

林木種子の 休眠과 發芽促進

林業研究院 中部林業試驗場

尹 鍾 圭

1. 序言

養苗의 成功여부는 播種된 種子が 加급적 짧은 期間內에 일제히 發芽되게 하는데 있으며 種子が 發芽하는데 장기일을 要하게 되면 조류의 食해 病蟲害, 부패, 유실등 被害가 많아진다. 播種된 林木 種子が 發芽에 適合한 溫度, 濕度, 酸素 및 光等의 諸條件을 주었음에도 不拘하고 發芽가 되지않는 境遇가 흔히있다. 이와같은 理由는 種子が 完熟後 一定期間 休眠을 要하는 것으로서 樹種別로 期間이 달라 樹種別 休眠特性을 감안하여 施業을 實行하여야 한다. 播種한 種子是 될 수 있는한 解氷期 直後에 서리 被害가 없는 時期에 一齊히 發芽가 되어야만 優良苗木生産에 蹉跌이 없을 뿐더러 管理가 容易하다. 特히 우리나라의 境遇는 播種時期(春期)에는 氣候條件이 發芽하기에 適當한 氣候이나 發芽後에는 乾燥期가 닥치므로 發芽를 早期에 시켜 健全한 發育을 시켜야만 한발의 被害를 막을수 있다.

따라서 種子の 休眠現像을 일으키는 原因 究明 및 이를 타파하여 發芽를 促進시키는 方法은 매우 重要하므로 이에 對한 概略的인 說明을 하고저한다.

2. 林木種子の 休眠

種子の 休眠이란 一般的으로 그 原因에 關

係없이 “種子の 發育(生長)이 一時的으로 停止된 狀態”를 意味한다. 種子の 休眠現狀을 일으키는 原因은 種子 自體의 遺傳性, 種子 内部器管의 生理的 要因, 種子の 外部形態 또는 外部의 環境 條件에 依하여 일어나지만 그중 種子の 休眠性에 對하여 다음과 같이 區分 要約하고저한다.

- 種皮구조에 의한 休眠(種皮休眠)
- 種子内部구조에 의한 休眠(내부休眠)
- 樹種의 複合要인에 의한 休眠(重複休眠)
- 二次休眠으로 分類할 수 있다.

그러나 어느 種子든 어느 特定分流에 속한 다기에는 매우 어려우므로 休眠에 作用하는 하나 以上の 要人을 찾아 休眠을 調節하여야 한다.

가. 種皮에 依한 休眠(物理的休眠)

(1) 種皮의 不透水性에 의한 休眠

콩科, 명아주科, 식나무科, 옷나무等의 種子是 果皮 또는 種皮가 납질(wax) 또는 각피 질등의 특수조직으로 되어 있어서 水分의 침투가 저지되는 水分 불침투성 種子 또는 경립종자 등이 이에 속한다. 경립種皮는 水分을 통과시키지 않으므로 배(胚)와 胚乳가 팽윤(膨潤)되지 않고 따라서 發芽가 지연되는 種子를 경립이라고 한다. 경립種子が 發芽 안 되는 原因은 種皮에 있는 것으로 이 種子를 發芽시키기 위하여는 種子の 표면을 파쇄하

거나 약품처리로 부숙시키거나 또는 種皮를 完全히 탈피해 버리면 곧 膨潤되고 發芽된다.

樹木의 種類에 따라 種子의 全部가 경립인 경우도 있으나 침투성의 보통 種子中에서 一部分만이 경립되어 混合하는 경우도 있다. 경립은 자연계에서는 여러 樹種에 均등하게 分布되는 것이 아니고 어느 科속에서는 경립되는 것이 많고 어느속의 종자는 전혀 경립 現像이 생기지 않는 것도 있다. 경립 種子가 미숙되었을 때에는 대개 곧 發芽가 된다. 다시 말하면 種皮의 불침투성은 성숙되어감에 따라 현저하게 나타난다. 種子의 發芽가 곤란한 경우 그 原因이 胚자체에 있을 때에는 成熟도가 진행되어감에 따라 發芽가 잘되고 그 原因이 種皮에 있을 때에는 그 種子가 未熟한 때에 發芽가 잘되는 경향이 있다.

(2) 種皮의 Gas不透性에 의한 休眠

發芽에 영향을 주는 Gas는 酸素(O₂) 및 에틸렌(Ethylene)을 들 수 있다. Gas交換이란 空氣中에 있는 Gas와 胚사이에서 일어나는 交換을 말한다. 胚가 生長하여 發芽할 때에는 Energy가 必要하며 이 Energy의 生成은 呼吸에 依해서 이루어진다. 呼吸이 이루어질 때는 酸素의 供給과 二酸化炭素가 放出한다. 呼吸에 必要한 酸素의 量은 種子의 貯藏物質 種類에 따라 다르다.

나. 内部休眠(生理的休眠)

(1) 胚의 未熟에 의한 休眠

種子内部의 세포조직에 탄닌, Pectin質 등의 특수物質을 含有하는 것과 또는 胚자체가 休眠하는 形으로 외관상으로는 種子가 成熟된 것 같이 보이나 胚가 未熟상태로 있어 發芽하는데 一定한 후숙기간을 要하는 후숙 種子 등이 이에속한다. 種子의 胚의 未熟에 의한 休眠은 種子가 모체에서 떨어질 때에 胚가 完熟한 形態를 갖추지 못한 것이 있다. 이들

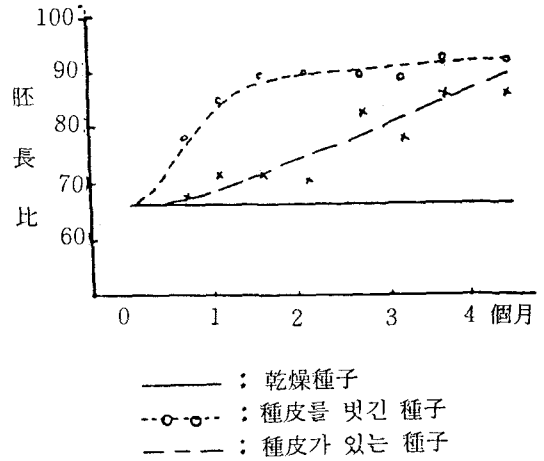


그림1. 들메 나무 種子의 胚의 成長

樹種으로는 은행나무, 피나무, 느티나무 등이 있으며, 胚의 形態가 發芽하기에 充分할 정도로 成長하는데는 수주내지 수개월의 기간이 必要하다. 이러한 期間을 후숙 期間이라고 한다. 이것은 種子가 形態的, 組織的으로는 完成되어 있으나 發芽에 生理的變化가 必要한 것과 胚가 完全한 形態를 갖추지 못한 것으로 나눌 수 있다.

(2) 胚의 代謝阻害와 休眠.

種子가 水分을 吸收하면 呼吸作用에 依하여 여러가지 酵素作用이 일어나며 非活性 酵素도 活性化된다. 種子속의 貯藏物質(澱粉, 蛋白質, 油脂等)은 加水分解를 일으켜 有用性 化合物로 轉換된다. 이와같이 生理化學的 物質 代謝가 이루어져야만 發芽가 可能하게 된다.

種子의 胚休眠은 生長促進物質과 抑制物質의 量에 따라 調節된다. 그리고 이 物質들은 種子內에 存在하며 環境條件에 따라 變化하지만 樹種에 따라서는 內生物質의 變化樣相에 따라 調節되고 많은 變異가 있는 것으로 알려져 있다. 그러므로 種子의 休眠은 生長促進物質의 缺乏이나 生長抑制物質의 與否에 依하여 左右 되는 경우가 많다.

다. 重複休眠

重複休眠은 위에서 설명한 種皮休眠과 内部休眠이 複合적으로 한 種子에 겹쳐서 나타낼 때를 重複休眠種子라 한다. 즉 한 種子에서 果皮 또는 種皮가 水分을 통과시키지 않으므로 胚과 胚유가 팽윤 되지않아 發芽가 지연되고 또한 種子内部의 세포조직에 특수物質을 含有하여 배자체가 休眠하는 形으로 한 種子에서 수가지 休眠이 겹쳐서 일어나는 것이다.

라. 二次休眠

正常的으로 發芽할 수 있는 種자가 一時的인 環境條件에 依하여 休眠狀態로 되는데 이와 같은 現狀을 二次休眠이라고 한다. 二次休眠은 發芽에 不適當한 光, 高濃度炭酸Gas 및 高溫等에 依하여 誘發되며 이 休眠은 容易하게 打破되지 않는다.

3. 發芽

가. 發芽의 定義

種子에 適當한 外部條件이 주어지면 胚의 發育이 促進되어 種皮를 破壞하고 生長을 하게 된다. 이와같이 幼根이 種皮를 뚫고 나오는 現狀을 發芽라 한다.

그러나 이것은 形態的인 측면에서의 發芽이고 生理學的인 意味에서의 發芽는 “種子内部器管의 生理的 狀態와 環境條件에 의해서 生長點이 活性化되어 이의 生長이 持續되는 狀態를 말한다.

나. 發芽에 必要한 環境要因

(1) 水分

種子是 植物體中에서 가장 水分이 적은 部分이다. 特히 完熟한 種子の 組織은 極端의인 脫水狀態에 있다. 그리고 生育에 適合한 溫度 光等의 適當한 發芽條件이 附與된다고 하더라도 水分의 供給이 없으면 發芽되지 못한다.

그러므로 發芽時에 水分의 多少는 發芽에 있어 가장 重要한 要因이 된다. 發芽床(播種床)에 供給된 水分이 發芽時 物質代謝에 不充分할 程度로 不足하면 種子が 發芽못할 것이며 反面에 水分이 너무 많이 供給되면 二次的인 酸素缺乏等의 原因으로 發芽力이 低下되며 發芽形態에도 큰 影響을 받는다. 種子發芽時의 水分吸收 速度 및 吸收量은 播種床의 溫度等 環境要因에 依하여 顯著히 다를수 있으며 種子を 構成하고 있는 化學的 組成 種子の 構造 및 樹種에 따라 差異가 있다.

(2) 溫度

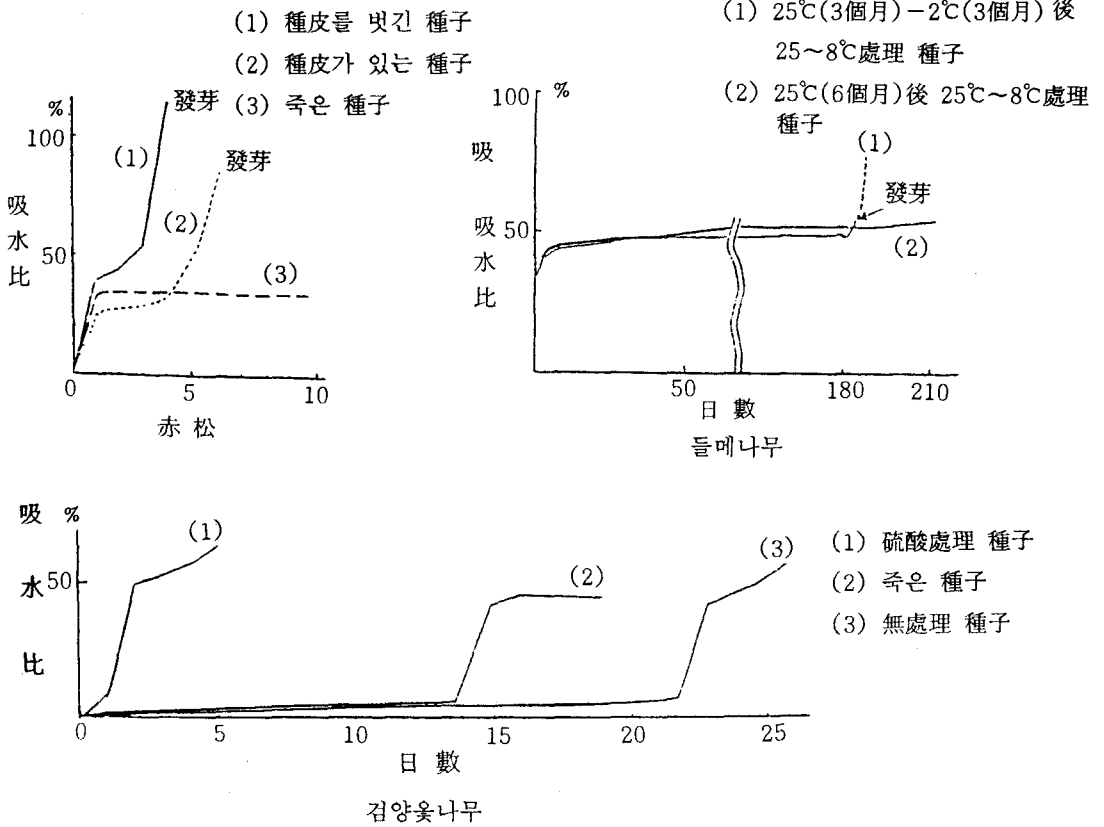
種子是 大部分 溫度的 큰 交叉가 적은 範圍内에서가 아니면 發芽가 안되는것도 있다. 樹種에 따라 다르지만 一般的으로 이렇게 다른 溫度條件을 必要로 한다. 따라서 各 樹種別로 發芽에 必要한 最高, 最低 溫度가 있으나 一般的으로 發芽에 適合한 溫度는 20~25℃이다. 主要樹種의 發芽溫度를 보면 表1과 같다.

表1. 主要 樹種의 發芽溫度範圍

樹 種	溫 度 (°C)		
	最 適	最 低	最 高
소 나 무	21~25	9	35~36
일본잎갈나무	26~30	8~9	35~36
곰 술	21~25	9	35~36
삼 나 무	20	8~9	29~30
편 백	26~30	8~9	35~36

種子の 發芽에 있어 溫度的 適應性은 種子の 構造 遺傳的 要因等에 依해서 決定되지만 種

그림2. 林木種子の 吸收過程



子發芽時의 生理的狀態에 依存되는 경우도 많다.

또한 어느 種子の 發芽에는 溫度條件을 1-2種以上の 溫度를 週期的으로 交代해서 供給하여 주는것이 必要한 것도 있다. 이것을 變溫供給이라하며 이때의 效果를 變溫효과라 한다.

이러한 現象을 볼 때 어느 種子是 發芽하는데 一定한 溫度가 維持되는 것보다 特定한 範圍內에서 溫度變化가 있는것이 效果의인 것도 있다.

(3) 酸素

種子에 溫度와 水分이 供給되면 種子內의 貯藏物質에 化學變化가 일어난다, 即 胚가

生長하여 發芽하면 많은 Energy가 必要 하게 되며 이 Energy는 呼吸作用에 依하여 生成되어 供給하게 된다.

이때에 酸素가 必要하게되고 二酸化炭素가 放出하게된다. 呼吸作用은 種子內部에 있는 貯藏物質의 酸化라고 한다. 그러므로 種子가 發芽할 때에는 酸素의 供給이 必要하게 된다.

(4) 光

種子가 發芽時에는 溫度, 水分 酸素等과 같이 光도 必要하다. 種子 種類에 따라 光은 必要로하는 好光性 種子(光發芽種子)와 必要치 않거나 싫어하는 嫌光性種子(暗發芽種子)로 區別할 수 있다.

光을 必要로 하는 種子라도 發芽時에 溫度,

水分 酸素等の 與何에 따라 相關性이 달라진다. 卽 어떤 溫度 條件下에서는 暗中에서 높은 發芽率을 나타내는 경우도 있다. 따라서 發芽時 光依存性은 樹種 또는 外的 要因에 따라 다르게 나타난다.

表2. 곰솔(海松) 種子의 發芽反應

發 芽 條 件	發芽率(%)
每日 8時間 白色光 照射	84.2
置床 24時間後 赤色光 30分 照射	70.2
寒天床에 0.2% 硝酸카리 添加	41.9
暗 黑	17.7

4. 發芽促進法

種子의 發芽促進法에는 그 休眠現象의 양상에 따라 다음과 같은 物理學的 生化學的方法等이 있으나 그 실시에 있어서는 많은 체험과 숙련된 기술을 要하며 특히 化學藥劑를 사용할 경우에는 그 취급方法 여하에 따라 도리어 種子의 活力을 喪失할 수 있으며 養苗상 불의의 失敗를 초래케 할 것이니 注意를 要한다.

가. 種皮休眠種子에 對한 發芽促進法.

種子が 種皮에 依하여 休眠을 하는것은 切斷 또는 침수에 依하여 간단히 休眠을 打破할 수 있다. 대개 콩과 식물과 蕁나무, 잣나무, 산수유, 복숭아나무 등이 이에 속하는 것이 많으나 種皮의 外部에 特수物質이 있어서 水分의 침투를 방해하는 것은 유산처리를 하여 特수物質을 除去하는 것이며 다음에서 설명하는 處理를 하면 休眠을 打破할 수 있다.

(1) 冷水浸積法

播種하기 前에 種子를 1~2日間 流水 또는 新鮮한 물에 浸積해서 充分히 吸水 시킨후 播種하는 方法으로 소나무, 곰솔種子와 같이 比較的 發芽가 잘되는 種子에 適用하면 일제히

發芽하는 效果를 얻을 수 있다. 또한 類似한 方法으로 溫湯浸積法이 있는데 이는 콩과 樹種이나 硬粒 種子에 適用하는 方法으로 40~50℃의 溫湯에 1~5日間 浸積 하거나, 또는 85~90℃의 熱湯에 數分 浸積하였다가 다시 冷水에 約 12時間 浸積하면 發芽는 促進시킬 수 있으나 浸積 時間을 適當히 調節 못하면 오히려 發芽力을 喪實하게 된다.

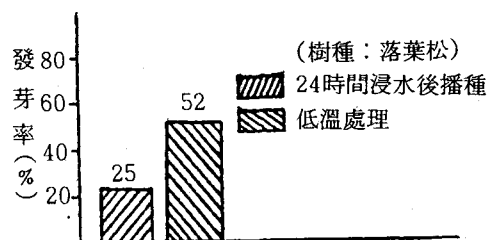
(2) 加傷法(機械的吸水 促進法)

機械的으로 種皮에 傷處를 주어 吸水와 Gas交換을 쉽게하고자 하는 方法으로 콩과 樹種 향나무속, 朱木나무속 蕁나무等에 效果의 인 方法이다.

(3) 低溫處理法

種子를 4~5分間 물에담가 흡수시킨후 이것을 젖은 모래에 섞어 2~5℃의 低溫에 14~20日間 貯藏하여 發芽를 促進시키는 것으로 오래된 種子에 效果가 크다. 그림 2와 같이 낙엽송 種子의 경우는 냉수침적법보다 저온 처리법이 發芽率에서 더좋은 結果를 나타냈다.

그림3 發芽促進處理別 發芽率(林試 1966)



(4) 脫臘법

蕁나무속 種子와 같이 種皮面에 臘質(wax)이 덮여져 있는 까닭으로 흡수가 되지못하여 發芽가 곤란하게 되어있는 種子에 대해서는 다음과 같은 方法으로 脫臘처리를 함으로써 發芽를 促進시키는 것이다.

- 木灰汁處理法

물 10ℓ에 木灰 3ℓ를 混合하여 調整한 75℃의 木灰汁에다 約 5分間 담근다음 꺼내어 수선 음건하는 方法이다.

• 가성가리액 처리법

가성가리를 사용하는점이 다른 木灰汁 處理 方法과 같다. 가성가리 375g의 용액을 70℃ 및 75℃ 되는 용액으로 만들어 種子를 각각 5分間씩 담갔다가 꺼내어 수선 음건하는 方法이다.

(5) 농유산처리법(農硫酸 CH_2SO_4) 處理法

便粒種子 및 과피 또는 種皮가 특히 견고 해서 吸水가 곤란한 種類의 種子는 농유산침적 처리함으로써 많은 效果를 볼 수 있어 種子에 따라서는 그 發芽율을 10~90%까지도 증가 시킬 수 있으므로 현재에도 많이 사용하고 있는 방법이나 고독성 약제이므로 人馬에 주의 를 要하는 위험한 약제이다. 處理方法으로 는 농유산의 농도는 95% 以上으로 높은것이 效果的이며 희박한 유산은 種子내에 침투되어 發芽力에 害를 끼치는 일이 있으므로 주의하 여야 한다. 옷나무 種子는 60% 以上の 농유 산에 담갔다가 충분히 수선하여 약제를 없이 한다음 물에 담가서 흡수시킨후에 播種하면 效果的이며 種皮休眠種子에 對한 發芽促進法 은 表3과 같다.

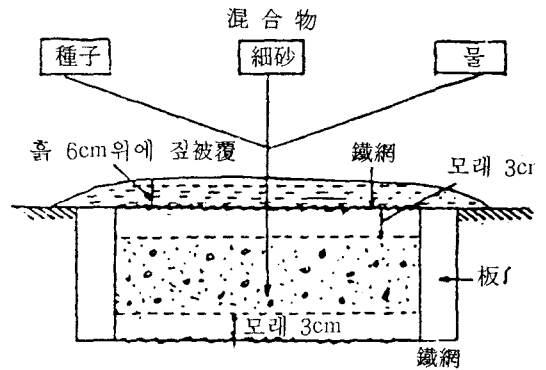
表3. 종피휴면종자에 대한 각종 有效한 발아 촉진법

수 種	효과적인 발아촉진법
쪽제비	• H_2SO_4 에 5~8분간 침적
싸리류	• 기계적 종피파쇄
옷나무류	• 93~115℃에 5분간 고온처리
	• H_2SO_4 에 60~80분 침적

(6) 노천매장법(露天埋藏法)

種子를 播種前 地下0.5m内外에 埋藏하여 自然상태에서 빗물이나 눈녹은 물이 스며들게 하므로써 發芽를 促進시키는 것으로 埋藏方

그림4 露天埋藏法



式은 그림 3과 같다.

(7) 溫床埋藏法

노천매장의 時期를 잃거나 그 效果가 충분 하지 못하면 溫床내에 노천매장과 같은 시설을 하고 가끔 물을 주어 發芽를 促進시키는 것 이다.

나. 内部休眠種子에 對한 發芽促進法

林木種子가 發芽할때는 貯藏營養분인 배유 와 자엽에서 영양의 공급을 받으면서 점차적 으로 胚가 成長을 開始하는 것이니 成熟 당 시에는 가장 적었던 胚가 成長하는 胚의 一 部가 休眠에서 깨지 못하고 休眠을 계속하며 외관상 및 간단한 검사로서는 内部의 休眠原 因을 알 수가 없다. 이와같은 種子의 例로서는 成熟한 種子가 地面에 낙종하고 다음해 봄철 에는 적은수의 發芽만을 볼 수 있고 大部分의 種子들은 2~3年후에 發芽하는 것을 볼 수 있는바 그러나 그동안의 種子에는 形態나 内部상으로는 아무런 變化가 없는것을 볼 수 있다.

内部休眠은 種子의 内部 또는 胚안에 貯藏 되어 있는 成分이 發芽하기 前에 化學的 變化를 要하는 것과 물푸레나무 種子와 같이 후숙현상이 있어 胚가 完全히 成長함에는 一 定期間을 要하는데 기인하는 것이다. 内部休 眠種子를 發芽促進시키는 데는 外部의 天然的

環境條件 즉 内部休眠種子가 보통 秋期에 自然的으로 地面에 떨어져 地被物에 덮여 월동되며 봄에 發芽하거나 그렇지 않으면 2年内지 수십년간 休眠한 후에 發芽하게 되는 自然現象을 잘 이해 해서 그 이론에 부합되도록 하는 것이 效果的이다.

(1) 冷溫混層法

本法에 쓰이는 보습재료는 모래, Peet, 수피, 버미큘라이트 톱밥등이다. 이상의 保濕材料에다 種子를 混層式으로 쌓아서 0~5℃의 冷溫에 보관해둔다. 이 方法은 種皮休眠種子 發芽促進法의 低溫處理法과 같으며 内部休眠種子 發芽促進法에서도 사용하며 주의할 점은 공기유통이 잘 되도록 하여야 하며 또한 건조되지 않도록 습기 유지에 유의하여야 한다. 冷溫混層法의 處理期間은 1~4個月이다.

이 方法을 適用하면 어떤 樹種의 것은 불과 15~20日의 處理로서 능히 80~90%의 發芽率을 올리게 할 수 있다. 그림 4와 같이 balsamea 전나무의 내부 休眠種子의 냉온혼층법 처리에 의한 發芽促進效果이며 또한 그림 5와 같이 테다소나무種子를 냉습적 처리를 한 결과 발아촉진 효과가 습적기간별로 차이가 있다.

그림5 balsamea 전나무 혼층냉온처리에 의한 발아촉진

(습적일수 23℃)

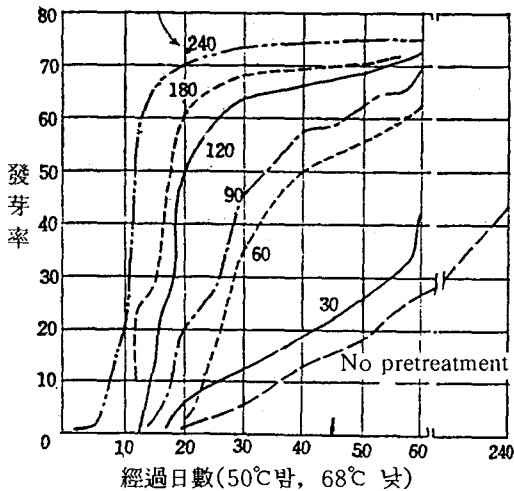
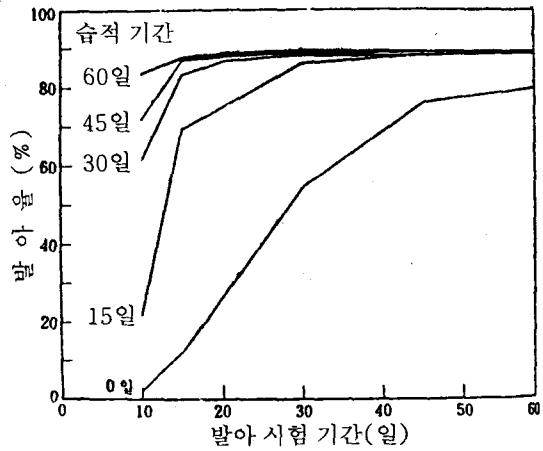


그림6 테다소나무종자 발아촉진 냉습적효과



(2) 변온급여법(變溫給與法)

種子の 種類에 따라서는 늦은 여름 또는 초가을에 地上에 떨어져서 한동안 따뜻한 氣溫에 영향을 받은 후 겨울의 찬 기온을 거쳐서 다음해 봄 비로서 發芽하게 되는 자연계의 氣溫條件을 참작해서 그천이 상태에 부합도록 변온을 급여하는 것이 效果的인 경우가 있다. 이 變溫給與法을 실시할 때에 種子를 습사, 이탄, 기타 냉온층법에서 쓰는 保溫材料에다 混合해서 야간은 20℃ 주간은 30℃로 수개월간 변온을 급여한 후 5℃의 低溫에다 수개월간 貯藏하면 效果的으로 發芽가 促進되는 것이다.

(3) 화학약품처리법(化學藥品處理法)

休眠種子の 發芽促進을 위하여 植物Hormone이나 化學藥品을 使用하는 方法이다.

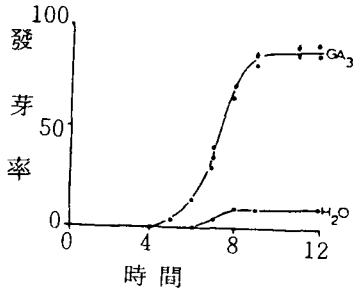
(가) 지베르린(Gibberellin : GA₃)

種子에 따라 다르나 100~10,000pp, 水溶液에 24時間 침적한다. 개암나무 種子의 지베르린 처리효과는 그림6과 같다.

(나) 사이토키닌(Cytokinin)

商品名으로는 카이네틴(Kinetine)으로 되어 있다. 이것을 少量으로 염화수소에 녹인다음 100ppm 水溶液을 만들어 種子를 3分間 浸積

그림7 개암나무 種子의 지베르린 處理效果
(25℃)



한다. 特히 發芽억제 物質이 아브시스산(Abscissic Acid)일 때는 效果的인 약품이다.

(다) 에틸렌(Ethylene)

Ethylene으로 種子를 處理하면 경우에 따라서는 發芽를 促進하고 있다.

(라) 窒酸칼슘(Potassium nitrate)

母樹에서 바로 採取된 新鮮한 種子는 休眠性을 가지고 있는데 이때 이 種子를 질산칼슘 水溶液에 浸漬하면 發芽가 促進될 수 있다. 이 方法은 種子試驗에서 많이 使用되고 있다.

다. 重複休眠種子에 對한 發芽促進法.

種皮의 性質에 依한 休眠과 内部조직의 發達이 미급함으로 인한 休眠을 모두 갖추고 있는 種子是 種皮에 침투성의 조치를 주는 동시에 内部의 胚 또는 貯藏영양과 發芽에 必要한 變化를 주는것이다. 예를들면 벚나무류는 야간은 20℃ 주간은 30℃의 변온을 2개

월간 계속하다가 저온인 5℃에서 3個月간 계속한 결과의 종자는 파종후 11일간에 60%의 發芽率을 보였고 5℃의 低溫處理를 3個月間 한 것은 60일간에 發芽하고 무처리 種子是 200일 경과하여도 發芽 하지 않았다는 試驗報告가 있다.

그러므로 重複休眠種子의 發芽促進은 2단계로 나누어 제1단계는 種皮休眠種子에 對한 發芽促進法을 適用하는 것이다.

다시 2단계로 内部休眠種子에 對한 發芽促進法을 適用하는 것이다. 제1단계 處理는 水分의 침투가 용이하게 되도록 하기 위함이고 제2단계 처리는 内部의 休眠상태를 파괴하여 그 胚의 成長을 促進시키는 것을 目的으로 한다.

5. 結言

養苗 實行時 우리는 흔히 種子의 發芽 促進을 위한 種子의 處理 問題에 接하게 된다. 그러나 大部分은 이 분야에 對해서 매우 소홀히 취급하고 있는 경향이 있다. 지금까지 種子休眠 및 發芽促進法에 對하여 개략적이고 一般的인 事項을 論하였지만 今後 더많은 樹種들에 對하여 種子休眠 및 發芽促進法에 對한 究明이 重要한 課題임을 提示하며 養苗時에는 보다 正確한 種子 休眠이나 發芽促進法을 念頭에 두고 養苗에 임한다면 보다 좋은 結果의 養苗를 할 수 있을 것이라 믿는다.