

아까시나무외 몇 樹種에 對한 X-Ray와 Thermal Neutron의 照射效果*¹

金鼎錫*² 李錫求*² 玄信圭*³

Radiation Effect of X-Ray and Thermal Neutron on *Robinia pseudoacacia* L. and Some Other Species*¹

Chung Suk Kim*², Suk Koo Lee*² and Sin Kyu Hyun*³

In an effort to improve the major tree species in Korea, the seed of *Robinia pseudoacacia*, *Pinus rigida*, *Pinus densiflora*, *Pinus thunbergii* and *Larix leptolepis* were treated with X-ray and thermal neutron at the Brookhaven National Laboratory, and germination rate of the seed and some characteristics of the seedlings from irradiated seed were investigated and the results were summarized as follows.

1. The germination rate of the irradiated seed of *Robinia pseudoacacia*, *Pinus densiflora*, *Pinus thunbergii* and *Pinus rigida* was decreased, when the irradiation time of thermal neutron increased from 3 hours to 9 hours.

The seed of *Larix leptolepis* was completely died out in all range of irradiation time.

2. The seed of *Pinus densiflora*, *Robinia pseudoacacia* and *Pinus rigida* showed low germination rate, when the dosage of radiation increased in the range of 10,000r-30,000r X-ray. This dosage of radiation was almost lethal to the seed of *Pinus thunbergii* and *Larix leptolepis*.

3. The growth rate of radiated *Robinia pseudoacacia* has been decreased when the dosage of X-ray and thermal neutron increased. However, the trees treated with thermal neutron for 3 hours showed 14.9 percent-increase in seedling height and some thornless individuals appeared in this treatment.

4. Individuals with variegated leaf, rugose leaf and albino were appeared in X-ray and thermal neutron treatment.

5. Abnormal mitosis of somatic cell, cell with two nucleoli, cell with two nuclei and chromosome clump in mitosis of somatic cell were observed in *Robinia pseudoacacia* irradiated with thermal neutron.

6. Resistanty against powdery mildew was decreased in *Robinia pseudoacacia* radiated with X-ray and thermal neutron.

7. Length of stomata did not show any difference however number of stomata per unit area decreased in *Robinia pseudoacacia* radiated with thermal neutron.

The leaves of *Robinia pseudoacacia* radiated with thermal neutron were thicker than

*¹ Received November 11, 1972

*² 林木育種研究所, 水原, Institute of Forest Genetics, Suwon

*³ 서울大學校農科大學, College of Agriculture, Seoul National University, Suwon

those of non-treated one, but width of palisade tissue was decreased.

The most sensitive one among those species to the thermal neutron treatment was *Larix leptolepis*, followed by *Pinus densiflora*, *Robinia pseudoacacia*, *Pinus thunbergii* and *Pinus rigida* in the order.

In X-ray treatment, the most sensitive one was *Larix leptolepis*, followed by *Pinus densiflora*, *Pinus thunbergii*, *Pinus rigida* and *Robinia pseudoacacia* in the order.

Morphological, cytological variation of the radiated *Robinia pseudoacacia* seemed to indicate some possibility to be used for tree improvement.

闊葉樹인 *Robinia pseudoacacia*와 針葉樹인 *Pinus densiflora*, *Pinus rigida*, *Pinus thunbergii* 및 *Larix leptolepis*의 thermal neutron에 對한 感受性的 差異는 *Pinus rigida* <*Pinus thunbergii* <*Robinia pseudoacacia* <*Pinus densiflora* <*Larix leptolepis*의 順이고 X-ray에 對한 感受性 差異는 *Robinia pseudoacacia* <*Pinus rigida* <*Pinus thunbergii* <*Pinus densiflora* <*Larix leptolepis*의 順이며 또한 *Robinia pseudoacacia*의 處理木은 內外形態의 또 는 細胞學的 變異를 나타내어 林木育種의 材料로서 利用할 充分한 價値가 있다.

緒 言

本實驗은 우리나라의 重要造林樹種에 對하여 X-ray와 thermal neutron으로 照射 處理하여 突然變異에 依한 品種改良을 試圖한 結果이다.

Müller-olsen and Simak⁽¹⁰⁾은 *Pinus silvestris*에서 X-ray photography에 依하여 種子의 發芽力을 決定할 수 있음을 報告 했고 松村과 藤井⁽¹¹⁾은 *Triticum monococcum* var. *vulgare* Körn 및 var. *flavescens* Körn에 X-線, γ -線 및 中性子를 照射하여 種子發芽와 幼苗의 伸張에 미치는 照射의 影響, 稔性에 미치는 照射의 影響, 染色體異常과 照射와의 關係 및 遺傳子 突然變異와 照射와의 關係에 對하여 報告 한바 있다.

또한 Gustafsson⁽⁴⁾은 林木育種에 있어 放射線照射은 1) 突然變異 誘發의 促進 2) 耐病性個體의 誘導 3) 生物의 生態的 要求度의 變化誘發 4) 生長特性의 變異 5) 其他 質의 特性의 變化를 誘發하기 위한 것임을 強調 하였고 Ohba⁽¹⁶⁾은 水分含量別 赤松種子에 있어 放射線照射의 感受性에 關한 研究에서 1) 種子發芽率 2) 苗木의 殘存率 3) 苗木의 生育狀況 4) 苗木致死의 단계에 關한 報告를 하였다.

그外 Ohba and Simak⁽¹⁵⁾의 *Pinus silvestris* 產地別 種子에 對한 X-ray의 照射效果에 關한 研究, 任⁽²²⁾의 中性子照射가 *Robinia pseudoacacia* 種子에 미치는 影響에 關한 研究, Kaeiser and Boyce⁽⁵⁾의 yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* L.)에 있어 X-ray negatives에 依한 신속한 發芽率 調查 方法의 究明, Bevilacqua and Vidakovic⁽²⁾의 *Picea abies* Kart.에 있어서 體細胞染

色體에 對한 r-ray의 效果에 關한 研究, Mergen and stairs⁽⁷⁾의 Pine과 Oak에 있어서 有性繁殖에 對한 放射線照射效果에 關한 研究, Mergen⁽⁹⁾의 *Pinaceae*에 있어서 放射線照射로 誘導된 變異性에 關한 研究, Antero⁽¹¹⁾의 *Betula* spp.에 있어서 誘導된 突然變異體와 倍數體에 關한 研究, Mergen and Johansen⁽⁸⁾의 *Pinus rigida* Mill.에 있어서 花粉形成에 對한 電離放射線照射效果에 關한 研究, Watanabe and Ohba⁽²¹⁾의 gamma field에서 *Pinus densiflora*와 *Pinus thunbergii*의 花芽에 對한 放射線 感受性에 關한 研究, Miksche and Shapiro⁽¹²⁾의 Brookhaven mutation programme에 있어서 中性子照射에 關한 試驗, Ohba⁽¹⁷⁾의 林木에 있어 放射線育種에 關한 研究, Uchikawa⁽²⁰⁾의 common wheat에 있어서 X-ray로 誘導된 變異體의 遺傳學的 및 細胞學的 研究, Bevilacqua⁽³⁾의 γ -ray에 依한 *Pinus nigra*에 있어서 mitosis의 每日變化에 關한 研究, 任⁽²³⁾의 *Betula*의 個體注 및 倍數性에 關聯시킨 X線 및 中性子の 照射效果 그리고 X-ray photography에 依한 發芽力 檢定에 關한 研究, Ohba and Murai⁽¹⁸⁾의 Sugi에 있어 自殖種子, 他殖種子 및 1個의 標識 遺傳因子를 갖인 種子의 放射線 感受性的 差異에 關한 研究, Nishida, et al⁽¹⁴⁾의 gamma線照射에 依한 木本植物의 放射線感受性과 體細胞 突然變異의 誘發에 關한 研究, Ohba, et al⁽¹⁹⁾의 gamma ray로 急照射된 *Pinus densiflora* 花粉의 交配稔性에 關한 研究, Miah, et al⁽¹³⁾의 rice에 있어서 突然變異育種에 關한 研究, Lindgren, et al⁽⁶⁾의 各級溫度條件下에서 *Pinus silvestris*의 種子에 放射線이 照射된 후 種子의 發芽率에 미치는 影響에 關한 研究等 許多히 많다.

以上 X-線 γ -線 neutron照射에 依한 植物의 反應 卽 放射線照射에 依한 種子稔性調査, 照射된 種子의 發芽率調査, 照射된 植物의 放射線感受性 및 突然變異誘發, 照射된 植物의 細胞學的 變化 및 遺傳學的 變化等에 關하여 研究 報告된바 있다.

本研究은 우리나라產 林木種子에 放射線을 照射處理한 結果 發芽率에 미치는 影響, 照射된 植物의 生理的, 形態的, 細胞學的 變化에 對하여 몇가지 觀察한바 多少興味있는 成績을 得하였으며 이것이 新品種育成에 多少라도 도움이 되었으면 하여 發表하는 바이다.

材料 및 方法

供試材料는 우리나라의 重要造林樹種인 *Pinus densiflora*, *Pinus rigida*, *Pinus thunbergii*, *Larix leptolepis* 및 *Robinia pseudoacacia*의 種子를 1959 年度에 採取한後 美國 Brookhaven National Laboratory에 送付되어 X-ray은 10,000r, 20,000r 및 30,000r을 照射處理하고 thermal neutron은 3時間, 6時間 및 9時間을 照射處理되어 우리나라로 送付되었으며 表 1의 溫度條件下에서 溫室 및 圃場에서 播種되었다. 發芽率은 溫室에서 4月 8일에 播種되어 5月 12일에 調査하고 圃場에서는 5月 6일에 播種하여 7月 18일에 調査하였으며 恒溫器內에서는 溫度가 21~25°C로써 5月 6일에 播種하여 5月 26일에 調査하였다.

이와같이 發芽되어 育成된 樹種中 *Robinia pseudoacacia*에 對하여는 生長特性, 耐病性, 形態的變異 및 細胞學的特性을 調査한바 生長特性은 野外播種하여 育成된 1年生의 것으로 1960年 10月 7일에 3回 反覆調査하였고 powdery mildew의 發病調査와 形態的 變異調査은 1960年 10月 29日 및 30일에 各各 調査되었다.

染色體와 nucleus 調査材料인 複葉葉柄 및 葉內部組織 調査材料는 各各 70% ethyl alcohol로 固定 paraffin method에 依하여 12 μ 으로 section 한후 acid fucsin으로 染色하여 調査하였다.

葉表層調査 및 柵狀組織調査에는 thermal neutron으로 3時間 照射處理된 No. 1個體와 No. 2個體를 使用하였으며 葉表層은 葉上面 一層의 厚이고 柵狀組織調査은 中心柱있는 部分의 組織으로 2層의 厚를 調査하였다.

그리고 氣孔의 길이와 單位面積當氣孔數調査는 thermal neutron로 9時間 照射處理된 No. 1個體에서 完全히 生育한 葉의 뒷面을 剝皮하여 調査하였다.

試驗結果 및 考察

I. X-ray와 Thermal Neutron 照射處理된 種子의 發芽率調査 (表 2)

1. *Robinia pseudoacacia*: Thermal neutron으로 3時間照射處理한 種子의 發芽率이 control種子의 發芽率에 比하여 溫室 恒溫器 및 野外에서 모두 發芽率이 低下되었고 照射處理時間을 6時間 및 9時間으로 增加시킬수록 恒溫器 및 野外圃場에서는 種子發芽率이 더욱 低下하는 傾向이었다. 그러나 溫室內에서는 6時間照射處理한것이 35%이나 9時間 照射處理한것은 37%로써 약간 높은 傾向이었으며 任⁽²²⁾은 *Robinia pseudoacacia* 種子가 速中生子 照射處理를 받았을때 約 2,000 Rads의 照射量으로써는 播種後 約 2週日이 된때의 發芽率에 큰 影響을 주지않았으나 4,200 Rads의 照射量으로써는 發芽率에 현저한 低下를 보였다고 報告한바 있고 아까시나무에 있어서 thermal neutron 3時間~9時間 범위 내에서의 照射處理는 發芽率에 큰 影響을 미치지 못하는것 같다.

X-ray 照射處理한 種子는 恒溫器內에서는 control種子의 發芽率에 比하여 10,000r~30,000r에서 모두 현저히 低下되었으나 溫室內에서는 control의 40.5%인데 比하여 10,000r, 20,000r 및 30,000r에서 各各 37.5% 34.5% 및 32%로써 照射線量增加에 따라 發芽率에 약간의 減少를 초래하였다.

또한 圃場에서는 control 種子의 發芽率이 23.1%에 比하여 10,000r, 20,000r 및 30,000r에서 各各 24.4%, 24% 및 24.4%로써 X-ray의 照射線量에 큰 影響을 받지 않는것으로 나타났다. 一般的으로 X-ray의 照射處理에 依하여 發芽率을 低下시킨다는것은 事實이나 10,000r~30,000r사이에서는 아까시나무의 發芽率을 크게 左右하지 않음을 觀察할수있었다.

한가지 興味있는 일은 thermal neutron과 X-ray處理한 種子가 恒溫器內에 發芽率이 顯著히 低下하는 事實인데 後日에 吟味할 作定이다.

2. *Pinus densiflora*: 恒溫器內에서 control種子의 發芽率이 56%인데 比하여 thermal neutron으로 3時間, 6時間 및 9時間 照射處理하였을때 各各 33%, 9% 및 7%로써 發芽率이 低下하는 한편 照射時間의 增加에 따라 急激히 發芽率이 低下되었고 X-ray 照射로도 현저히 發芽率의 低下를 초래하였으나 10,000r~30,000r照射處理 Dosage 間에는 發芽率에 큰 差異를 認定할 수 없었다.

溫室內에서는 control種자의 發芽率이 63%인데 比하여 thermal neutron으로 3時間, 6時間 및 9時間 照射處理한 경우 53%, 3% 및 0%로써 照射線量의 增加에 따라 현저한 差異가 나타났고 X-ray 照射에 있어서는 10,000r~30,000 r 照射處理한 경우 모두 枯死함으로써 *Pinus densiflora*는 X-ray照射處理에 抵抗성이 弱함을 觀察할 수 있었으므로 赤松의 變異體誘發에 있어 X-ray의 照射線量을 낮게 해야할 必要가 있다고 생각된다. 圃場播種에서도 溫室內에서와 모두 비슷한 경향이었으나 다만 X-ray 30,000r 照射處理에서 0.5%의 發芽率을 얻었을 따름이다.

역시 Ohba⁽¹⁰⁾도 *Pinus densiflora* 種자의 水分含量에 따른 放射線感受性에 관한 研究에서 γ 線의 照射量의 增加와 水分含量의 減少에 따라 發芽率이 急激히 低下됨을 報告함으로써 本研究에서는 水分含量은 고려치 않았으나 역시 같은 경향을 나타내고 있었음을 觀察할 수 있었다.

3. *Pinus rigida*: 恒溫器內에서 control種자의 發芽率이 94%인데 thermal neutron의 照射處理區의 種子發芽率에 있어서는 3時間, 6時間, 9時間에서 各各 84%, 50% 및 48%로써 照射線量의 增加에 따라 發芽率은 低下하는 傾向이었고 溫室內 및 野外에서도 恒溫器內에서와 같이 照射線量의 增加에 따라 發芽率이 低下함을 觀察하였다. 그러나 X-ray 10,000r~30,000r 범위의 照射處理는 發芽에 共히 큰 영향을 주었으나 照射線量의 增加와 發芽率과의 關係는 認定할 수 없었다.

Mergen and Johansen⁽⁶⁾도 *Pinus rigida* Mill.에 있어

서 花粉形成에 對한 電離性放射線의 效果에 관한 研究에서 기형花粉은 放射線量의 增加에 따라 增加하고 7r/day에서 50%의 花粉이 기형으로 되었고 3~5r/day에서 花粉發芽率이 control에 比하여 50%로 減少됨을 報告함으로써 *Pinus rigida*의 種子 및 花粉은 放射線에 對하여 極 민감함을 觀察할 수 있었다.

4. *Pinus thunbergii*: 恒溫器內에서는 control에 比하여 X-ray나 thermal neutron 照射處理는 線量의 增加에 따라 發芽率이 低下하였고 溫室內에서도 thermal neutron處理에 있어서는 線量의 增加에 따라 현저히 發芽率이 低下되었으며 X-ray照射에는 大端히 敏感하여 10,000r~30,000r 照射에서 모두 致死하였음을 觀察할 수 있었다. 역시 Nishida, et al⁽¹⁴⁾은 r-ray 下에서 木本植物의 放射線感受性과 體細胞 突然變異의 誘發에 관한 研究에서 *Pinus thunbergii*의 100% 致死線量은 6~7 R/day이며 花芽의 100% 致死線量은 雌花에서 4~7 R/day 雄花에서 2~5R/day 임을 報告함으로써 放射線에 依하여 *Pinus thunbergii*가 致死될수있음을 報告한바 있다.

5. *Larix leptolepis*: control 種자의 平均發芽率이 60.7%인데 比하여 thermal neutron으로 3時間 照射處理했을 경우 4%가 發芽되었을 뿐 thermal neutron과 X-ray 照射處理에서 모두 致死함으로써 앞의 4樹種에 比하여 이들 放射線에 가장 敏感함을 確認하였으므로 *Larix leptolepis*에서 放射線에 依한 突然變異體를 誘發시킬 때에는 照射線量을 보다더 低下시킬 必要가 있을을 알수있었다.

表 1. 播種에서 發芽될때까지의 溫度狀況

Table 1. Temperature from seeding to emergence.

Places of seeding	From seeding to emergence	Temperature		
		Min.	Mean	Max.
Green house	From Apr. 8 to May 11	14°C	20.5°C	27°C
Field	From May 6 to July 18	15.7	20.6	25.4

表 2. X-ray와 thermal neutron로 照射處理된 種자의 發芽率

Table 2. Germinating percentage of seed radiated with X-ray and thermal neutron.

Species	Places of seeding	Treatments Dosage	X-rays			Thermal neutrons			Control
			30,000r	20,000r	10,000r	9hrs.	6hrs.	3hrs.	
<i>Robinia pseudo-acacia</i>	Incubator	No. of seeds sown	100	100	100	100	100	100	100
		No. of emergence	4	1	2	7	9	33	56
		% of germination	4	1	2	7	9	33	56

<i>Pinus densiflora</i>	Green house	No. of seeds sown	200	200	200	200	200	200	200	
		No. of emergence	64	69	75	74	70	78	81	
		% of germination	32	34.5	37.5	37	35	39	40.5	
	Field	No. of seeds sown	675	675	675	675	675	675	675	
		No. of emergence	165	162	165	136	147	156	178	
		% of germination	24.4	24.0	24.4	26.4	20.1	21.8	23.1	
	Incubator	Average of germinating percentage	20.1	19.8	21.3	23.5	21.4	31.3	39.9	
		No. of seeds sown	100	100	100	100	100	100	100	
		No. of emergence	4	1	2	7	9	33	56	
	<i>Pinus rigida</i>	Green house	% of germination	4	1	2	7	9	33	56
			No. of seeds sown	200	200	200	200	200	200	200
			No. of emergence	0	0	0	0	6	106	126
Field		% of germination	0	0	0	0	3	53	63	
		No. of seeds sown	675	675	675	675	675	675	675	
		No. of emergence	4	0	0	0	0	29	362	
Incubator		% of germination	0.5	0	0	0	0	4.3	53.6	
		Average of germinating percentage	1.5	0.3	0.7	2.3	4.0	30.1	57.5	
		No. of seeds sown	50	50	50	50	50	50	50	
<i>Pinus thunbergii</i>		Green house	No. of emergence	7	12	8	24	25	42	47
			% of germination	14	24	16	48	50	84	94
			No. of seeds sown	200	200	200	200	200	200	200
	Field	No. of emergence	9	10	11	34	105	171	193	
		% of germination	4.5	5.0	5.5	17.0	52.5	85.5	96.5	
		No. of seeds sown	675	675	675	675	675	675	675	
	Incubator	No. of emergence	16	0	0	0	2	190	335	
		% of germination	2.4	0	0	0	0.3	28.1	49.6	
		Average of germinating percentage	7.0	9.7	7.1	21.6	34.3	65.9	80.0	
	<i>Larix leptolepis</i>	Green house	No. of seeds sown	50	50	50	50	50	50	100
			No. of emergence	1	4	22	22	35	46	93
			% of germination	2	8	44	44	70	92	93
Field		No. of seeds sown	200	200	200	200	200	200	200	
		No. of emergence	0	0	0	2	13	165	191	
		% of germination	0	0	0	1	6.5	82.5	95.5	
Incubator		No. of seeds sown	675	675	675	675	675	675	675	
		No. of emergence	0	0	0	0	0	15	325	
		% of germination	0	0	0	0	0	2.2	48.1	
Green house		Average of germinating percentage	0.7	2.7	14.7	15.0	25.5	58.9	78.9	
		No. of seeds sown	50	50	50	50	50	50	50	
		No. of emergence	0	0	0	0	0	2	35	
Field	% of germination	0	0	0	0	0	4.0	70.0		
	No. of seeds sown	200	200	200	200	200	200	200		
	No. of emergence	0	0	0	0	0	0	96		
Incubator	% of germination	0	0	0	0	0	0	48		
	No. of seeds sown	675	675	675	675	675	675	675		
	No. of emergence	0	0	0	0	0	0	432		
Green house	% of germination	0	0	0	0	0	0	64		
	No. of seeds sown	200	200	200	200	200	200	200		
	No. of emergence	0	0	0	0	0	0	96		
Field	Average of germinating percentage	0	0	0	0	0	1.3	60.7		
	No. of seeds sown	675	675	675	675	675	675	675		
	No. of emergence	0	0	0	0	0	0	432		
Incubator	% of germination	0	0	0	0	0	0	64		
	No. of seeds sown	675	675	675	675	675	675	675		
	No. of emergence	0	0	0	0	0	0	432		
Green house	Average of germinating percentage	0	0	0	0	0	1.3	60.7		
	No. of seeds sown	675	675	675	675	675	675	675		
	No. of emergence	0	0	0	0	0	0	432		
Field	% of germination	0	0	0	0	0	0	64		
	No. of seeds sown	675	675	675	675	675	675	675		
	No. of emergence	0	0	0	0	0	0	432		
Incubator	Average of germinating percentage	0	0	0	0	0	1.3	60.7		
	No. of seeds sown	675	675	675	675	675	675	675		
	No. of emergence	0	0	0	0	0	0	432		

II. X-ray 및 Thermal Neutron 으로 照射處理된 아까시나무의 特性.

1. 生長特性

放射線에 照射된 種子는 表 2와 같이 發芽率이 低下됨을 觀察할수 있었고 이 發芽된 植物이 生育하는데에는 放射線의 影響을 받아 生育이 억제 내지는 致死하게 되는 경우도 있고 또한 刺戟이되어 도리어 生長이 促進되는 수도 있다. 表 3에서 보는 바와 같이 X-ray를 30,000r, 20,000r 및 10,000r 照射處理했을 때 樹高의 平均生長이 80.3cm, 82cm 및 92.1cm 生育 함으로써 照射線量의 增加에 따라 生育이 一般的으로 억제되었음을 觀察할 수 있었고 thermal neutron을 9時間, 6時間 및 3時間 照射處理했을 때에 114.7cm 76.5cm 및 74.5cm로써 X-ray 照射處理와 같은 傾向이었으나 3時間의 弱한 照射處理에서는 오히려 control 아까시나무에 比하여 生長이 14.7%나 增進되었음을 觀察하였다(表 3).

이와같이 neutron의 照射線量增加에 따라 植物의 生

育이억제됨을 任⁽²³⁾의 *Betula verrucosa* 및 *Betula pubescens*에서 hypocotyl length 및 root length의 調査에서 報告한바 있고 Ohba and Simak⁽¹⁵⁾는 產地가 다른 *Pinus silvestris* 種子에 對한 X-ray의 效果에 關한 研究에서 hypocotyl length 및 root length는 照射線量의 增加에 比例하여 低下하는 傾向이었고 產地에 따라 600r에서는 hypocotyl length와 root length가 control에 比하여 약간의 生長增大를 보여주는 경우도 있음을 報告함으로써 本研究結果와 一致된 結論을 얻을수 있었다. 또한 Mergen⁽⁶⁾은 *Pinaceae*에 있어 放射線으로 誘導된 突然變異의 研究에서 *Pinus rigida*에 있어 放射線量의 增加에 따라 生長이 低下됨을 報告한바 있으며 Antero⁽¹¹⁾은 X-ray로 照射된 *Betula verrucosa*에 있어서 2,000r으로부터 8,000r까지 照射線量의 增加에 따라 生長이 低下됨을 또한 同樹種에 對하여 γ -ray를 照射한 경우도 線量增加에 따라 生長이 低下됨을 報告한바 있다.

表 3. X-ray 와 thermal neutron으로 照射處理된 아까시나무의 生育狀況

Table 3. Growth performance of *Robinia pseudoacacia* radiated with X-ray and thermal neutron.

Treatments	Dosage	No. of plants examined	Average of height(cm)※	Ratio
X-rays	30,000r	131	80.3	80.3
	20,000r	137	82.0	82.0
	10,000r	123	92.1	92.1
Thermal neutrons	9 hrs.	108	74.5	74.5
	6 hrs.	120	76.5	76.5
	3 hrs.	130	114.7	114.7
Control		150	100.0	100.0

※ 1 year old

2. 外部形態의 變異

自然界에서도 아까시나무는 形態의 變異를 觀察할수 있다. 더욱이 放射線에 照射됨으로써 形態의 變異의 誘發을 促進할수 있을것이다. 結局 放射線에 生物를 照射한다는것은 우선 形態의 變異의 誘發率이 높은 同時에 致死量이 가장 적은 線量을 求하는것이 目的이라할 수 있고 이들 形態의 變異가 次代에 반듯이 遺傳됨을 必要로 하는것이다.

表4에서 보는바와 같이 葉에 白色의 斑點이 있는 個體는 X-ray 10,000r과 thermal neutron 9時間 및 3時間照射處理區에서 얻을수 있었고 葉不整形(Fig. 1), 小葉不對稱 (Figs. 2, 3), 白子個體, 刺와 葉柄帶紫色個體는 X-ray 및 thermal neutron 照射處理區 어느곳에서나

觀察되었으나 無刺個體는 X-ray의 20,000r 照射區에서 2個體, 10,000r 照射區에서 1個體 및 thermal neutron 9時間處理區에서 1個體, 3時間處理區에서 1個體등을 얻었으므로 이것은 아까시나무 育種上 利用價値가 있는 重要形質이며 X-ray나 thermal neutron이 가지에 關與된 遺傳因子에 影響하는 것이라 생각된다. 結局 全體 葉의 變異率로는 thermal neutron 9時間 處理區에서 12.8%로써 가장 높았고 其他는 거의 비슷한 全體變異率을 나타내고 있음을 觀察할수 있었다. Antero⁽¹¹⁾은 *Betula*의 誘導된 突然變異體研究에서 葉의 畸形을 나타내고 있음을 報告한바 있어 放射線에 依한 葉의 變異가 出現될수 있음을 알수있었다.

表 4. X-ray 와 thermal neutron으로 照射處理된 아카시나무의 形態的 變異

Table 4. Morphological mutants of *Robinia pseudoacacia* radiated with X-ray and thermal neutron.

Treatments	Dosage	No. of plants examined	No. of normal individuals	Mutants of leaflet					No. of thornless individuals
				Ind. with variegated leaves	Ind. with rugose leaves	Ind. with unsymmetrical leaflets	Ind. of albino	% of mutant in leaves	
X-rays	30,000r	193	172		6	6	2	7.3	
	20,000r	249	215		4	14	1	7.6	2
	10,000r	223	197	1	5	10	3	8.7	1
Thermal neutrons	9 hrs.	188	150	2	4	15	3	12.8	1
	6 hrs.	186	152		1	13	4	9.7	
	3 hrs.	219	178	1	6	11	1	8.7	1
Control		243	230		1	4		2.1	

3. 染色體 調査

幼葉의 基部를 固定 microtome을 利用하여 12 μ 으로 section한 후 調査하였으며 染色體 觀察結果는 Fig. 4와 같이 正常的인 體細胞分裂이 大部分이었으나 非正常的인 細胞分裂(Fig. 5), 二核細胞(Fig. 8), 二仁細胞(Fig. 9) 및 染色體塊(Fig. 6)등도 觀察되었다.

Ohba, et al⁽¹⁸⁾은 gamma 線으로 急照射된 *Pinus densiflora* 花粉의 交配稔性에 關한 研究에서 染色體橋가 나타나는 빈도는 대조구와 照射區에서 有意的인 差를 인정할 수 없었음을 報告한 바 있으며

Mergen⁽⁹⁾은 *Pinaceae*의 突然變異에 關한 研究에서, Mergen and Stairs⁽⁷⁾은 pine 및 oak의 有性繁殖에 對한 放射線의 效果에 關한 研究에서, 역시 Mergen and Johansen⁽⁸⁾은 *Pinus rigida*의 花粉形成에 對한 電離放射線의 效果에 關한 研究에서 各各 放射線에 原因된 染色體橋 및 其他染色體異常現象을 觀察하여 報告한 바 있다.

4. 耐病性 調査

植物體에 X-ray 또는 thermal neutron을 照射處理함으로써 染色體의 異常 即 遺傳因子의 變化를 促하게 된다. 따라서 形態的, 生理的 및 生態的 變異에 수반하여 耐病性的 增大가 期待되며 특히 林木에서는 耐病性的인 芽條變異를 誘發하여 이를 無性繁殖시킬 수 있음으로서 容易하게 實用化가 可能할 것이다. 역시 Gustafson⁽⁴⁾은 倍數性과 mutagenesis에 依한 林木育種에 關한 研究에서 放射線照射에 依한 育種研究의 主된 目的中 耐病性的 增大가 可能함을 強調한 바 있다.

本研究에서는 表5에서 보는바와 같이 X-ray의 경우 10,000r, 20,000r 및 30,000r를 照射했을 때 powdery mildew의 發病率이 15.7%, 15.3% 및 14% 이었으며 thermal neutron을 3時間 6時間, 및 9時間 照射했을 때

powdery mildew發病率이 15.5%, 19.4% 및 25.5%로써 照射線量의 增加에 따라 發病率이 높아졌으며 더욱이 比較樹種의 13.2%보다 放射線量에 關係없이 發病率은 높아졌다.

따라서 아카시나무에 있어서는 X-ray와 thermal neutron을 照射하면 powdery mildew 저항성이 低下래져서 發病率이 높아지는 傾向이었다.

表 5. X-ray 와 thermal neutron으로 照射處理된 아카시나무의 powdery mildew 發病率

Table 5. Percentage of attack of powdery mildew in *Robinia pseudoacacia* radiated with X-ray and thermal neutron.

Treatments	Dosage	No. of plants examined	No. of attack of disease	% of attack of disease
X-rays	30,000r	193	27	14.0
	20,000r	249	38	15.3
	10,000r	223	35	15.7
Thermal neutrons	9 hrs.	188	48	25.5
	6 hrs.	186	36	19.4
	3 hrs.	219	34	15.5
Control		243	32	13.2

5. 氣孔 및 葉組織 調査.

氣孔의 길이 및 單位面積當氣孔數 등은 染色體異常과 密接한 關係가 있음이 倍數性 林木에서 널리 알려진 事實이다. 역시 thermal neutron 照射處理된 아카시나무에 있어서는 染色體의 異常을 調査하기에 앞서 氣孔의 길이와 單位面積當數를 調査한 結果는 表6과 같다. 即 thermal neutron이 原因이 되어 葉에 白色斑點을

같은 個體와 比較된 것으로 變異個體는 19.80 μ 이고 正常個體가 19.40 μ 으로 氣孔의 길이에 있어서는 大差가 없었으나 單位面積當 氣孔의 數는 變異個體가 13.9個이

고 正常個體가 18.5個로서 變異個體는 單位面積當 적은 數의 氣孔數를 가지고 있음을 觀察할수 있었다.

表 6. Thermal neutron으로 照射處理된 아카시나무의 氣孔長 및 單位面積 氣孔數

Table 6. Length of stomatas and number of stomatas per unit area in *Robinia pseudoacacia* radiated with thermal neutron.

Individuals	Length of stomatas							Total	Mean(μ)	Ratio	No. of stomatas per unit area	
	14	16	18	20	22	24	26				Number(0.028mm ²)	Ratio
Variogated leaf		16	54	65	52	17	3	207	19.80	102.1	13.9	75.1
Control	1	29	100	108	55	7		300	19.40	100.0	18.5	100.0

葉表皮層 調査는 表7에서 보는바와 같이 thermal neutron 照射處理된 No.1 個體는 21.44 μ , No.2 個體는 17.01 μ 으로 個體間에 差異를 認定할수 있으나 比較木인

No.1 個體는 18.78 μ , No.2 個體는 18.63 μ 으로 比較木間에는 大差가 없었다

表 7. Thermal neutron으로 照射處理된 아카시나무의 葉表層의 厚

Table 7. Width of epidermis in *Robinia pseudoacacia* radiated with thermal neutron.

Individuals	No. of sample	Width of epidermis (1=2.35 μ)								Mean $\pm\sigma$ (μ)
		5	6	7	8	9	10	11		
Mutant No.1	300				62	149	79	10	21.44 \pm 1.81	
No.2	300	1	47	151	81	20			17.01 \pm 1.90	
Control No.1	300		6	76	142	67	9		18.78 \pm 1.94	
No.2	300		3	94	137	55	10	1	18.63 \pm 1.96	

Mutant No. 1 and No. 2 radiated with thermal neutron for 3 hrs.

그리고 葉表層 對 葉全體 厚의 比 即 葉組織形狀比는 表8에서 보는바와 같이 thermal neutron으로 照射處理된 No.1 個體는 13.21 μ No.2 個體는 11.55 μ 이나 比較

木인 No.1 個體는 12.23 μ No.2 個體는 11.72 μ 으로 大差가 없었다. 即 葉全體厚와 葉表層의 厚와는 相關關係가 있다.

表 8. Thermal neutron으로 照射處理된 아카시나무 葉組織形狀比

Table 8. Width of epidermis vs. width of leaves in *Robinia pseudoacacia* radiated with thermal neutron.

Individuals	No. of sample	Width of epidermis/width of leaves \times 100											Mean $\pm\sigma$ (μ)
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Mutant No.1	300				32	36	114	81	31	5	1		13.21 \pm 1.18
No.2	300	1	20	55	88	55	45	27	9				11.55 \pm 1.50
Control No.1	300		9	40	52	60	77	43	12	7			12.23 \pm 1.58
No.2	300		27	49	81	50	46	24	16	3	3	1	11.72 \pm 1.77

또한 柵狀組織의 幅 調査에서도 表9에서 보는바와 같이 thermal neutron으로 照射된 No.1 個體는 69.58 μ 이나 比較木인 No.1個體는 74.53 μ No.2個體는 80.32 μ 으로 比較木間에도 약간의 差異는 있지만 thermal neutron照射가 柵狀組織의 두께에 영향을 주지 않았나 생각된다.

특히 葉에 白色의 斑入個體에서는 二層의 柵狀組織中 外層의 것은 길고 內層의것은 짧았음을 觀察했다.

斑入葉(Figs. 10, 11)은 白斑入葉과 綠黃斑入葉의 二種을 觀察할수 있었는데 大部分의 葉斑入은 葉緣쪽 部分부터 斑入되는데 이것은 葉生長初期 보다 後期에 가서 葉緣體의 形成이 減退되는 것이 原因이며 綠黃斑入葉

의 柵狀組織은 葉綠體를 含有하나 海綿組織 만이 白色 plastid를 갖인葉 (Fig. 12, b)과 海綿組織과 柵狀組織의 內層은 葉綠體를 充分히 含有하나 柵狀組織 外層만이 葉綠體를 少量 含有 함으로서 葉表面에 綠葉斑點이 생겼고(Fig. 12, c) 또한 柵狀海綿組織 共히 葉綠體가

있는 葉(Fig. 12, d), 變異體 葉表面이 꾸글꾸글한 葉 (Fig. 12, e)은 染色體의 非正常分裂이 原因으로 分裂이 速한 部分과 遲滯한 部分의 細胞의 斑入으로 생기는 것이라 생각되며 葉의 內部 組織은 正常葉과 大差가 없음을 觀察하였다.

表 9. Thermal neutron으로 照射處理된 아카시나무의 柵狀組織의 厚

Table 9. Width of palisade tissue in *Robinia pseudoacacia* radiated with thermal neutron.

Individuals	No. of sample	Width of palisade tissue (1=2.3μ)								Mean±σ(μ)
		23	26	29	32	35	38	41	44	
Mutant No. 1	300	4	47	112	93	37	7			69.58±6.80
Control No. 1	300	5	42	53	84	62	38	15	1	74.53±9.99
No. 2	300	1	27	35	32	78	87	34	6	80.32±10.59

그리고 葉全體의 厚에 있어서는 表10에서 보는바와 같이 thermal neutron 照射處理된 No.1個體는 162.59μ, No.2個體는 147.59μ으로서 個體間에 差異가 많았고 比較木인 No.1個體는 154.65μ, No.2個體는 159.79μ으로서 比較木間에는 大差가 없었으나 比較木과 照射個體間에는 많은 差가 있었다.

照射木의 氣孔長은 30.09μ, 15,000r 照射木의 氣孔長은 29.82μ이나 比較木의 氣孔長은 28.98μ임을 觀察했고 일두께는 照射木에서 195μ으로 부터 281μ까지 增大된 個體들을 觀察할수있어 역시 放射線으로 照射된 個體들은 個體變異의 幅이 넓음과 同時에 葉綠素가 결핍된 白子個體들을 觀察할수 있었다고 報告했다.

Antero¹¹⁾은 *Betula verrucosa*에 있어서 r-ray 50,000r

表 10. Thermal neutron으로 照射處理된 아카시나무의 葉全體의 厚

Table 10. Width of leaves in *Robinia pseudoacacia* radiated with thermal neutron.

Individuals	No. of sample	Width of leaves (1=2.35μ)								Mean±σ(μ)
		45-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85	
Mutant No. 1	300			1	28	165	104	2		162.59±6.87
No. 2	300		10	80	140	57	13			147.59±9.70
Control No. 1	300	1	19	31	91	90	55	13		154.65±45.54
No. 2	300		41	41	14	41	119	40	4	159.79±63.36

이상은 如何든 thermal neutron으로 3時間 照射處理한 *Robinia pseudoacacia*의 種子發芽率은 31.3%, *Pinus densiflora*의 種子發芽率은 30.1%, *Pinus rigida*의 種子發芽率은 65.9%, *Pinus thunbergii* 種子의 發芽率은 58.9% *Larix leptolepis*의 種子發芽率은 1.3% 이고, 6時間 照射處理한 *Robinia pseudoacacia*의 種子發芽率은 21.4%, *Pinus densiflora*의 種子發芽率은 4.0%, *Pinus rigida*의 種子發芽率은 34.3%, *Pinus thunbergii*의 種子發芽率은 25.5%, *Larix leptolepis*의 種子發芽率은 0%이며 9時間 照射處理한 *Robinia pseudoacacia*의 種子發芽率은 23.5%, *Pinus densiflora*의 種子發芽率은 2.3%, *Pinus rigida*의 種子發芽率은 21.6%, *Pinus thunbergii*의 種子發芽率은 15.0%, *Larix leptolepis*의

種子發芽率은 0%이다.

따라서 樹種間에 thermal neutron에 對한 感受性的의 差異는 *Pinus rigida* < *Pinus thunbergii* < *Robinia pseudoacacia* < *Pinus densiflora* < *Larix leptolepis*의 順이다.

그리고 X-ray로 10,000r 照射處理한 *Robinia pseudoacacia*의 種子發芽率은 21.3%, *Pinus densiflora*의 種子發芽率은 0.7%, *Pinus rigida*의 種子發芽率은 7.1%, *Pinus thunbergii*의 種子發芽率은 14.7%, *Larix leptolepis*의 種子發芽率은 0%이고 20,000r照射處理한 *Robinia pseudoacacia*의 種子發芽率은 19.8%, *Pinus densiflora*의 種子發芽率은 0.3%, *Pinus rigida*의 種子發芽率은 9.7%, *Pinus thunbergii*의 種子發芽率은 2.7%, *Larix*

*leptolepis*의 種子發芽率은 0%이다.

그리고 30,000r照射處理한 *Robinia pseudoacacia*의 種子發芽率은 20.1%, *Pinus densiflora*의 種子發芽率은 1.5%, *Pinus rigida*의 種子發芽率은 7.0%, *Pinus thunbergii*의 種子發芽率은 0.7%, *Larix leptolepis*의 種子發芽率은 0%이다. 따라서 樹種間에 X-ray에 對한 感受性的의 差異은 *Robinia pseudoacacia* <*Pinus rigida* <*Pinus thunbergii* <*Pinus densiflora* <*Larix leptolepis*의 順이다. 그리고 照射處理된 아까시나무의 生長은 一般的으로 處理線量에 따라 減少하나 比較木에 比하여 生長이 增加되는 個體와 가지없는 個體가 出現되어 林木育種上 注目할만한 知見을 얻었다.

摘 要

突然變異誘發에 依한 方法으로 重要造林樹種의 品種을 改良코자 *Robinia pseudoacacia*, *Pinus densiflora*, *Pinus rigida*, *Pinus thunbergii* 및 *Larix leptolepis*의 種자를 美國 Brookhaven National Laboratory에 送付하여 X-ray와 thermal neutron를 照射處理하고 上記種子들의 發芽率을 調査하는 한편 照射處理된 種子에서 얻어진 아까시나무 幼苗의 몇몇 特性을 調査하였다.

1. Thermal neutron 3時間~9時間 照射處理 範圍에 있어서 照射處理時間의 增加에 따라 *Robinia pseudoacacia*, *Pinus densiflora*, *Pinus thunbergii* 및 *Pinus rigida* 種자의 發芽率이 減少되었으며 특히 *Larix leptolepis*의 種자는 이와 같은 線量範圍內에서 完全 致死 하였다.

2. X-ray 10,000r~30,000r 範圍의 照射處理는 *Pinus densiflora*, *Robinia pseudoacacia*, *Pinus rigida* 種자의 發芽率을 大端阻害 低下시켰고 특히 *Pinus thunbergii* 와 *Larix leptolepis*의 種자는 거의 致死케 하였다.

3. 照射處理된 아까시나무의 生長狀況은 X-ray 및 thermal neutron 照射處理에 있어 線量の 增加에 따라 모두 生育이 低下되었으나 thermal neutron 으로 3時間 照射處理된 個體들은 比較木에 比하여 14.9% 生育增加를 보였으며 또한 가지없는 個體가 相當히 出現되었다.

4. 照射處理된 아까시나무의 形態的 變異에 있어서는 X-ray 및 thermal neutron 照射處理에 있어서 葉斑入個體, 葉不整形個體, 白子個體, 등이 出現 되었다.

5. Thermal neutron 으로 照射處理된 아까시나무는 正常的인 體細胞分裂이 大部分이나 非正常的인 細胞分裂, 二核細胞, 二仁細胞 및 染色體塊 등을 觀察할수 있었다.

6. X-ray 및 thermal neutron 照射處理된 아까시나무

의 powdery mildew에 對한 抵抗性은 線量增加에 따라 減少되었다.

7. Thermal neutron 照射處理된 아까시나무의 氣孔長은 比較木과 大差가 없었고 單位面積當氣孔數는 處理木이 減少되었다.

또한 葉全體의 厚 및 葉表層의 厚는 thermal neutron 照射處理木이 比較木에 比하여 增加되었으며 網狀組織의 幅은 比較木보다 減少되었다.

引用文獻

1. Antero, V. 1962. Induced mutations and polyploidy in birch, *Betula* spp. Dept. Botany, University of Turku. Final Report (Part II):1-81.
2. Bevilacqua, B. and Vidakovic, M. 1962. Effect of gamma rays on the chromosomes of the somatic cells in *Picea abies* Karst. *Silvae Gen.* 12(2):41-46.
3. Bevilacqua, B. 1965. Changes of the daily rhythm of mitosis in *Pinus nigra* Arm. caused by gamma rays. *Silvae Gen.* 14(3):81-87.
4. Gustafsson, Å. 1960. Polyploidy and mutagenesis in forest tree breeding. Fifth world For. Cong.
5. Kaeiser, M. and Boyce, S.G. 1962. X-ray negatives for sorting yellow poplar samaras with filled and empty seeds. *Jour. For.* 60(6):410-411.
6. Lindgren, D., Nikolic, D. and Simak, M. 1972. Germination of γ -irradiated and non-irradiated seeds of *Pinus silvestris* under various temperature conditions. Institutionen för skogsgenetik, Dept. Forest Genetics, Rapportur och Uppsatser/Research Notes, Nr 10:1-12.
7. Mergen, F. and stairs, G. R. 1962. Cumulative radiation effects on sexual reproduction in pine and oak. *Forest Genetics Workshop*, Oct.:25-27.
8. Mergen, F. and Johansen, T. S. 1963. Effect of ionizing radiation on microsporogenesis in *Pinus rigida* Mill. *Rad. Bot.* 3:321-331.
9. Mergen, F. 1963. Evolution of spontaneous, chemical and radiation-induced mutations in *Pinaceae*. *World Consultation on Forest Genetics and Tree Improvement*, Stockholm, 23 to 30 August 1963.
10. Müller-olsen, C. and Simak, M. 1954. X-ray photography employed in germination analysis of scots pine (*Pinus silvestris* L.). *Meddelanden Från*

- Statens Skogsforskningsinstitut Band 44. Nr 6:1-19.
11. 松村清二, 藤井太郎, 1957. 一粒コムギの放射線遺傳學研究. 第1回原子力シンポジウム報告集(第4分冊): 691-696.
 12. Miksche, J. P. and Shapiro, S. 1964. Use of neutron irradiation in the Brookhaven mutations programme. Biological Effects of Neutron and Proton Irradiations, Vol. 1:393-408.
 13. Miah, A. J., Mustafa, G. and Soomro, A. M. 1971. Mutation breeding in rice. SABRAO Newsletter, 3(2):121-123.
 14. Nishida, T., Nakajima, K., Ohba, K. and Tokato, S. 1967. Radiosensitivity and induction of somatic mutations woody perennials under chromic gamma ray irradiation. Gamma Field Symposium No. 6: 19-45.
 15. Ohba, K. and Simak, M. 1961. Effect of X-rays on seeds of scots pine from different provenances (*Pinus silvestris* L.). Silvae Gen. 10(3):84-89.
 16. Ohba, K. 1961. Radiation sensitivity of pine seeds of different water content. Hereditas, 47:284-294.
 17. Ohba, K. 1964. 林木の放射線育種. 林木の育種, 30:6-8.
 18. Ohba, K. and Murai, M. 1967. Studies on radio-sensitivity trees V. Difference in radiosensitivity of self-and cross pollinated seeds, and of seeds with a marker gene in sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don.). Jour. Jap. For. Soc. 49(2):45-52.
 19. Ohba, K. and Watanabe, M. and Noguchi, T. 1969. Cross-fertility of pine pollen, *Pinus densiflora* S. et Z. exposed to acuted gamma ray irradiation. Jour. Jap. For. Soc. 51(4):79-84.
 20. Uchikawa, I. 1965. Genetic and cytological studies of X-induced mutants in common wheat VI. Thin-short-strawed-and-lax-eared mutants. Momoirs of the Ehime University. Sect. II(Science). Ser. B(Biology), Vol. V, No. 2:79-88.
 21. Watanabe, M. and Ohba, K. 1964. Studies on radiosensitivity of forest trees(1). Radiosensitivity of flower buds of *Pinus densiflora* and *Pinus thunbergii* in gamma field. Jour. Jap. For. Soc. 46(2):42-46.
 22. 任慶彬. 1962. 速中性子照射가 *Robinia pseudoacacia* 種子에 미치는 影響. 林業과 林學, 2:52-53.
 23. 任慶彬. 1966. *Betula*의 個體性 및 倍數性에 關連시킨 X-線 및 中性子の 照射效果 그리고 X-ray photography에 依한 發芽力 檢定. 原子力院 研究論文集, 6:200-209.

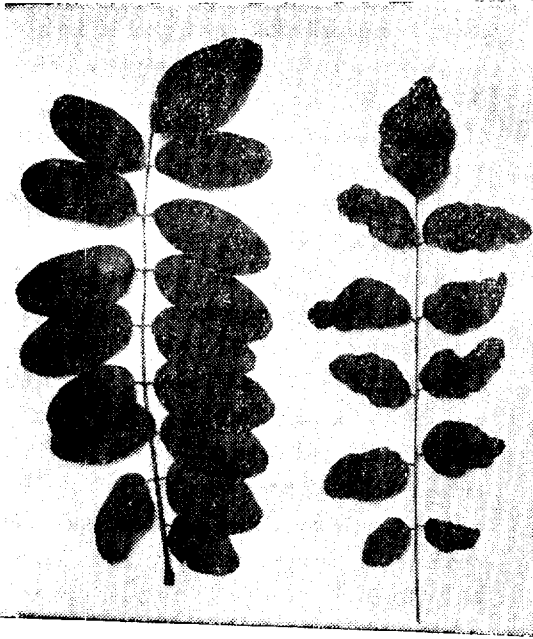


Fig. 1. Strongly rugosed leaf of mutant (right) and normal leaf (left) of black locust.

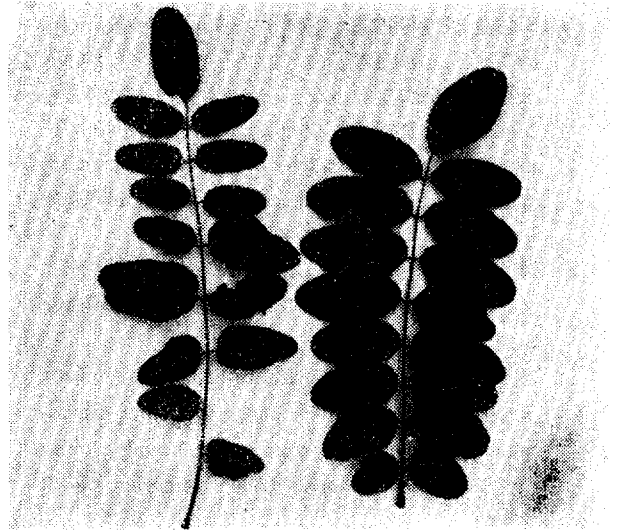


Fig. 2. Type 1 of unsymmetrical leaflets of mutant (left) and normal leaflets (right) of black locust.

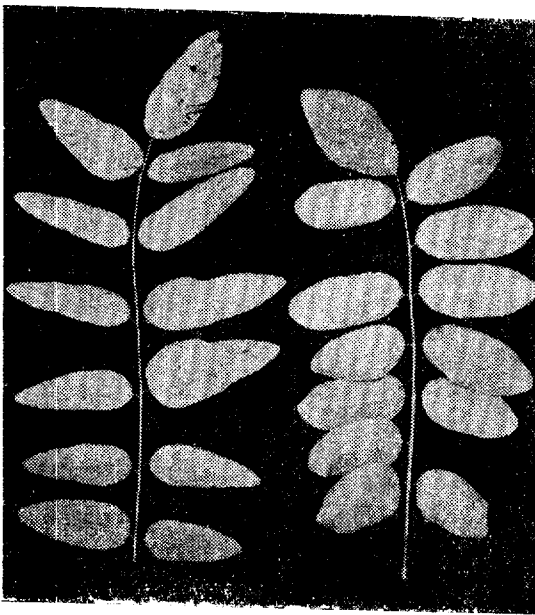


Fig. 3. Type 2 of unsymmetrical leaflets of mutant (right) and normal leaflets (left) of black locust.

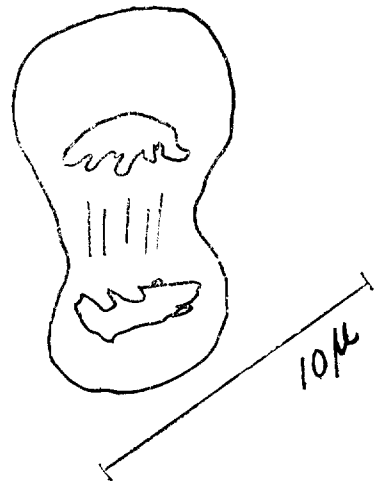


Fig. 4. Normal mitosis in petiole cells of black locust originating from irradiated seed.

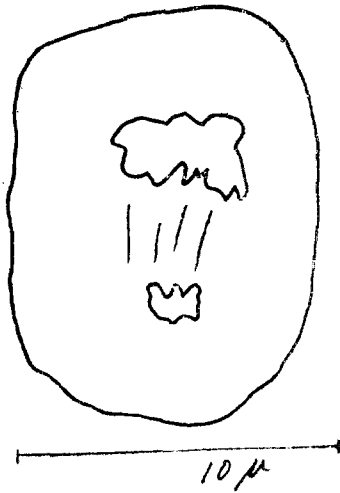


Fig. 5. Aberration during mitosis in petiole cell of black locust originating from irradiated seed.

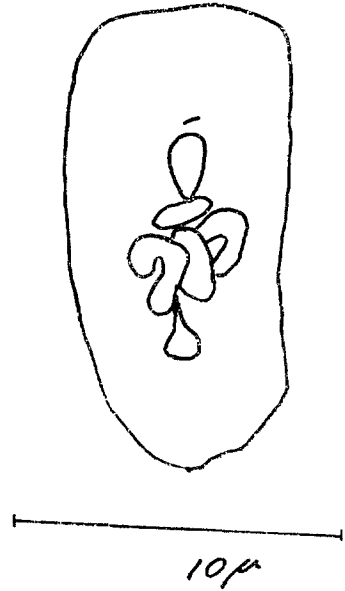


Fig. 6. Clumps of chromosome during mitosis in petiole cell of black locust originating from irradiated seed.

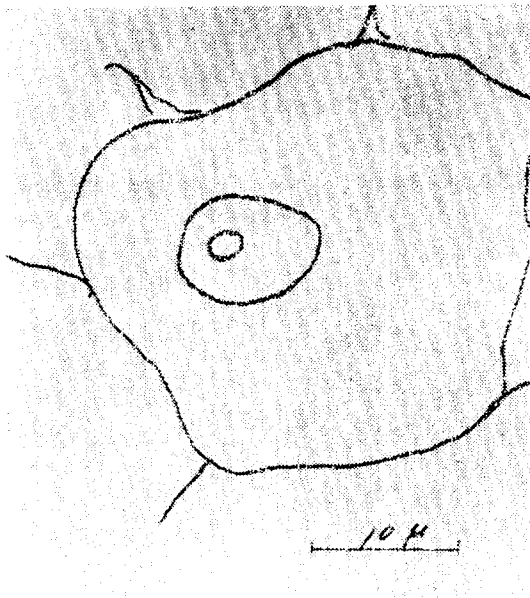


Fig. 7. Normal nucleus of petiole cell in black locust originating from irradiated seed

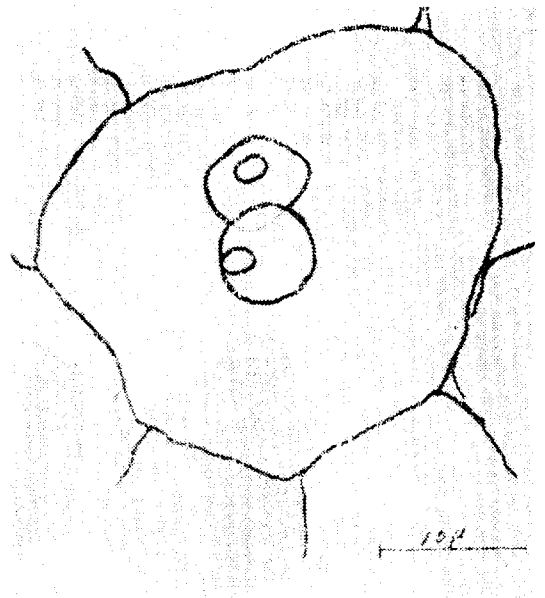


Fig. 8. Abnormal petiole cell with two nuclei in black locust originating from irradiated seed

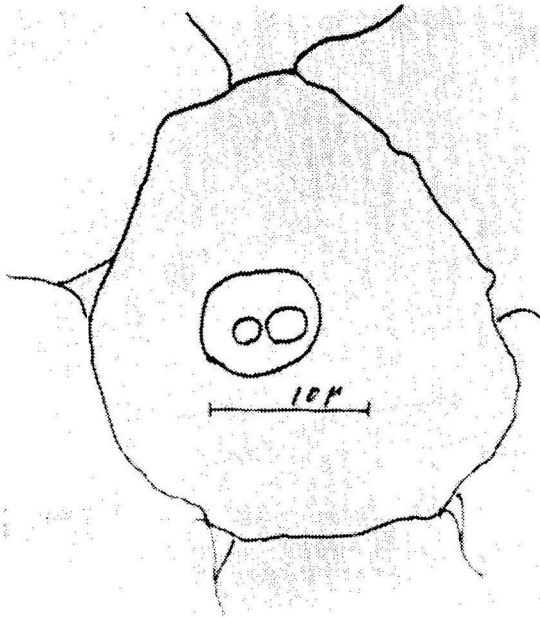


Fig. 9. Abnormal petiole cell with two nucleoli in black locust originating from irradiated seed

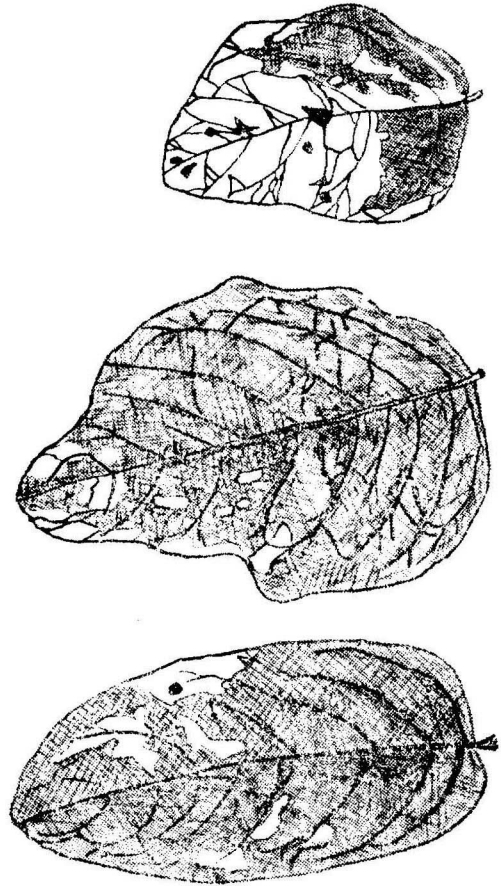


Fig. 10. A type of white variegated leaflets in black locust originating from irradiated seed.

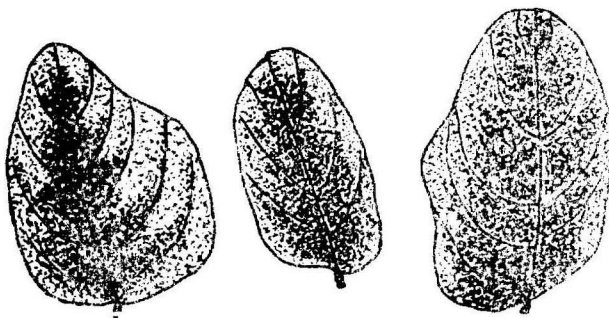


Fig. 11. B type of white variegated leaflets in black locust originating from irradiated seed

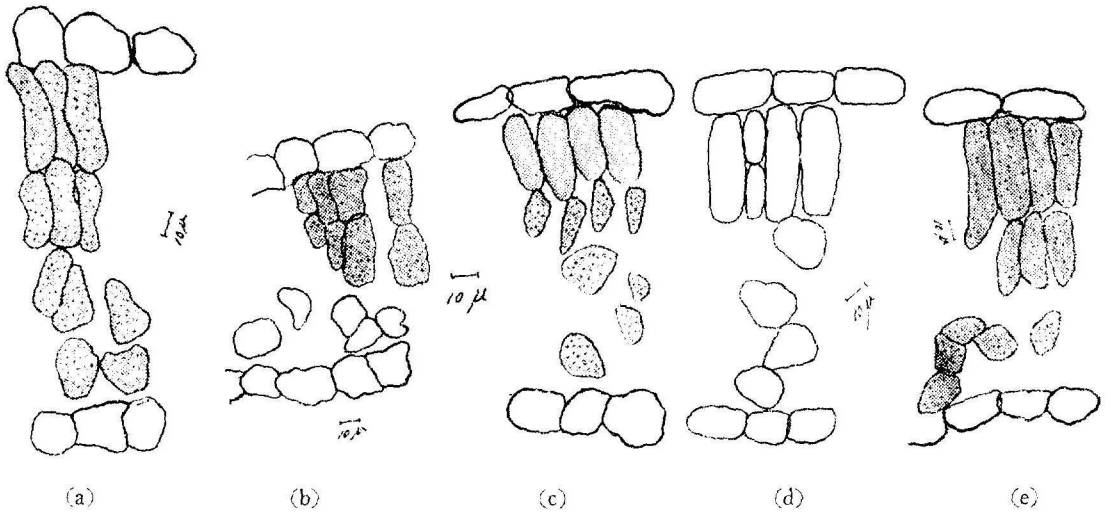


Fig. 12. Cross section of variegated leaflets in black locust originating from irradiated seed.

- (a) Normal green leaflet: palisade and spongy tissue had chlorophyll.
- (b) Yellowish green leaflet: palisade tissue had chlorophyll but spongy tissue did not have chlorophyll.
- (c) Yellowish green leaflet: one layer of palisade tissue and spongy tissue had chlorophyll but one layer of palisade tissue had a little chlorophyll.
- (d) White variegated leaflet: palisade and spongy tissue did not have chlorophyll.
- (e) Rugose leaflet: palisade and spongy tissue had chlorophyll.