

울창고랭이(*Scirpus juncooides* Roxb.) 種子發芽 및 越冬 株基部の 出芽生態에 관한 研究

具 滋 玉* · 許 祥 萬**

Ecological Study on the Seed Germination and Emergence of Overwintered Stump of Bulrush (*Scirpus juncooides* Roxb.)

Guh, J. O.* and S. M. Huh**

ABSTRACT

To know the ecological pattern of bulrush (*Scirpus juncooides* Roxb.) seeds and overwintered stumps in germination and sprouting responses as affected by different temperature (7 trt.), light intensity (5 trt.), shading intensity (5 trt.), light quality (spectrum spectrum; 6 trt.), soil acidity (7 trt.), stump size (weight base; 5 trt.), and molding depth (6 trt.), respectively, this serial studies were conducted by use of growth chamber, incubator, Wagner pot and petri-dish. Most efficient treatment was obtained from 25-35°C temperature, higher light intensity in 2-11 klux range, 95% shading intensity, clear and yellow film for seeds/clear and blue film for stumps, soil pH 5.53, 3-4g stump weight, 0-5% wxygen concentration, 1 cm flooding depth for seeds, and 1-1.5cm molding depth for seeds/0.5-1.0 cm molding depth for stumps, respectively, among others.

Key-words: bulrush (*Scirpus juncooides* Roxb.), seed germination, emergence of overwintered stump, photo-selective materials, temperature, light intensity, shading, stump size, oxygen concentration, flooding depth, and molding depth.

緒 言

植物의 種子發芽에 대한 研究는 가장 古典的인 植物學分野의 하나였으며, 이는 植物의 種保存과 育成·繁殖 및 이에 따르는 利用性的 發屈에 目標을 두고 意圖되어 온 領域의 하나였음에 틀림없다. 雜草의 種子 및 地下繁殖器官의 休眠性과 함께 發芽(出芽)性을 研究케 된 동기도 이와 흡사한 목적을 갖는다. 즉 雜草의 發生豫測과 豫防 및 合理的인 防除法의 理論的이고 體系的인 決定을 위하여 이들 雜草種

에 대한 發生(出芽)性을 把握해내는 일은 필수불가결한 것이다.²⁶⁾

種子の 發芽나 榮養體의 出芽에는 일차적으로 內的 條件(休眠性)에 의한 制限과 外的 條件(주로 環境性)에 의한 制限이 適用되는 것으로 흔히 알려져 있다. 休眠關係는 앞 후에서 다루어졌기 때문에 省略을 하고 本章에서는 發芽 및 出芽關係만을 다루기로 하였다. 發芽(出芽)에 關係하는 外的 條件의 研究例로는 水分^{11, 12, 14, 15, 26)}, 溫度^{8, 11, 12, 14, 15, 40, 43)}, 光^{10, 12, 16, 30, 34, 38, 43)}, 酸素^{14, 15, 16, 18, 27, 28, 43)}, 土壤條件^{11, 19, 26)} 등을 要因으로 設定했던 경우가 대부분이고, 發

* 全南大學校 農科大學, ** 順天大學.

* Coll. of Agric., Chonnam Nat'l. Univ., Kwangju 500, Korea, ** Sunchon Nat'l. Coll., Sunchon 540, Korea

芽阻害物質 (allelopathic substance)의 研究는 最近에 이르러서야 집중적으로 많이 이루어지고 있다.^{17, 21, 22, 24, 31, 37)}

雜草種에 있어서는 주로 피,²⁶⁾ 부들,²⁷⁾ 물달개비,²⁸⁾ 사마귀풀,¹⁹⁾ 너도밤동사니,⁴³⁾ 올미,²³⁾ 가래,^{21, 22)} 등의 현실적으로 競合害가 問題視 되어 있는 草種에 局限되고 있는 實情이다.

올챙고랭이의 發芽 및 出芽에 관한 研究는 많지 않으며 주로 日本에서 이루어진 結果들이 大宗을 이룬다. 지금까지 밝혀진 주요내용은 올챙고랭이 種實의 發芽가 稔實期間의 經過程度에 따라 다르고¹⁰⁾ 圃場 溶水량의 60~70% 水分량을 分岐點으로 차이가 나며,¹¹⁾ 溫度는 22~32℃의 變溫條件을 選好하고,¹¹⁾ 發芽에 대한 光發芽性,⁸⁾ 酸素와 光의 相互關係가 있다는 점¹²⁾, 黃色 film에 의한 發芽촉진 효과가 인정된다는 점³⁰⁾ 등이다.

한편, 越冬株基部的 出芽에 대해서는 覆土深의 限界가 있고 乾燥處理에 따른 重量減少가 出芽率에 직접적인 영향을 갖는다는 점¹³⁾이 밝혀져 있다. 따라서 본 研究는 올챙고랭이가 우리나라 水稻作地帶에서 급속도로 變遷해 가고 있는 品種 및 栽培法에 適應하여 優占化할 가능성에 대비하여 일련의 發生生態를 研究하고, 防除法 驅使에 요구되는 基礎資料

를 제공할 목적으로 수행되었다. 본 研究의 주요 취급내용은, 올챙고랭이 種實과 越冬株基部的 發芽 및 出芽條件으로서 溫度, 水分, 光量, 光質, 覆土深, 土壤酸度 및 越冬株基部的 크기(重量)의 變動要因을 設定하고 이들 條件變動에 따른 經時的 發芽 및 出芽反應을 處理間에 比較檢討하는 것으로 하였다.

材料 및 方法

本 試驗은 生長箱內에 設置한 물 tank(0.5m wd. × 1.0m Ln. × 0.1m DP)에 土壤을 充填한 4角 Plastic-pot(5cm wd. × 12cm Ln. × 10cm DP) 및 濾紙를 간 petridish(φ9cm)를 이용하여 遂行하였다. 生長床의 標準條件은 16,000 lux 光照射 8時間과 暗條件은 16時間, 溫度는 28℃ 恒溫, 水分條件은 1cm 水深(petridish는 0cm)으로 하였으며, 播種深度는 pot의 경우 0.5cm, petridish는 0cm로 하였다.

試驗內容의 構成은 溫度 7處理, 光量 5處理, 酸素濃度 5處理, 水深 6處理, 覆土深 6處理로 하였으며, 1983年 가을 採種한 올챙고랭이 種實과 1984年의 越冬直後인 株基부를 掘取하여 供試材料로 하였다. 標準土壤은 芙蓉統의 微砂質 壤壤土를 사

Ref. Table 1. Physical and chemical properties of the paddy soil experimented.

Soil texture	pH (1:5H ₂ O)	O.M. (%)	Available (ppm)		Exchangeable-(me/100g)			C.E.C. (me/100g)
			P ₂ O ₅	SiO ₂	K	Ca	Mg	
SiCL	6.1	3.1	309	119	0.42	4.20	1.00	10.0

용하였다.

床內의 petridish 및 pot 試驗은 각각 完全任意配置 5反復과 4反復으로 遂行하였다.

調査는 試驗處理 置床後 每2日 間隔으로 發芽數 또는 出芽莖數를 調査하여 ANOVA 檢定을 한 다음 具²²⁾가 適用했던 다음의 成長曲線追跡方式에 의하여 數式化하고, 最大發育推定量(A), 發育早晚性(λ) 및 相對發育量(速度: k)을 處理間에 對比시켜서 解析하였다.

$$W_0 = A / 1 + \exp. [-\lambda + kt]$$

단, W₀: t 時間의 發育量

t: 經過期間

exp: 自然對數의 底

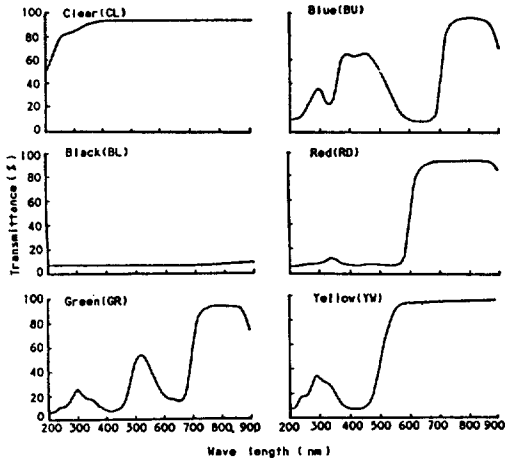
光量試驗은 1,600 lux 의 8時間 照明을 한 有光處理와 24時間 暗狀態에 두었던 無光處理의 光有無試驗(種實)과 光源 및 照射距離調節로 發芽床面의 照度를 2, 4, 6, 8, 11 Klux 로 달리 한 光量試驗(種實)과 野外에서 寒冷絲의 겹수를 달리 한 箱子 덮개 처리를 하여 遮光程度를 露光(100%透光: 100%), 寒冷絲 1겹(90%透光: 90%), 寒冷絲 2겹(75%透光: 75%), 寒冷絲 3겹(55%透光: 55%) 및 黑色 寒冷絲 3겹(5%透光: 5%)의 5등급으로 구분하여 野外光量試驗(株基部)의 세 부분으로 나누어 수행하였다. 種實은 光有無의 경우 petridish當 50粒, 光量試驗에서의 播種量은 20粒을 置床하였고, 株基部도 1/5,000 a pot 當 3個를 栽植하였다.

試驗 2. 光量(有無 및 照度差)에 따른 發生量 差異

試驗 3. 光質(spectrum)에 따른 發生量의 差異

選別的인 光質處理 즉, 각각 다른 spectrum의 照射는 6 種類의 cellophane 紙(透明: CL, 黃: YW, 赤: RD, 綠: CR, 靑: BU 및 黑: BL)를 사용하여 處理된 것이며(Fig. 1. 參照), 올챙고랭이 種實의 發芽數로 濾紙를 깐 petridish 檢定과 標準土壤을 供試한 pot 檢定을 兩立시켜 測定하였다.

株基부의 出芽莖數도 pot 土壤에서 測定하였다. 種實은 petridish 또는 pot 當 20粒, 株基部는 pot 當 3 個로 하였다.



Ref. Fig. 1. Spectral transmittance of various photo-selective materials.

試驗 4. 土壤 酸度에 따른 發生量 差異

標準土壤을 H_2SO_4 와 $NaOH$ 를 組合處理하여 試驗實施 2 個月前에 相異한 水素이온濃度가 되도록 調整시켰으며 試驗直前に 土壤酸度를 測定하여 각각 pH 3.45, 4.03, 4.90, 5.70, 6.52, 7.45 및 8.75 가 된 材料를 사용하였다. 올챙고랭이는 pot 當 20 粒씩, 株基部는 3 개씩 置床하여 調査했으며, 調査值는 土壤酸度에 따른 올챙고랭이 發生의 轉換點(critical point)을 찾을 목적으로 折線回歸分析을 하여 해석하였다(計算方式은 II 章 材料 및 方法 參照).

試驗 5. 株基部 重量에 따른 發生量 差異

1984年 越冬直後의 株基部를 多量으로 屈取水洗한 後 個當重量別로 $1 \pm 0.1g$, $2 \pm 0.2g$, $3 \pm 0.3g$, $4 \pm 0.4g$, $5 \pm 0.5g$ 의 무게범위로 分類하고, 이를 각각 1, 2, 3, 4 및 5g의 株基部로 하여 試驗材料로 供試하였다.

試驗 6. 酸素濃度에 따른 發生量 差異

가지달린 110ml volume의 삼각 flask에 休眠打破處理(15°C 湛水埋沒 15日間)된 올챙고랭이 種實을 flask 當 10ml의 滅菌水와 함께 20粒씩 置床하고 vacuum pump를 사용하여 flask 내의 空氣를 眞空狀態로 유도하였다. 大氣壓力下의 容積比率로 환산하여 大氣를 N_2 gas와 일정比率이 되도록 混合하여 酸素濃度를 調節하였다. 즉 nanometer를 사용하여 大氣를 N_2 gas로 각각 달리 置換시켜서 N_2 gas와 大氣比率에 따라 각각 0+100%를 산소 20%(O_2 20), 25+75%를 산소 15%(O_2 15), 50+50%를 산소 10%(O_2 10), 75+25%를 산소 5%(O_2 5), 100+0%를 산소 0%(O_2 0)로 하였다. 단, 大氣中의 O_2 比率을 편의상 20%로 환산하였다.

本 試驗의 置床溫度는 주간 30°C/야간 25°C의 12시간 變溫으로 하였다.

試驗 7. 水分條件에 따른 發生量의 差異

供試 Pot의 床面위치를 물 Tank의 水面 基準으로 각각 -10cm(-10F), -5cm(-5F), 0cm(0F), 1cm(1F), 5cm(5F), 10cm(10F)가 되도록 調節하여 置床하였다. Pot 當 올챙고랭이 種實은 20粒, 株基部는 3 個를 供試하였다.

試驗 8. 覆土深에 따른 發生量의 差異

本 試驗은 標準條件下의 pot를 사용하여 올챙고랭이 種實은 pot 當 20粒, 株基部는 3 個씩 置床하고 각각 種物置床面으로 부터 0, 1, 1.5, 2, 3, 5.0 cm의 두께가 되도록 ϕ 2mm채로 채질한 標準土壤을 覆土處理하였다. 湛水處理는 pot 下面의 channel을 통하여 上向調節되도록 물 tank內에 pot를 置床하여 遂行하였다.

結果 및 考察

雜草의 發生問題(種子發芽 및 營養體의 出芽)는 Harper⁵⁾가 주장하는 雜草定着의 安全領域(safe-site) 가운데 가장 중요한 위치를 설명한다. 雜草問題를 예측하거나 防除法을 選擇하는데 가장 중요한 段階이기도 한데, 그 이유는 發芽期가 環境이나 인위적 處方(예, 除草劑 處理 등)에 가장 感受的인 時期일 뿐만 아니라, 發芽와 死滅의 實際比重을 가장 크게 나타내는 시기이기 때문이다.³⁾

일반 植物界에서 공통적인 특성을 나타내고 있으면서도 특히 雜草界에서 두드러진 發芽生態問題 가운데 하나는 雜草問題의 恒久不滅性を 說明하는 原理로서 첫째는 雜草種子가 具備하며 自制하는 休眠性이고, 둘째는 發芽에의 體質的 多面性(somatic polymorphism)을 들 수 있다.³⁾

즉 發芽에 신속한 代謝과정 → 胚의 伸長과정 → 幼根의 突出과정 → 地面出現과정을 거치는데 일정한 發芽條件이 주어지더라도 雜草種間은 물론 種內에서도 發芽時間上的 準同時性(quasi-simultaneousness)이나 連續性(continuousness)을 變形하며 出現하는데 問題性이 浮刻되고 있다. 雜草種子の 發芽를 좌우하는 環境要件으로 溫度·土壤水分·光·酸素(또는 通氣)나 土壤酸度와 CO₂ 濃度, 阻害物質有無 등을 일반적으로 제시하고 있으나^{3, 25, 26)} 실제의 自然條件下에서 이루어지고 있는 發芽 가능성은 훨씬 복잡하고 說明하기 어려운 複合現象(complex affairs)임에 틀림이 없다. 따라서 본 研究가 내포한 여러 要因의 단편적인 결과들은 올챙고랭이의 種子和 株基部가 나타나는 發生面에서 反應樣相들을 위의 複合現象과 연관하여 해석하는 데 이용하고자 하였다.

試驗 1. 溫度條件에 따른 發生量의 差異

본 試驗은 暗條件과 恒溫으로 固定된 7個의 Incu-

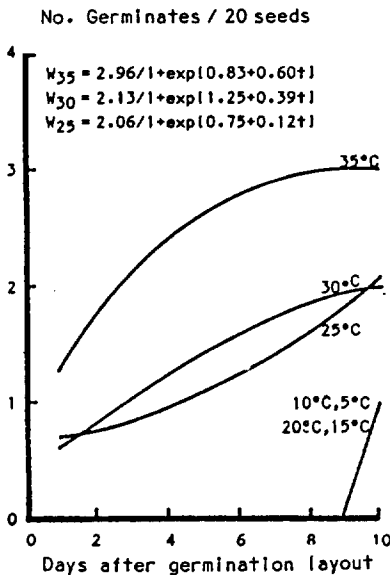


Fig. 1. Ontodrifting change in number of germinates among 20 air dried seeds as affected by different temperature (°C).

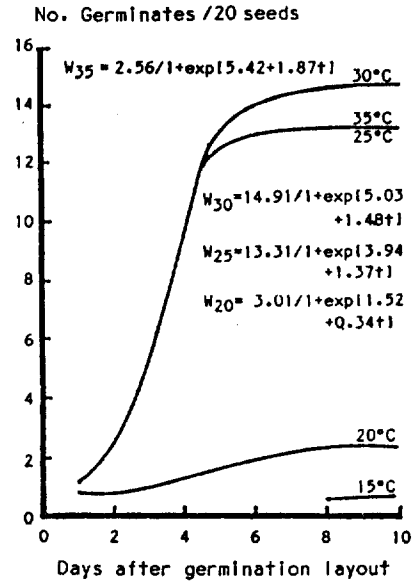


Fig. 2. Ontodrifting change in number of germinates among 20 dormancy-awaken seeds as affected by different temperature (°C)

bator에서 休眠打破處理가 된 種子和 休眠打破處理가 되지 않은 種子를 따로 區分하여 petridish에서 發芽試驗이 遂行된 것(圖 1, 2 參照)과 pot에서 株基部의 出芽數를 測定한 것이다(圖 3). 올챙고랭이 種實發芽의 경우, 休眠打破處理 與否에 關係없이 25~35°C 범위에서 發芽가 정상적으로 이루어지는 樣相이었으나 發芽率은 非休眠打破 種子是 10~25%에 지나지 않았으나 休眠打破 種實은 65~75%의 높은 水準에 이르렀다. 또한 休眠打破된 處理에서는 20°C의 溫度下에서 약 10% 前後의 發芽率을 나타내었다. Wesson 등⁴⁾은 新鮮 風乾種子の 發芽에는 光보다 溫度에 의하여 촉진되 되고 埋沒種子에는 光이 더욱 요구된다고 하였다. 본 實驗의 乾風種子是 無光狀態의 경우, 25~30°C보다 35°C에서 다소 發芽勢나 發芽率이 높았으나 15% 미만의 發芽率로서 促進 與否를 判定하기에는 未洽한 것으로 판단되었다.

올챙고랭이의 發芽適溫에 대하여 渡邊 등⁴⁾은 種子收穫期別 차이가 크을 보고하였고 Ishikura 등¹¹⁾은 32/22°C의 晝夜間變溫을, Iwasaki 등^{12, 15)}은 恒溫의 경우 30~35°C 범위를, Kataoka 등¹⁶⁾은 暗條件의 경우 30/15°C의 主야간變溫(97% 발아)과 28°C 항온(85%)을 最適이라 하였다.

본 試驗의 경우에도 25°C나 35°C보다 오히려 30

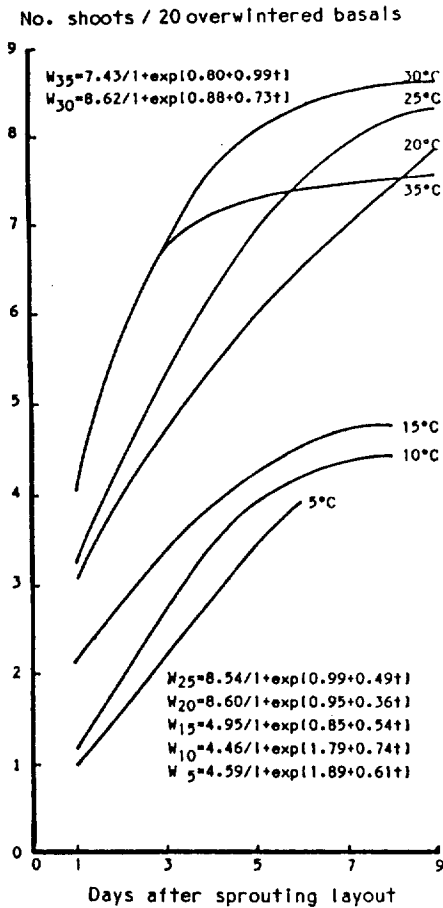


Fig. 3. Ontodrifting change in number of shoots among overwintered basals as affected by different temperature ($^{\circ}\text{C}$)

$^{\circ}\text{C}$ 에서 5~10% 정도의 보다 향상된 발아율을 나타내기는 하였으나 대체로 앞의 연구결과들과類似的傾向을 나타낸 것으로 보인다. 그러나 Iwasaki 등¹²⁾이 出芽溫度를 15~35 $^{\circ}\text{C}$ 로 보았고 이 때 光條件이 出芽를 促進시킨다고 하였는데 본 研究結果는 15~20 $^{\circ}\text{C}$ 에서 發芽率이 10%미만이었으며, 이런 結果는 光條件이나 變溫條件이 수반되지 않았던 起因하는 것으로 해석이 된다.

한편, 越冬株基部는 枯死하지 않는 한, 休眠性도 없었고 出芽하지 않는 것도 없음을 이미 예비試驗을 통하여 확인한 바 있다. 따라서 株基部當 莖數 分化力을 測定하여 發生程度를 解析하였다(圖 3 參照).

즉 본 試驗의 경우, 올챙고랭이의 株基部 出芽는 5~35 $^{\circ}\text{C}$ 의 供試溫度 모든 범위에서 가능하였고 初

期(置床後 6日頃까지)의 出芽속도도 큰 차이가 없었다. 그러나 5~15 $^{\circ}\text{C}$ 에서 初期의 出芽率이 낮고 置床後 6日 이후의 出芽가 停滯되는 경향이었으나 20~35 $^{\circ}\text{C}$ 의 범위에서는 初期의 出芽率이 높았고 30~35 $^{\circ}\text{C}$ 의 高溫에서 즉시 出芽莖數 增加가 停滯되었으나 20~25 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 지속적으로 증가하는 경향이였다. Yamagishi⁴³⁾는 너도밤동사니를 예로 한 試驗에서 塊莖의 出芽溫度 범위가 10~42.5 $^{\circ}\text{C}$ 이었고 最適溫度는 30~35 $^{\circ}\text{C}$ 이었다고 하였으나 본 시험의 올챙고랭이 경우는 이보다 한 等級씩 낮은 溫度에서 感應을 보이는 結果를 나타냄으로써 出芽 범위는 5 $^{\circ}\text{C}$ 이상이지만 最適溫度는 20~25 $^{\circ}\text{C}$ (지속성 위주) 또는 20~30 $^{\circ}\text{C}$ (出芽數 위주)인 것으로 판단이 되어 種間 차이를 인정할 수 있었다.

試驗 2. 光量(有無 및 照度差)에 따른 發生量의 差異

본 試驗은 光 有無에 따른 發芽習性差異와 光量變動에 따른 發芽反應差異의 두 과정으로 나누어 種子試驗을 하였고, 遮光材料를 달리하여 野外에서 照度處理를 했던 株基部의 出芽莖數 分化反應試驗을 별도로 遂行하였다. 暗條件下에서는 休眠打破處理를 했던 種實이었음에도 불구하고 置床後 30日까지 10% 미만의 發芽率 밖에 나타내지 못하였으나 16,000

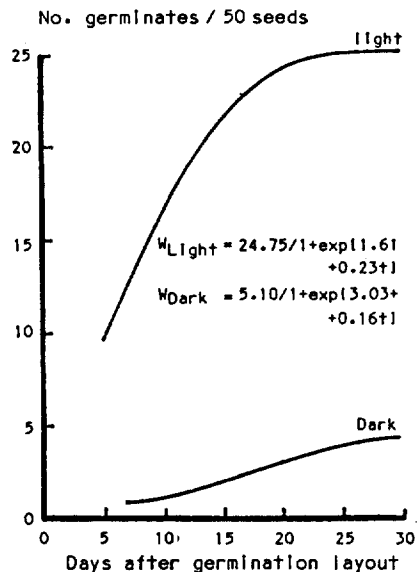


Fig. 4. Comparison of ontodrifting change in number of germinates among 50 seeds between light and dark condition.

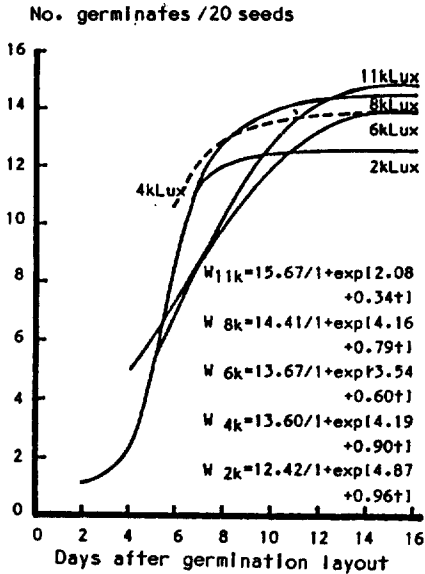


Fig. 5. Ontodrifting change in number of germinates 20 seeds as affected by different light intensity (k Lux).

Lux 정도의 照光下에서는 置床後 20日 정도로 50%에 이르는 發芽率을 나타냄으로서(圖 4) Isely⁹⁾의 보고와 같이 올챙고랭이의 光發芽習性을 보인 것으로 해석이 되었다. Kataoka¹⁶⁾도 동일한 28℃ 溫度下에서의 光의 有無가 15% 정도의 發芽率 차이를 보인다고 하였고 Yamagishi⁴³⁾는 너도방동사니의 경우, 變溫處理를 하면 光 有無가 發芽와 無關하다고 보고한 바 있어서 정도에 따른 種內 및 種間 차이도 있음을 알 수 있었다. 한편 光度를 2~11 K Lux의 범위에서 5 등급으로 달리 하여 光度增加에 따른 發芽促進效果를 檢討한 결과(圖 5), 光度增大에 따른 發芽率 향상의 경향은 인정할 수 있었으나 統計的 有意性은 인정되지 않았다. Iwasaki 등^{12, 14)}은 光이 올챙고랭이 發芽에 촉진제 역할을 하며 이런 효과는 好氣的인 條件下에서 인정된다고 하였다.

또한 Watanabe³⁸⁾는 光效果가 休眠未熟 打破種子의 發芽에서 인정된다고 하였고, 비슷한 경향을 Wesson 등⁴¹⁾도 보고한 바 있어서 照度の 차이는 올챙고랭이 發芽에 保溫的인 促進劑 程度의 役割을 하는데 지나지 않을 것으로 해석이 되었다.

그러나 株基部 照度에 따른 出芽反應은 다른 樣相을 나타내었다(圖 6). 즉 野외의 露光부터 10~45%의 遮光을 했던 처리보다 오히려 95%의 遮光條件下에서 出芽勢와 出芽莖數가 向上되는 경향을 나

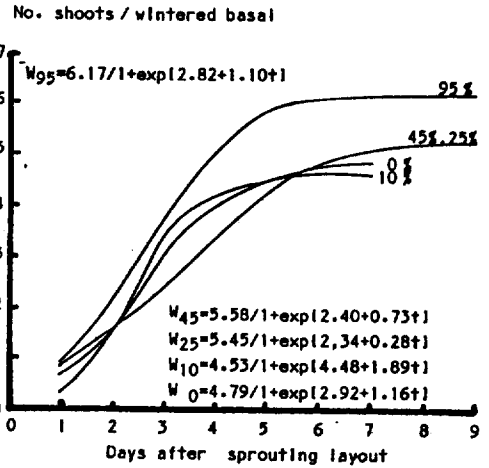


Fig. 6. Ontodrifting change in number of shoots per an wintered basal as affected by different level of shading.

타내었다. 본 試驗處理 條件으로 볼 때, 株基部의 光量에 대한 이들 反應차이는 일면 休眠性이 없는 株基部가 올챙고랭이 植物體의 부분적인 好陰性 生長反應을 나타낸 결과이거나 또는 遮光處理를 강화시킨 데 따른 冷床(온도상승억제)效果에 기인된 결과일 것으로 보인다. 앞의 試驗에서도 인정되었던 바, 올챙고랭이 株基部의 出芽適溫이 20~25℃로 비교적 낮았던 점으로 미루어 해석이 된다.

試驗 3. 光質(spectrum)에 따른 發生量의 差異

植物의 發芽와 生長에 選別的인 波長의 光이 主役割을 하며 影響을 한다는 사실은 이미 잘 알려져 있다.^{3, 4)} 西尾 등³⁰⁾은 黃色光에 의하여 伸長이 促進된다고 하였으며, 嶋田³⁴⁾은 草地植物의 發芽에 赤色 및 近赤外線光이 促進役割을 한다고 報告한 바 있다. 본 試驗은 올챙고랭이의 種實을 濾紙上的 petridish와 土壤上的 pot에 의한 두 方式으로 發芽試驗을 遂行했던 결과, 공통적으로 透明 및 黃色 film의 透過光에 의하여 發芽勢와 發芽率이 촉진되었으며, 다음으로 赤色·綠色의 順이었고 靑色 및 黑色에서는 거의 發芽가 透起되지 않는 경향으로 나타났다. 그러나 petridish에서도 黃色보다 透明 film에서 發芽率이 다소 높음으로써 pot-test 에서와 뒤바뀐 결과를 보였고, 특히 전반적인 發芽속도가 petridish 결과에 比하여 늦어지는 차이를 나타내었다. Mercado²⁵⁾는 濾紙와 土壤置床의 發芽試驗에서 濾紙보다 土壤의 경우가 種實의 發芽抑制物質 溶

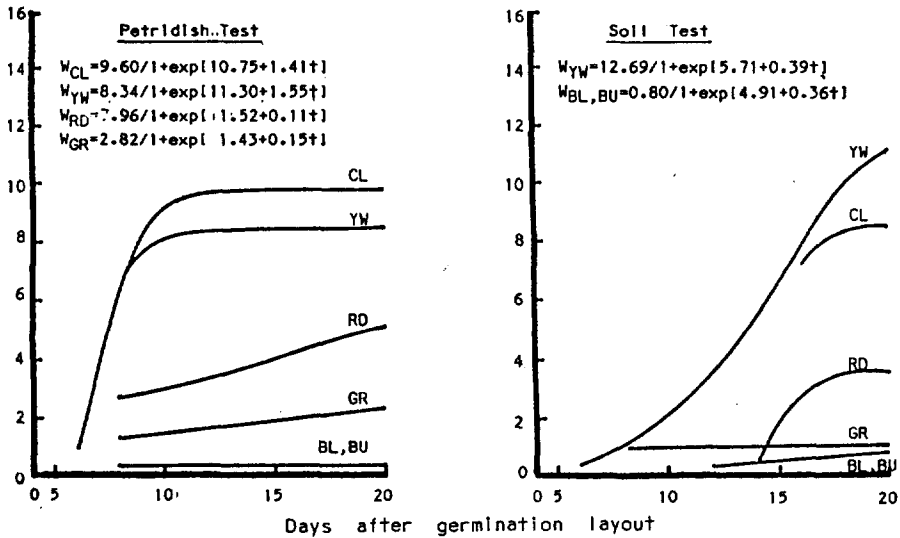


Fig. 7. Comparison of ontodrifting change in number of germinates among 20 seeds between petridish and soil test as affected by different photo-selective materials, CL: Clear, YW: yellow, RD: red, GR: green, BL: black, and BU: blue, respectively.

出量이 크므로 發芽促進이 된다고 하였으나 본 試驗의 材料인 올챙고랭이의 경우는 이와 반대되는 경향을 보임으로써 發芽抑制物質이 아닌 다른 원인에 의하여 發芽與否가 좌우되고 있음을 알 수 있었다. 또한 發芽와 光의 관계는 흔히 phytochrome의 正體로 설명이 되고 있다.³⁾ 즉 植物의 草冠에 의하여 自然光 가운데서 紫色·青色·綠色·赤色은 쉽게 흡수되거나 反射가 되므로 草冠下의 地面에는 赤外線만 透過되어 도달하게 되며⁶⁾ 이를 赤外線光은 Pfr을 Pr로 光轉換(photoconversion)을 시키게 되므로 결국 Pr이 된다. 여기에 赤色光이 照射되면 Pr을 Pfr로 轉換시켜 發芽촉진이 되며, 赤色光에 노출된 경우를 裸地나 作物의 條間에서 발견할 수 있었다고 하였다.^{3,6)} 그러나 이런 설명은 벼의 先占(Head-start)下에서 發生하게 되는 雜草의 경우에 해당이 될 것이며, 本研究은 作物의 立苗에 의한 選別吸收處理 대신에 아예 색깔이 다른 film을 씌워 選別光을 照射해 준 경우로서, 赤色光의 役割보다는 黃色光과 透明 film處理의 役割이 컸던 점에서 다소의 차이를 나타낸다. 즉 草冠下에서는 700~800nm 영역의 비율이 높은 조건이지만⁶⁾ 透明 film 및 黃色 film下의 光下에서는 Pr形態의 保有量이 적으며 따라서 赤色光의 役割보다 黃色 및 透明光의 條件에서 發芽效果가 컸던 것으로 해석이 된다(試驗 3

의 Fig. 1. 參照). 또한 越冬株基部的 出芽에 대한 反應에서는 光質에 관계없이 동일한 出芽속도로 基部當 6~9개의 莖數分화를 일으켰으며, 綠色 및 黑色보다는 透明 및 青色에서 비교적 莖數分화가 많았고 赤色 및 黃色의 中間의인 경향이였다(圖 8).

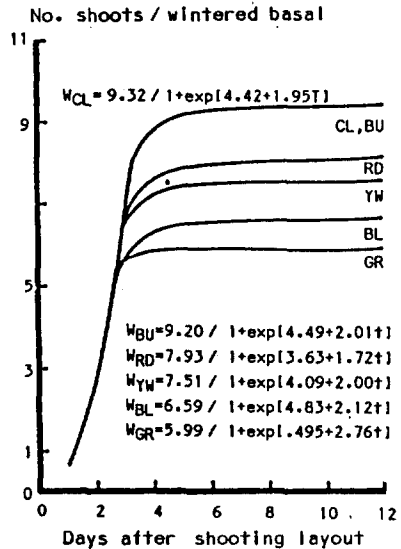


Fig. 8. Ontodrifting change in number of shoots per a wintered basal as affected by different photo-selective materials.

따라서 株基부의 莖數分化는 伸長과 種子發芽의 兩面性을 띤 條件에 促進反應을 나타내는 것으로 판단되었으며, 이 部分에 대해서는 보다 精밀한 試驗이 追後에 이루어질 필요가 있는 것으로 생각된다.

試驗 4. 土壤酸度에 따른 發生量 差異

인위적으로 H_2SO_4 와 $NaOH$ 를 이용하여 土壤의 酸度를 變化시킨 條件下에서 올챙고랭이의 發芽試驗을 실시한 結果 pH 5.7에서 發芽勢와 發芽率이 모두 가장 높았고 다음으로 pH 4.90과 pH 6.52의 條件이었으며 이보다 낮거나 높은 酸度下에서는 發芽率이 떨어지는 傾向이었다.

이와 같은 發芽에의 選好酸度는 올챙고랭이가 일반적인 土壤의 環境에 잘 適應할 수 있다는 점을 간접적으로 나타내며, 특히 올챙고랭이가 酸養分 壓이 낮은 條件에서 發生이 잘 되고,¹⁸⁾ 水生 내지 濕生雜草 特性을 가지며⁴³⁾ 嫌氣條件下에서 出芽率^이 높다¹⁵⁾는 보고들과도 一脈相通인 習性을 인정케 된다.

土壤酸度에 따른 올챙고랭이 種實 및 株基부의 發生量을 資料로 하여 折線回歸分析에 의한 最適酸度 推定을 한 結果 種實과 株基部 모두 pH 5.53인 것으로 나타났다. 다른 要因에 대한 反應과 달리 種實發芽와 株基部 出芽에 最適酸도가 일치한다는 점

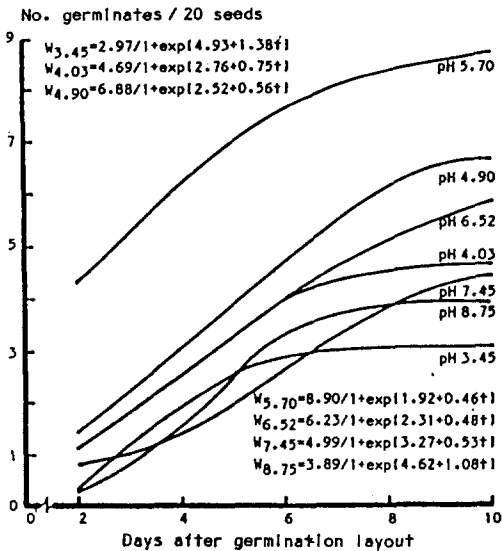


Fig. 9. Ontodrifting change in number of germinates per 10 seeds as affected by different soil acidity.

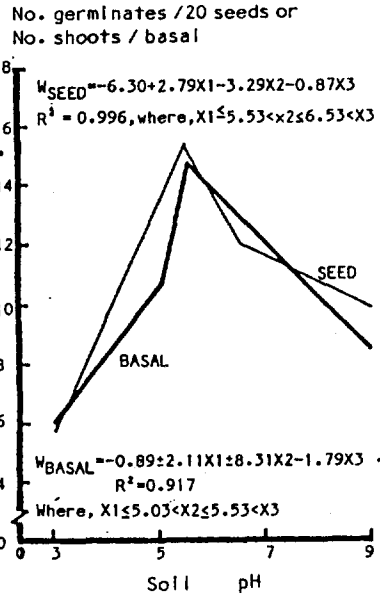


Fig. 10. Comparison of critical point in soil pH on seed germination or basal shooting as affected by different soil pH levels.

은 차후 보다 精密한 實驗을 통하여 生理的인 觀點에서 檢討가 되어야 할 것으로 생각이 된다.

試驗 5. 株基部 重量에 따른 發生量 差異

越冬株基부는 가을에 극히 짧은 根莖이 球狀으로 肥大해서 蜂巢狀으로 구성된 連絡體이다. 따라서 水分條件이 不充分한 狀態에서 發達이 잘 되고, 논보다는 休耕地나 不耕耘畝에서의 올챙고랭이 繁殖原이 되며, 屈取하여 水洗한 株基부의 球狀根莖은 個數에서나 크기에서 상당한 차이를 보였다. 따라서 本試驗에 供試한 株基부의 重量差異는 球狀根莖의 個數나 個當크기에서 複合的으로 차이를 만든 結果로 볼 수 있다.

이들 株基부를 發芽置床하여 莖數分化를 測定한 結果 生體重 1g 前後의 아주 작은 것은 거의 莖數分化가 이루어지지 않았고, 2g 이나 5g 정도로 비교적 아주 작거나 아주 큰 것보다 3~4g 정도의 것이 莖數分化數나 分化速度에서 단연 効果的으로 높았다. 作物의 種子인 경우에는 大粒보다 小粒의 것이 특히 不良環境의 發芽勢나 發芽率에서 效率性을 나타내는 것으로 알려져 있으나³⁾ 本試驗의 경우는 植物의 根莖에 해당하는 株基部이기 때문에 類似性이 있는 것으로 해석할 수는 없을 것이다.

다만 出芽에 적절한 條件이 부여됨에 따라 出芽

No. shoots / basal

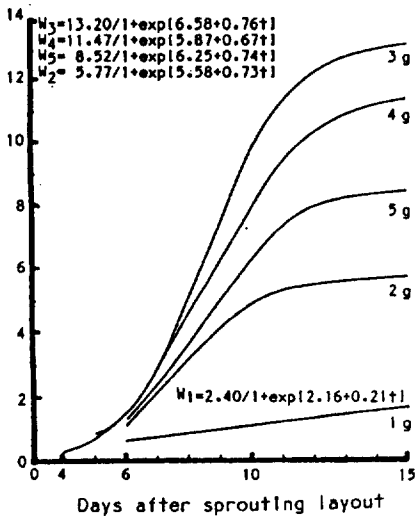


Fig. 11. Ontodrifting change in number of shoots per wintered basal by different size (Weight).

를 위한 代謝活力이 3~4g 정도의 것에서 높았거나, 株基部內的 休眠芽間에 發芽抑制을 위한 頂芽優勢現象 打破가 속도가 너무 크거나 작은 株基部에서 느렸을 것으로 類推해 볼 수가 있을 것이다. Iwasaki 등²³⁾은 올챙고랭이의 株基部가 乾燥에 의하여 生體重減少가 68%에 이르면 枯死하는 것으로 보고한 바 있으며, 實生苗보다는 株基部가 發生周圍環境(예, 低溫) 抵抗性이나 除草劑 抵抗性이 크다고 한 바 있다. 이러한 점으로 미루어 보더라도 올챙고랭이의 株基部가 水分代謝(특히 發芽에 關係하는 加水分解酵素의 役割)나 休眠芽間的 發芽促進 및 抑制에 대한 相互作用力에서 매우 민감한 習性을 갖는 것으로 짐작이 되기 때문이다.

試驗 6. 酸素濃度에 따른 發生量의 差異

본 試驗은 올챙고랭이의 種實에 국한하여 이루어진 것으로서 酸素濃度를 20%, 15%, 10%, 5% 및 0%로 調節함에 따라 發芽進展에 有意的인 差異를 나타내었다(圖 12). 즉 酸素濃度 0~5%에서는 發芽置床 4일 정도로 90%에 가까운 發芽를 完了하는 한편, 15~20%의 酸素濃度에서는 發芽置床 6일까지 75% 前後의 발아를 하는 데 그치고 마는 경향이였으며 10% 濃度로 이들의 中間 정도의 경향을 나타내었다.

올챙고랭이가 올미와 함께 대체로 濕畝 또는 嫌

No. germinates / 20 seeds

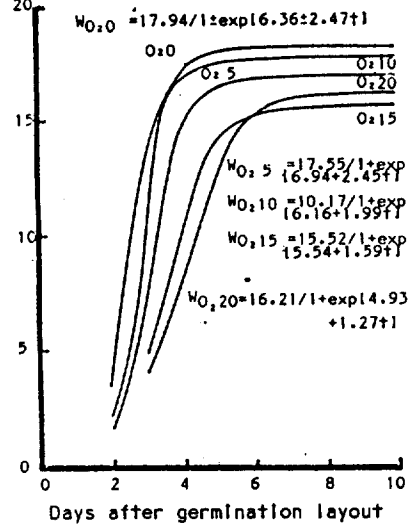


Fig. 12. Ontodrifting change in number of germinates per 20 seeds as affected by different oxygen concentrations.

No. germinates / 20 seeds

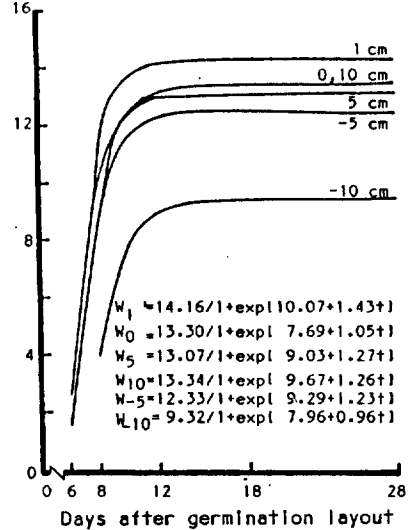


Fig. 13. Ontodrifting change in number of germinates per 20 seeds as affected by different water conditions (water depth:cm).

氣條件에서 잘 發生이 되며^{1, 15, 28)} 酸素分壓이 낮은 條件에서 發芽가 잘 되는 것으로 알려져 있어서¹⁸⁾ 본 研究結果와도 일치된 것으로 해석이 된다. 특히 Kim 등¹⁸⁾은 여뀌·사마귀풀·물피·올미·올챙고랭이 및 물달개비와 같은 일련의 雜草를 供試하여

發芽에 所要되는 酸素要求度를 調査한 결과 올챙고랭이도 물달개비와 함께 大氣狀態의 酸素條件에선 發芽가 불가능할 정도로 酸素分壓을 낮게 要求하며 5% 酸素分壓보다 1%에서 오히려 發芽促進이 되었다고 하였고, 이와 類似한 보고를 Kataoka 등¹⁶⁾도 보고한 바 있어 본 試驗과 差異가 없었다. 이런 점으로 미루어, 올챙고랭이가 酸素分壓이 낮은 嫌氣條件에서 發芽가 促進되며¹⁶⁾ Iwasaki¹⁴⁾가 보고한 바와 같이 嫌氣下에서는 發芽에 光要求性이 없어진다는 일련의 事實은 올챙고랭이가 벼의 立苗나 草冠下에서도 흔히 發生을 잘 할 수 있음을 立證하는 것으로 볼 수 있다. 물달개비와 함께 벼의 最高分蘗期까지도 올챙고랭이의 發生이 持續되는 現象을 흔히 볼 수 있는 이유가 여기에 있는 것으로 해석이 된다.

試驗 7. 水分條件에 따른 發生量의 差異

最近들어 作付方式의 時間的·空間的 多變化가 되면서 雜草種의 遷移現象이 두드러지고 있으며⁴²⁾ 특히 너도방동사니·울방개 및 올챙고랭이를 爲始한 莎草科 雜草의 優占度가 급증하고 있다.²⁾ 또한 벼栽培의 稚苗機械移秧에 따른 水深管理가 淺水管理로, 향시 湛水하던 논에서 자주 落水를 하여 벼 根部의 酸化力을 조장하도록 變遷이 되고 있어서 불관

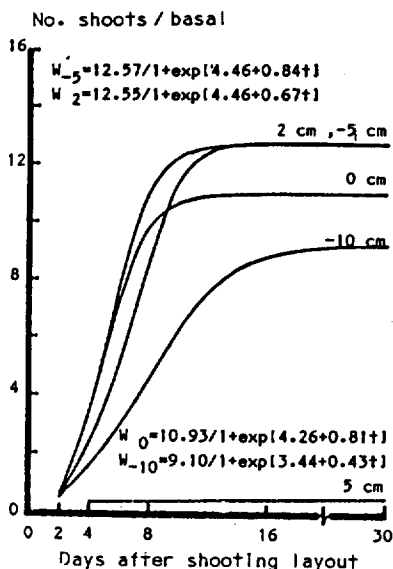


Fig. 14. Ontodrifting change in number of shoots per wintered basals as affected by different water conditions (water depth:cm).

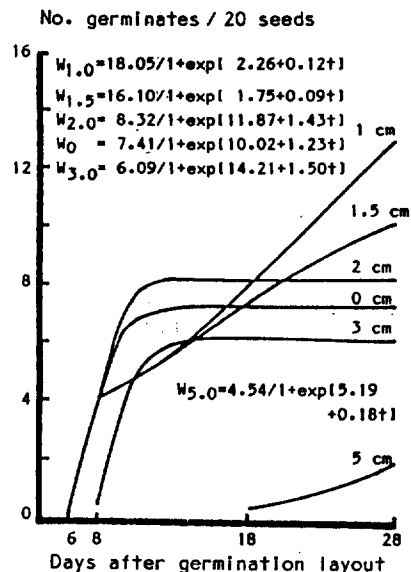


Fig. 15. Ontodrifting change in number of germinates per 20 seeds as affected by different molding depth (cm).

리의 差異가 이들 莎草科雜草 특히 올챙고랭이의 優占化傾向과 연관성이 있음을 類推할 수가 있다. 이미 많은 研究를 통하여 올챙고랭이 種子發芽에는 水深의 영향이 없다거나¹⁴⁾ 湛水深 1cm 전후를 選好한다거나¹¹⁾ 3cm 이상에서 抑制된다¹⁹⁾는 등의 보고가 있으며 보다 구체적인 研究로 올챙고랭이의 最適水分狀態는 最大容水量의 80% 전후이고 70% 이하에서는 發芽가 抑制된다고 제시된 바도 있다.

본 試驗의 경우 올챙고랭이의 種實의 發芽는 1cm 水深에서 가장 促進이 되는 樣相이었고 다음이 -5 (地下水位)~10cm (湛水深)까지의 폭 넓은 水深狀態이었으며 -10cm 水深(地下水位)에서는 發芽가 매우 抑制되는 결과를 나타내었다. 또한 種子發芽는 대부분의 條件下에서 發芽置床후 10일 정도로 完了되는 경향이어서 Ku 등²⁰⁾이 올챙고랭이 發芽속도를 移秧后 6일에 80% 이상이었고 9일만에 거의 100% 完了한다고 보고한 내용과 일치함을 알 수 있었다. 그러나 앞의 여러 보고에 의하여 多樣하게 제시된 最適水分條件 범위에도 불구하고 올챙고랭이의 發芽에 대한 水分影響의 試驗結果는 Ishikura 등¹¹⁾이 제시한 1cm 내외의 어떤 土壤에서도 發芽가 最適이라 한 報告 내용과 가장 잘 일치하였으며, 地下水位 5cm부터 湛水深 10cm까지의 범위내에서는 水分의 影響이 有意的으로 크지 않았던 점에서는

Iwasaki 등¹⁴⁾의 보고와 類似性이 높은 것으로 해석이 되었으나 Kim 등¹⁹⁾이 보고했던 바 3cm 이상의水深에서 거의 發生個體를 볼 수 없었다던 내용과 차이가 있는 것으로 해석이 되었다. 그러나 地下水位 10cm(-5cm水深)에서의 有意인 發芽抑制는 最大容水量 70% 이상에서야 발아가 된다는 Iwasaki¹⁵⁾의 또 다른 보고와 연관해석이 가능한 것으로 보였다.

한편, 越冬株基部의 出芽數에서는 비슷한 樣狀이긴 하였으나水深 5cm에서는 出芽가 되지 않았으며 地下水位 10cm(-10cm수심)에서 出芽가 크게 억제되는 傾向을 보이는 점에서 種子와는 다른 反應이었음을 알 수 있다. Iwasaki¹⁵⁾水深 15cm에서 올챙고랭이 種實의 96% 發芽率을 보였으나 越冬株基部는 전혀 불가능하다고 하였다.

試驗 8. 覆土深에 따른 發芽量의 差異

논에서 올챙고랭이 種子의 發芽深度나 株基部의 出芽深度는 耕耘·整地 및 機械移秧의 作業에 의하여 變動될 수가 있다. 또한 이들 發生深度에 따라 手取·除草劑 및 土壤處理型 除草劑의 處理效果와 직접적인 연관이 된다는 점에서 연구의 重要性이 인정된다.

본 試驗의 種子發芽試驗 結果에서는 發芽速度나 覆土深間에 다소의 이해하기 어려운 경향이 있어서

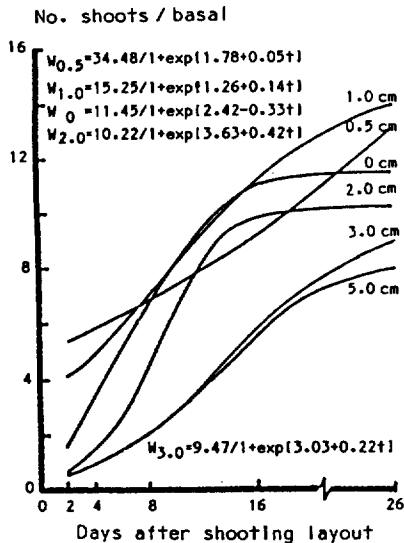


Fig. 16. Ontodrifting change in number of shoots per wintered basal as affected by different molding depths (cm).

試驗誤差를 인정케 하였으나 대체로 보아 5cm 정도의 覆土에서는 거의 發芽가 불가능하였고, 1cm, 1.5cm에서 가장 良好하였으며 2cm, 0cm 및 3cm 覆土深 순서로 發芽가 떨어지는 樣相이었다. 같은 試驗을 통하여 Ishikura 등¹¹⁾은 2cm를, Kim 등¹⁹⁾은 3cm 이내를, 新潟縣農試²⁹⁾에서는 0~1.2cm를 올챙고랭이의 發芽深度로 보았으며 본 研究結果와 큰 相俚性은 없는 것으로 보였다. 본 試驗의 경우 실제 覆土 두께는 灌水處理에 의하여 處理數値보다 다소 낮아졌을 것으로 해석되기 때문이다. Schafer 등³³⁾은 覆土深이 깊어지더라도 種子의 發芽自體는 가능하며 다만 地表面까지의 도달과정에서 사멸되는 경우가 많다고 하였으며 이런 과정의 구체적인 研究는 地表面 도달과정을 추적할 수 있는 특수장치를 이용하여 차후에 이루어져야 할 것으로 생각된다.

한편, 株基部出芽에 대한 覆土深度反應은 Iwasaki⁷⁾의 研究 結果에 따르면, 올챙고랭이가 고랭이 (*S. juncoides* var. *hotarui*)보다는 耐性이고 수원고랭이 (*S. wallichii*)보다는 感受性이라 하였고, 올챙고랭이는 覆土深 4cm까지만 株基部의 出芽가 가능하다고 하였다. 그러나 본 試驗에서도 3~5cm 覆土에서 出芽數가 有意의로 적었고 0.5~1.0cm에서 가장 効率的이었으며 0cm나 2cm에서는 이보다는 다소 떨어지는데 그 이유는 置床 12日 이후의 後期分化力이 鈍化되는 데 있는 것으로 해석이 되었다. 따라서 본 試驗의 경우 4cm 이상의 깊이인 5cm에서도 出芽가 되었음은 前者 種實의 경우에서도 설명하였듯이, 灌水處理에 의하여 특히 5cm 覆土深에서는 실제 覆土 깊이가 훨씬 낮아졌을 가능성에 기인하는 것으로 추측이 된다. 즉 실제의 논條件에서는 올챙고랭이 株基部에 2cm 이상의 覆土가 될 경우(2cm 깊이 이하에 株基部가 埋沒될 경우), 現實的으로 出芽가 불가능할 것으로 예상되며, 이에 따라서 논에서의 올챙고랭이 發生은, 畝面의 耕耘·整地作業이 遂行되는 한, 種子에 기인하며 株基部에 의한 問題는 거의 없을 것으로 예상이 된다.

摘 要

올챙고랭이의 種實과 越冬株基部의 發芽(出芽) 習性을 把握하기 위하여 圃場條件과 生長床, 恒溫器에서 petridish와 pot를 이용한 일련의 環境要因處理反應을 조사하였으나 環境要因 處理는 溫度 7處

理, 光有無 및 光量 5 處理, 遮光條件 5 처리, 光質 (spectrum) 6 處理, 土壤酸度 7 處理, 株基部重量 5 種, 酸素濃度 5 處理, 水分條件 6 處理 및 複土深 6 處理를 하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 溫度條件

(1) 種實發芽適溫은 25~35℃이었고 20℃에서도 10% 前後의 發芽가 가능하였다.

(2) 株基부의 出芽適溫은 持續性 위주로 볼 때 20~25℃, 出芽數위주에서는 20~30℃로 판단되었다.

2. 光量(有無 및 照度差)

(1) 暗條件에서의 種子發芽 10%에 比하여 光條件에서는 50%의 차이를 보였다.

(2) 2~11 K Lux의 光度범위에서 光度가 높을수록 發芽는 향상되었으나 光度間 有意差는 인정되지 않았다.

(3) 野外寒冷絲處理에 의한 株基부의 遮光反應은 0~45%의 遮光보다 95% 遮光에서 出芽率이 높았다.

3. 光質(spectrum)

(1) petridish pot 試驗方法間에 量的 差異는 있었으나 共通的으로 透明 및 黃色 film 透過光하에서 種實發芽가 促進되었다.

(2) 株基부의 出芽는 透明 및 青色 film 透過光이 赤色이나 黃色透過光보다 效果的이었다.

4. 土壤酸度

(1) 種實 및 越冬株基部 모두 土壤酸度 5.53에서 가장 發生率이 높았고 그 이상이나 그 이하 條件으로 될수록 減少傾向이었다.

5. 株基部 重量

(1) 生體重 1g 전후의 것은 거의 莖數分化가 안되었고, 2g이나 5g 정도의 것보다 3~4g 정도의 株基部가 莖數分化數나 分化速度에서 有意的으로 効果的이었다.

6. 酸素濃度

(1) 酸素濃度 0~5%에서 種子發芽는 90%로 가장 높고 빨랐으며 15~20%에서는 75%로 낮고 늦어지는 경향이었다.

7. 水分條件

(1) 種實發芽는 1cm 水深에서 가장 促進되었고 다음으로는 -5~10cm의 범위로서 비슷한 정도였으며 -10cm 水深(地下水位 10cm)에서는 發芽가 抑制되는 경향이었다.

(2) 越冬株基部는 種子보다 낮은 水深 및 깊은 地下水位 條件에서 出芽가 잘 되는 경향이었다.

8. 覆土深

(1) 種實發芽는 1~1.5cm 覆土에서 가장 양호하였고 5cm에서는 거의 不可能하였다.

(2) 株基부의 出芽는 0.5~1.0cm 覆土深에서 가장 양호하였고 3~5cm 覆土深에서는 有意的으로 減少하는 경향이었다.

引用文獻

1. 荒井正雄·宮原益次·橫森秀文. 1955. 耕地雜草의 生態에 關する 研究, IV. 耕地雜草의 土壤水濕適應性による 分類型について, 關東東山農試研報 81 : 56-62.
2. Guh, J. O. and S. L. Kwon. 1981. Emergence and growth of weeds in paddy field as affected by cropping pattern. Kor. J. Weed Sci. 1-1: 30-43.
3. 具慈玉·權容雄. 1986. 雜草生態學(植生管理編), 大光文化社 pp. 298.
4. Harada, J., H. Manabe and T. Tanaka. 1978. Effects of light quality on the characters and life of rice leaf blades. Jap. J. Crop. Sci. 47 (Extra issue 1): 177-178.
5. Harper, J. L. 1977. The population biology of plants. AP Press, London.
6. Holmes, M. G. and H. Smith. 1975. The function of phytochrome in plants growing in the natural environment, Nature 254: 512-514.
7. 稻田勝美. 1984. 光と植物生育(光選擇利用の基礎と應用) 養賢堂. 東京 pp. 89-172.
8. Isely, D. 1974. Cornell Univ. Agri. Exp. Station, Memoir 275: 1-28.
9. Ishikura, N. and Y. Soga. 1978. Studies on the ecology and control of perennial weed, *Scirpus* in paddy field, I. Seed ripening of *Scirpus juncooides* Roxb. var. *ohwianus* T. Koyama and changes in germinability with the seed ripening, Weed Res. (Jap.) 23: 19-23.
10. Ishikura, N. and Y. oga. 1979. Studies on the ecology and control of perennial weed, *Scirpus* in paddy field, II. Effects of temperature and light during the stratified period on the dormancy-awakening of seeds of *Scirpus juncooides* Roxb. var. *ohwianus* T. Koyama. Weed Res.

- (Jap.) 24-1:28-32.
11. Ishikura, N. and Y. Soga. 1982. Studies on the ecology and control of perennial weed, *Scirpus* in paddy field, III. Germination and emergence of buried seeds of *Scirpus juncooides* Roxb. var. *ohwianus* T. Koyama. Weed Res. (Jap.) 27-4: 278-282.
 12. 岩崎桂三・荻本宏. 1980. ホタルイ, イタホタルイおよびタイワンヤマイ出芽性, 雑草研究(日) 25(別): 9-10.
 13. Iwasaki, K., Watajima, T. and Hagimoto, H. 1981. Wintering abilities of three *Scirpus* Taxa, and their control. Weed Res. (Jap.) 26-2: 104-110.
 14. Iwasaki, K. 1983. Ecology of paddy-field *Scirpus* weeds, so-called "Hotarui" and their control. Weed Res. (Jap.) 28: 163-171.
 15. Iwasaki, K. 1985. Physiological and ecological studies on the control of paddy field *Scirpus* weeds, so-called "Hotarui". Weed Res. (Jap.) 30: 93-106.
 16. Kataoka, T. and S. Y. Kim. 1978. Oxygen requirement for seed germination of several weeds. Weed Res. (Jap.) 23: 9-12.
 17. Kheradnam, M. and A. Bassiri. 1980. Seed germination and seedling growth inhibition caused by safflower seed extracts. Agron. J. 72: 31-35.
 18. Kim, S. Y. and T. Kataoka. 1978. Oxygen requirement for germination of weed seeds. Kor. J. Soc. Crop Sci. 23-2: 145-149.
 19. Kim, S. Y., S. G. song and B. G. Kim. 1985. Emergence and ecology of the *Scirpus hotarui* and *Aneilema japonica* on paddy field. Kor. J. Weed Sci. 5-2: 109-113.
 20. Ku, Y. C., S. H. Yun and S. H. Park. 1985. Difference in weed population as affected by a cropping pattern in paddy field. Kor. J. Weed Sci. 5-2: 137-142.
 21. Kwak, S. S. and K. U. Kim. 1985. Effects of major phenolic acids identified from barley residues on the germination of paddy weeds. Kor. J. Weed Sci. 4-1: 39-51.
 22. Kwon, S. T. and K. U. Kim. 1985. Effect of phenolic compounds identified from crop residues (wheat. rye) on the germination and growth of various weeds. Kor. J. Weed Sci. 5-2: 121-130.
 23. Lee, H. K. and J. O. Guh. 1982. Study on competition ecology of a perennial weed, *Sagittaria pygmaea* Miquel. in paddy field. Kor. J. Weed Sci. 2-2: 114-121.
 24. Luu, K. T., A. G. Matches, and E. J. Peters. 1982. Allelopathic effects of tall fescue on birdsfoot trefoil as influenced by N fertilization and seasonal changes. Agron. J. 74: 805-808.
 25. Mercado, B. L. 1979. Introduction to Weed Science. SEARCA, Laguna, Philippines.
 26. Miyahara, M. 1972. Physiological and ecological studies on dormancy of the seeds of *Echinochloa crusgalli* Beauv. var. *oryzicola* ohwi, a paddy field weed. J. Cent. Agri. Exp. Station 16: 1-62.
 27. Morinaga, T. 1974. The favorable effect of reduced oxygen supply upon the germination of certain seed. Amer. J. Bot. 13-2: 161-210.
 28. 中島庸三. 1928. 水生植物, 種子發芽に関する研究. 植雜(日) 42: 576-491.
 29. 新潟縣農業試験場 佐渡支場. 1972. ホタルイの生態および被害. 昭和40年度 水稻栽培試験成績書: 54-57.
 30. 西尾小作・鈴木基夫・宇田昌義. 1980. 野藥試栽培年報 7: 287~291.
 31. Peters, E. J. and A. H. B. Mohammed Zam. 1981. Allelopathic effects of tall fescue genotypes. Agron. J. 73: 56-58.
 32. 坂本眞一・江藤博文・梅木佳良・村社久米夫・梶本明. 1982. 水田雜草「ホタルイ」の生態と防除. 宮崎縣總合農試研究報告 16: 53-70.
 33. Schafer, D. E. and D. O. Chilcote. 1970. Factors influencing persistence and depletion in buried seed populations, II. The effect of soil temperatures and moisture. Crop Sci. 10: 342-345.
 34. 嶋田鏡. 1966. 草地植物種子の發芽と光. 日本雜防講演要旨 6: 16.
 35. Suzuki, M. and T. Suto. 1975. Emergence of weed in paddy fields, I. Relation between

- temperature and emergence. *Weed Res. (Jap.)* 20: 105-108.
36. Villers, T. A. 1974. Seed aging: Chromosome stability and extended viability of seeds stored fully imbibed. *Plant physiol.* 53: 875-878.
37. Warren, E. Shafer and S. A. Garrison. 1986. Allelopathic effects of soil incorporated asparagus roots on lettuce, tomato, and asparagus seedling emergence. *Hort. Sci.* 21-1: 82-84.
38. Watanabe, Y. 1977. Ecological studies on the germination and emergence of annual weeds, VI. Effect of light on the germination of seeds wintered in soil. *Weed Res. (Jap.)* 22: 24-83.
39. 渡邊寛明・宮原益次. 1985. 水稲畦間および裸地におけるイヌホタルイの種子生産量. *雑草研究* (日) 30 (別): 57~58.
40. 渡邊寛明・宮原益次. 1986. イヌホタルイの土中生存状態. *雑草研究*(日) 31 (別): 175-176.
41. Wesson, G., and P. F. Wareing 1969. The induction of light sensitivity in weed seeds by burial. *J. Exp. Bot.* 20: 413-425.
42. Yamagishi, A. et al. 1976. Studies on the control of perennial weeds in paddy fields, VII. Competition between *Cyperus serotinus* Rottb. and rice. *Bull. Chibaken Agri. Exp. Station* 17: 1-20.
43. Yamagishi, A. 1983. *Cyperus serotinus* Rottb., on its physiological and ecological characteristics and control measures. *Weed Res. (Jap.)* 28: 243-259.