大麻の研究 (第 3 報¹⁾) 発芽後の発育阻害を目的とした⁶⁰Co γ 線照射種子からの幼植物について²⁾

下村裕子, 栗山悦子, 富沢厚子

東京薬科大学³⁾Studies on Cannabis. III.¹⁾ Young Plants from the Seed Irradiated with
⁶⁰Co γ Rays for Inhibiting Their Development after Seedling²⁾

HIROKO SHIMOMURA, ETSUKO KURIYAMA and ATSUKO TOMIZAWA

Tokyo College of Pharmacy³⁾

(Received June 30, 1975)

The seedlings from *Cannabis sativa* L. seeds irradiated with different doses of γ -rays were examined, in order to determine the dose sufficient to kill the young plants naturally, before their hallucinogenic component increases. The seeds of "Minamioshihara No. 1", which were harvested in 1972 in Tochigi Prefecture, were irradiated with eight different doses of ⁶⁰Co γ -rays on January 17, 1973, and the seedlings were examined several times during subsequent 9 months, from March to November, 1973, and their morphological and histological effect were examined, and the results are summarized as follows:

1) Morphological Effects

Samples irradiated with 1500 and 1000 krad developed radicles about 3 mm in length. Samples irradiated with 500, 200, and 50 krad grew into young plants with the first set of leaves, without lateral roots. Samples irradiated with 30 krad grew to about 10 cm high with a few lateral roots, and the epicotyls about 1 cm in length. These young plants from the irradiated seeds stayed in the same condition and then died. Samples irradiated with 15 and 5 krad grew in the same way as control until the stage of flowering.

2) Histological Effects

Samples irradiated with 500, 200, 50, and 30 krad showed cell membranes of endodermis and pericycle to be partially lignified and suberized. The degree of changes was related to the dose of γ -rays. Samples irradiated with 30 krad showed withered cells near the end of the lateral nerves on the first and second sets of leaves.

3) Economical dose of ⁶⁰Co γ -rays for inhibiting young plants from developing into adult ones was a minimum of 30 krad which made the young plants die. Irradiation with 50 krad of γ -rays will be required to kill the young plants completely before they develop hallucinogenic component.

アサ (大麻) の果実は長さ 3—6 mm の短卵形で 2 条の稜角があり, 光沢ある果皮の表面に白色の網脈の模様をもつきわめてうすい花被を密着する。これを麻子仁, 大麻仁, 麻仁と称し漢方処方中, 灸甘草湯や麻子仁丸に配合される。薬用以外の用途としてそう果は“麻の実”の名で七味唐がらしの一味とされまた小鳥やリスの飼料の一部に供せられる。後者の場合にベットの食べ残しから芽生えたアサを見かけることがある。

アサはわが国では大麻取締法第 3 条によって所持, 栽培を禁止および制限されているが発芽能力を有する種子の所持, 譲渡については何ら規定がない。それゆえ庭先きに 1 本生じたアサによって知らぬ間に法を犯す結果を生ずるのは望ましいことではない。

幻覚成分 tetrahydrocannabinol の原物質 tetrahydrocannabinolic acid (以下 THCA と略称する) を含まないア

1) 第 1 報: 下村裕子, 重弘美智子, 栗山悦子, 藤田路一, 薬誌 87, 1334 (1967); 第 2 報: 藤田路一, 下村裕子, 栗山悦子, 重弘美智子, 赤須通範, 生薬, 21, 57 (1967).

2) 日本生薬学会で発表, 大阪, 1974 年 10 月.

3) Location: 1-10-19 Sakuragi, Ueno, Taito-ku, Tokyo.

サ CBDA 種の育種⁴⁾が最近行なわれつつあるが、育種農場以外での栽培はアサが風媒花でありかつ THCA 含有の在来種株が広く栽培されている現状なので交雑が多分に予測され、その果実から生ずる植物は必ずしも CBDA 株とは限らない。したがって育種農場以外で得た種子についてはすべて発芽抑制をする必要がある。

一方アサの生育期による cannabinoid の消長について、各品種とも幼植物では cannabichromenic acid が主 cannabinoid であるが発芽約 2 カ月後になると、cannabidiolic acid あるいは THCA が主 cannabinoid となるとの報告⁵⁾がある。そこで、実用上には幼植物が幻覚成分含量を増加する以前に生育が止まり枯死するならば有意義と考え、アサ果実の品質を損ずることなく、労力も少ない方法として優れている⁶⁾Coy 線照射処理による生長抑制効果を検討した。

なお藤田ら⁶⁾は発芽抑制のための照射に関しては高線量を必要とすることを示したのみで低線量照射した果実から発芽した幼植物が生育するか否かの検討は行っていない。

そこでわれわれは照射線量を異にした処理種子から生長した幼植物の形態を正常の種子からのそれと比較し、その結果から発芽抑制の目的に要する照射線量を考察した。なお生長点付近の詳細な構造についての比較は次報でのべる。

実 験 の 部

材料 “南押原 1 号” 品種の種子、1972 年 11 月中旬収穫、栃木県鹿沼産を用い、1973 年 1 月 17 日に照射品 8 種 (1500, 1000, 500, 200, 50, 30, 15, 5 krad) を作成、非照射種子とともに 15° に貯蔵したものを試料とした。

方法 観察試料の育成——播種後側根発生までは (i) に示す方法を用い、枯死までの幼植物については (ii) および (iii) によった。

(i) 直径 9 cm のシャレー中にくる紙 2 枚重ねとし十分水を吸わせ発芽床とし南向きの窓際に置いた。

(ii) 直径 30 cm、深さ 14 cm の素焼き鉢中壤土に播種し南向きの窓際に置いた。

(iii) 露地に栽培した。

試験期間——3 月—11 月。

試験時期——(i) は 4 月中に 2 回、5 月・6 月・10 月・11 月に各 1 回、(ii) は 6 月・7 月・10 月に各 1 回、(iii) は 3 月・4 月に各 2 回行なった。

観察法——[A] 生育の状態 試料区毎に平均的なものを選び肉眼および実体顕微鏡下で観察した。[B] 茎頂の形態 実体顕微鏡下での解剖、および縦横・断切片(子葉を通る方向—以下 LB、それと直角の方向—LA) と略称する) の顕微鏡下での観察によった。[C] 内部形態 厚さ 10 μ の横断切片を用い、Acetomethylgreen, Sudan-III, Phloroglucin-HCl で染色し観察した。

結 果

[A] 生育の状態

非照射品 (Fig. 1) 播種後の生育状態はつぎの (1) — (6) の形態過程をたどる。

(1) 発根 (生育第 1 期)——播種後 1—2 日で発根し、約 3 mm に伸長する。

(2) 根毛発生 (生育第 2 期)——(1) の 1—2 日後子葉を付ける節以下の長さは約 1.5 cm に伸長し、下方約 2/3 の部分に根毛を生じる。

(3) 子葉開出 (生育第 3 期)——(2) の 1—2 日後子葉を開出する。この時期にはすでに子葉間に、数 mm に伸びた第 1 対生葉 (以下第 1 対葉と略称する) が認められる。(本報ではこの時期をいわゆる発芽期とした。)

その後胚軸が目立って伸長し、また第 1 対葉は長さ約 6 mm に、第 2 対葉も約 1 mm となる。

(4) 側根発生 (生育第 4 期)——(3) の 4—5 日後に根毛を有する部分に側根が分化発達する。側根が伸長するにつれて側根にも根毛が発生する。地上部では第 2 対葉は約 6 mm となり開出する。

(5) 上胚軸伸長 (生育第 5 期)——(4) の 3—4 日後上胚軸が伸長、第 3 対葉の開出も見られる。

(6) 第 1 節間伸長 (生育第 6 期)——(5) の 3—4 日後第 1 対葉、第 2 対葉間の節間が伸長する。アサは十字対生葉序であり、第 1 対葉は単葉、第 2 対葉以後は掌状複葉で、長葉柄と目立たない托葉を有する。この時期では第 1 対葉の葉柄が節間とともに伸長し、第 2 対葉の小葉も明らかとなる。

4) 西岡五夫, “第 11 回植物化学シンポジウム,” 1975, p. 10.

5) 正山征洋 “大麻に関する生薬学的研究,” 九大, 1974.

6) 藤田早苗之助, 川谷豊彦, 栗原孝吾, 衛生試験, 85, 68 (1967); 86, 68, 73 (1968).

Fig. 1. Seedlings of *Cannabis sativa* L.

- (1): the 1st stage of growth (development of root)
 (2): the 2nd stage of growth (development of root hairs)
 (3): the 3rd stage of growth (devarication of cotyledon)
 (4): the 4th stage of growth (development of lateral roots)
 (5): the 5th stage of growth (elongation epicotyl)
 (6): the 6th stage of growth (elongation of internode between the first and second leaves)

Fig. 2. Diagrams of Transverse Sections in Central Cylinder of *Cannabis sativa* L.

(1)—(6): stages of growth in Fig. 1.

照射品 (Table I) 照射種子から発芽した幼植物は、照射線量の多少により生育の限度はつぎの (I)―(IV) に区分することができる。

TABLE I. The Limited Stages of Growth on the Irradiated Samples

Dose (krad)		Stages of growth					Growth to flowering
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
(I)	1500, 1000						
(II)	500, 200, 50					—	
(III)	30						
(IV)	15, 5			+			
	0						

The times of sowing: March, April, October and November in 1973, and April, May and June in 1974

(1)―(5) show the stages of growth (1)―(5) in Fig. 1.

(I) 1500, 1000 krad 照射品——生育第 1 期の形態で枯死し、発芽しない。

(II) 500, 200, 50 krad 照射品——いずれも生育第 3 期の形態で播種後 2—3 週間で枯死する。なお 500 krad 照射品では根毛発達部位は非照射品に比べ小範囲で、約 1/2 以下部に限られ、この状態に達するのに 3—4 日遅れる。

(III) 30 krad 照射品——生育第 4 期、第 5 期の形態で枯死する。全長約 10 cm に伸長し側根を生じるが非照射品に比べてまばらである。上胚軸は約 1 cm に伸長し、第 2 対葉、第 3 対葉が開出する。しかしこれらの葉の支脈の末端付近の細胞が萎縮し、播種後約 7 週間で枯死する。

(IV) 15, 5 krad 照射品——花期に到るまで枯死することなく非照射品とほぼ同様の過程を経て、草丈約 1.5 m に生育する。

[B] 茎頂の形態

非照射品 (Table II, Fig. 3) 種子中の構造 (以下この時期を E と略称する) および前項の生育第 1 期—6 期における葉の分化発達の状態を葉原基 (lf pri) および托葉の原基 (stp pri) の出現状況を含めて Table II に示し、その 1 部を Fig. 3 に図示する。

なおアサは十字対生葉序であるので LA, LB の 2 方向の縦断面および横断面について茎頂の形態を述べる。

TABLE II. Shoot Apex on the Control

Number of leaf		Stages of growth						
		(E)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1st	1f ^{a)}	+	+	+	+	+	+	+
	stp ^{a)}	pri ^{a)}	pri	pri	pri	+	+	+
2nd	1f	+	+	+	+	+	+	+
	stp	—	—	—	pri	pri	+	+
3rd	1f			pri	pri	+	+	+
	stp			—	—	pri	+	+
4th	1f					pri	+	+
	stp						pri~+	+
5th	1f						pri~+	+
	stp						—~+	+
6th	1f						pri	+
	stp						pri	pri
7th	1f						—	pri
	stp							—

a) lf: leaf, stp: stipule, pri: primordium, +: appear, —: absent, (E): embryo, (1)―(6): the stages of growth, (1)―(6) in Fig. 1.

Fig. 4. Photograms of Transverse Sections of *Cannabis sativa* L.
 A,B: control, C,D: 30 krad, A: Fig. 3 (4-M). B: Fig. 3 (5-R), C: Fig. 3 (4-M), D: Fig. (3 5-M)

ある。

生育第 2 期——胚軸 (2-H) の原生木部 (xp) は木化し、師部 (ph) は明らかとなる。根 (2-R) ではカスパリー一点の発達により内皮 (en) の分化が明らかとなり、二原型の放射中心柱を示す。

生育第 3 期——胚軸 (3-H) の後生木部 (xm) は肥厚木化し、また形成層のきざし [(c)] を見る。移行部では胚軸に類似の構造が見られ、内皮のカスパリー一点を明瞭に認めることができる。これらに先だてて幼根 (3-R) の後生木部 (xm) に肥厚、木化が起り、一方内鞘の細胞は (1-R) と同様の状態を維持し、この根の一次組織は完成する。

生育第 4 期——胚軸 (4-H) には形成層 (c) が明らかとなり、二次木部 (xse) が出現する。また生育第 3 期に示した後生木部は放射方向に 2 分され回転した一次木部 (xpr) として見られる。移行部 (4-M) の形成層 (c) も明らかとなる。根 (4-R) では側根が原生木部に相対する部位に分化し、形成層のきざしがあらわれついで形成層 (c) が明瞭に認め得るようになり根の二次組織が発達する。

生育第 5 期——胚軸 (5-H) では二次組織がさらに発達し、形成層 (c) は周囲をとりまき、その内外に木部 (x)、師部 (ph) がそれぞれ分化する。根 (5-R) では内皮 (en)、内鞘 (pr)、師部 (ph)、形成層 (c)、一次木部 (xpr)、二次木部 (xse) を明らかに観察し得る。

照射品 A 項の照射品についての Table I, (II) 区分のうち 500 krad 照射, (III) 区分のうち 30 krad 照射種子から発育した幼植物の枯死時の内部構造 (Fig. 4, C, D) を示す。

500 krad 照射品——非照射品の生育第 3 期 (発芽期) の Fig. 2 (3) に相当する構造を示し一次生長のみに止まるが内鞘および内皮に著しい膜質の変化 (Sudan-III+, Acetomethylgreen 濃青) が見られる。

30 krad 照射品——個体差は多いが枯死時の生育形態 Fig. 2 (4), (5) に相当する構造を示す。しかし非照射品との最も著しい違いは根から茎への移行部に見られる。すなわち Fig. 2, 4-M 相当の Fig. 4, C および Fig. 2, 5-M 相当の Fig. 4, D はいずれも形成層の乱れのため増殖する細胞の配列に乱れが著しく、二次木部 (xse) の発達も少ない。内皮 (en)、内鞘 (pr) の膜質は 500 krad 照射品と同様の変化が認められる。二次木部は茎においてもやや少なく、根ではきわめて発達が悪い。

考 察

1) 照射品の幼植物枯死の原因

30 krad 以上の照射ではいずれも非照射品に比べ根および根から茎への移行部の内皮、内鞘の膜質が明らかに変化している。そのため水分・養分の吸収が阻害され植物の生育に悪影響を与えることが枯死の主原因と思われる。

なお、非照射品にみる生育の状態、茎頂の形態、内部形態の相関関係は、照射品では必ずしも平行ではなく、照射線量によりやや異なる。すなわち 500 krad 照射品では枯死時、子葉開出期の生育および内部形態を示し根は一次生長に止まり、茎頂の形態は種子の状態のままである。30 krad 照射品は枯死時の生育形態は上胚軸伸長期一側根発生とばらつきがあり、それぞれその時期に相当する茎頂および内部形態を示す。一方葉の支脈付近の細胞が萎縮褐変し同化作用を停止する。

2) 発育抑制効果を示す照射線量

正常な植物体への発育抑制には、播種後 5—7 週間後に枯死する 30 krad 照射で十分である。

一方メキシコ種について発芽直後は cannabichromenic acid を主とし THCA はほとんど含まれず発芽後 6 日 (本報での非照射品の生育状態の側根発生期に相当すると思われる) で cannabichromenic acid として 0.1%, tetrahydrocannabinol として 0.02% という報告⁵⁾があるのでこの点からも実用上 30 krad で十分である。

しかし安全性を考慮すれば 50 krad 照射が望ましい。

謝辞 材料の入手に協力された栃木県農業試験場鹿沼分場長 高島大典氏、試料作成に際し照射の便宜を計られた理化学研究所 松山 晃博士、また貴重な資料を御恵与下さった九州大学 西岡五夫教授に深謝する。当初の実験に協力された稲垣、清水、長島氏に感謝する。

List of Abbreviations c: cambium, cot: cotyledon, csd: casparian dot, en: endodermis, fb: fiber bundle, gp: growing point, lf: leaf, ph: phloem, pr: pericycle, pri: primordium, stp: stipule, x: xylem, xm: metaxylem, xp: protoxylem, xpr: primary xylem, xse: secondary xylem.