

「レ」線の生体細胞に及ぼす影響に関する研究

金沢大学医学部産科婦人科学教室(主任 笠森教授)

助手 田 中 輝 彰

(昭和32年9月5日受付)

Influences of X-Ray Irradiation on Vital Cells

TERUAKI TANAKA

Department of Obstetrics and Gynecology, School of Medicine

Kanazawa University

(Director : Prof. Dr. Shugo Kasamori)

ABSTRACT

In order to examine influences of X-ray irradiation on the living cells, 60 to 600 r. of X-ray was irradiated on the young radices of flat beans. Immediately after the irradiation, the plants were replanted, and in 1 to 7 days after the replantation they were subject to precise macro- and micro-scope examinations. Results were as follows

(1) Normal proliferation of living cells is provided by the small dose of X-ray irradiation. With moderate dose of irradiation, cells fall into degeneration for a while, followed by some restoration. Degenerative process due to irradiation of overdose is irreversible and at last manifests complete degeneration.

(2) Among the cases of accelerated proliferation by 60 r. irradiation, we could find, though not often, atypical proliferated young cells on the surface of normal radix top.

(3) Among the cases of 60 r. irradiation, it was, though not so often, proved that nuclei of the cells inside the radix top perform vigorous amitosis and atypical proliferation.

I, 緒

論

「レントゲン」線の植物に及ぼす作用の実験は 1898 年 Maldiney と Thouvenin が「たがらし」について、「レ」線がその発芽並びに成長を促進せしめることを認め、「レ」線が生物に刺戟作用を及ぼし得ると報告したのが嚆矢である。爾来幾多の業績が報告され、Schmidt¹⁾ は 1 日間水に浸漬した「あまえんどう」に「レ」線の微量照射を行い、その種子から発育する植物は非照射のものに比較して数倍迅速に成長することを認めた。

Körnicke²⁾ は静止状態にある乾燥種子に「レ」線を照射し、強照射を受けた種子は弱照射又は非照射種子よりも迅速に発芽することを認め、なお又強照射は感受性の高い種子を障害し、鈍感な乾燥種子には発育促進作用を及ぼすことを知り、放射線の傷害作用には刺戟時期が大なる関係を有すると唱えた。Jüngling³⁾ は

「そらまめ」に対し「レ」線の少量は発育促進作用を与え、線量を増せば抑制作用を与えるとなした。その後の研究結果として、かかる現象は必発するものではなく、根部に微量照射を行つてもその発育を促進させることは出来ないが、根部致死量の10%を芽に作用させると発育を促進させ得ることの報告がある。Sierp⁴⁾ と Robbers は「つばめむぎ」の幼芽に「レ」線照射を行い、植物に対し「レ」線照射は一過性に発育促進作用をもたらすが、これに後続して抑制作用が起り、その抑制度は照射線量に正比例するとなした。Altmann, Rochlin u. Gleichgewicht⁵⁾ は「いんげんまめ」に微量の分割照射を行い、先ず一過性の発育促進に後続する抑制作用を認め、この時根部の組織的検索を行わなかつたが、幹部では強い支持組織が非照射例に比し早期に出現すると報告した。Halberstädter⁶⁾ と Simon

によると、微量照射は植物に一過性の発育促進作用を与え、中等量照射は持続性の促進作用を及ぼし、大量照射は発育抑制作用をもたらすとのことである。而して「レ」線による促進作用の本態は正常の発育促進ではなく、寧ろ照射の初期に傷害された細胞群の過剰再生であると報告している。これらの成績によると、「レ」線に対する感受性は植物の種類によつて区々であり、特にその発育時期に応じて差異を示すことが識られる。これに対し、Schwarz, Czepa 及び u. Sindler によると、植物に対する「レ」線の発育促進作用に関する多数の報告があるが、これらは何れも個々の植物の特異性を捕えて、これを「レ」線の刺戟作用に基く変化であると誤認したものであつて、植物に対して「レ」線は発育抑制作用を有することは認められるが、

促進作用を認めることは不可能であると力説している。我が国におけるこの種の研究は、小室氏⁸⁾が1917年以来「そらまめ」、「いね」等を使用して「レ」線照射による影響を研究して、(1)植物の「レ」線感受性は含水量に正比例すること、(2)2OH (=40×)の「レ」線量照射によつて発育促進を認めたこと、(3)「レ」線照射によつて根端組織に異常増殖を認め、これを植物癌と見做すことなどに関して数例の実験成績を報告した。

近時「レ」線発生装置の改良進歩と相俟つて、この種の問題が精検せらるべきであると思される。ここにおいて余は「そらまめ」の幼根を使用して「レ」線照射量とその作用との関係を攻究し、その成績をここに報告しようと思うのである。

II. 実験材料並びに実験方法

(a) 実験材料には、鳥取県産の「そらまめ」を使用し、実験季節としては発芽及び根の成長に好適な春秋を選んだ。実験に際して先ず十分に豊熟乾燥した粒揃の「そらまめ」を2日間水中(10~15°C)に浸漬し、十分に腫脹(含水量40~45%)させた後に、これを適湿の砂中に埋没して約2cmに伸びた幼根を取り出し、これを硝子皿上に根端を中心に向けて放線状に配列し、15粒宛同一条件の下に照射した。

本研究に使用した「レ」線装置は我が教室の「ポルスター」Aであつて、2次電圧180KV、2次電流3MA、濾過装置0.7mmCu+1mmAlを用い、焦点照射面距離25cmとして60r, 120r, 240r, 300r, 600rを照射した。

照射後直ちに適湿の砂を満した硝子容器に移植した。この際主根の縦軸成長度又は側根の発育状態、換言すれば「レ」線照射の幼根に及ぼす外形上の影響を検するために、Jünglingの方法によつて、波状形の厚紙を硝子容器の内壁に内接させ、幼根をこの厚紙の襞と容器内壁との間へ静かに挿入して真直ぐに下方へ伸びるように注意した。かくて15~20°Cの室温中に静置して毎日幼根の発育状態を硝子容器の壁を透して観察した。

対照実験として「レ」線非照射の1群を作り、「レ」線照射の場合と同様な方法によつて比較研究した。

次に「レ」線照射時刻について特別な注意を払つた。即ち根端の成長点を形成する組織は原始分裂組織であつて、常に核分割が行われつつある極めて幼若な細胞

群であるから、「レ」線に対して極めて敏感である。この部の鏡検所見では、分割像の数は1日中の時刻によつて大いに相違し、自分の実験結果も亦諸家の報告と一致し、概ね午前7時と午後10時において核分割が最も旺盛で、この時刻が所謂分裂期であることを識つた。而してかかる幼若細胞では分裂期、或いはその直前又は直後には、細胞機能に大なる変動が起り、従つて細胞の刺戟感受性も亦大いに動揺するものと思される。これに反し2個の分裂期の中間期は静止期であるから、この静止期に「レ」線照射を行うことを至当と考え、午後2~3時の間に照射することとした。かくて照射後直ちに移植し、その後24時間、3日、5日、7日後の4回に実験材料を採取して、照射による影響の時間的推移を観察した。

(b) 組織標本作製

上記方法によつて得た根端の約1/2cmを剪断して、直ちに固定液中に投じた。固定液の選定は自分の最も苦心した所である。植物の組織標本作製には、「ホルマリン」固定液は組織を凝縮する作用が強いから不適當である。然るに現時「オスミウム」酸の入手が極めて困難であるので、従来追試されることの稀であつた小室氏⁸⁾の植物標本固定液(「ピクリン」酸飽和水溶液36, 中性「ホルマリン」12, 氷醋酸2, 尿素1, 「クロム」酸0.75)を使用して良好な成績を得た。かくて「パラフィン」切片を作製し、「ヘマトキシリン・エオジン」染色法を行つた。次に核の構造を検するためには、先ず新鮮な組織をZenker液で固定し、

Heidenhein の「クローム・ヘマトキシリン」染色法 を使用し、切片の厚さを 3~4 μ として鏡検した。

Ⅲ. 実 験 成 績

第1節 肉 眼 的 所 見

第1表 A, B, C, D, E, F, G は春季実験における、第2表 A, B, C, D は秋季実験における線量と幼根の縦軸成長度との関係数値を示すものであり、第3表 (I), (II) は線量と縦軸成長度との関係平均値 (I = 春季, II = 秋季) を曲線で示したものである。

(1) 春季非照射例〔第1表 (A), 第3表 (I)〕

実験開始時幼根縦径平均値 1.99cm, 移植後24時間においては 4.64cm となり 2.65cm の成長を示した。移植後3日には 9.01cm, 5日には 14.60cm, 7日には 23.92cm を算した。而して実験期間の成長曲線は第3表 (I) の示す如くである。

(2) 秋季非照射例〔第2表 (A), 第3表 (II)〕

秋季には幼根の発育は緩慢であつてその数値は第2表 (A) の示す如く、その成長曲線は第3表 (II) の示す如くである。

(3) 春季 60r 照射成長促進例〔第1表 (B), 第3表 (I)〕

正常よりも成長が促進された例は 60r 照射総例中の 13% に出現した。この時、照射時幼根縦径平均値 1.97cm, 移植後24時間において 6.04cm となり 4.07cm の成長を示し、これを非照射例に比較すると 1.42cm だけその成長が促進された。移植後3日には 10.28cm, 5日には 16.13cm となり非照射例よりも遙かに大なる数値を示している。然るに照射後7日に至つて平均値は 23.66cm となり、正常例よりも稍々減少したのは、僅少例において成長速度が減退したためである。かくてその成長曲線は第3表 (I) の示す如く正常例の曲線よりも成長の旺盛なることを示している。

(4) 春季 60r 照射成長抑制例〔第1表 (C), 第3表 (I)〕

成長抑制例は全例の87% に出現した。即ち照射時平均値 1.98cm, 移植後24時間では 4.21cm となり 2.23cm の成長を示し、その後3日には 8.25cm, 5日には 13.00cm, 7日には 21.35cm を算し、何れも正常値に劣り、かくて成長曲線〔第3表 (I)〕は正常曲

第1 ABCDEFG—第2表 ABCD

実験種類	実験期間 実験季	実験開始時	移植後 24時間	移植後 3日	移植後 5日	移植後 7日	表 第 号		科 図 番 号
							1表	2表	
非 照 射	春	1.99	4.64	9.01	14.60	23.92	A		1,2,5
	秋	1.94	2.71	4.58	7.89	11.75		A	
60r 促 進 例	春	1.97	6.04	10.28	16.13	23.66	B		3,4, 7,8,9
	秋								
60r 抑 制 例	春	1.98	4.21	8.25	13.00	21.35	C		
	秋	2.02	2.34	3.48	5.56	9.32		B	
120r	春	2.02	3.10	4.16	4.67	6.16	D		
	秋	1.97	2.06	2.78	3.48	4.84		C	
240r	春	1.98	2.08	2.36	2.60	2.80	E		
	秋	1.99	2.06	2.23 (7例平均 他は変色)	3.05 (4例平均)	4.33 (3例平均)		D	
300r	春	1.97	2.00	2.04 (9例平均 他は変色)	2.13 (3例平均)	2.10 (2例平均)	F		6
600r	春	2.02	2.03	2.07 (4例平均 他は変色)	2.25 (2例平均)	2.20 (1例)	G		10,11,12

〔註〕…主根生長単位は総例15例宛の平均値 cm

線よりも成長の抑制されたことを示している。

(5) 秋季 60r 照射例〔第2表(B), 第3表(II)〕

正常値よりも発育は抑制され、その数値は第2表(B), その曲線は第3表(II)に示されている。

(6) 120r 照射例〔第1表(D), 第3表(1)〕〔第2表(C), 第3表(II)〕

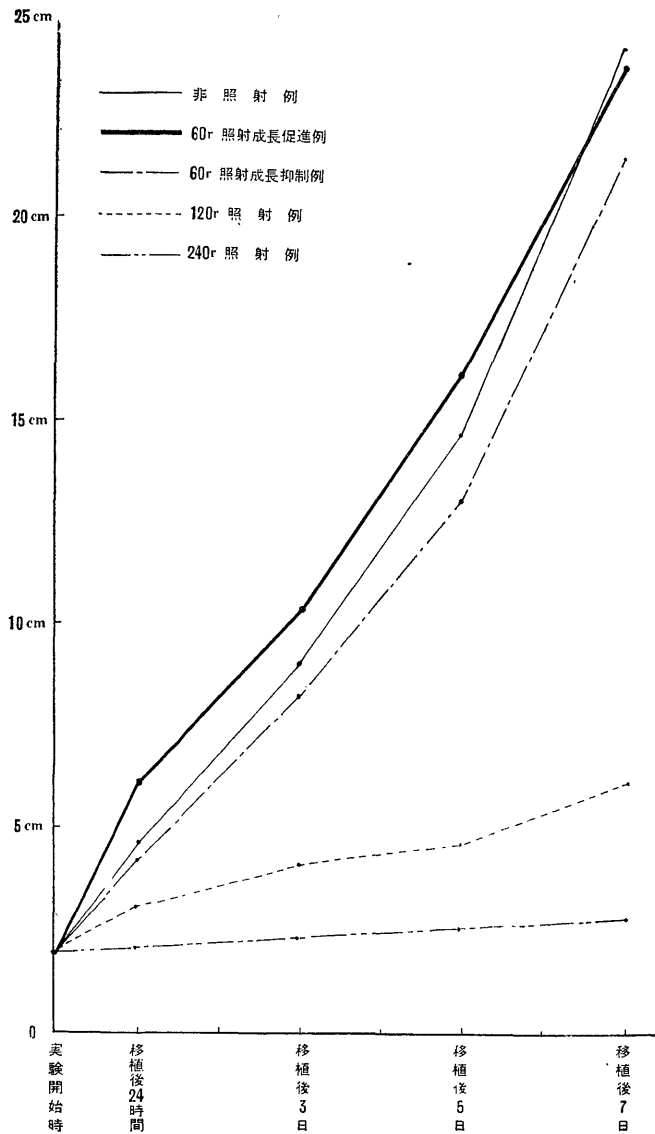
春季においては第1表(D), 第3表(I)の示す如く移植後24時間所見において、常に正常よりも甚だしく遅れ、3日を経ても殆んど成長を認めず、5日所見

ではなお成長を継続しているが極めて僅少であり、7日所見では正常例に比し強度に抑制され、極めて漸進的に成長を維持している。秋季においては第2表(C), 第3表(II)の示す如く成長は抑制された。

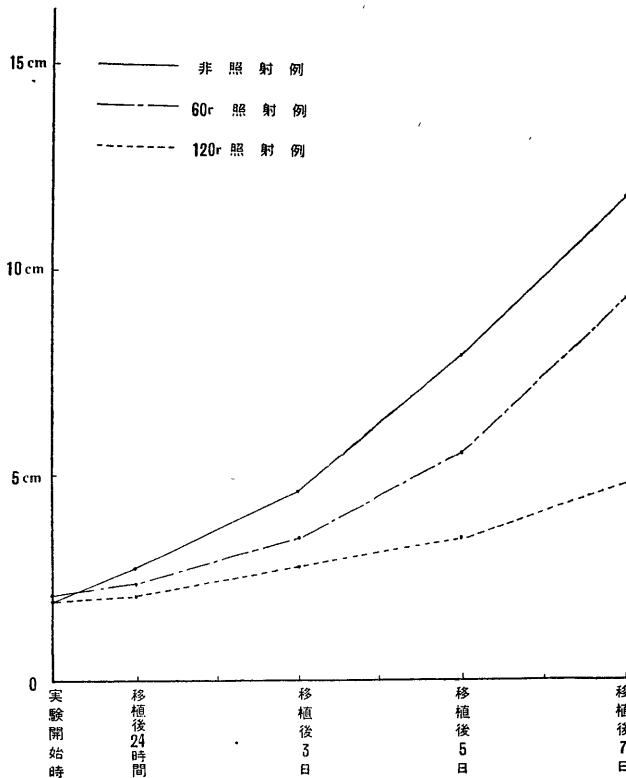
(7) 240r~600r 照射例〔第1表(E), (F), (G), 第3表(I)〕〔第2表(D), 第3表(II)〕

春季には第1表(E), (F), (G), 第3表(I)の示す如く移植後24時間で成長が殆んど停止し、3日所見では成長は全く停止した。殊に 300r 以上の照射例で

第3表 (I) 春季実験 幼根縦軸成長曲線



第3表 (II) 秋季実験 幼根縦軸成長曲線



は根端が黄色に変色し、5日を経ると主根は萎縮して廻旋するか、変色枯死するのを認めた。然るに 600r 照射例において、稀に変色を免れ腫瘤を形成するものが出現した。秋季には第2表 (D), 第3表 (II) の示す如く発育が緩慢なので、各例の曲線は甚だしい相違を示さないが、ほぼ春期に類似の関係を示している。

(8) 側根発生の観察も亦興味ある事象である。春季には秋季に比し、側根は早期に発生し、照射例では非照射例に比して側根の発生が遅れることが認められた。側根が発生するまでの平均日数を見ると、春季では非照射例では平均4日、「レ」線 60r 照射成長促進例では平均4日、成長抑制例では平均5日、120r 照射例では7日間に3例において側根が発生するのを認め、240r 以上の照射例では全く認められなかった。

秋季では、7日間に側根の発生を認めしめたもの、非照射例に80%、「レ」線 60r 照射例に33%、120r 照射例に 6.6%で、240r 以上の照射例では皆無であった。かくの如く春秋においてやや著明な差異が認められたが、「レ」線照射によつて側根の発生も亦障害さ

れることが明らかとなった。

第2節 組織学的所見

第1項 正常幼根における鏡検部位所見

(第1図)

植物幼根の先端部は縦軸方向への成長を司る部分であつて、組織学的には細胞分裂の旺盛な組織である。即ち細胞分裂によつて成長を営んでいる。而してこの幼若細胞からなる根端部の外表は根冠 *Wurzelhaube* (第1図6) によつて被包され、土中への伸長が保護されている。最末端に位して細胞分裂の特に旺盛な部分は原始分裂組織(成長点) *Promeristem* (第1図5) と称せられ、これに続いて中心から原中心柱 *Plerom* (第1図4), その外層に内, 外原皮層 *innere u. äussere Periblem* (第1図3, 2), 更に最外層に原表皮 *Dermatogen* (第1図1) が位する。而して原始分裂組織は原中心柱及び内, 外原皮層の合する所であつて、その領域を正確に決することは困難である。原始分裂組織を鏡検すると、その大部分は内原皮層の細胞から形成されている。即ち幼根先端は一様な細胞から

形成されているものではない。従つて「レ」線に対する感受性も亦部位によつて大なる差異を示すものである。よつて実験例を比較研究して「レ」線の影響を探究するには、検索部位の決定に細心の注意を払わねばならないのである。だから自分は第1図に示す部位に応じて、各部の所見を記載することとした。但し実験例中には、照射量の増加に伴つて根端組織の破壊が高度となり、ために部位の決定が困難となつた場合には、適宜の部位の所見を記載することとした。

第2項 非照射（正常）例所見

（第1, 2, 5図）

正常像では、移植後の経過時間に関係なくほぼ共通の所見を呈している。即ち

(1) 各細胞は互に密接して、内、外原皮層及び原中心柱では常に縦に整列し、原始分裂組織、根冠及び原表皮ではその縦列はやや乱れているが、各層における細胞相互の間には間隙を残すことはない。

(2) 胞体原形質に発生する空胞は、核分裂の旺盛な原始分裂組織、内原皮層内層及び外原皮層外層には殆んど認められないが、その他の部位では旺んに形成され、空胞の輪廓はやや鮮明で、その内容の染色力は極めて微弱であるから、内腔は明朗である。

(3) 非照射正常根端細胞の増殖性分裂は間接分裂によつて行われ、直接分裂像を認め得ない。而して分裂像は原表皮及び根冠を除く各層において認められるが、殊に原始分裂組織、内原皮層の内層、外原皮層の外層及び原中心柱に出現する。

(4) 静止期における生活旺盛な正常核の染色質は濃染して密網をなし、1~2個の核小体（真正仁）を包蔵し、間接核分裂に際しては、染色質は疎網と化して、遂に染色体が出現すると共に核小体は消失して、正規の分裂が行われる。以上が非照射例の一般所見であるが、以下各部位細胞につき時間的特異所見を記載することとする。

a. 原表皮

移植後24時間所見では、多くは円壩状の細胞から成り、核はやや偏在し、卵円形をなして核質粒に富み、濃染性で通常1個の仁を包蔵する。胞体原形質は微細顆粒状をなして濃染し、暗調を呈するが核周辺はやや淡染明朗である。

移植後3日所見では、胞体と核とは共にやや肥大している。核質の粗大顆粒は瀰散し、ために核は暗調を呈し、仁は著しく肥大している。

移植後5日所見、同7日所見では特異所見は認めら

れず、弱拡大、強拡大共に24時間所見に類似の像を示している。

b. 原皮層

この層は弱拡大像では内、外2層から形成されることが明瞭に認められる。

1. 外原皮層

移植後24時間所見では、短円壩状の大小異なる細胞から成り、比較的大きな球形核を有し、核は核質粒に富んで濃染し、1個の大なる仁は中心に近く占居する。胞体は大小不同の顆粒を含有する空胞を包蔵し、原形質は細胞の外側、核周辺及び空胞間に存し、弱染性微細顆粒を包含することは原表皮細胞と同様である。

移植後3日所見では、細胞は骰子形をなし、球形核は中心に位し、その構造は24時間後の所見と同様であつて、微細顆粒は濃染している。胞体は往々境界不明な小空胞を有し、この時原形質は細胞膜に接して薄層をなしている。移植後5日、7日所見では特異所見が認められない。

2. 内原皮層

移植後24時間所見（第2図）では、やや狭長な円柱状細胞から成り、核は濃染顆粒を含有し、核液の染色性はやや弱く、核質顆粒は仁周辺を避けて散在し、ために仁は明暈で囲まれている。胞体には外原皮層細胞に認められるような境界明瞭な空胞は証明されない。

移植後3日所見では、原形質はやや淡染し、核の周辺は明朗で、核質は濃染している。以下5日、7日所見では特別な所見を認めない。

c. 原中心柱

移植後24時間所見では、長円壩状の細胞から成り、核は楕円形をなし、核質は濃染性で網状をなし、顆粒を明別し得ない。この点において前記原表皮、内、外原皮層の細胞核と大いに趣を異にする。しかし仁周辺には明暈が残されていることは同様である。胞体は不染性内容の大空胞を含有し、空胞を囲む原形質は淡染又は濃染性の微細顆粒を包含する。以下移植後3, 5, 7日の所見もほぼこれと同様な所見を呈している。

d. 原始分裂組織

移植後24時間所見（第2図）では、この部位の境界は極めて不鮮明であつて、上記の諸層に移行している。殊に原中心柱と内原皮層への移行境界が最も不鮮明である。細胞の形態は内原皮層細胞に類似し、核は殆んど正球形をなし、核質は粒状をなしてやや濃染し、暗調を帯びるが、更に濃染した粗大顆粒が認めら

れる。胞体は中等度の暗調を呈する原形質で満されている。

移植後3日所見（第5図）では、胞体はやや淡染して粗大顆粒に富み、核の内部構造は24時間所見にほぼ類似するが、仁の周辺は明朗なものが多い。5日、7日の像には特異所見が認められない。

e. 根冠

移植後の経過日数に関係なく、細胞の形状は部位によつて区々であり、根端では穀子形又は長円壺状をなし、根側では紡錘状を呈する。この細胞の一特徴は核の形態であつて、前記諸細胞に見るような膨満状ではなく、表面は軽度凹凸し、胞体に比し核は小さく、濃染性である。核質は粒状をなし、粗顆粒が散在性に認められる。他の特徴としては、胞体の大部分は染色性に乏しく、明朗であつて、周辺部のみが僅かに淡染し、ここに微細顆粒を含有していることである。仁は何れの例においても不明瞭である。

第3項 60r 照射例所見

（第3, 4図）

上記正常例の所見を基礎として、以下の所見を記載することとする。この例においては、既に肉眼的所見に述べた如く、第3図に示す成長促進型のもと、第4図に示す成長抑制型のもと、2様の組織像が認められた。

〔I〕 成長促進例

移植後24時間所見では、細胞間隙は全く出現せず、各層細胞の空胞化は全く正常像におけると異なる所はない。然るに原始分裂組織、内原皮層内層、外原皮層外層において（第3図）、細胞の間接分裂像が正常組織（第2図）におけるよりも遙かに多数出現し、且つ直接分裂像は認め難い。3日後の像においても、細胞の間接分裂像は常態よりもやや多数に認められるが、5日以後には殆んど正常像に復帰する。各層細胞の性状は殆んど正常像の細胞に類似しているが、24時間後の原始分裂組織において、細胞（第3図）の胞体は顆粒に富み、空胞を欠き、核質の粗大「クロマチン」顆粒は濃染して、分割像が多数に散見し、分割核は並列密接して「ジンチウム」状をなしているのを認め、かかる像は3日以後の所見では認められず、殆んど正常像を呈している。次に5日後の例において、各層の所見は正常例に類似するに拘らず、幼若根幹冠細胞の異常増殖を認めしめた例が成長促進例の8%に見出された（第7, 8, 9図）、これは狭長濃染核を有する紡錘形細胞が、有糸分裂核を蔽って増殖し、整列密集

して数層をなし、かくて空胞化した正常根冠細胞層の外表を被うて増殖する像を示している。7日後の所見では特記事項を認めず、全く正常像に復している。

〔II〕 成長抑制例

24時間後において（第4図）、既に各層細胞間に間隙が発生し、この間隙は同列細胞相互の間及び並列する細胞索の間に発生し、ために個々の細胞は分離するに至る。この現象は正常組織及び成長促進例の組織には決して出現することなく、退行変性像である。これと同時に胞体並びに核におけるその他の退行変性像、即ち胞体空胞化、核染色質の分散、染色質及び核小体の染色力減退などの変化が発現する。この退行変性像は3日後には最高に達し、5日後には甚だしく減弱している。以下各部位所見について見ると、

a. 原表皮

24時間後の所見では、細胞は主として穀子形をなし、核は多少肥大し、核質の染色力は減退して甚だしく淡染し、大小不同の顆粒を散在性に包含する。胞体は正常例におけると略々同様であり、原形質の正常にも異変を認めない。3日後の所見では、核の染色性は減弱し、大小不同な粗大顆粒が認められる。胞体には空胞顕現し、その輪廓は明確で内容物は不染性である。5日後の所見では、再び正常像と同様な所見を呈している。

b. 原皮層

1. 外原皮層

24時間後では、胞体内の空胞が膨大している以外には、正常例とその所見を殆んど等しくしている。3日後では、空胞が更に膨大して、核は周辺に圧排され、空胞の内容物は弱染性で、核は小球形で濃染している。5日以後の所見は正常例に類似している。

2. 内原皮層

24時間後（第4図）では、胞体に球状濃染性の粗大顆粒を認めるが、やや空胞化して染色質の染色力は減退し、核分裂像は正常像におけるよりも遙かに稀である。3日後には、核は濃染性に傾き核質の構造を認め難い。胞体空胞は膨大して濃染物質を含有するものがある。5日以後の所見は正常像と同様である。

c. 原中心柱

24時間後の所見は正常例と同様である。3日後の所見では、核は多形で概して腫脹し、仁の形態は不整であり、核質は淡染性である。胞体の大部分は大小種々の空胞で満されている。5日以後の所見は正常例と同様である。

d. 原始分裂組織

24時間後の所見では、成長点と内原皮層内層の移行部の組織において第4図に見る如く、間接分裂像が極めて少なき所見を認める。これは正常像(第2図)、成長促進例(第3図)と比較して、成長抑制の原因を伺わしめる。その細胞を見ると、胞体の空胞化が所々に認められ、核質は淡染性となり、明らかに退行変性の像を呈している。3日後では胞体空胞化、染色質及び核小体の染色力減退等著明に認められる。5日後の所見では全く正常例に類似の像を示している。

e. 根冠

根冠細胞の異常は認められない。

第4項 120r 照射例所見

24時間後の所見では細胞列は整然たる縦列をなしているが、細胞間の間隙は広範囲に及んで拡大し、胞体の不染性明瞭空胞の出現が強化し、退行変性の像が増加する。核質の染色性がやや減弱し、細胞の直接及び間接分裂像は認められない。3日後所見では細胞間々隙は殆んど認め難いが、細胞配列は雑然として乱れ、退行変性像が更に強化されている。5日後には更に退行変性像が強化しているが、7日後にも細胞間の間隙が認められるが、細胞の配列は殆んど非照射例に類似している。

a. 原表皮

24時間後の所見では、細胞の形態及び一般状態は60r照射成長抑制例に類似しているが、核は更に肥大し、仁の周囲に透明帯を認めしめる。原形質は濃染して暗調を呈し、隣接細胞との境界不鮮明のものがある。3日後では、核仁の多形又は重複が認められ、胞体には空胞形成が高度に現われている。7日後では原表皮と原皮層との境界部には濃染顆粒を有する大核が認められる。

b. 原皮層

1. 外原皮層

24時間後の所見では、細胞の縮小、空胞の縮小等が特記すべき事項であり、核は肥大又は縮小している。図示の核では核質の染色性が著しく減退疎散し、ために淡染している。8日後では、胞体の空胞化が頻発し、核はやや縮小して染色性を増し、核質粒と核仁との鑑別がやや困難である。7日後の胞体には空胞が稀発する程度となる。而して核質は濃染性顆粒で満され、仁は極めて縮小している。

2. 内原皮層

24時間後の所見では、細胞のはば中央に球形核が位

し、核質の配列は不整である。胞体の空胞は肥大して淡染性の微細顆粒で満され、胞体内の所々に濃染粗大顆粒が認められる。3日後の所見は外原皮層細胞に類似し、胞体空胞の境界は明瞭であり、原形質は淡染性を示し、5日後も同様である。

c. 原中心柱

24時間後の所見では、胞体及び核は共に肥大し、核仁の染色性はやや減弱し、核質は微細の網状をなし、核仁の周辺は明瞭である。胞体空胞の限界は不明瞭で、その内容は僅かに淡染する。3日後では、胞体は空胞化し、核は長橢円形で、核仁を明示している。かかる所見が5日後も継続している。

d. 原始分裂組織

60r照射成長抑制例とほぼ類似の細胞から成つているが、退行変性の度は更に増強している。この退行変性像は3日更に5日後には漸次強化しているが、7日後の所見ではやや減弱しているのを認める。

e. 根冠

特記事項を認めない。

第5項 240r 照射例所見

(第5図 A, B, C, D)

24時間後では、細胞列はやや乱れ、細胞列間の間隙並びに細胞間の間隙は共に120r照射例よりも高度となり、間隙の分布範囲も拡大している。殊に外面及び中心に近い細胞の配列は乱れ、細胞の大きさも亦不同である。即ち120r照射例に比し、更に退行変性の像が増強している。3日後では、主根の縦軸成長が甚だしく阻害され、成長点の領域が甚だしく破壊され、細胞は雑然と配列し、退行変性像が著明である。5日後では、根端枯死例を除けば細胞はやや整列している。だが根冠は殆んど消失し、広い細胞間隙を有し、細胞列は混乱せる状を呈している。7日後においては、肉眼的所見で記載した如く、240r照射では大多数例において主根の成長が停止して枯死するが、枯死を免れた少数例について見るに、各層の構成は120r照射例に近似している。

a. 原表皮

多くの細胞は120r照射例に類する形状と内容とを有し、細胞の核質はやや淡染し、核仁は濃染している。3日後では、細胞の外形及び内部構造は共に変化し、胞体中に境界明瞭な多数の空胞が発現し、その内容は不染性であつて、原形質は淡染性である。5日後では、顆粒状の核質はやや濃染している。7日後では、胞体原形質は淡染し、核の周辺はやや明瞭であ

る。

b. 原皮層

1. 外原皮層

24時間後では細胞間隙は拡大し、細胞の形状も亦多形となつている。細胞の核質はやや淡染し、核仁は濃染し、胞体の大部分は空胞化し、原形質は細胞膜に接して僅かに存在するのみである。3日後も亦僅少の原形質が細胞膜に偏在している。5日後においても、細胞の間隙及び配列は乱調を帯び、核は正常例に比しやや大きく、微細な顆粒を有し、この所見は7日後にも現われている。

2. 内原皮層

24時間後では、核質粒は核膜に集合して淡染し、粗大顆粒をなし、仁は周辺のみ濃染して環状を呈している。3日後では原形質は淡染し、空胞形成は微弱であつて、その内容は淡染性である。濃染核は少数の顆粒と核仁とを認めしめる。7日後においては、胞体の空胞化はやや少なくなつている。

c. 原中心柱

24時間後では、核質は微細な網状をなして淡染し、ために核質粒は顕現し、肥大した仁は核のほぼ中央に位し、その周辺の核質は明朗である。胞体空胞は殆んど染色性を失つている。3日後では、細胞は狭長で、球形又は長楕円形の核は中心性に位し、その染色性は淡く顆粒を認め難い。胞体は限界不明瞭な空胞によつて満され、核の周辺及び細胞膜に接して薄層をなした原形質が認められる。5日後では、細胞は不正長円壱状で淡染性の原形質を含み、核は濃染するが、仁の周辺は明朗である。胞体には所々に空胞が認められる。7日後の多くの細胞は円壱状で、大なる空胞で満され、核は濃染性である。

d. 原始分裂組織

24時間後所見では、淡染性の核質は核膜に接して集合し、仁に向つて次第に疎となり、仁の周辺部では全く消失している。仁中心部の染色性は弱く、周囲部は濃染する。胞体空胞は大小不同である。3日後においては、この領域の細胞間隙は高度に発現し、細胞並びに核の大きさは区々であり、その形態も凹凸を示すものが多い。核仁を除いて他は概ね淡染性である。5日後の細胞は雑然と配列し、退行変性像が著明である。7日後に至ると空胞化細胞は比較的少なく、細胞の限界はやや不明瞭で淡染原形質を有し、核は細胞の中心に位し、大仁を蔽している。

e. 根 冠

根冠を殆んど認め得ない。

第6項 300r 照射例所見

(第6図)

移植後24時間にして既に組織は強度に破壊され、根冠は殆んど影を没し、細胞は多形となり、胞体の空胞化は全組織に亘つて強度である。而してかかる強度の退行変性像は3日所見で更に強化し、大多数は枯死するに至り、枯死を免れた例は7日後においても依然として強度の退行変性像を維持している。

a. 原表皮

24時間後の所見では、最外層の細胞は正常形を失ひ、胞体は不整な大空胞によつて占められ、原形質は細胞膜に接して僅かに残存するに過ぎない。核は濃染性大核仁を有し、核質は淡染性である。かかる所見は7日後においても持続されている。

b. 原皮層

移植後7日間を通じ、内、外原皮層とも細胞間隙が著しく、細胞形態は球形に変じたものが多い。第6図はその代表的な細胞であつて、原形質は殆んど消失して大空胞が細胞の大半を占めている。核形は不整で、濃染性の大仁を有している。原形質は淡染して、細胞膜に接して僅かに残存するのみである。

c. 原中心柱

細胞は萎縮して矩形をなし、楕円形核は中心性に位し、核の周辺には境界不明な小空胞が集合して淡染性である。球形の仁は濃染している。かかる所見は7日間を通じ動揺しない。

d. 原始分裂組織

第6図に示す細胞は不整球形で空胞化が甚だしい。僅かに残存する原形質は顆粒構造を示している。この所見も亦7日間を通じ同様である。

e. 根 冠

有核細胞を殆んど認め得ない。

第7項 600r 照射例所見

(第10, 11, 12図)

24時間後所見に示す如く、細胞相互の連絡は強度に失われ、胞体及び核は共に萎縮して退行変性の像が顕著である。即ち「レ」線照射量に正比例して退行変性は増加している。3日後では細胞の破壊が更に高度となり殆んど枯死するに至る。その各層細胞の所見は300r照射例とほぼ一致している。7日後の枯死を免れた例について検するに、根端は縦軸方向への成長を全く停止したにも拘らず著しく肥大して腫瘤を形成した。これを鏡検するに、主として内原皮層内層及び成

長点の細胞において直接分裂が行われ(第10, 11, 12 図), 濃染多形核中に空胞が出現して核は直接に分裂し, この時胞体も亦分裂するものもあるが, 或いは分裂を欠如して多核巨大細胞が構成され, かくてこの種

の細胞が配列を乱して密集増殖しつつある。原表皮並びに根冠細胞は胞体空胞を失って平等に淡染し, 鮮明核を包蔵して密集, 増殖, 数層をなし, ために該層は肥厚しているのを認める。

IV. 総括並びに考案

(I) 肉眼的所見

肉眼的に最も注目されることは主根の縦軸成長の状況である。

(1) 余の用いた最少「レ」線量である 60r によつて, 13%の例では主根の生長は促進されたが, その他の例では非照射例に比し抑制され, 「レ」線量を増量するに従つて, 主根の成長能力は急速に減退し, 240r 以上の線量照射によつて成長能力は消失し, その根端は変色して遂に枯死するに至つた。殊に 300r 以上の照射によつて大多数例の成長は全く停止し, しかも照射直後からこの変化が発現した。

(2) 240r 照射例では, 春季には移植後 5 日に, 秋季には 7 日後に, 根端の成長力が再現するか, 或いは枯死前の変色が現われた。

(3) 主根成長の停止は 240r 照射によつて現われるに拘らず, 季節によつて成長停止に遅速の差異が現われることが認められる。これは季節による主根発育の差異に基くものであつて, 春季には細胞活力は旺盛であつて幼若細胞に富み, かかる細胞の「レ」線感受性は敏感であるためと解せられる。

(4) 600r 照射例において, 根端が肥大して腫瘤を形成した例が認められた。

(5) 側根発生の状況を観察すると, 春季においては非照射例では平均 4 日, 60r 照射例では 7 日以内に側根の発生が認められ, 120r 照射例では, かかる例を 20%に認め得たに過ぎない。 秋季には, 側根発生率は正常例では 7 日間に 80%, 照射例では大に減退し, 120r 以上では 7 日以内に側根の発生は認められなかつた。

(6) 以上の如く, 主根の縦軸成長及び側根の発生には 240r が絶対限界となることが認められた。

(II) 組織学的所見

1. 細胞の配列に及ぼす影響

(a) 正常像では各細胞は互に密接して, 内, 外原皮層及び原中心柱では常に縦に整列し, 原始分裂組織, 根冠及び原表皮では, その縦列はやや乱れているが, 各層における細胞相互の間には, 間隙を残すことはな

い。

(b) 然るにこれに「レ」線を照射して移植後 24 時間を経過すると, 発育抑制例では細胞間隙が必発する。この間隙は先ず原始分裂組織に起り, 次いで原皮層, 原中心柱に拡がるものと認められる。この変化は「レ」線照射量に正比し, 照射量が増加するに従つて, 間隙は拡張すると同時に, 間隙発生部位の範囲も拡大する。即ち 60r, 120r 照射例では, 細胞間隙の発生度は少なく, 間隙は狭小であるが, 240r 以上の照射によつて, 間隙は拡張し且つ広範囲に発現する。

(c) 60r 照射例では, 移植後 5 日を経ると, 細胞間隙は全く消失するか, 或いは強度に縮小する。120~240r 照射例では, 移植後 24 時間において細胞相互の分離が明らかとなり, 3~5 日後には高度に達し, 主根の縦軸成長は停止するが, 爾後漸次旧態に復する。この現象は 300r 照射例においても認められるが, この場合は回復の徴が認められない。600r 照射では稀に枯死を免れる例が認められるに過ぎない。斯の如く細胞間隙の発生, 即ち細胞配列の混乱度は, 照射量に正比することを証し得た。

(d) 60r 照射による発育促進例では, 細胞配列の混乱並びに細胞間隙の発生は出現しないで, この変化に関しては正常像と全く同一である。

2. 核に及ぼす影響

(a) 「そらまめ」の根端における細胞核は濃染性の核質に富み, 原表皮, 原皮層, 原始分裂組織, 根冠細胞の核は何れも粗大顆粒を含有し, 原中心柱細胞核は網状である。

(b) 核仁の大きさ, 形態は細胞により異なり, 一般に顆粒状核質内の仁は大きく, 網状核質(原中心柱)内の仁はやや小さく, 根冠においては核仁を認め難い。而して核仁は何れも濃染性である。

(c) 核の外形は顆粒状核では概して球形に膨満し, 網状核では概ね楕円形で多形である。根冠細胞核の表面は凹凸し, 萎縮の状を呈している。

(d) 正常根端細胞の増殖性分裂は, 間接分裂によつて行われ, 直接分裂像を認め得ない。 而して分裂像は原

表皮及び根冠を除く各層において認められるが、殊に成長点、内原皮層内層、原中心柱及び外原皮層の外層に出現する。

(e) 静止期における正常核の染色質は濃染して密網をなし、1～2個の核小体(真正仁)を包蔵する。然るに間接核分裂に際しては、染色質は疎網と化して、遂に染色体が出現すると共に核小体は消失して、正規の分裂が行われる。

(f) 核に及ぼす「レ」線の影響を見るに、核質並びに仁の染色性は線量の増加に従つて減退し、その外形も亦変化する。

(g) 線量による核変化の差異を検するに、

(i) 60r 照射例所見：

(イ) 成長促進例では24時間後において、内原皮層内層、外原皮層外層並びに成長点において細胞の間接分裂像が正常例に比し遙かに多数に出現する。殊に成長点における分割核は並列密接して「シンチウム」状をなしている。かかる像は3日以後の所見では認められず、殆んど正常像を呈している。即ち核はやや膨大して暗調を呈し、核仁はやや淡染性である。次に5日後の例において、幼若根冠細胞の異常増殖を認めしめた例を見ると、狭長濃染核を有する紡錘形細胞が、整列密接して数層をなしている。

(ロ) 成長抑制例では24時間後に、核染色質の分散、染色質及び核小体の染色力減退などの変化が発現しているが、この時染色性が強度に減退するのは、原表皮と原始分裂組織とである。3日後には細胞核の染色性がやや回復し、5日後には殆んど常態に復する。

(ii) 120r 照射例所見：

核質の染色性が減弱し、退行変性の像が増加するが、細胞の直接及び間接分裂像は認められない。この退行変性像は、漸次回復の徴ある一部を除き、3～5日には更に強化される。

(iii) 240～600r 照射例所見：

24時間後には変形核が増加し、仁の肥大が認められ、退行変性の像は愈々強化せられている。

(iv) 600r 照射例において出現した細胞の異常増殖は主として内原皮層内層及び成長点の細胞において直接分裂が行われ、濃染多形核中に空胞が出現して核は直接に分裂し、この時胞体も亦分裂するものもあるが、或いは分裂を欠如して多核巨大細胞が構成され、かく

てこの種の細胞が配列を乱して密集増殖しつつある。これも亦正常組織には認められず、明らかに大量「レ」線照射によつて発生したものである。

3. 胞体の空胞形成に及ぼす影響

(a) 植物細胞の退行変性に属する空胞は、細胞の老成現象として発生するものであり、空胞の輪廓はやや鮮明で、その内容の染色力は極めて微弱であるから、内腔は明朗である。然るに「そらまめ」幼根細胞は空胞に乏しく、幼若細胞の性質を示しており、核分裂の旺盛な成長点、内原皮層内層及び外原皮層外層の細胞には殆んど認められない。だが原表皮においては核の周辺に明朗部が認められ、原中心柱細胞体の大空胞は明確な輪廓を示し、空胞内容是不染性である。斯の如く正常例においては特定の部位の細胞に限り空胞を認めしめるが、「レ」線照射を行えば、幼根の発育が障害された例における根端各部位細胞に空胞が出現し、この空胞は境界明瞭で内容是不染性である。即ちこれは「レ」線によつて発生した退行変性像に外ならない。然るに発育促進例では、この種の空胞化は認められない。

(b) 使用線量の多寡による空胞形成の程度を観察するに、照射による空胞形成は移植後3日において最も旺盛となる。移植後24時間では60～120r 照射例において原表皮、原皮層細胞体に空胞の増加が弱度に認められる。240r 以上では空胞形成が顕著に現われる。かくて移植後3日に至ると、各部位細胞体の空胞化が旺盛となり、殊に正常では全く空胞を欠く内原皮層細胞においても明瞭に出現する。だが空胞の発現程度は必ずしも照射線量に正比するものではなく、なお又細胞の種類によつてその発生度が相違する。

(c) 胞体の空胞は移植後5日に至ると漸次消失して、3日後よりも減少する。即ち移植後5日では、60～120r 照射例の外原皮層細胞においても、空胞は減少して殆んど常態に近似するに至るが、240r 以上では依然として豊富に残存する。移植後7日においては、空胞は60r では殆んど消失して常態に復し、120r 照射例並びに枯死を免れた240r 以上の照射例においても、空胞は漸次消失しつつあるのを認める。但し600r 照射の一部の例では、胞体空胞を欠如する変性細胞が出現して、旺盛な増殖を行いつつある所見は特記すべき現象である。

V. 結 論

「そらまめ」の幼根に対し、60r, 120r, 240r, 300r, 600r の「レ」線照射を行い、直ちに移植して24時間、3日、5日、7日を経過した後肉眼的、組織学的検索を行つて、次の結論に達した。

1. 「そらまめ」根端（細胞）に対する「レ」線の作用は、成長緩慢な秋季よりも成長旺盛な春季において強力に作用する。

2. 主根の縦軸成長は 60r 照射例の13%において非照射例よりも促進され、その他の例においては成長は抑制された、120~600r 照射によつて全例の主根成長は抑制され、殊に 240~600r ではその成長は全く停止した。

側根の発生も亦 240~600r 照射によつて概ね停止した。

3. 60r 照射によつて発育が促進された主根の組織像における主要所見は、照射後24時間~3日において、細胞の間接分裂像が正常組織よりも遙かに強度に行われていること以外には、正常像と全く同様であつて、照射による退行変性像を認めないことである。但し稀に正常根冠の表面における幼若細胞の異常増殖を認め

しめた例がある。

4. 60r 照射で発育が抑制された例、120~300r 照射の全例及び 600r 照射の大多数例では、細胞配列の混乱、細胞間隙の発生、胞体空胞化、核質染色性の減退等の退行変性が、「レ」線量に正比して増加し、この変性は 60~120r 照射例では、照射後5~7日に至ると殆んど消失して常態に復するが、240~600r では復旧し得ないで、遂にその大多数は壊死に陥るのを認めた。

5. 600r 照射例中稀に、根端内部細胞核が旺盛な直接分裂を行つて、異常増殖を示すことが実証された。

6. 以上を要約するに、「レ」線の少量照射によつて、生体細胞の正常増殖が促進され、中等量照射によつて、細胞は一過性に陥るが、一定時間を経過すると、やや復旧し、大量照射によつて発生した退行変性は復旧し難く、遂に完全壊死に陥るが、時として残存細胞は変性して、細胞核の直接分裂による異常増殖を営むことが認められた。

稿を終るに臨み終始御懇篤な御指導と御校閲を賜つた恩師笠森教授に深謝の意を表す。

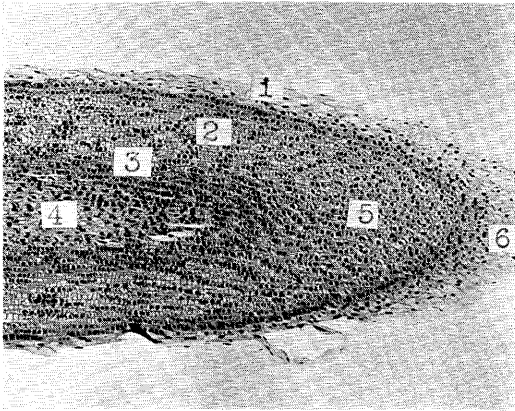
文 献

- 1) Schmidt : Einfluss der Röntgenstrahlen auf die vitale Färbbarkeit der Gewebe. Strahlentherap. 1921, Bd. XII. 2) Körnicke : Über die Wirkung von Röntgen u. Radiumstrahlen auf Pflanzliche Gewebe u. Zellen. Ber. d. deutsch. Bot. Ges., Bd. 23. 3) Tüngling : Untersuchungen zur. chirurgischen Röntgentherapie Strahlentherap. 1920, Bd. X.
- 4) Sierp u Robbers : Über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf das Wachstum der Pflanzen. Strahlenther. 1922, Bd. XIV. 5) Altmann, Rochlin u Gleichgewicht : Über den entwicklungsbeschleunigenden u entwicklungshemmenden Einfluss der Röntgenstrahlen. Fortschr. a. d. G. d. Röntgentgenstr. 1923, Bd. XXXI. 6) Halberstädter u Simons : Zum Problem der Reizwirkungen der Röntgenstrahlen. Biologische. Ergebnisse aus Versuchen an Pflanzen. Fortschr. a. d. G. d. Röntgenstr.

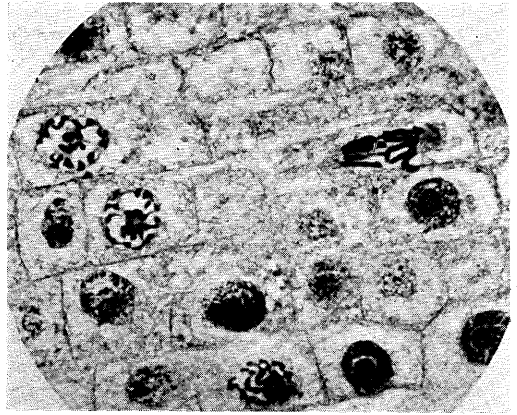
1922. Bd. XXVIII. Halberstädter u Wolfsberg : Über die Einwirkung von Röntgeustrah. auf. die vitale Färbbarkeit der Gewebe. Fortschr. a. d. G. d. Röntgenstr. 1922. Bd. XXIX. 7) Schwarz, Czepa u. Sindler : Zum Problem der wachstumsfördernden Reizwirkung der Röntgenstrahlen. Fortschr. a. d. Röntgenstr. 1922. Bd. XXIX.
- 8) 小室英夫 : 「いね」の発育に及せるX線作用, 植雑, 34. 小室英夫 : 「そらまめ」及「えんどう」に対する軟、硬両X線の及せる生理及細胞学的変化に就て. 植雑, 39. 小室英夫 : On the effect of Röntgen rays upon the cell and tissue of Vicia faba. Irigaku-Ryōhō-Zasshi, Vol. I. 小室英夫 : Die physiologischen u zytologischen Veränderungen durch die harten u weichen Röntgenstrahlen auf Vicia faba u Pisum sativum. Bot. Mag. Bd. 39. 小室英夫 : Studies in the effect of Röntgen rays

田中論文附圖(1)

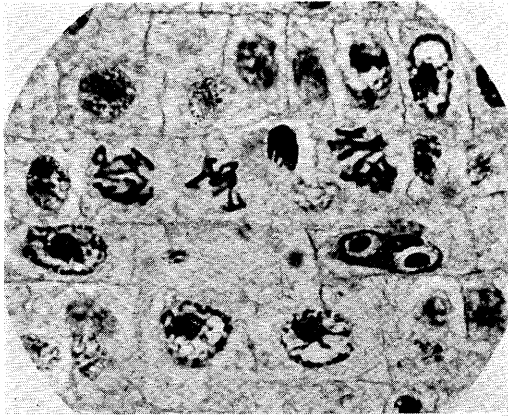
No. 1 × 44.5



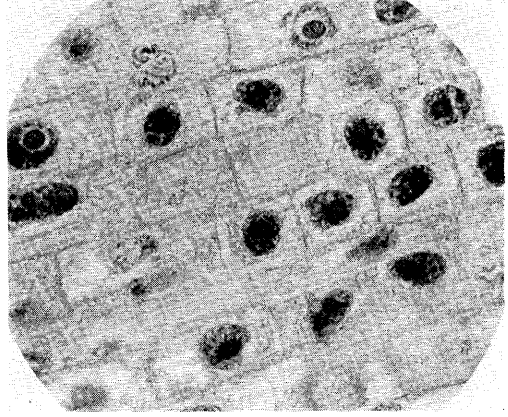
No. 2 × 660



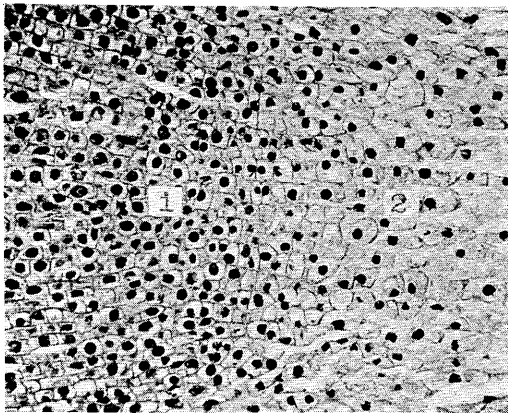
No. 3 × 660



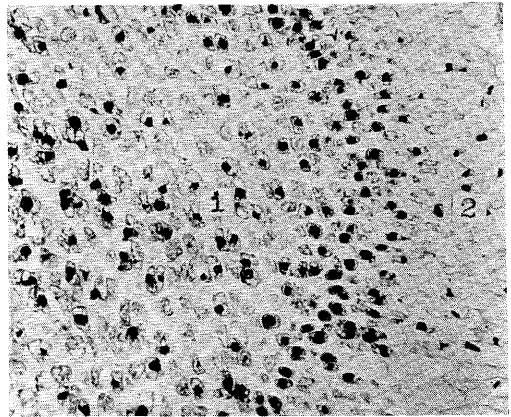
No. 4 × 660



No. 5 × 110

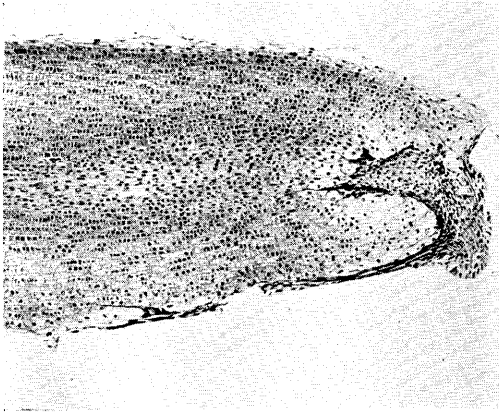


No. 6 × 110

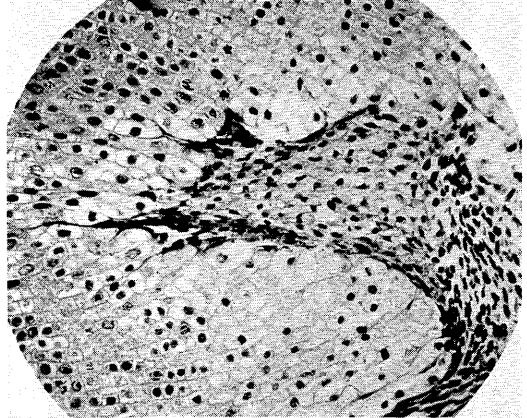


田中論文附圖(2)

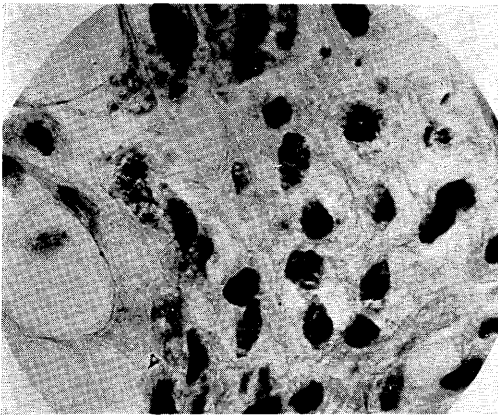
No. 7 × 44.5



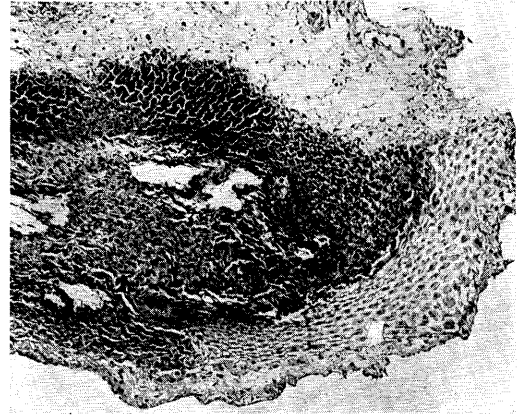
No. 8 × 130



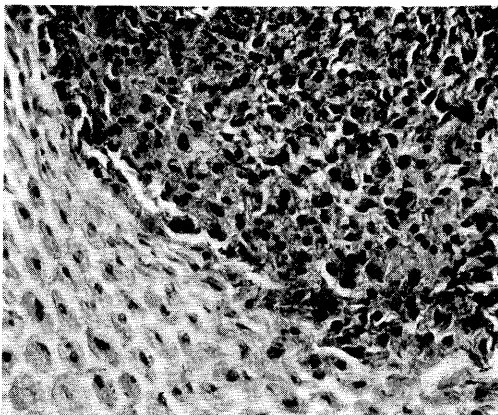
No. 9 × 660



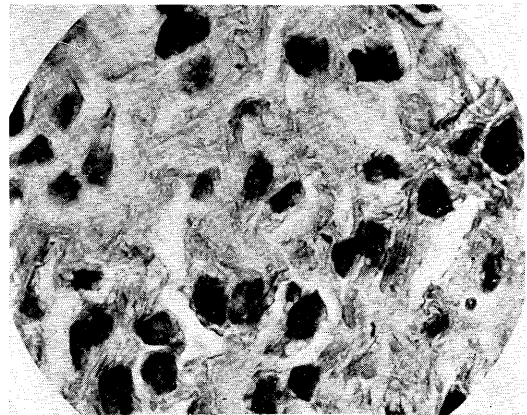
No. 10 × 44.5



No. 11 × 170



No. 12 × 660



upon the development of *Vicia faba*. 東大農紀, 8. 小室英夫: Über die abnormal Kernteilung in den Wurzelspitzen von *Vicia faba*. 植雑, 38. 小室英夫: Cytological and physiological changes in *Vicia faba* irradiated with Röntgen rays. Bat. Gaz. LXXVII. 小室英夫: Trillium の根端細胞に於ける核と其の染色体. 植雑, 38. 小室英夫: 新固定液に就て. 科学, II. 小室英夫: 小室固定液処理材料に適する染色方式に就て. 科学, III. 小室英夫: 「そらまめ」の根端組織に作られたX線腫瘍. 癌,

XVII. 小室英夫: 「そらまめ」の根端組織に作らるるX線腫瘍の位置に就きて. 癌, XXII. 小室英夫: X線腫瘍の組織分化に関する研究. 日本病理学会誌, XXI. 9) Derselbe: Über die Steigerung der Zellfunktion durch Röntgenenergie. Strahlentherap. Bd. 11. 10) Hubert: Neuere Untersuchungen über die Wirkung der Rönt auf Pflanzen. Strahlen therap. Bd. 19. 11) Wail u. Frenkel: Über den Einfluss der Röntgenstrahlen auf das Zellplasma. Virchow's Archiv. Bd. 257.

附 図 説 明

第1図 非照射, 移植後3日の主根縦切面

- (1) 原表皮
- (2) 外原皮層
- (3) 内原皮層
- (4) 原中心柱
- (5) 原給分裂組織(生長点)
- (6) 根冠

第2図 非照射, 移植後24時間の主根における内原皮層内層

有糸分裂核出現の正常度を示す.

第3図 60r 照射, 成長促進例

移植後24時間の主根における内原皮層内層. 有糸分裂核出現度の増大を示す.

第4図 60r 照射, 成長抑制例

移植後24時間の主根における内原皮層内層. 有糸分裂核出現度の減少を示す.

第5図 非照射, 移植後3日の主根における原始分裂組織と根冠

- (1) 原始分裂組織 (2) 根冠

第6図 300r 照射, 移植後3日の主根における原始分裂組織と根冠

- (1) 原始分裂組織細胞の退行変性像

(2) 根冠

第7図 60r 照射, 成長促進例

移植後5日の主根に現われた根冠細胞の異常増殖像.

第8図 同上根冠部の拡大図

淡染胞状の正常根冠細胞から狭長濃染核を蔵する小細胞が密集して増殖するが, 増殖細胞は異型性に乏しい異常増殖細胞である.

第9図 同上異常増殖細胞の拡大像核の有糸分裂像が多数に認められる.

第10図 600r 照射, 移植後7日の主根に現われた原皮層並びに原始分裂組織における細胞の異型増殖と, 根冠細胞の異常増殖

第11図 同上組織の拡大図

濃染多型の異型核は配列を乱して密集して多層をなし, その表面は良性的異常増殖を行える根冠細胞の厚層によつて包まれ, ために主根は腫瘤状に肥大し縦軸への生長は停止した.

第12図 同上異型細胞の拡大像

核分裂は旺盛であるが, 有糸分裂の像を欠き, 直接分裂と思われる像が多い.