

軟 X-線 寫眞에 依한 잣나무 種子의 品質診斷*¹閔 庚 玟*²Diagnosis of Seed Quality for Korean White Pine by Soft X-Ray Photographs*¹Kyung Hyun Min*²

The seed quality testing for Korean white pine (*Pinus koraiensis*), their pre-germination and embryo growing process were investigated and the abnormal embryo groups were discriminated by the use of soft X-ray photograph. The study results were as follows;

1. The embryo reflection was clearly observed for air dried seeds (moisture content was 6.3%) at 30 sec, stratificated seeds at 60 sec (moisture content 24.0—36.0%) and immature seed (moisture content 41.0—64.0%) at 90 sec., then the photographing variation for soft X-ray was the radiographing distance at 42 cm, focus M, voltage 19.5 K.V.P. and Ampere 8 mA. By the above result, the radiographing time for discriminating the embryo reflection was increased by the increase of moisture content in the seeds.
2. The embryo reflection could be clearly observed from the last ten days of June and the embryo length ratio to endosperm length was growing to 65% at the first ten days of September. By the result obtained the soft X-ray photograph was thought to be effective method for the study of inner morphology of seeds.
3. The clear reflection seeds for embryo and endosperm were observed to 69.7% and the seeds were practically germinated to 75.2%. The difference in number between the discriminated seeds by the soft X-ray photograph and the practically germinated seeds was only 6%. According to this results, the soft X-ray photograph was thought to be a effective methods for the germination diagnosis in the shortest time and with the exactness comparatively.
4. Because of the possibility of clearness for observation of pre-germination process, the soft X-ray photograph could be used for the study on the physiology of seed germination.
5. The frequency of abnormal embryos was observed of total 4.4% and their types and subtypes could be classified into twenty groups. Among these groups, single abnormal embryo type was divided into eight subtypes and observed of 2.0 percent, twin embryo was six subtypes and 1.8 percent, triple embryo was five subtypes and 0.5 percent, and inverse type was 0.12 percent.

軟 X-線 寫眞에 依하여 잣나무 種子의 品質과 前發芽現象을 調査하고 異常胚를 分類하였으며 種子 成熟過程의 幼胚成長 等 種子內部組織의 變化를 觀察한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

*¹ Received for publication in June 24, 1974*² 林業試驗場 Forest Research Institute

1. X-線 寫眞의 撮影變數는 撮影距離 42cm, 焦點 M 일때 電壓 19.5 K.V.P., 8 mA에서 氣乾種子(含水率 6.3%)는 照射時間 30秒, 濕層處理種子(含水率 24.0~36.0%) 60秒, 그리고 含水率 41.0~64.0%인 未熟種子是 90秒에서 胚映像을 鮮明하게 觀察할 수 있었던 것으로 보아 種子含水率 이增加됨에 따라 X-線의 照射時間이 延長되었다.
2. 잣나무의 幼胚成長過程을 調査한바 6月下旬 以後부터 胚의 映像이 鮮明하게 나타났으며 種子 成熟期 9月上旬의 胚長比가 65%에 達한 것을 觀察할 수 있는 것으로 미루어 軟 X-線 寫眞은 種子內部的 形態變化를 研究하는데도 效果的인 方法이었다.
3. 胚乳 및 胚의 X-線寫眞 映像이 鮮명한 種자가 69.7%에 達하였으며 이들의 實際發芽率은 75.2% 로서 이들사이의 誤差는 6%에 不過한 것으로 보아 X-線寫眞은 最短時間內에 比較的 正確히 發芽力을 判斷할 수 있는 좋은 方法이었다.
4. 前發芽現象을 鮮明하게 觀察할 수 있었던 것으로 發芽生理研究에도 軟 X-線을 活用할 수 있었다.
5. 異常胚를 調査한 바 總出現率은 4.4%로서 20個型으로 分類할 수 있었으며 그 中 單胚型이 8種으로 2.0%, 二胚型이 6種으로 1.8%, 三胚型 5種으로 0.5%가 出現되었고 通位型은 0.12% 로서 이들 異常胚는 잣나무의 育種研究에 活用할 수 있는 것으로 생각된다.

結 言

軟 X-線이 開發된 後 林木種子에 對한 品質鑑定の 實用性 檢討와 異常胚의 識別등 새로운 研究가 進行되어 育種 및 種子의 品質 管理面에서 X-線의 活用價値가 漸次 높아지고 있다.

이와같은 研究는 最近 Toda⁽⁶⁾ Morida⁽⁴⁾ Zugi⁽⁷⁾ 閔⁽⁵⁾에 依해서 報告된바 있다.

本實驗에 있어서는 잣나무 種子의 成熟 및 發芽過程에 있어서의 胚成長과 前發芽現象을 軟 X-線寫眞으로 識別하였으며 아울러 品質鑑定の 實用性與否를 檢討하고 異常胚를 檢出하여 類型別로 分類하였다.

材料 및 方法

1. 材 料

本實驗에 供試된 種子是 林業試驗場 서울 試驗林과(樹齡 42-48年生) 京畿道 抱川郡 所在 光陵試驗林(樹齡 47年生)에서 1970-1971年 사이에 採種한 것을 使用하였다.

2. 試驗方法

가. 軟 X-線 寫眞의 撮影器具는 softex E. M. B型을 使用하였으며 필름은 富士필름 K.K製의 softex用 F.G를 使用하였다.

나. 撮影種子의 配列은 內徑 14.5×11.2cm의 撮影用板에 세로관 테프를 붙여 테프의 粘着面에 種子를 密着시키고 그 밑에 필름을 대어 X-線을 照射하였다. 이

와같은 種子 配列板은 필름의 現像과 觀察이 끝난데 까지 그대로 保存하였으며 同一種子를 供試 觀察한 境遇에는 種子에 一連番號를 記入하였다.

다. X-線 寫眞의 撮影變數는 數次的 試驗撮影을 거쳐 決定하였으며 네가필름의 觀察은 10W의 螢光照明箱위에서 四倍의 擴大鏡을 使用하여 種子內部的 寫眞映像을 觀察하였다.

라. X-線 寫眞에 依한 前發芽 調査는 充實種子를 水選한 後 길이, 무게가 비슷한 것을 골라 種子마다 一連番號를 붙여 48時間 水浸하였다. 種子의 發芽促進處理는 2~5°C의 低溫濕層處理를 10日間 거친 後 繼續하여 25°C의 高溫濕層處理를 30日間 實施한 區와 10日間の 低溫濕層處理後 30日間 20~30°C의 高溫 變溫 濕層處理區 그리고 各 20日間 低溫 濕層處理와 高溫濕層處理를 한 區로 區分하였다. 이때 20~30°C의 變溫處理는 30°C에서 8時間, 20°C에서 16時間을 處理하였다.

供試種子는 處理前의 基本胚長을 測定하였으며 各處理 後에는 10日 間隔으로 軟 X-線 寫眞을 撮影하여 種子內 前發芽 現象을 比較 觀察하였다.

마. 軟 X-線 寫眞에 依한 種子의 品質鑑정은 氣乾種子에 一連番號를 記入하여 X-線 寫眞을 撮影하고 粒粒, 胚와 胚乳 不完全種子, 胚의 映像이 鮮明치 못한 未熟種子, 胚의 映像이 鮮명한 充實種子 등으로 肉眼 識別한 後 同種子를 120日間 低溫(2-5°C) 濕層處理를 한 後 25°C의 採光發芽試驗器에서 60日間に 걸쳐 實際 發芽率을 調査하였다.

바. X-線 寫眞에 依한 種子內 胚長은 $\frac{1}{10}$ mm 까지 測定하여 胚長比 [(胚長/胚乳長)×100]를 求하였다.

結果 및 考察

1. 軟 X-線 寫眞 撮影變數

林木 種子의 軟 X-線 寫眞 撮影變數는 種子의 크기 種皮의 두께와 構造 含有物質의 種類 및 含量에 따라 달라질 수 있다.

本實驗에 있어서는 成熟過程에 있는 含水率 41~64%

의 未熟種子와 含水率 6~12%의 氣乾 貯藏種子 그리고 24~26%의 濕層處理 種子를 供試하여 撮影距離 43cm, 焦點 M으로 하고 電壓, 電流, X-線, 照射時間等 撮影變數를 달리하였을 때의 胚映像의 鮮明度를 觀察한 바 表1에서와 같이 氣乾種子는 電壓 19.5K.V.P. 電流 8mA 照射時間 30秒에서 鮮명한 映像을 얻을 수 있었으며 7 월에 採種한 未熟種子의 境遇에는 19.5K.V.P., 8mA 90 秒에서 種子內部構造를 鮮明하게 識別할 수 있었다.

表 1. 잣나무 種子의 軟 X-線 寫眞撮影 變數(撮影距離: 43cm) (焦點: M)

Table 1. The variation of photographing for Korean white pine seeds by soft X-ray photo (Distance: 43cm. Focus: M)

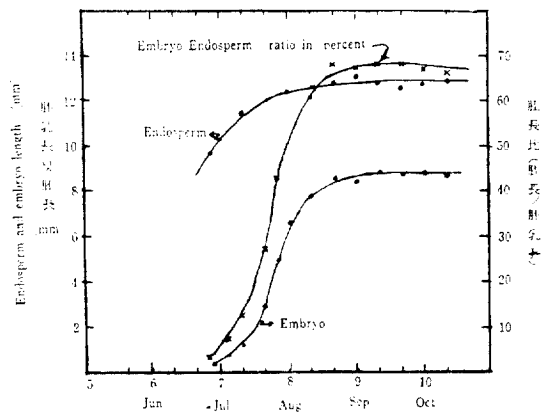
電 壓 Volt	電 流 Ampere	照射時間 Time	胚의 映像鮮明度 Clearness of embryo by photo.			摘 要 Remarks
			Immature seed	Air dry seed	Stratification seed	
8.0 K.V.P	4 mA	120 sec	×	×	×	◎: 極히 鮮明
8.0	8	60	×	×	×	○: 鮮 明
8.0	8	90	×	△	×	△: 흐 름
12.0	4	120	×	△	×	×
12.0	8	60	×	△	×	
16.0	4	60	×	○	△	
16.0	8	30	×	○	△	
16.0	8	90	△	○	○	
19.5	4	15	×	△	×	
19.5	8	30	△	◎	○	
19.5	8	60	○	○	◎	
19.5	8	90	◎	○	○	
19.5	12	60	◎	△	△	

이와같은 軟 X-線 寫眞의 撮影變數에 關한 研究는 Toda⁽⁶⁾, Zugi⁽⁷⁾, Morida⁽⁴⁾에 依하여 몇種의 林木種子에 對해서 發表된 바 있으나 잣나무 種子는 소나무 種子에 比하여 높은 電壓과 電流가 所要되었으며 含水率의 增加에 따라 X-線의 照射時間이 길어졌다.

이와같은 X-線 寫眞 映像의 鮮明度는 電壓(線質), 電流(線量), 照射時間, 焦點, 撮影距離, 필름感度에 影響되는 것으로 X-線量은 電壓과 電流에 關係되고 距離의 自乘에 反比例하며 여기에 照射時間이 加算되게 된다.

例를 들면 使用한 필름에 알맞는 黑化度가 100mA 얻어진다고 假定한다면 電流 5mA 照射時間 20秒로 撮影한 것과 10mA 10秒로 撮影한 것은 같은 黑化度를 얻게 되므로 靜物인 種子類의 境遇는 焦點과 電流를 낮게 하고 照射時間을 길게하는 것이 有利하였다.

특히 種皮가 두껍고 大粒인 잣나무의 境遇에는 삼나무 편백과 같은 小粒種子에 比하여 焦點과 電壓을 높이고 낮은 電流로 오래 照射하는 것이 가장 좋았다.



調查月日 (1970) Investigated date

그림 1. 軟 X-線 寫眞에 依한 穗果成熟過程에 있어서의 胚生長 調査

Fig. 1. Embryo growing process for Korean white pine seeds by soft X-ray photo

2. 球果 成熟過程에서의 胚生長

胚가 發生하여 成熟하는 過程을 軟 X-線寫眞으로 調査한 結果는 그림 1과 같다.

그림 1에서 보던 X-線 寫眞에 依해서 胚의 映像이 確認된 것은 6月下旬부터이며 이때의 平均 胚 長이는 0.3mm 程度이고 胚長比는 3.0%이었다. 그 後 急進的으로 자라 7月下旬에는 平均胚長이 6.7mm 이고 胚長比는 53.2%이었으며 8月下旬—9月上旬頃에 胚가 完熟되어 胚長比는 63-72.0% 内外가 되었다(그림 2 參照).

으로 植物組織의 解剖 및 生理學的인 研究를 推進하는 데 X-線 寫眞의 活用價値가 클 것으로 豫測된다.

3. 品質鑑定

잣나무 種子는 比較的 粒粒이 밍고 種皮의 構造는 소나무의 5-6 倍에 達한 石細胞層으로 이루어져 있으므로 發芽하는데 3個月 以上の 前處理가 必要할 뿐 아니라 發芽置床日數도 소나무의 3 倍 以上の 長時間을 要하기 때문에 從來 잣나무 種子의 品質 鑑定은 古로 還元法이 쓰여져 왔었다. 그러나 床內溫度等 實驗條件에 따른 誤差와 呈色判定이 一定치 못한 缺點이 있었다.

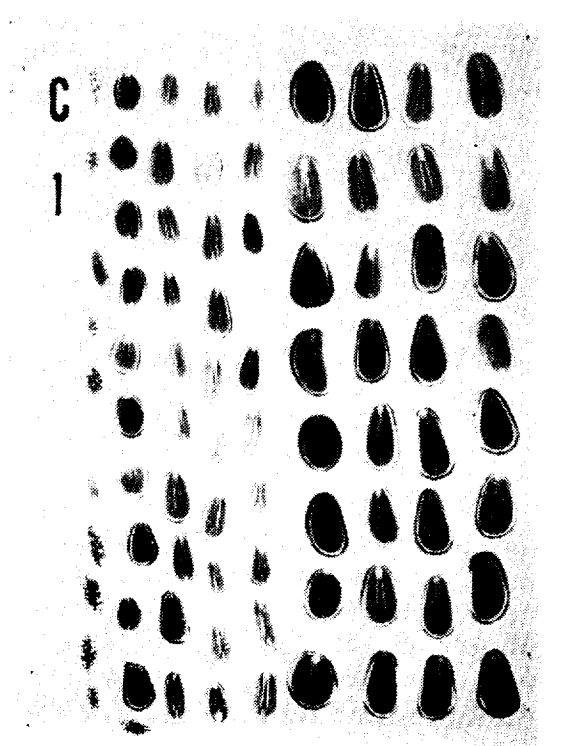
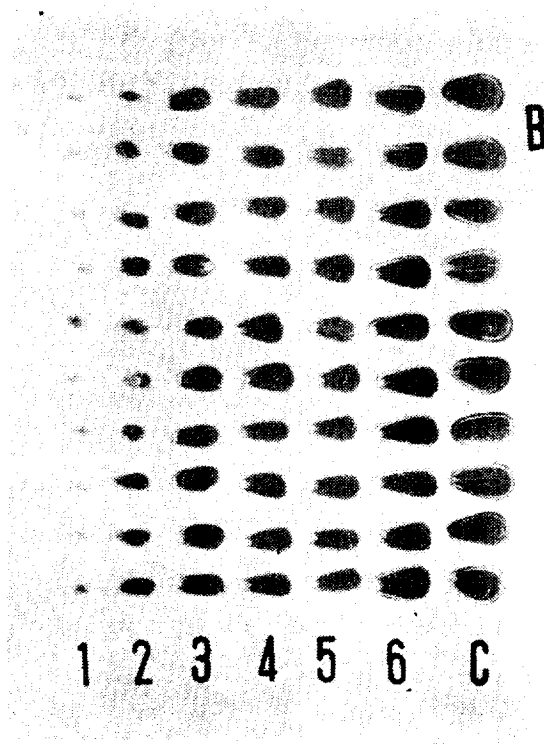


Fig. 2. Embryo growing process for Korean white pine seeds soft X-ray photograph on 19.5 K.V.P. 12mA 60 Sec. 1: June 19, 1970. 2: June 26, 1970. 3: July 3, 1970, 4: July 10, 1970. 5: July 17, 1970. 6: July 24, 1970 C: Mature seeds

Fig. 3. Seed quality testing for Korean white pine by X-ray photo. 19.5 K.V.P., 8 mA, 30 Sec. (May 3, 1970)

上記結果와 같이 種子 成熟過程에 있어서 內部器官의 發生狀態를 X-線 寫眞에 依해 觀察할 수 있었으나 이와같은 研究結果는 아직 없었던것 같다. 따라서 앞

本實驗에 있어서는 759 粒의 잣種子를 X-線 寫眞을 撮影하여 品質을 調査한 바 粒粒이 101粒으로 粒粒率이

13.3%에 달하였으며 胚와 胚乳의 不完全 種子가 63粒으로 8.3%, 胚와 胚乳가 모두 完全하고 그 映像도 鮮明하게 보인 種子數는 529粒으로 供試 種子數의 69.7%였으며, 枇粒을 除한 全充實 種子에 對한 胚映像 鮮明 種子의 比率는 80.4%이었다(그림 3 參照). 軟 X-線 寫眞에 依해 肉眼 識別한 種子를 다시 120日間 低溫濕層處理한 後 0.8%의 寒天 發芽床에서 60日間に 걸쳐 實際 發芽率을 調査한 바 充實 種子數의 75.2%가 發芽됨으로써 X-線 寫眞에 依한 識別值과 實際發芽率과의 誤差는 5.2% 內外로서 比較的 正確하면서도 最短時間內에 種子의 品質을 評價할 수 있음을 알았다.

最近 軟 X-線이 開發된 後 몇가지 林木 種子의 品質 鑑定 結果가 發表되고 있는데 Zugi⁽⁷⁾는 삼나무 편백 種子의 境遇 X-線 寫眞에서 胚의 形態가 鮮明하게 觀察된 種子의 約 70%가 常法發芽試驗에서 發芽되므로 實利的인 種子의 鑑定方法이라고 報告한 바 있고, 筆者⁽⁸⁾는 잎갈나무, 해송, 리기다소나무, 풍겐스소나무 등의 種子를 實驗한 結果 X-線 寫眞에서 肉眼 識別한 充實 種子의 92% 以上이 實際 發芽하므로써 가장 빠르고 正確한 品質檢定法이라고 報告한 바도 있다.

다만 細粒 種子의 境遇는 一般 發芽試驗에 있어서도 短時日內에 쉽게 發芽될뿐 아니라 X-線 寫眞 判讀上 熟練된 技術을 要하는데 反하여 大粒인 잣나무 種子는 發芽하는데 4-6 個月의 長時間의 前處理를 要하고 X-線 寫眞 判讀이 容易하기 때문에 그 實用價値가 더욱 크다고 본다.

4. 前發芽調査

一般的으로 種子是 溫度와 水分等 發芽하는데 알맞은 與件이 주어지면 胚가 發育하기 始作하여 胚腔內에 가득차 胚長比가 100%에 달하게 되고 漸次 胚自體의 活力이 增加되면 珠孔部를 뚫고 發芽하게 된다.

本實驗에 있어서는 發芽困難樹種의 하나인 잣나무 種子의 發芽生理를 究明하기 爲한 새로운 方法으로 햇씨와 묵은 씨를 따로 供試하여 여러가지 濕層處理를 實施하여 種子內 前發芽狀態를 X-線 寫眞에 依해서 觀察한바 表 2와 같았다.

軟 X-線 寫眞에 依해서 測定한 濕層處理 種子의 前發芽狀態를 보면 1年間 貯藏한 묵은 種子보다 햇種子의 前發芽가 빨랐으며 高溫濕層處理에 있어서는 25°C의 定溫보다는 20-30°C의 變溫處理區의 前發芽가 빠른 傾向이 있었으며 軟 X-線 寫眞에 依해서 잣의 前發芽 現象을 鮮明하게 觀察할 수 있었다.

이와같은 軟 X-線 寫眞에 依한 前發芽에 關한 研究

는 거의 없었던 것으로 外觀上 觀察이 不可能한 種子 內部的 胚의 生長狀態를 살아있는 狀態로 繼續 觀察할 수 있기때문에 앞으로 發芽困難樹種의 發芽生理 研究를 推進하는데 그 活用價値가 매우 크다고 본다.

5. 異常胚 檢出

1970-1971년에 걸쳐 서울과 광릉試驗林에서 採種한

表 3. 異常胚의 出現率
Table 3. Frequency of abnormal embryo (unit: %)

胚形像 Embryo groups and types	出現率 Frequency%				平均 Average
	光陵 Kwangnung area		서울 Seoul area		
	70	71	70	71	
I (正常胚)	96.63	94.88	95.56	95.27	95.59
II-1 (異常單胚型)	0.23	0.54	0.68	0.59	0.36
	0.23	0.54	—	0.59	0.34
	0.23	—	0.34	—	0.14
	0.23	—	1.03	—	0.32
	0.68	0.81	1.03	—	0.63
	—	—	—	—	—
	0.20	—	—	—	0.05
	0.20	—	—	0.20	0.10
Subtotal	2.00	1.89	3.08	1.38	2.09
III-1 (二胚型)	—	—	—	0.39	0.09
	0.23	—	—	0.39	0.16
	—	0.54	—	0.98	0.38
	0.23	2.15	0.68	0.59	0.91
	0.23	—	—	—	0.06
	—	0.27	—	0.20	0.12
Subtotal	0.69	2.96	0.68	2.55	1.72
IV-1 (三胚型)	0.23	—	—	0.20	0.11
	0.45	—	—	—	0.11
	—	—	0.34	0.20	0.09
	—	—	—	—	0.05
	—	—	0.34	0.20	0.14
Subtotal	0.68	—	0.68	0.06	0.49
(逆位型) Inversely situated embryo	—	0.27	—	0.20	0.12
(異常胚出現率) Abnormal embryo appearance ratio	3.37	5.12	4.44	4.73	4.42

잣나무 種子의 異常胚를 檢出하여 그 形態에 따라 寫眞과 같이 類型別로 分類하였으며 異常胚의 出現率을 調査한바 表 3과 같았다.

그리고 잣나무 種子의 胚는 그 形態 및 胚腔內 位置에 따라 다음과 같이 分類할 수 있었다(그림 4, 5參照).



Fig. 4. Abnormal embryo distinguished by soft X-ray photograph on 19.5 K.V.P., 8 m A 60 Sec., Sept. 2, 1971

異常胚分類

I. 正常胚

II. 異常單胚型

種子內에 1個의 異常胚 또는 不完全胚를 갖는 型

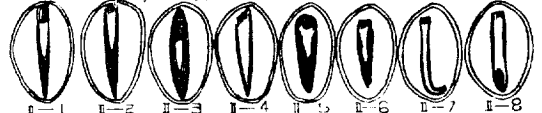
II-1. 胚의 길이 가 正常胚의 1/2 以下로 子葉部가 異常하게 길게 생긴 것.

II-2. 胚의 形態는 正常的이나 胚의 길이 가 正常胚의 1/2 以下로서 胚의 位置가 胚腔部 上端에 붙어 있는 것.

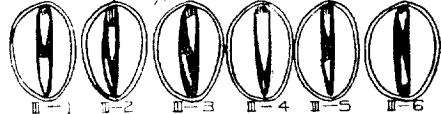
I. Normal embryo-type



II. Abnormal embryo-type



III. Two embryo-type



IV. Three embryo-type



V. Inversely situated embryo-type



Fig. 5. Classification of abnormal embryo for Korean white pine seeds

II-3. II-2와 같은 모양의 것으로 胚의 位置가 胚腔部의 中央에 位置한 것.

II-4. 胚의 길이 는 正常的이나 子葉部의 一端이 特異하게 偏長한 것.

II-5. 胚의 길이 가 正常胚의 1/2 以下로 子葉部가 兩側으로 갈라져 있는 것.

II-6. 胚의 길이 는 正常的이나 胚乳에 比하여 子葉部가 特異하게 큰 것.

II-7. 胚根部가 한쪽으로 굽혀 있는 것.

II-8. 胚根部 끝이 둘로 갈라져 있는 것.

III. 二胚型

1個의 種子內에 2個의 胚 또는 異常胚나 不完全胚를 갖는 型.

III-1. 上, 下, 垂直으로 2個의 胚가 配列된 것.

III-2. 子葉部가 特異하게 큰 異常胚 下端 左側에 極히 가는 不完全胚 1個를 가진 것.

III-3. 1個의 胚 下端 左側에 가는 不完全胚 1個를 가진 것.

III-4. 1個의 胚 下端에 不完全胚 1個가 垂直으로 配列된 것.

III-5. 1個의 異常胚 下端에 極히 적은 不完全胚 1個가 垂直的으로 配列된 것.

III-6. 2個의 異常胚中 下端部에 있는 것이 거꾸로 位置한 것.

IV. 3 胚 型

1個의 種子內에 3個의 異常胚 혹은 不完全胚를 갖는 型.

IV-1. 3個의 異常胚가 上, 中, 下로 비스듬히 縱列한 것.

IV-2. 1個의 胚 上, 下側에 不完全胚를 가진 것.

IV-3. 1個의 異常胚 下端 兩側에 不完全胚를 가진 것.

IV-4. 1個의 胚 下端 兩側에 不完全胚를 가진 것.

IV-5. 2個의 異常胚 中間에 不完全한 胚 1個를 가진 것.

V. 逆 位 型

子葉部가 珠孔部에 位置하여 胚가 거꾸로 놓인 型.

以上과 같이 胚의 形態와 그 位置에 따라 8種類의 異常單胚와 二胚型 6種類, 三胚型 5種類, 逆位型 1種 等 모두 20個 形像으로 分類할 수 있었다.

上記와 같은 異常胚의 總出現率은 4.4%로서 이들 異常胚를 가진 種子中 異常單胚型이 45.0%로 가장 많았고 二胚型이 40.8%, 三胚型이 11.2%, 逆位型은 2.8%에 不過하였으며 異常胚의 形像別 出現比率을 보면 III-4型이 16.7%로 가장 많았고 II-5型이 12.7% II-1型이 11.2%, III-3型 9.9%, II-2型 8.4%의 順이었다.

또한 總調査粒數에 對한 20個 形像別 出現率에 있어서는 III-4型이 0.87%로 가장 많이 出現되었으며 II-5型 0.56%, II-1型 0.50%, III-3型 0.43%였으며 이들을 類型別로 묶어보면 異常單胚가 2.0%로 가장 많았고 二胚型 1.8%, 三胚型 0.5%, 逆位型 0.12% 있었다.

이와같은 X-線 寫眞에 依한 異常胚의 檢出에 關한 研究은 1964年 獨逸의 Illies에 依하여 처음으로 試圖되었으 며 1967年 Toda⁶⁾는 소나무와 해송 種子의 異常胚를 檢出, 形像別로 分類하고 產地別 頻度 分布를 發表한바 있다.

結 論

1. 잣나무의 X-線寫眞의 撮影變數는 撮影距離 42cm 焦點 M. 일대 電壓 19.5K.V.P., 8mA에서 氣乾種子(含水率 6.3%)는 照射時間 30秒, 潤層處理種子(含水率

24.0~36.0%) 60秒, 그리고 含水率 41.0~64.0%의 未熟種子는 90秒에서 鮮명한 胚映像을 觀察할 수 있었던 것으로 보아 種子含水率이 增加됨에 따라 X-線의 照射時間이 延長되는 것으로 본다.

2. 잣나무의 胚果成長過程에 있어서의 幼胚 成長을 調査한 바 6月下旬 以後부터 胚의 映像이 鮮明하게 나타났으며 9月上旬의 種子 成熟期의 胚長比가 65%에 達한 것을 觀察할 수 있는 것으로 보아 軟 X-線 寫眞은 種子 內部の 形態變化를 研究하는데도 效果的인 方法이었다.

3. 胚乳 및 胚의 映像이 鮮명한 種子는 69.7%에 達하였고 이들의 實際發芽率은 75.2%로서 이들사이의 誤差는 6%에 不過하였던 것으로 보아 X-線 寫眞은 最短時間內에 比較的 正確히 發芽力을 判斷할 수 있는 좋은 方法이었다.

4. 前發芽現象을 鮮明하게 觀察할 수 있었던 것으로 發芽生理研究에도 軟 X-線을 活用할 수 있었다.

5. 異常胚를 調査한 바 總出現率은 4.4%로서 20個型으로 分類할 수 있었으며 그 中 單胚型이 8種으로 2.0%, 二胚型이 6으로 種 1.8%, 三胚型 5種으로 0.5%가 出現되었고 逆位型은 0.12%로서 이들 異常胚는 잣나무의 育種研究에 活用할 수 있을 것으로 思料된다.

引用 文 獻

1. Gustafsson, A. & Simak, M. 1956. X-Ray diagnosis and seed quality in forestry. 12th Congr. IUFRO. Oxford, 56/22/102, 398-413.
2. Hensen, J. H. & Muelder, D. W. 1963. Testing of red wood seed for silvicultural research by X-ray photography. For. Sci. 9:470-476.
3. Kriebel, H. B. 1965. Technique and interpretation in tree seed radio graphy. 2nd Gen. Worksh. Soc. Amer. For. 70-75.
4. 森田健次郎. 1969. X-線 寫眞利用に依る 林木種子의 品質鑑定. 第80回 日本林學會講演集.
5. 閔庚玟. 1971. 軟 X-線 寫眞을 利用한 林木種子의 品質鑑定. 林試報 18, 57-69.
6. 戶田良吉, 佐藤亨. 1967. 軟 X-線 寫眞に依る マツ의 異常胚種子의 檢出と その出現頻度. 日林誌, 40-12, 429-436.
7. 辻宏昌. 1970. 軟 X-線 利用にする 林木種子의 發芽檢定. 林木の育種 63-9.