韓雜草誌 7(2) : 130~138 KJWS 7(2) : 130~138

큰달맞이꽃 種子의 發芽에 미치는 光 및 貯藏條件의 영향

金鎭石 · 黃仁澤 · 具石鎭 · 趙匡衍*

Effects of Light and Storage Condition on the Germination of *Oenothera lamarckiana* Seeds

Kim, J.S., I.T. Hwang, S.J. Koo and K.Y. Cho

ABSTRACT

The effects of light and storage conditions on the germination of *Oenothera lamarckiana* were investigated.

Germination was induced by red light, but inhibited by green, blue or infrared. No germination occurred in the dark.

Radicle was more photosensitive than other parts of the seed.

The rate of germination was proportional to increase in light intensity ranging from 10 to 3000 Lux.

Photosensitivity occurred 6 hrs after water imbibition of air-dried seeds. Maximum photosensitivity was detected 1-2 days after seeding under the light condition at 300 Lux. Germination was almost completed 3 days after seeding.

When seeds stored in the chilling and wetting condition were kept at constant temperature in the dark, they germinated well. Air-dried seeds, however, didn't germinate. Whereas, the seeds which kept at alternating temperature had the tendency that seeds stored at room temperature (25°C) germinated better than those stored at low temperature (4°C).

Key words : *Oenothera lamarckiana*, light, imbibition, storage condition, germination.

緖 言

대부분의 雜草種子는 환경변화에 적응·생존해 나가기 위한 일환으로서 休眠現象을 가지고 있는데 種子들 가운데는 적당한 溫度, 水分, 酸素 等이 주어진다해도 光의 有無에 의해 發芽가 左右되는 例가 많다. Kinzel 은 조사한 964種의 種子中에서 光에 의해 發芽가 촉진되는 種子는 672種으로서 約 69 % 內外라고 하였으며[19]. 피, 바랭이 等 主要 雜草種子는 대부분이 好光性種子라고 報告되고 있다.[26] 이는 暗條件에서는 發芽되지 않거나 發芽率이 감소된다는 것을 의미하므로 이러한 生理現象은 光生物學的 側面 뿐만 아니라 雜草防除的 側面에서도 중요한 비중을 차지하고 있다. 즉 토양속에 埋沒된 種子는 暗條件으로 인하여 休眠이 打破되지 않거나, 二次休眠이 誘起됨으로써 雜草의 再發生 潛在力을 높여주게 된다.[22] 따라서 發芽에 미치는 光의 영향에 관한 硏究가 光의 生理作用 및 雜草防除側面에서 오랫동안 수행되어 왔지만 이들의 대부분은 상치, 소리쟁이, 명아주, 비름, 쇠비름, 피, 냉이 等의 種子에 편중되어 있는 상태이다.[6]

* 한국화학연구소

* Korea Research Institute of Chemical Technology, Daedeogdanji, Chungnam 300-31, Korea

달맞이꽃은 들판, 유휴지에 많이 발생하는 二年生植物로서 때로는 問題雜草가 되기도 하나[14] 他分野에서는 有用한 植物資源으로서 그 가치를 인정받기도 한다. 지금까지 달맞이꽃을 材料로 한 硏究는 주로 의학적 가치를 둔 脂肪[23] 및 기타 物質의 抽出[4,16]과 生理現象 究明에 역점을 두고 있고 種子發芽 및 壽命에 관한 報告[8,9]는 극히 少數에 불과하다.

따라서 本 硏究는 큰달맞이꽃 種子發芽에 관계되는 諸般要因 中 특히 光에 관계된 發芽特性을 파악하는데 목적을 두었다.

材料 및 方法

1. 光質의 영향

직경 5.5cm petri dish에 여과지(Whatman No.2) 두장을 깔고 3ml의 水分을 供給한 後 1986年 8月에 수집하여 건조저장중인 種子를 50粒씩 3반복 置床하였다. 여러 光質과 暗條件은 各各 셀로판지와 알루미늄호일로 싸서 만들었으며 이와같이 조작된 petri dish를 恒溫(25±1℃), 연속明條件下에 5일동안 둔 다음 幼根이 出現된 것을 發芽된 것으로 간주하여 그 發芽率을 調査하였다.

光源은 형광등이었으며 各各의 셀로판지에 透過된 光의 波長과 세기는 UV-VIS Spectrophotometer (Simatzu Model UV-260) 및 Lux meter(Model DH-28, Takemura electric works Ltd.)로 측정하였다(그림 1, 表 1).

2. 光度의 영향

Petri dish가 容易하게 들어갈 수 있는 종이상자의 상단을 베어내고 遮光網으로 덮은 다음 光源으로부터의 거리를 이용하여 光度를 調節하였다. 기타 供試種子 및 實驗方法은 1과 같다.

3. 種子의 部位別 光感應정도

光의 透過와 遮斷을 調節하기 위하여 0.6% agar溶液과 반죽된 活性炭(시약용 12g에 물 14ml)을 사용하였다. 즉 반죽된 活性炭을 직경 5.5cm petri dish에 담고 표면을 일정하게 고른 다음 幼根部位가 위 또는 아래로 향하도록 供試種子를 약 1.0~1.5mm 깊이로 埋沒하여 種子의 일부에만 光을 조사시켰으며, 光의 차단을 위해서는 種子를 같은 깊이로 완전 埋沒시켰다. 이에 대한 對照區로서 0.6% agar 溶液을 利用하여 위와 동일하게 置床하였다.

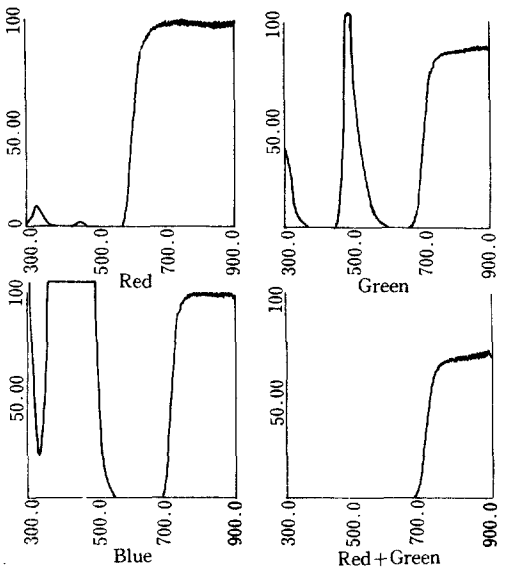

Fig. 1. Transmittance spectra of various colore cellophane films measured by spectrophotometer.

置床된 petri dish는 恒溫(25±1℃)·明 14時間(3,000Lux)-暗 10時間의 光週期를 가진 培養室에 둔 다음 5일째에 그 發芽率을 調査하였다. 기타는 1과 같다.

4. 浸潤과 光反應

24時間 以下의 浸潤과 光反應과의 관계를 알기 위하여 1과 같이 置床한 것을 暗條件下에(25±1℃) 6, 12, 24時間동안 各各 浸潤시켰다. 그 후 이들 各各을 0.5, 1, 3, 6, 8, 10, 12, 15, 18時間동안 光照射(10,000 Lux)시킨 後 暗條件下(25±1℃)에서 5일동안 置床한 다음 그 發芽率을 調査하였다.

그리고 24時間 以上의 浸潤과 光反應과의 관계를 알기 위하여 暗條件下(25±1℃)에서 1, 2, 3, 4일동안 浸潤시킨 다음 이들을 各各 연속明條件下(3,000Lux)에 옮겨서 그 發芽率 변화를 調査하였다.

한편 明條件(25±1℃, 3,000 Lux)과 暗條件(25±1℃)下에서의 水分吸收變化를 보기 위하여 100粒씩 3반복으로 各各의 條件에 置床한 다음 時間別로 生體重變化를 調査하였다.

5. 光感應時期

發芽에 대한 光의 最大感應時期가 언제이며 暗條件에 의한 光效果의 可逆여부를 調査하기 위하여 1과 같은 방법으로 置床하여 恒溫(25±1℃)에서 各各 3, 7, 24, 31, 48, 72, 96, 120時間동안 光(3000 Lux)을 照射시킨 다음 暗條件으로 옮겼다. 모든 區에 대해서 暗條件에 옮기기 直前의 發芽率과 光照射開始後 5일째의 發芽率을 조사하여 그 차이를 비교검토하였다.

6. 저장期間 및 條件別 光反應

수집된 種子를 室溫(25±1℃)과 低溫條件(4±1℃)에 各各 風乾 또는 濕潤狀態로 저장한 후 저장直前 및 저장後 1個月마다 發芽實驗을 수행하였다. 50粒씩 3반복으로 置床하여 恒溫(25±1℃), 明 14時間(3,000 Lux)－暗 10時間의 光週期下에 둔 다음 5일째 그 發芽率을 調査하였다.

한편 연속暗條件에서의 發芽率變化를 보기 위하여 위와같은 방법으로 置床하고 알루미늄호일로 싼 다음 恒溫(25±1℃)과 變溫條件(25℃ 14時間－15℃ 10時間)에 두어 5일째 發芽率을 調査하였다.

結果 및 考察

1. 光質의 영향

供試셀로판지(以下 필름)의 分光透過率을 보면, 透明필름은 可視光을 모두 透過시키며 赤色필름은 600～740 nm, 綠色필름은 480～500 nm, 靑色필름은 360～500 nm, 赤色과 綠色필름을 겹친 것(以下 FR필름)은 740 nm 以上의 波長을 透過시켰다. 透過된 光의 光度는 透明필름, 綠色필름, 靑色필름, 赤色필름, FR필름 順으로 감소되었다(그림 1, 表 1).

이러한 필름을 사용하여 여러 光質이 發芽에 미치는 영향을 조사하여 본 결과는 表 1과 같았다. 즉 透明필름 및 赤色필름에서는 置床後 5일만에 거의 100%에 가까운 發芽率을 나타내었으나 FR필름, 綠色필름, 靑色필름 및 完全暗에서는 各各 34%, 20%, 0.7%로서 發芽가 억제되는 경향을 보였다(表 1).

一部種子는 靑色光에서 發芽가 促進되는 경우도 있으나[13] 일반적으로 光要求性 種子의 發芽에는 phytochrome이 관여하며 赤色光下에서 $P_r \rightarrow P_{fr}$로 되어 發芽가 촉진되고 超赤色光下에서는 $P_{fr} \rightarrow P_r$로 되어 發芽가 억제되는 것으로 알려지고 있다.[1] 本 實驗에서도 赤色光下에서는 發芽가 양호하였으나 超赤色光下에서는 發芽가 저해된 것으로 보아 큰달맞이꽃 種子의 發芽에도 phytochrome에 의해 조절되는 것으로 생각된다. 물론 여러 光質에서의 發芽率 차이는 光度에 차이가 있었기 때문으로 해석될 수도 있겠으나 赤色필름이 綠色필름보다 光度가 낮았음에도 불구하고 發芽率은 현저히 높았다는 점, 綠色필름과 靑色필름의 光度는 비슷하였으나 前者의 發芽率이 높았다는 점, FR필름이 綠色필름보다 光度는 낮았으나 發芽率은 약간 높았다는 점 等을 고려하여 볼 때 光度의 차이보다는 光質의 차이에 더욱 지배되었던 것으로 보인다.

2. 光度의 영향

빛의 세기가 發芽에 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 實驗하여 본 결과 그림 2와 같았다. 즉 10 Lux의 弱光에서도 20～30%의 發芽率을 보였으며 10 Lux 以上부터 100 Lux까지는 光度가 증가될수록 發芽率도 큰 폭으로 증가되었다. 100 Lux 以上부터 3,000 Lux까지는 서서히 증가하여 3,000 Lux에 5일동안 두었을 때 거의 100% 發芽되는 경향을 보였다. 이는 큰달맞이꽃 種子의 發芽가 光質뿐만 아니라 光度에도 영향을 받고 있음을 의미

Table 1. Germination of *Oenothera lamarckiana* seeds in relation to light through various cellophane films.

Color	Wavelength range transmitted (nm)	Light intensity (Lux)	Germination (%)
Transparent	300－900	8800	98±0.4
Red (RD)	600－740	1300	98±0.7
Green (GR)	480－500	2000	20±4.6
Blue	360－500	2000	0.7±0.7
Black			0.7±0.7
RD－GR	740>	140	34±3.1

Germination (%) was determined at the 5th day after incubation at 25±1°C (±SE)

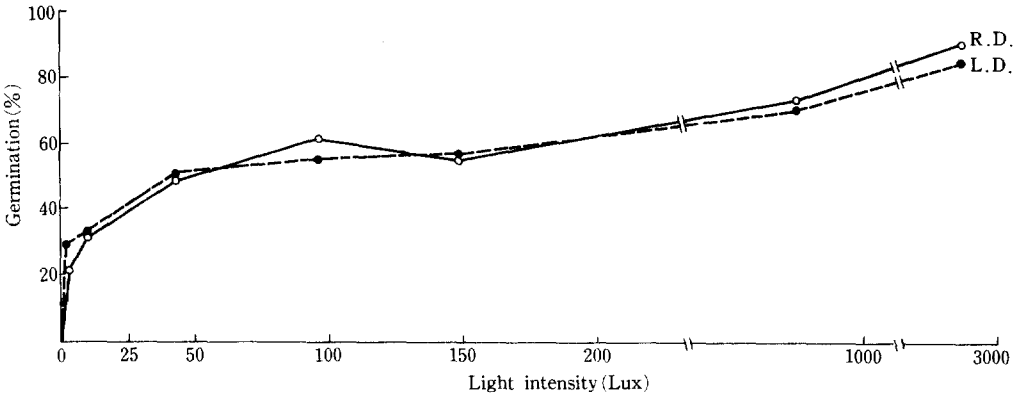

Fig. 2. Changes of germination dependent on light intensity in *Oenothera lamarckiana* seeds. The seeds tested were held in the constant temp. (25±1°C) and 14 hrs photoperiod for 5 days.
R.D. : Seeds stored in drying condition at 25±1°C for 2 months.
L.D. : Seeds stored in drying condition at 5±1°C for 2 months

하는 것으로서 적어도 광포화점에 이르기까지는 光의 전체에너지와 發芽率간에 정비례 관계가 성립되는 것으로 보인다.

그러나 風乾된 상태로 室溫 또는 低溫條件에 보관된 種子間에 있어서 光度에 따른 發芽反應의 차이는 인정되지 않았다.

3. 種子의 部位別 光感應정도

큰달맞이꽃 種子는 대부분 삼각뿔 모양을 하고 있는 바 幼根은 선단부분에 위치하고 있으며 나머지는 子葉이 차지하고 있다. 이들 기관중 어느 부위가 光에 대해 더욱 敏感한지를 알아보기 위하여 實驗하여 본 결과 光을 完全히 遮斷했을 때는 發芽되지 않았으나 幼根部位를 遮斷했을 때는 56%, 子葉部位를 遮斷했을 때는 92.7%의 發芽率을 보였다. 즉 幼根部位가 子葉部位보다 光에 대하여 더욱 敏感하다는 結果를 얻었으며(表 2) 이는 phytochrome이 보통 分裂部位에 많이 存在한다는 의견[2,11]과 일치하는 경향이었다. 그런데 本 實驗에서 幼根部位를 遮斷했을 때에도 56%의 發芽率을 보인 것은 子葉部位에 있을지도 모를 phytochrome이 發芽를 誘起시키는데 직접적으로 관여했거나 또는 수용된 光에너지를 어떤 경로로 幼根部位에 전달함으로써 發芽를 誘起시켰을 것으로 추정되나 이에 대해서는 더욱 검토가 요구된다.

Table 2. Photosensitive part of *Oenothera lamarckiana* seeds stored under dry condition.

Method / Sowing	Germination (%)	
	Agar	Activated charcoal
Radicle up	94.0±4.2	92.7±2.9
Radicle down	94.0±2.3	56.0±3.5
Burying	92.0±4.2	0

The seeds were held in light condition (14L/10D), 3,000 Lux) at 25±1°C. Germination (%) was determined at the 5th day after incubation (±SE).

4. 浸潤과 光反應

光이 種子發芽에 영향을 미치기 위해서는 일차적으로 浸潤이 요구되며 요구되는 浸潤程度 및 時間등에 대해서는 種子마다 다르다고 알려지고 있다.[2,5] 그리고 phytochrome은 浸潤과 더불어 출현되며 種子가 건조되면 光에 안정된 형태로 전환하게 된다[24]고 하여 浸潤과 光反應 사이에 phytochrome 活性이 밀접히 관련지어져 있는 것으로 보고 있다.

큰달맞이꽃 種子의 경우 浸潤程度와 光發芽와의 관계가 어떠한지를 알아보기 위하여 實驗한 결과는 그림 3, 4, 5와 같았다.

우선 置床한 種子를 25℃ 恒溫의 明條件과 暗條件下에 各各 두었을 때 生體重變化를 통하여 水分吸收變化를 조사하여 본 결과 초기 30分 동안은 정지상태, 1～12時間까지는 급격한 吸收, 12～24時間까지는 완만한 吸水경향을 보였다. 그 以後 明條件에서는 外見上 發芽됨과 동시에 生體重이 계속 증가되었으나 暗條件에서는 發芽가 되지 않았을 뿐더러 生體重도 더이상 증가되지 않았다(그림 3).

이와 관련하여 6, 12 또는 16時間 동안 暗狀態에서 浸潤시킨 다음 光照射했을 때 浸潤期間이 길

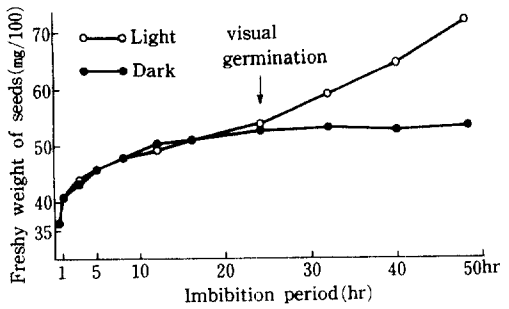

Fig. 3. Time course of water uptake in *Oenothera lamarckiana* seeds imbibed on the moist filter paper in 5cm pertri dishes under light (3,000 Lux) or dark condition at 25 ± 1°C.

수록 發芽速度가 빠르고 發芽率도 높은 경향을 보였다. 그 중에서 6時間 浸潤시킨 경우는 光에 대한 反應이 매우 완만했던 것으로 보아 光을 수용하기 위해서는 적어도 6時間 以上의 浸潤이 요구되는 것으로 생각된다.

한편 浸潤된 種子의 光照射時間別 發芽率을 보면 6時間 浸潤의 경우 전반적으로 저조한 發芽率을 보였다. 12時間 浸潤의 경우는 6時間 光照射에서 낮은 發芽率이 유기되었으나 6時間 以後부터 12時間까지의 照射에서는 發芽率의 급격한 증가, 以後는 완만한 증가경향을 보였다(그림 4).

24時間 以上 暗狀態에서 浸潤시킨 다음 明條件에 두었을 때의 發芽는 24時間 浸潤시켰을 때의 경우와 일치하는 경향이었다(그림 5).

以上의 結果로 보아 浸潤은 24時間 以內에 완료되며 光에 대한 反應은 浸潤 6時間 以後부터 서서히 시작되어 浸潤後 24時間이면 거의 완료되는 것으로 보인다. 그리고 완전히 浸潤된 種子일지라도 發芽를 위해서는 光度에 따라 약간씩 차이가 있겠으나 적어도 6～12時間동안 照射되어야 할 것으로 생각된다. 그러나 이는 浸潤과 光感應에 중점을 두어 實驗한 것으로서 실제 건조종자를 明條件에 置床했을 때의 발아양상은 정도면에서 약간씩 다를 것으로 여겨진다.

5. 光感應時期

濕潤된 種子의 發芽에 미치는 光의 作用은 어떠한 發芽因子보다 우선하며 대부분의 種子들에 대한 赤色光의 發芽促進效果는 超赤色光 또는 暗條件에 의하여 可逆된다고 알려져 있다.[2,11] 또한 好光性種子 中에는 몇분 정도의 短時間 照射로도 發芽可能한 光銳敏種子와 몇시간 또는 몇일 정도의 長期間 照射에 의하여 發芽可能한 光鈍感種子로 분류되고 있다.[13]

큰달맞이꽃 種子의 경우 發芽에 대한 光의 最大反應時期와 일정시간동안 光照射한 다음 暗條件에 옮겼을 때 光에 의한 促進效果가 상쇄되는지를 알아보고자 實驗한 결과는 그림 6과 같았다.

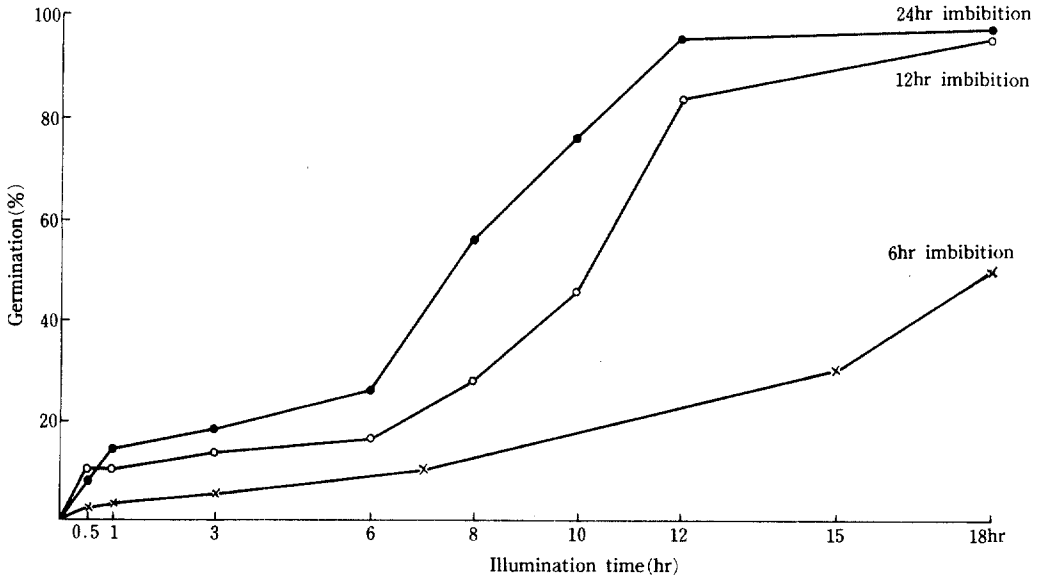

Fig. 4. Germination changes in relation to various dark imbibition–light illumination (10, 000Lux) regimes in *Oenothera lamarckiana* seeds. Germination was determined at the 5th day after incubating the treated-seeds in dark at 25±1°C.

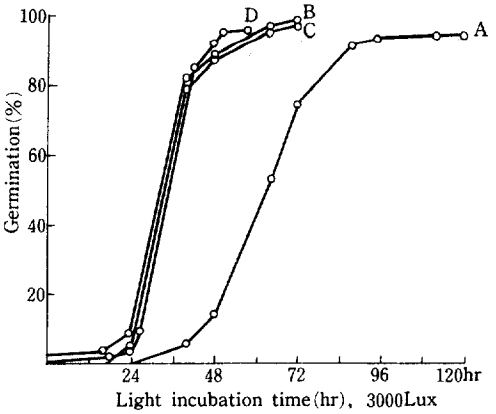

Fig. 5. Change of germination in relation to dark imbibition period in *Oenothera lamarckiana* seeds. Dark imbilition for 0(A), 48hr (B), 72hr(C) and 95 hr(S).

上位의 실선은 연속明條件에 두었을 때의 發芽率 變化를 표시한 것이며 下位의 실선은 各各 일정시간동안 光照射한 다음 暗條件에 옮긴 것으로서 光照射開始後 5일째에 調査한 發芽率을 표시한 것이다. 따라서 A구간은 光照射동안 發芽된 부분이며, B구간은 光照射의 後效果로 인하여 暗時間동안 發芽된 부분, C구간은 光 또는 浸潤不足으로 發芽되지 않은 부분으로 볼 수 있다.

光에 대한 發芽反應을 보면 光照射後 1日 동안은 거의 반응을 보이지 않다가 이후부터 점차로 발아되기 시작하여 2～3일째 外見上 發芽增加率이 가장 높았고 4일째는 發芽가 거의 완료되는 경향이었다. 그러나 이러한 外見上 發芽最盛期는 光受容 後 外見上 發芽까지 소요되는 시간적 차이가 있기 때문에 실제의 光最大感應時期와는 다르다고 생각된다. 따라서 적어도 暗에 의하여 光效果가 상쇄되지 않는다면 光照射 後 즉시 暗條件에 옮김으로써 以後의 光照射 영향을 제외시킬 수 있기 때문에 비교적 정확하게 反應時期를 관찰할 수 있을 것이다. 이와같은 관점에서 실험하여 보았을 때 光의 發芽促進效果가 暗條件에 의하여 상쇄되는 것 같지는 않았으며 置床後 1~2日 사이가 最大光 感應時期임을 알 수 있었다(그림 6). 즉 큰달맞이꽃 種子의 경우 置床後 1日間은 浸潤不足으로 인하여 光反應을 받지 못했으며 以後 1日間이 最大敏感時期로서 일단 感應된 種子가 外見上 發芽로 표현되기까지에는 약 1日정도 소요되므로 明條件下에 두었을 때의 發芽最盛期는 置床後 2～3일째가 되는 것으로 여겨진다.

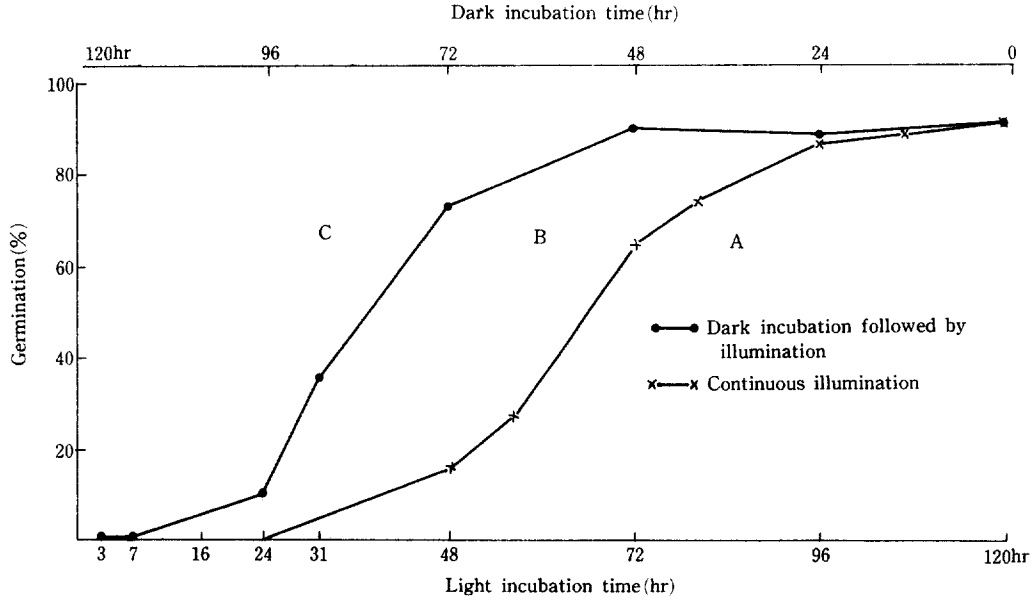

Fig. 6. Germination change of *Oenothera lamarckiana* seeds dependent on dark incubation followed by illumination (3000 Lux) at 25±1°C.

A : Part germinated during illumination.
B : Part germinated during dark incubation.
C : Part not-germinated due to the deficient imbibition and dark.

그러나 이러한 결과는 3,000 Lux · 25℃ 恒溫條件에서의 發芽過程으로서 光度가 증가되거나 온도의 변화에 따라 그 發芽速度가 달라질 것으로 생각된다. 本 實驗에서도 10000 Lux 照射했을 경우 發芽速度가 빨라지는 경향을 보였고(그림 4), Totterdell 等은(1979)[25] Rumex 屬의 경우 浸潤開始後 光照射의 最大反應時期는 5～20℃ 온도범위에서 온도가 증가함에 따라 앞당겨진다고 하였다.

6. 저장期間 및 條件別 光反應

저장조건을 달리하였을 때의 저장기간별 光에 대한 發芽反應을 알기 위하여 實驗하였다.

明條件에서의 發芽變化를 보면 變溫條件에 置床하였을 경우 모든 저장조건 共히 수확當時부터 100% 內外의 發芽率을 보였다. 그러나 乾燥種子를 恒溫條件에 置床하였을 경우에는 수확當時부터 1個月까지의 發芽率이 變溫條件에 置床하였을 때보다 낮은 경향을 보이다가 以後는 두 置床條件 共히 거의 비슷한 發芽率을 보였으며, 低溫濕潤저장의 경우에는 乾燥저장과는 달리 저장 1個月까지의 發芽率도 變溫條件에 置床한 것과 거의 일치하는 경향이었다. 室溫濕潤저장된 것은 저장중의 發芽로 인하여 검토되지 못하였다(그림 7). 따라서 큰달맞이꽃 種子는 수확當時에 低溫濕潤 또는 變溫에 의하여 쉽게 打破될 정도의 얕은 休眠을 가지지만 저장 1個月 後면 저장조건에 관계없이 明條件에서 發芽가 쉽게 誘起될 수 있을 정도로 높은 發芽力을 가진다고 생각된다.

한편 暗條件에서의 發芽變化를 보면(그림 8) 恒溫條件에 置床하였을 경우 저온습윤저장 種子는 양호한 發芽率을 보였으나 건조저장 種子는 저장 5개월까지도 거의 發芽되지 않아 비교적 長期間 동안 光要求性이 유지되는 경향이었다. 그러나 變溫條件에 置床하였을 경우에는 恒溫에 置床하였을 때와는 달리, 發芽가 되지 않았던 건조저장 종자에서도 發芽되어 低溫乾燥, 室溫乾燥, 低溫濕潤저장 順으로

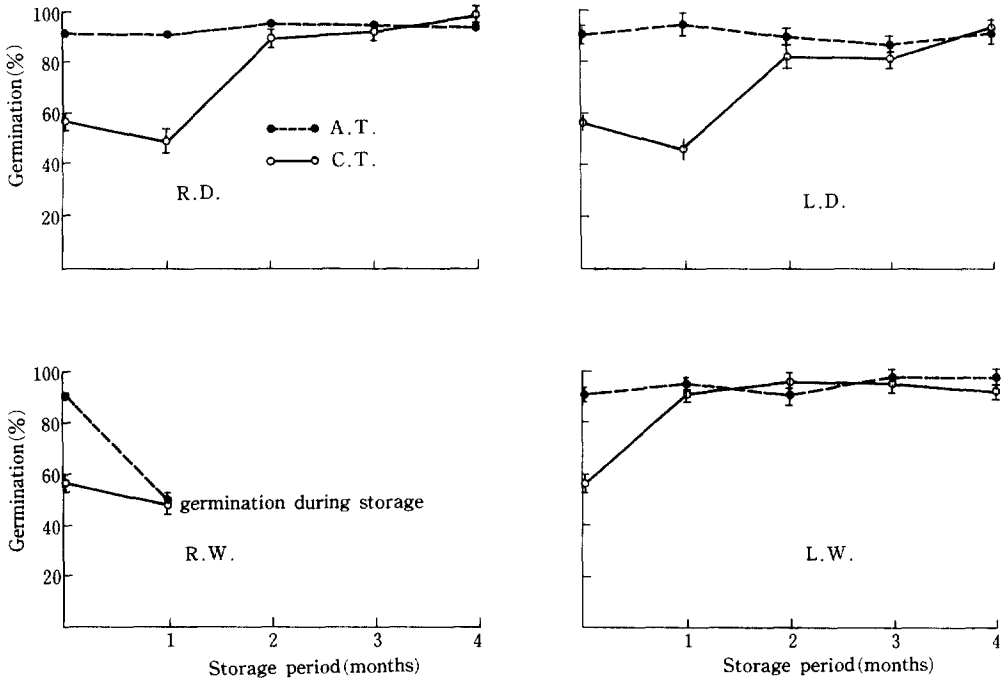

Fig. 7. Change of germination dependent on various storage conditions in *Oenothera lamarckiana* seeds. Germination was determined at the 5th day after incubation in light condition (14 L/10 D, 3,000Lux)
R.D. : Storage under room temp. (25±1°C) and drying
L.D. : Storage under low temp. (5±1°C) and drying
R.W. : Storage under room temp. (25±1°C) wetting
L.W. : Storage under low temp. (5±1°C) and wetting
A.T. : Alternating temp. (25°C, 14L/15°C, 10D)
C.T. : Constant temp. (25°C)

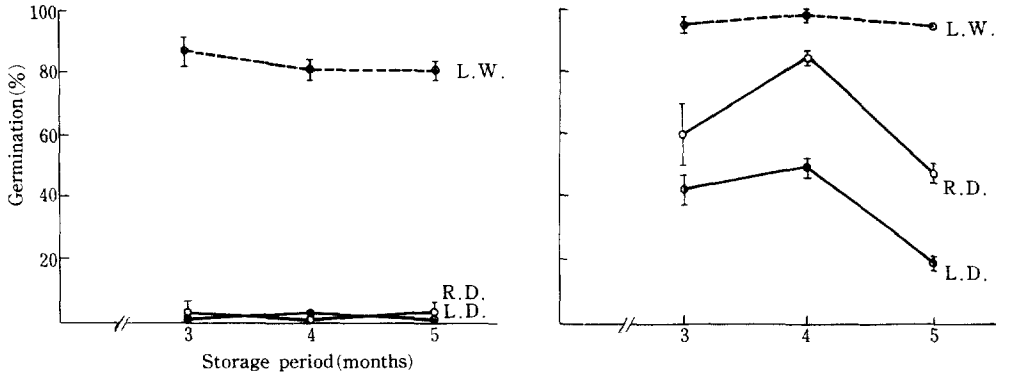

Fig. 8. Dark germination of *Oenothera lamarckiana* seeds stored under different storage conditions. Germination was determined at the 5th day after incubation.
Left : Incubation in constant temp. (25°C), Right : Incubation in alternating temp. (25°C, 14L/15°C, 10D)
L.W. : Storage under low temp. (5±1°C) and wetting condition
R.D. : Storage under low temp. (5±1°C) and drying condition
L.D. : Storage under room temp. (25±1°C) and drying condition

發芽率이 증가되었다.

이와같이 恒溫·暗條件에서는 發芽되지 않았으나 變溫條件에서는 暗發芽가 誘起되는 경우는 Rumex 屬, 비름, 냉이種子 等에서도 관찰되고 있고[17,18,25] 그 作用機作에 대하여도 여러 방면으로 검토되어[10,15,20,21] 특히 세포막 투과성과 밀접한 관계가 있을 것으로 보이는 증거[12]들이 많이 제시되고 있지만 아직까지는 확실히 밝혀지지 않고 있다.

以上의 結果로 볼 때 큰달맞이꽃 種子의 發芽에는 光 以外에 低溫 또는 變溫 조건들이 영향하는 것으로 생각되나 확실한 증거를 얻기 위해서는 더욱 검토가 요구된다.

摘 要

光 및 저장조건이 큰달맞이꽃 種子의 發芽에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

發芽는 赤色光하에서는 양호하였으나 青色光·綠色光·超赤色光 또는 暗條件 等에서는 억제되었다.

種子의 幼根部位가 光에 대하여 더욱 鋭敏하였으며, 10 Lux 정도의 낮은 광도에서부터 發芽反應을 보이기 시작하여 3,000 Lux 까지는 光度가 증가됨에 따라 發芽率도 증가되었다.

浸潤과 光感應과는 밀접한 관련이 있었으며 적어도 6時間 以上 浸潤되어야 反應되기 시작하였고 最大感應時期는 3,000 Lux 照射의 경우 置床後 1～2日사이였고, 3日이면 發芽가 거의 완료되는 경향을 보였다.

한편 低溫濕潤種子를 恒溫 또는 變溫條件에 置床하였을 때는 共히 暗條件에서 發芽되었으나 건조저장종자를 恒溫·暗條件에 置床하였을 때는 전혀 發芽되지 않았다. 그러나 變溫條件에 置床하였을 때는 發芽되었으며 그 정도는 低溫저장 種子보다 室溫저장 種子에서 높은 경향이었다.

引 用 文 獻

1. Borthwick, H.A., S.B. Hendricks, M.W. Parker, E.H. Toole and V.K. Toole. 1952. A reversible photoreaction controlling seed germination. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 38 : 662–666.
2. Briggs W.R. 1972. Phytochrome : chemical and physical properties and mechanism of action. Ann.Rev. Plant Physiol. 23 : 293–334.
3. Brinckmann E. and U. Luettage. 1975. Inhibition of light–induced, transient membrane potential oscillations of *Oenothera* leaf cells by cycloheximide. Experientia. 31(8) : 933–935.
4. Carl G.A. 1958. Antibiotic substances from plant seeds. Z.Botan. 46 : 516–549.
5. Duke S.O. 1978. Interactions of seed water content with phytochrome–initiated germination of *Rumex crispus* seeds. Plant Cell Physiol. 19 : 1043–1049.
6. Duke S.O. 1985. Weed physiology (vol. I). pp.

41－43. CRC press.

7. Fork D.C. and W.U. Heber. 1963. Studies on electron－transport reactions of photosynthesis in plastome mutants of *Oenothera*. Plant Physiol. 43(4) : 606－612.
8. Fujii Tadashi and Sigeo Isikawa. 1961. The effects of temperature after the light－exposure on the germination of *Oenothera* seeds. Bot. Mag. Tokyo 74 : 414－418.
9. Hartmann, Wolfgang. 1970. Light dependance of seed germination in *Oenothera biennis*. Biochem. Physiol. Pflanz. 161(4) : 368－376.
10. Hilton T.R. and P.D. Owen. 1985. Light and dry storage influences on the respiration of germinating seeds of five species. New Phytol. 99 : 523－531.
11. Khan A.A., 1982. The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. pp. 323－346. Elsevier Biomedical Press.
12. Marme D. 1977. Phytochrome : membranes as possible sites of primary action. Ann. Rev. Plant Physiol. 28 : 173－198.
13. Mayer A.M. and A. Poljakoff－Mayber. 1982. The germination of seeds(3rd ed.) pp. 37－47. Pergamon Press.
14. 日植調. 1977. 新版 日本原色雜草圖鑑. pp. 148. 全國農村教育協會.
15. Pecket R.C. and F. Al－charchafchi. 1979. The photocontrol of respiration in ligtht－sensitive lettuce seeds. Journal of Experimental Botany 30 : 839－842.
16. Pettit G.R., P.M. Traxler and C.P. Pase. 1973. Antineoplastic agents 31 *Oenothera caespitosa*. Lloydia. 36(2) : 202－203.
17. Roberts E.H. and S.K. Benjamin. 1979. The interaction of light, nitrate and alternating temperature on the germination of *Chenopodium album*, *Capsella bursa-pastoris* and *Poa annua* before and after chilling. Seed Sci. and Technol. 7 : 379－392.
18. Roberts E.H. and S. Totterdell. 1981. Seed dormancy in *Rumex* species in response to environmental factors. Plant, Cell and Environment. 4 : 97－106.
19. Salisbury F.B. and C.W. Ross. 1978. Plant physiology(2nd ed.) pp. 294. Wardsworth Publishing Company Inc.
20. Scheibe J. and A.Rang. 1965. Lettuce seed germination : evidence for a reversible light induced increase in growth potential and for phytochrome mediation of the low temperature effect. Plant Physiol. 40 : 485－492.
21. Takeba G. and S. Matsubara. 1976. Analysis of temperature effect on the germination of New York lettuce seeds. Plant Cell Physiol. 17 : 91－101.
22. Taylorson R.B. 1969. Changes in dormancy and viability of weed seeds in soil. Weed Science 17 : 265－269.
23. Teteny P., E. Hethely, T. Okuda and I. Szilagy. 1974. Gas chromatography of essential fatty acids of plant origin. Herba Hung. 13(3) : 61－71.
24. Tobin E.M., W.R. Briggs and P.E. Brown. 1973. The role of hydration in the phototransformation of phytochrome. Photochem. Photobiol. 18 : 497－503.
25. Totterdell S. and E.H. Roberts. 1980. Characteristics of alternating temperatures which stimulate loss of dormancy in seeds of *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus*. Plant, Cell and Environment 3 : 3－12.
26. Wesson G. and P.E. Wareing. 1967. Light requirements of buried seed. Nature. 213 : 600－601.