この

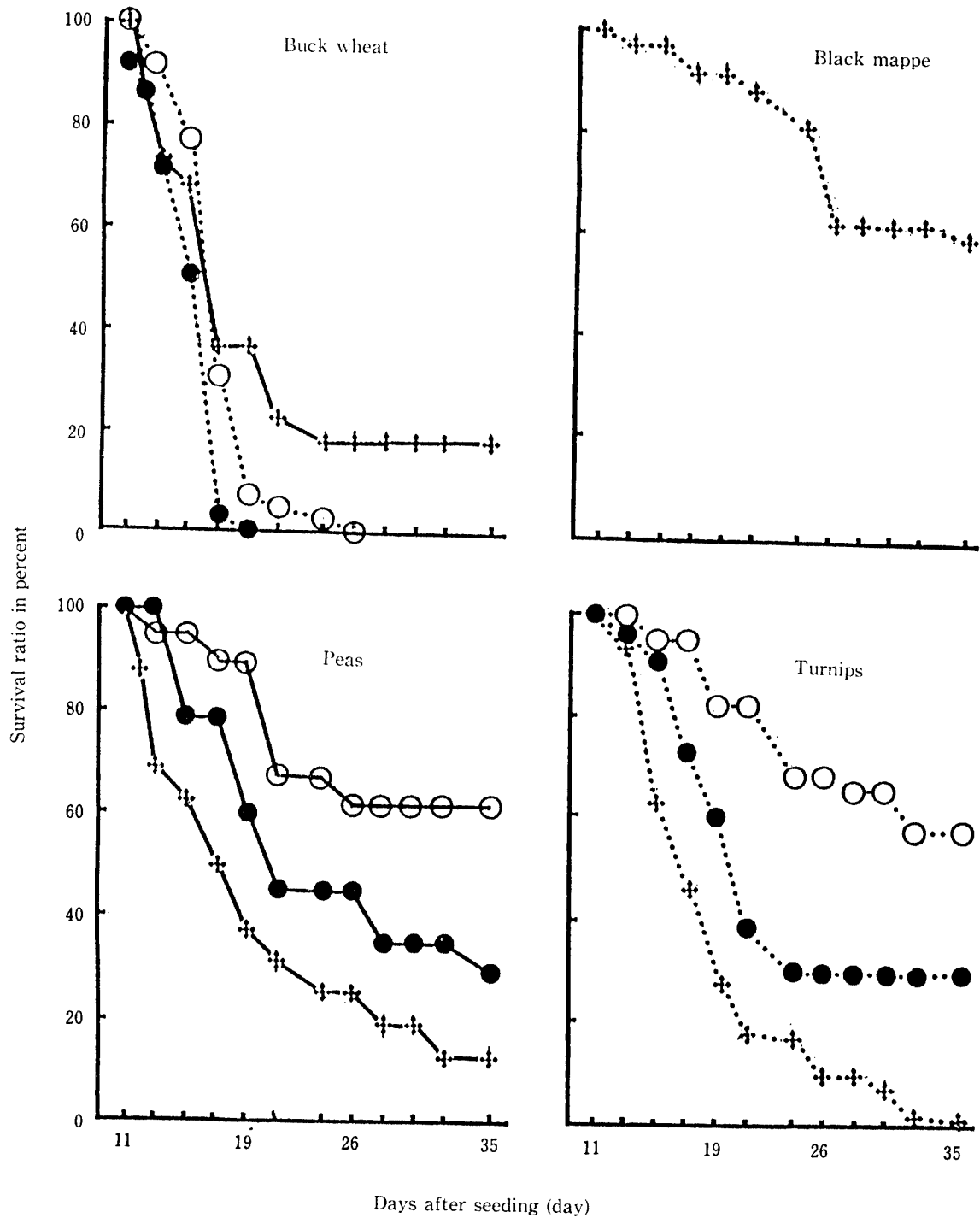


Fig. 1. Effects of irradiation on the survival of emerged plants. Survival percentage is the rate of live plants to all the plants which emerged during the period from the first to 10 days after seeding. The plots having more than 80% in survival ratio or less than 30% in emergence ratio were omitted.

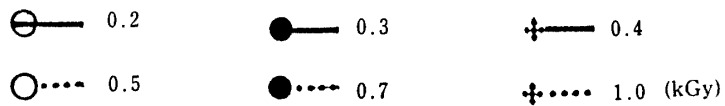


Table 3. Experimental data of the irradiated buck wheat

Dose (kGy)	Germination (%)	Mean days of germination (day)	Emergence percent (%)	Survival percent (%)	Plant height (cm)	Hypocotyl length (cm)	No. of expanded leaves	Mean fresh weight (g)	Topping percent (%)	Injury index ¹⁾
0	100	2	100	100	36.3±6.0	9.4±1.8	3.4±0.5	0.8±0.3	0	0
0.05	100	2.0±0.2	100	100	37.7±5.9	8.9±1.4	3.5±0.6	1.7±0.6	0	0.5
0.1	100	2	100	100	34.9±6.6	9.0±2.0	3.3±0.7	1.0±0.5	0	0.5
0.2	100	2.0±0.2	100	100	31.1±7.5	6.1±1.4	3.4±0.7	1.2±0.6	10.3	1.8
0.3	100	2.0±0.2	100	90.0±7.1	20.8±7.5	3.7±1.1	3.6±1.0	0.7±0.4	22.2	2.8
0.4	100	2.0±0.2	95.0±5.0	18.6±5.0	8.1±7.3	1.9±0.9	2.7±1.2	0.4±0.5	42.9	3.7
0.5	100	2	87.5±13.0	0	—	—	—	—	—	—
0.7	97.5	2	60.0±7.1	0	—	—	—	—	—	—
1.0	100	2.1±0.3	2.5±4.3	0	—	—	—	—	—	—
3.8	97.5	2.5±0.6	0	—	—	—	—	—	—	—
6.3	95.0	3.0±0.3	0	—	—	—	—	—	—	—
9.5	90.0	3.8±0.9	0	—	—	—	—	—	—	—
15	0	—	0	—	—	—	—	—	—	—
21	0	—	0	—	—	—	—	—	—	—
29	0	—	0	—	—	—	—	—	—	—

Buck wheat were grown for 35 days.

1) Symptoms of individual plant ranged from 0–4, with 4 being the most severe.

The average was calculated for each plot.

葉数の減少は芯止りのため、本葉の枚数が増加しなかったことによるものである。

生体重（個体平均）は 0～0.3 kGy 区ではほぼ同様であったが、0.4 kGy 区では約 50% に減少した。

芯止りの認められた個体以外は、線量の如何にかかわらずすべて開花し、葉色も照射区間に差異はほとんど認められなかった。

茎や葉に現われる放射線傷害としては、生長点の座止（芯止り）、折れ曲りを伴った節間の短縮、対生葉の発生、モザイク症状や奇形を伴った葉の矮小化などが認められた。これらは主に第 1～3 本葉に顕著に発現した。すなわち、0.05 と 0.1 kGy の低い線量区では、モザイク症状のみを示す個体が観察された。しかし、0.2 kGy 区では、生育の諸指標はそれ以下の照射区とほぼ同様であるにもかかわらず、上記すべての傷害が認められた。さらに、0.3 kGy 以上の区では線量が多くなるにつれて芯止り個体の発生割合は著しく増加した。

このように、低線量の照射区にかなりの傷害が認められたことは、後述のエンドウの例と類似していた。

2. ブラック・マップ (Table 4, Fig. 1)

発芽率は 0～1 kGy 区ではきわめて高く、照射区間の差はほとんど認められなかったが、3.8 kGy 区から次第に減少し始め、15 kGy 以上の区ではまったく発芽しなかった。

平均発芽日数は 0～6.3 kGy 区では変化がみられなかったが、9.5 kGy 区では著しく増加した。

出芽率は 0～1 kGy 区では多少の変動を示したが、照射による影響はほとんど認められなかった。しかし、3.8 kGy 区から出芽率は急激に減少し、9.5 kGy 以上の区ではまったく出芽しなかった。

生存率は 0～0.7 kGy 区では 90% 以上と高く、照射区間の差は認められなかった。1 kGy 区ではやや減少し、3.8 kGy 以上の区ではすべての出芽個体は枯死した。また、1 kGy 区の生存率の推移は 11～26 日の間に次第に減少を示したが、26 日以降はほとんど変化しなかった (Fig. 1)。

草丈は照射線量が多くなるにつれてわずかに減少する傾向がみられた。しかし、初生葉までの長さ、すなわち、下胚軸長と上胚軸長の合計の長さは、0.2 kGy 区からやや短くなる傾向を示し、0.7 kGy 区ではさらに短くなった。この合計の長さは草丈よりも照射の影響が明確に認められた。

展開葉数と生体重には照射区間の差は認められなかった。しかし、外観的に判定可能な照射による傷害は 0.1 kGy 以上の区に認められ、照射線量が多くなるほど著しい傷害を示した。また、この症状は子葉と初生葉には認められず、第 1 本葉（第 1 複葉）以後に現われた。軽い障害ではモザイク症状、ややひどい傷害では複葉の一部ないし全部のねじれ、矮小化、欠落など

Table 4. Experimental data of the irradiated black maple

Dose (kGy)	Germination (%)	Mean days of germination (day)	Emergence percent (%)	Survival percent (%)	Plant height (cm)	Length of hypocotyl and epicotyl (cm)	No. of expanded leaves	Mean fresh weight (g)	Injury index ¹⁾
0	96.0	3.1±1.0	92.5±4.3	97.2±4.8	13.6±1.6	10.2±1.7	1.6±0.4	0.9±0.3	0
0.05	92.0	2.6±0.8	100	95.0±5.0	13.4±1.5	9.9±1.3	1.3±0.3	0.9±0.2	0
0.1	92.0	2.4±0.5	95.0±5.0	94.4±9.6	12.8±1.4	9.0±1.3	1.6±0.5	0.9±0.3	1.8
0.2	96.0	2.5±0.8	100	97.5±4.3	10.7±2.4	7.8±1.6	1.2±0.5	0.4±0.2	1.7
0.3	100	2.5±0.7	95.0±5.0	94.7±5.3	10.1±2.2	7.3±1.6	1.5±0.4	0.7±0.2	2.3
0.4	84.0	2.8±0.8	77.5±22.8	95.0±5.0	10.7±1.3	7.7±1.1	1.7±0.7	0.8±0.3	2.6
0.5	88.0	3.0±0.6	82.5±10.9	90.8±5.5	10.3±2.4	7.1±1.5	1.7±0.5	0.4±0.3	2.9
0.7	92.0	2.9±0.7	85.0±5.0	90.2±5.9	10.8±3.4	6.6±1.9	2.0±0.8	0.9±0.4	3.6
1.0	92.0	3.0±0.7	92.5±8.3	59.5±2.5	8.0±2.0	4.3±1.0	2.4±0.7	0.8±0.4	4.0
3.8	76.0	3.2±0.6	27.5±20.4	0	—	—	—	—	—
6.3	72.0	3.2±0.5	29.5±14.1	0	—	—	—	—	—
9.5	64.0	4.3±0.6	0	—	—	—	—	—	—
15	0	—	0	—	—	—	—	—	—
21	0	—	0	—	—	—	—	—	—
29	0	—	0	—	—	—	—	—	—

Black maple were grown for 35 days.

1) Refer to table 3.

であった。なお、0.7 kGy 以上の区では芯止りの個体も認められ、その中には子葉または初生葉の腋芽が伸長する例も認められた。

このように、外観的に植物体上に認められる傷害は、照射線量が多くなるにつれて著しく多くなったが、展開葉数、生体重では 0~0.7 kGy という広い照射線量域にわたってほぼ同じ現象が認められた。これは他の供試植物にはみられないものであった。

3. エンドウ (Table 5, Fig. 1)

発芽率は 0~3.8 kGy 区では 100%，6.3 と 9.5 kGy 区ではやや低くなったがそれでも 80% 以上ときわめて高かった。しかし、15 kGy 以上の区ではまったく発芽しなかった。

平均発芽日数は 3.8 kGy 区から線量が増加するにつれてやや増加する傾向がみられ、発芽率よりもいくぶん低い線量で照射効果が生じ始めた。

出芽率は 0~0.1 kGy 区では 95% 以上ときわめて高かったが、0.2 kGy 区は 75%，0.3 kGy 区は 60%，0.4 kGy 区は 30%，0.5~3.8 kGy 区では 20~10% と徐々に低下し、9.5 kGy 以上の区ではまったく出芽しなかった。このように照射線量が増加するにつれて出芽率が比較的緩やかに低下したのは、他の供試植物にはみられない特徴である。

生存率は 0~0.1 kGy 区ではほぼ 100% と非常に高かったが、0.2 kGy 以上の区では急減し、さらに 0.5

kGy 以上の区ではすべての出芽個体は枯死してしまった。0.2~0.4 kGy 区の生存率の推移を Fig. 1 に示した。他の供試植物と同様に、播種後 11~24 日の間に枯死する個体が多く生じた。エンドウはソバと同様に、0.4 kGy 以下の線量区のみで生存した。

草丈は 0.3 kGy 区から照射の影響が現われ無照射区の約 50%，0.4 kGy 区は 15% に低下した。しかし、展開葉数には照射区間に差はほとんどみられなかった。

生体重は草丈と同様に 0.3 kGy 区で約 50% に減少した。結果率は 0 と 0.05 kGy 区でほぼ 90% であったが、照射線量が増加するにつれて低下し、0.4 kGy 区で開花個体はみられても結果個体はみられなかった。この結果率の低下は芯止りの増加と反比例の関係がみられ、照射線量が増加するにつれて、1~3 節で芯止りを生じる個体が増加した。これら芯止りを生じた個体ではひき続いて子葉または初生葉の腋芽が伸長し、主茎に代わって生育・開花した。しかし、腋芽の発生・生育は主茎の発生・生育よりも遅れた。このため、最終調査時には開花はみられたが、結果個体はみられなかった。

なお、葉のモザイク症状は 0.05 kGy 区にも認められ、生育限界線量と考え合わせると、ソバと同様に放射線に対してかなり敏感に反応する植物であると思われる。

Table 5. Experimental data of the irradiated peas

Dose (kGy)	Germination (%)	Mean days of germination (day)	Emergence percent (%)	Survival percent (%)	Plant height (cm)	No. of expanded leaves	Mean fresh weight (g)	Fruiting ²⁾ (%)	Topping percent (%)	Injury index ¹⁾
0	100	4.4±0.5	100	97.5±4.3	26.5±4.7	7.9±0.6	1.7±0.6	90.0	0	0
0.05	100	4.0±0.1	95.0±5.0	97.2±4.9	33.7±5.3	8.8±1.1	2.0±0.6	89.2	5.4	2.1
0.1	100	4.4±0.5	97.5±4.3	97.5±4.3	19.9±8.7	7.6±2.3	1.2±0.7	63.1	23.7	3.3
0.2	100	4.2±0.4	75.0±15.0	62.9±2.4	22.2±10.9	6.5±2.1	1.5±0.9	55.3	52.6	3.4
0.3	100	4.2±0.4	60.0±12.2	28.9±3.0	13.7±11.4	3.9±1.0	0.8±0.7	20.0	100	4.0
0.4	100	4.2±0.4	30.0±10.0	12.5±21.6	3.0±0.5	6.0±3.0	0.7±0.9	0	100	4.0
0.5	100	4.3±0.4	17.5±4.3	0	—	—	—	—	—	—
0.7	100	4.3±0.5	20.0±12.2	0	—	—	—	—	—	—
1.0	100	4.5±0.5	12.5±4.5	0	—	—	—	—	—	—
3.8	100	5.7±0.8	12.5±4.3	0	—	—	—	—	—	—
6.3	92.3	4.5±0.5	2.5±4.3	0	—	—	—	—	—	—
9.5	80.0	5.8±0.7	0	—	—	—	—	—	—	—
15	0	—	0	—	—	—	—	—	—	—
21	0	—	0	—	—	—	—	—	—	—
29	0	—	0	—	—	—	—	—	—	—

Peas were grown for 35 days.

1) Refer to table 3.

2) Percent of plants with capsules to the survived plants for each plot.

Table 6. Experimental data of the irradiated turnips

Dose (kGy)	Germination percent (%)	Mean days of germination (day)	Emergence percent (%)	Survival percent (%)	Length of the largest leaf (cm)	No. of expanded leaves	Mean fresh weight (g)
0	98.0	3.3±0.9	48.3±12.8	100	18.0±4.4	5.3±0.7	3.4±2.5
0.05	86.0	2.3±0.9	66.6±10.5	95.4±4.6	15.2±3.5	4.6±0.8	1.6±1.1
0.1	100	2.4±0.7	66.7±12.4	91.6±5.2	15.0±3.5	4.8±0.8	1.9±1.4
0.2	100	2.5±1.2	75.0±23.7	93.1±6.9	13.3±4.9	4.7±1.2	1.6±2.0
0.3	96.0	2.4±0.8	50.0±7.4	89.9±6.2	16.9±4.9	5.2±1.1	3.3±2.2
0.4	94.0	2.4±0.6	55.0±2.9	87.6±0.6	13.0±4.2	5.2±1.1	1.9±1.6
0.5	96.0	2.7±1.1	43.3±7.4	57.2±17.4	11.7±4.3	4.9±2.0	1.8±1.6
0.7	92.0	3.0±1.2	41.6±7.3	30.0±29.9	13.0±3.0	7.0±1.2	2.6±1.4
1.0	98.0	2.6±0.6	46.6±14.2	0	—	—	—
3.8	56.0	3.9±1.2	28.3±2.9	0	—	—	—
6.3	52.0	4.7±1.3	26.7±9.4	0	—	—	—
9.5	20.0	6.5±1.2	0	—	—	—	—
15	0	—	0	—	—	—	—
21	0	—	0	—	—	—	—
29	0	—	0	—	—	—	—

Turnips were grown for 35 days.

4. カブ (Table 6, Fig. 1)

発芽率は 0~1 kGy 区では約 90% 以上ときわめて高く照射による影響はみられなかった。3.8 kGy 区以上では照射線量が増加するにつれて次第に減少し、15 kGy 区以上ではまったく発芽しなかった。

平均発芽日数は 3.8 kGy 以上の区で増加する傾向

がみられた。他の供試植物と異なり発芽率と同じ線量から照射効果が生じた。

出芽率はどの照射区においても発芽率より低下したが、特に 3.8 と 6.3 kGy の両区で著しく低下し、さらに 9.5 kGy 以上の区ではまったく出芽しなかった。

生存率の低下は、ソバの場合よりいくらかゆるやか

であったが、播種後 11~26 日間に著しく低下し、1~6.3 kGy 区の出芽個体はすべて枯死した (Fig. 1).

最大葉長、展開葉数ならびに生体重のいずれについても、照射区間の差は明らかではなかった。また、モザイク症状はあまり顕著でなく、正常葉と奇型葉の識別も困難であった。しかし、芯止りは 0.2 kGy 以上の区で生じ、照射線量が多くなるにつれて芯止りの発生率が高くなる傾向は他の供試植物と同じであった。

5. ベニバナ (Table 7)

発芽率は 0~6.3 kGy 区では非常に高く、しかも照射区間の差はみられなかった。しかし、9.5 kGy 区では約 40% と急激に低下し、15 kGy 以上の照射区ではまったく発芽しなかった。この時の平均発芽日数は 1 kGy 区まではほとんど同じであったが、3.8 kGy 区から線量が増加するにつれて次第に増加した。平均発芽日数は発芽率よりも低い線量で照射効果が生じ始めた。

出芽率は発芽率に比較して全般的にかなり低い値を示したが、3.8 kGy 区までは照射による影響は認められなかった。しかし、6.3 kGy 区から出芽率は急激に減少し、15 kGy 以上の区ではまったく出芽しなかった。出芽は播種後 8~10 日でピークとなった。また、高線量区ではその後枯死する個体が多くなり、生存率は低下し、0.7 kGy 以上の区では出芽個体はすべて枯死した。

草丈は 0~0.3 kGy 区ではほぼ同じであったが、0.4 と 0.5 kGy 区では明らかに低くなり、また、個体間の差も著しかった。

展開葉数には照射線量の差による違いはあまりみられなかったが、芯止りは 0.4 と 0.5 kGy の両区にかなり認められ、照射線量が増加するにつれてその個体数も増加した。

生体重は 0~0.3 kGy 区ではほぼ同じで、照射による影響はみられなかった。しかし、0.4 と 0.5 kGy 区では照射線量が増加するにつれてかなり小さくなった。

葉色には照射の影響は顕著には認められなかったが、葉の形には照射の影響が観察された。まず、生育初期には 0.1 kGy 以上の区では、照射線量が多くなるにつれてモザイク症状や葉の変形度は著しくなった。しかし、生育するにつれて症状は全般的に軽くなり、0.1 と 0.2 kGy の両区ではこれらの症状は下位葉だけに認められ、上位葉には認められなかった。また、0.3~0.5 kGy 区では下位葉だけでなく上位葉にもモザイク症状や葉の変形が認められ、これらの程度は照射線量が多くなるにつれてひどくなった。

最終調査時には、すでに花芽は発達していた。つぼみの大きさは線量が少ない区で大きいようにみえた。しかし、平均値は 0.5 kGy 区でかなり小さかったが、他の照射区では大きな差異はみられなかった。

以上の結果より、次のことがうかがえる。

発芽率は 1 kGy 以下の区ではどの供試植物もほぼ

Table 7. Experimental data of the irradiated safflowers

Dose (kGy)	Germination percent (%)	Mean days of germination (day)	Emergence percent (%)	Survival percent (%)	Plant height (cm)	No. of expanded leaves (No.)	Mean fresh weight (g)	Topping percent (%)	Injury index ¹⁾
0	97.5	2.9±0.3	69.2±17.2	90.6±5.0	35.0±11.4	14.7±3.8	2.0±1.6	0	0
0.05	97.5	2.9±0.4	58.8±15.4	86.8±12.3	35.3±6.4	17.9±2.8	2.4±1.2	0	0
0.1	95.0	2.7±0.5	70.8±11.0	93.1±5.6	33.4±10.0	15.0±4.1	1.7±0.8	0	0.6
0.2	100	2.9±0.5	46.7±11.8	86.2±11.6	36.2±6.1	18.5±2.4	2.9±1.3	0	0.6
0.3	97.5	2.9±0.4	63.3±9.4	92.6±6.4	31.3±9.4	17.2±3.8	1.9±1.5	3.6	2.1
0.4	97.5	3.0±0.3	60.8±9.3	66.2±19.2	23.3±10.0	16.1±4.8	1.3±1.0	18.8	3.1
0.5	97.5	3.0±0.2	58.3±9.9	41.4±13.5	15.2±7.2	14.2±3.6	0.7±0.5	27.3	3.9
0.7	95.0	3.1±0.4	35.9±13.0	0	—	—	—	—	—
1.0	97.5	3.1±0.4	46.2±16.9	0	—	—	—	—	—
3.8	100	3.8±0.4	43.4±5.5	0	—	—	—	—	—
6.3	92.5	4.4±0.7	21.7±8.0	0	—	—	—	—	—
9.5	42.5	5.7±1.0	1.7±3.7	0	—	—	—	—	—
15	0	—	0	—	—	—	—	—	—
21	0	—	0	—	—	—	—	—	—
29	0	—	0	—	—	—	—	—	—

Safflowers were grown for 60 days.

1) Refer to table 3.

80%以上となり、照射による影響は認められなかった。しかし、15 kGy 以上の区ではどの植物も発芽しなかった。さらに、3.8~9.5 kGy 区で発芽率の低下が少ない植物（ソバ、エンドウ）と低下の著しい植物（ベニバナ、カブ、ブラック・マッペ）に大別された。

平均発芽日数は 0~1 kGy 区ではほぼ同じ値を示したが、ソバ、エンドウ、カブ、ベニバナでは 3.8 kGy 区、ブラック・マッペでは 9.5 kGy 区で増加する傾向がみられた。

このように、同じ発芽現象でも、発芽率と平均発芽日数では照射効果の生じ始める線量に差を生じることが示された。

砂に播種した場合の出芽率は、シャーレ上に置床した時の発芽率よりも低い値であった。また、高線量区になるにつれて出芽率は低下した。これらの現象はウリ類²⁾、水稻¹⁾などで得られた結果と同じであった。これは、高線量区では根端や茎の生長点に傷害を生じたためとみられる。すなわち、高線量区では根の伸長の阻害、生長点の座止（芯止り）が生じ、地中では発芽していたにもかかわらず、腐敗した例が観察された。したがって、植物は発芽はしても覆土や床土の圧力に抗して地上に出芽できず、地中で根端や茎頂からの腐敗が進行し、ついには植物全体が腐敗したものと考えられる。他方、エンドウの場合、根端や茎の生長点が枯死した種子の子葉部をなかば露出させておくと、かなり長期間にわたって生存し、ごく少例ではあるが、子葉の腋芽が伸長してくる例も認められた。

なお、カブやベニバナでは、無照射の対照区や低線量区の場合にも出芽率は全般的に低かった。これは、発芽力の弱い種子が覆土による圧力に抗して地表まで芽を伸長させえなかったためとみられる。したがって、これらの種子またはある程度高線量を照射した種子では、覆土を薄くすることによって出芽率を高めることが考えられる。

子葉や初生葉には放射線照射効果はほとんどみられず、本葉にのみ認められた。これは照射の影響が細胞分裂の盛んな部位に現われることから理解できる。つまり、傷害のみられない下位節の器官は照射時にはすでに分化を完了しており、傷害の現われた器官は未分化かまたは分化の過程にあったことになる。このことから、種子内においてすでに分化している葉数を、種子を解剖することなく、適当な線量の放射線を照射して放射線傷害の発生部位を調べることによって知ることが可能であると思われる。

また、キュウリ²⁾、エンドウ、ブラック・マッペな

どでは、かなり高い照射線量区においても植物の生存期間は長く、この間に腋芽が伸長する個体も観察された。これは子葉の同化能力や貯蔵養分、あるいは照射時にはすでに分化していた初生葉や本葉の働きによるところが大きいとみられる。このことから、側芽や側根の発生しやすい植物では、生存限界以上の線量域で

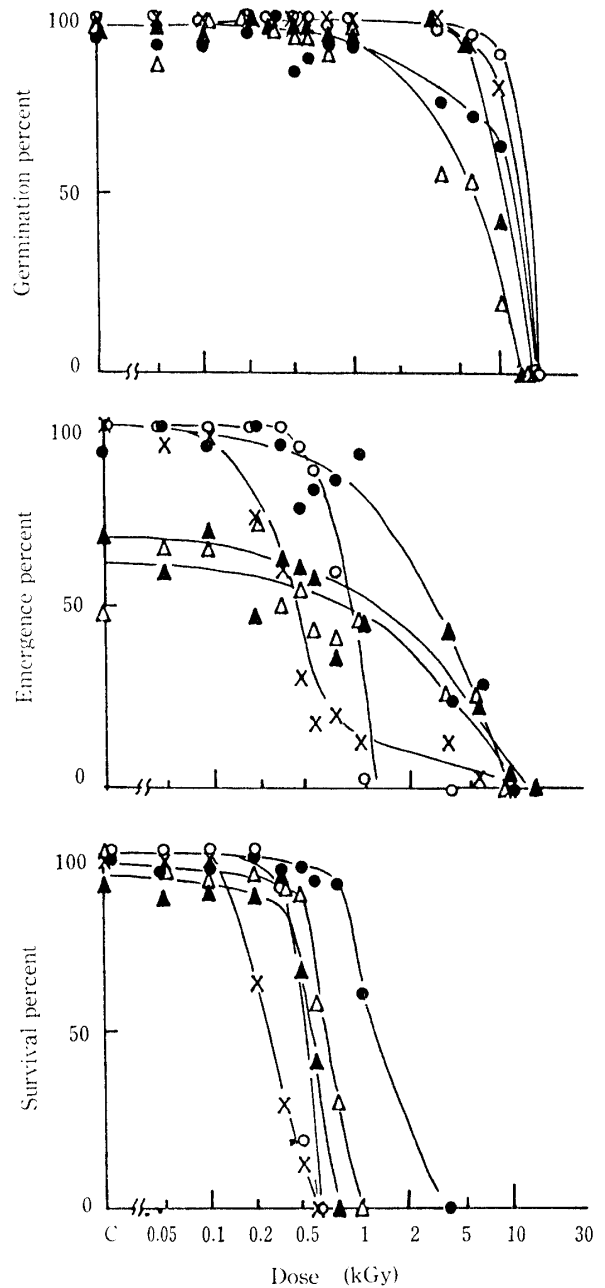


Fig. 2. Effects of irradiation on germination, emergence and survival percentage of the plants.

○ : Buck wheat ● : Black mapple × : Peas
△ : Turnips ▲ : Safflowers

も生存率はさらに高くなることが期待される。また、根あるいは側芽の発生を促進させるホルモンなどの処理によっても、生存率は上昇し、変異個体を得る確率も高くなるものと思われる。

発芽率、出芽率および生存率に対する放射線照射の影響をまとめて Fig. 2 に示す。

全体的にみて、発芽率は 1~10 kGy の範囲で低下し、15 kGy 以上の区ではすべての供試植物の発芽率は 0% となった。これに対して、出芽率は 0.2~1 kGy 区で低下したが、出芽が完全に抑制される線量は 1~10 kGy であり、低下の傾向についてのみみれば、供試植物間の差異が著しかった。一方、生存率（出芽個体数に対する生存個体数の割合）は出芽率と同様 0.2~1 kGy 区で低下したが、0.5 kGy 区で生存率が 0% となる植物もみられた。しかし、3.8 kGy 以上の区ではすべての供試植物の生存率が 0% となったことは、出芽率の場合と異なった。

上記のように、出芽率低下の傾向にみられる供試植物間の差異が比較的著しいのは、種子の出芽能力の相異とともに、植え付けの深さすなわち覆土の厚さが関与するためだと考えられる。したがって、ここに得られたデータから、直接、発芽率、生存率よりも出芽率において供試植物間の差異が大きいことを強調するのは問題と考える。

いずれにしても、発芽率、出芽率および生存率にみられる照射効果の相異、すなわち、後者ほど低線量で効果を発現することは、種子に対する放射線照射が、不可視的な形で、その影響を植物体内に残しつつ作用したことを示すものだと考えられる。

要 約

ソバ、ブラック・マッペ、エンドウ、カブ、ベニバナの種子を Co-60, γ 線で照射した。照射種子を播種して、発芽率、出芽率を調べるとともに、ガラス室で

生育させ、照射効果を観察した。

15 kGy 以上の照射区では、どの供試植物にも発芽はみられなかった。また、すべての供試植物で、出芽率は発芽率よりも低い値となった。なかでも、ベニバナとカブでは、線量に関係なく出芽率は全般的に低く、エンドウでは高線量区で出芽率は著しく低下した。

生存率は播種後 11~24 日に急減し、減少の程度は高線量区になるにつれて著しかった。

草丈、展開葉数、生体重については、0.4 kGy 区までは照射による影響は認められず、生存限界線量の近くでは、これらの値は著しく小さくなった。

放射線照射による傷害の現われ方は、植物によりかなり異なったが、一般に軽い方からモザイク症状、変形葉、矮化、芯止りの形で現われた。発芽率、出芽率、草丈、展開葉数ならびに生体重などでは、照射効果はある線量を越えると急激に低下あるいは小さくなるという形で現われるのに対して、モザイク、変形葉、矮化、芯止りなどの傷害は、線量の増加につれて症状が次第に著しくなる傾向が認められた。

謝辞 本研究の遂行にあたって、照射にご協力いただいた日本原子力研究所 Co-60 照射室の長山 尚氏、大久保 隆氏、ならびに英文校閲の労をとっていただいた鹿児島県立短期大学の J. S. Salat 氏に深甚の謝意を表します。

文 献

- 1) 団野皓文・植木健至・小倉弘司・宮里 満・石黒悦爾：水稻種子に対する放射線効果の研究。鹿大農学術報告，No. 29, 1-10 (1979)
- 2) 団野皓文・小倉弘司・植木健至・宮里 満・石黒悦爾：2, 3 のウリ科植物に対する放射線効果の研究。鹿大農学術報告，No. 30, 23-33 (1980)
- 3) 団野皓文・宮里 満・松尾英輔・石黒悦爾：コムギおよびハダカムギに対する放射線照射効果の研究。鹿大農学術報告，No. 33, 165-169 (1983)

Summary

As a part of the studies on the irradiation effects on some useful plants, this study was designed to investigate the effects on to the seeds of buck wheat, black mappe, peas, turnips and safflowers which were dried and irradiated by gamma radiation from Co-60 source. They were seeded in glass-pots at 20°C in darkness or in a glass house in pots filled with sand. And then, their germination, emergence and growth were examined, respectively.

No plants germinated in plots where their seeds were irradiated with more than 15 kGy. Through all plants, regardless of the irradiation doses, emergence percentage was lower than germination percentage.

The survival-rate of the emerged plants decreased decidedly during the period from 11 to 24 days after seeding. The larger was the irradiation dose, the greater was the mortality rate.

In plant height, number of the expanded leaves, and in fresh weight no difference was observed among the irradiation doses varying from low to middle. Near the critical dose for survival, however, plant height, number of the expanded leaves and fresh weight were noted to be quite low and small compared with those of the dose-plots from lower to middle.

Vacious symptoms of irradiation effects on plant ranged from mild to severe, as in the following, mosaic, malformation of leaf, dwarfing and topping. Irradiation effects increased as the irradiation dose increased.