

園藝耕作地에서의 雜草發生 特性에 關한 研究

II. 溫度 및 水分環境과 雜草發生의 變動

禹仁植* · 卞鍾英**

Characterization of Weed Occurrence in Major Horticultural Crops.

II. Effects of Temperature and Moisture on Germination and Emergence of Weeds

Woo I.S.* and J.Y.Pyon**

ABSTRACT

1) Optimum temperature was 15°C for *C. bursa-pastoris*, 20°C for *C. album*, 30°C for *P. oleracea*, *A. lividus*, *E. crusgalli*, *D. sanguinalis*, and 40°C for *A. retroflexus*, and *C. album* and *A. retroflexus* showed wide range of germination temperature.

2) Emergence of *C. bursa-pastoris*, and *C. album* was best at 14.8°C of soil temperature, *E. crusgalli* at 23°C, *E. indica*, *A. lividus* and *P. oleracea* at 27.1°C and *A. retroflexus* and *D. sanguinalis* at 31.1°C.

3) *A. retroflexus* and *P. oleracea* started to germinate at 30% water absorption stage and *A. lividus*, *C. album*, *S. viridis*, and *D. sanguinalis* at 40% and *E. indica* at 70%.

4) Germination of weed species was decreased as PEG 6000 induced osmotic potential lowered. *C. album*, *P. oleracea*, *D. sanguinalis*, *A. lividus*, and *Solanum nigrum* were germinated at -5.0 bar osmotic potential and *C. album* and *P. oleracea* were germinated at -7.0 bar.

緒 言

一般的으로 作物種子是 覆土를 하기 때문에 發生에 水分條件이 安定되어 있으나 雜草種子是 發生深度가 비교적 낮으므로 土壤水分의 差異에 의해 發生이 不均一하며 또한 溫度는 雜草種類마다 發芽最適溫度가 있어 그 以下나 그 以上の 溫度에서는 發芽率이 低下하며 溫度와 水分이 아주 낮거나 적으면 2次休眠인 環境休眠으로 돌입하게 되어 種族維持의 한 手段으로 하고 있다.

또한 우리나라에서 밭은 논으로 이용할 수 없는 나쁜 條件의 耕地로서 水分供給은 거의 降雨에 의하며 특히 傾斜地에 많이 分布하는 果樹園에서는 降

雨が 있는 후에 自流水로서 流水되므로서 가뭄의 해를 더욱 받기 쉬우므로 草生栽培, 帶象草生栽培 등을 택하고 있다.

施設栽培에서는 土壤水分의 均일한 維持 및 溫度上昇의 좋은 條件을 만들어 준다. 그러므로 앞으로는 밭에서도 灌水體系를 確立하는 것이 시급하다. 이와 같은 건지에서 雜草種子の 發生相을 알기 위해서는 雜草種子の 發生과 溫度, 水分과의 關係를 究明해야 하며 이를 究明하여 雜草防除의 基礎資料로 삼고자 한다.

材料 및 方法

供試 草種의 種子是 1986年 가을에 一般農家 圃

*忠南農村振興院 Chungnam Office of Rural Development Administration

**忠南大學校 農科大學 Chungnam Nat'l. Univ. Coll. of Agric.

Table 1. List of weed species tested.

Weed species	Life form	1,000 grain Wt. (g)	Weed species	Life form	1,000 grain Wt. (g)
<i>E. indica</i>	annual	0.52	<i>A. lividus</i>	annual	0.53
<i>E. crus-galli</i>	annual	1.59	<i>C. album</i>	annual	0.42
<i>S. viridis</i>	annual	3.05	<i>S. nigrum</i>	annual	0.72
<i>D. sanguinalis</i>	annual	0.80	<i>P. oleracea</i>	annual	0.11
<i>A. retroflexus</i>	annual	0.44	<i>C. bursa-pastoris</i>	annual	0.12

場에서 採種하여 休眠打破를 하기 위하여 1個月間 5℃에 低溫處理한 다음 使用하였다. 發芽試驗은 Petri dish를 使用했으며, 出芽試驗에 供試한 土壤은 粘土含量 20%, 酸度 5.5, 有機物 2% 含有하고 있었으며 120℃에서 6時間 살균하여 使用하였고 發芽와 出芽試驗에 使用한 供試草種은 表 1과 같다.

1. 溫度 環境과 主要 雜草의 發生

가) 溫度에 따른 草種別 發芽

0.4% agar 培地를 使用하여 15, 20, 25, 30, 35, 40℃의 恒溫에서 光條件下에 雜草種子를 100粒씩 2反復으로 播種하였고, 播種 7日 後에 發芽數를 調査했다.

나) 土壤 溫度가 雜草의 出芽에 미치는 영향

土壤溫度 구배 장치(日本大起)를 使用하여 10.0 ± 0.5, 14.8 ± 0.4℃, 19.0 ± 1.0℃, 23.5 ± 1.0℃, 27.1 ± 0.9℃, 31.1 ± 0.9℃의 6개 土壤溫度로 調節했으며 雜草 種子를 50粒씩 3反復으로 播種하였고 1日 2回씩 充分히 灌水하였으며 播種 21日 後에 出芽數를 調査했다.

2. 水分 環境과 主要 雜草의 發生

가) 水分이 雜草 種子的 發芽에 미치는 영향

雜草 種子的 水分 吸收 關係를 알기 위하여 草種別로 소정량을 평량하여 恒溫機內에서 Petri dish에 여과지 3장을 깔고 물 20ml을 넣어 時間別로 生體重과 乾物重(90℃ 건조기 內에서 24時間 건조시킴)을 調査하여 種子 生體重에서 種子 乾物重을 제외한 것을 種子 水分 含量으로 보고 種子 水分 含量 / 種子 生體重 × 100으로 種子的 水分 吸收指數를 계산하였다. 또한 種子的 水分 缺乏 條件이 雜草 種子的 發芽에 미치는 影響을 調査하기 위하여 PEG-6000을 使用하여 水分포텐셜을 -1, -3, -5, -7 bar로 調整한 용액을 직경 9cm Petri dish에 넣

고 각각 雜草 種子를 치상하여 播種 7日 後에 發芽數를 調査하였다.

나) 土壤 水分 含量과 雜草의 出芽

1/5000 a 포트에 살균된 흙을 채운 다음 灌水直後, 灌水後 2日, 4日, 6日 後에, 土壤水分 條件이 다른 狀態에서 雜草種子를 表面下 1cm 層에 播種했으며 灌水는 底面 灌수를 했고 降雨時에는 비를 차단하여 주었다. 播種當時의 土壤水分 調査는 表面에서부터 1cm 위치에 Gypsum block을 設置하여 氣溫露點差 測定法에 依하여 dewpoint micro-voltmeter(Wescor Model HR-33)를 使用하여 土壤의 水分포텐셜을 測定하였다. 雜草 種子是 각각 50粒씩 3反復으로 播種하여 播種後 15日에 出芽數를 調査하였다.

結果 및 考察

1. 溫度 環境과 主要 雜草의 發生

가) 溫度에 따른 草種別 發芽

主要 草種에 대한 溫度의 影響은 表 2에 나타나 바와 같이 냉이는 15℃, 명아주는 20℃, 쇠비름, 개비름, 피, 바랭이는 30℃, 털비름은 40℃에서 가장 높은 發芽率을 보였다.

이들 草種中 가장 낮은 溫度에서 發芽하는 草種은 냉이었으며 가장 높은 溫度에서 發芽率이 좋았던 草種은 털비름이었고 發芽가 낮았던 草種은 왕바랭이, 냉이, 명아주로 10% 미만이었다. 또한 發芽溫度範圍를 보면 털비름, 쇠비름, 명아주가 넓었으며 냉이가 가장 좁았다.

Lauer⁹⁾에 의하면 털비름의 發芽 最高溫度는 40℃ 以上, 最低溫度는 7℃ 以下, 最適溫度는 35~40℃였다고 하였고 Everson²⁾은 털비름의 最適溫度는 35℃ 恒溫이었다고 하였다. 또 명아주의 發芽 最低溫度는 2~5℃, 最高溫度 35℃ 以上, 最適溫度 20℃였다고 하였고⁸⁾ 野口¹⁴⁾는 25℃

Table 2. Effect of temperature on germination of weed seeds 9 days after treatment.

Weed species	Temperature(°C)						Temp. range (°C)
	15	20	25	30	35	40	
<i>E. crus-galli</i>	0.0b	33.5ab	42.5a	50.0a	26.0ab	26.0ab	20-40
<i>D. sanguinalis</i>	0.0c	24.0b	42.5a	46.5a	45.5a	28.5b	20-40
<i>A. retroflexus</i>	2.0c	11.5b	44.5a	44.0a	42.5a	45.5a	15-40
<i>A. lividus</i>	0.0b	27.0a	41.0a	43.0a	38.0a	0.5b	20-40
<i>C. album</i>	0.5bc	4.5a	3.0ab	2.5abc	0.0c	0.5bc	15-40
<i>P. oleracea</i>	1.5d	14.0c	42.5a	41.5ab	30.5b	36.5ab	15-40
<i>C. bursa-pastoris</i>	2.0a	1.5ab	0.5bc	0.5bc	0.0c	0.0c	15-30

* Means within row followed by same letters are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

以上이라고 報告하였다. 한편 바랭이에서는 光이 있는 곳에서 20~30°C가 發芽에 가장 좋았다고 하였으며²²⁾, Lauer⁹⁾는 發芽 最低 溫度 20°C 以下, 最高 溫度 40°C 以上, 最適 溫度 30~35°C라고 報告하였다. Arai 와 Miyahara¹⁾는 피의 發芽 最低 溫度가 10~15°C, 最高 溫度 45°C, 最適 溫度 30~35°C라고 하였고 쇠비름에서 Povilaitis¹⁷⁾는 發芽適溫이 30°C 恒溫, 野口¹⁴⁾은 發芽 最適 溫度를 20°C 以上이라고 하였으며 강아지풀에서 Martin¹²⁾은 35°C에서 種皮를 벗긴 種子는 68~74%로 높았다고 하였고 Lauer⁹⁾는 發芽適溫은 20~30°C 사이에 있다고 報告하였는데, 이는 本 試驗 結果와 같은 傾向을 보였다. 그러나 Kolk⁷⁾는 명아주에서 變溫이 恒溫보다 發芽率이 좋았다고 하였으며 Toole 과 Toole²²⁾에 의하면 왕바랭이도 25~35°C, 25~40°C의 變溫이 좋았다고 하였고 Fulwider 와 Engle^{3,4)}도 20~30°C의 變溫이 發芽率을 90% 이상 높일 수 있다고 報告하여 發芽에 여러가지 要因이 關여한다는 것을 알 수 있었다.

나) 土壤 溫度가 雜草의 出芽에 미치는 영향
土壤溫度와 出芽와의 關係는 表 3에서 나타낸 것

과 같이 왕바랭이는 土壤溫度가 높을수록 出芽率이 높아 27.1°C에서 36.0%, 냉이는 14.8°C에서 出芽率이 높았으며 바랭이는 溫度가 높을수록 出芽率이 높아 31.1°C에서 가장 높은 出芽率을 보였다. 털비름, 쇠비름, 개비름은 27.1°C까지 溫度가 높을수록 出芽率이 높아지는 傾向이었다. 명아주는 14.8°C, 피는 14.8~23.5°C에서 높은 出芽率을 보였다. 出芽溫度範圍는 냉이를 제외하고 供試草種 모두에서 넓었다.

野口¹⁴⁾는 명아주는 出芽處理溫度가 7°C에서 21日後에 10% 前後의 出芽率을 보였고 最適溫度는 25°C 以上, 바랭이는 出芽 最低 溫度는 13°C, 最適 溫度 25°C 以上이라고 하였으며 쇠비름은 出芽 最低 溫度가 11.5°C로 21日後에 出芽率은 10% 以下였다고 報告하여 本 試驗 結果와 유사했으나 명아주에서는 다른 傾向으로 14.8°C에서 가장 높은 出芽率을 보였다.

앞으로 主要 草種 및 問題雜草로 예상되는 草種에 대하여 우리나라 環境條件에서의 發芽適溫 및 生長量 등을 검토할 필요가 있다.

Table 3. Effect of soil temperature on emergence of weed species 21 days after treatment.

Weed species	Soil temperature(°C)						Temp. range (°C)
	10.0	14.8	19.0	23.5	27.1	31.1	
<i>E. indica</i>	1.3b	21.3a	22.0a	22.0a	36.0a	30.7a	10-31.1
<i>E. crus-galli</i>	30.7a	56.7a	44.0a	58.0a	37.3a	47.3a	10-31.1
<i>D. sanguinalis</i>	6.7b	14.0ab	26.0ab	27.3ab	28.7ab	32.0a	10-31.1
<i>A. retroflexus</i>	3.3d	25.3c	50.7b	56.0b	76.7a	82.0a	10-31.1
<i>A. lividus</i>	13.3c	39.3b	68.7a	74.7a	86.7a	80.7a	10-31.1
<i>C. album</i>	10.0ab	12.7a	6.0ab	6.0ab	4.7b	4.0b	10-31.1
<i>P. oleracea</i>	8.0b	37.3a	55.3a	54.0a	56.7a	32.7ab	1-31.1
<i>C. bursa-pastoris</i>	2.0bc	11.3a	9.3ab	8.7abc	0.0c	0.0c	10-23.5

* Means within row followed by same letters are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

2. 水分環境과 主要 雜草의 發生

가) 水分이 雜草種子의 發芽에 미치는 영향

雜草種子에서 水分吸收 樣相을 보기 위하여 試驗을 수행한 結果 그림 1에서 보는 바와 같이 왕바랭이는 52%의 水分을 吸收해야 發芽가 되었으며 水分吸收時間은 16時間이었고 냉이, 털비름, 개비름, 쇠비름, 명아주, 피는 31~48%의 水分을 吸收해야 하는데 吸收所要時間은 8時間이었으며 냉이는 72%, 바랭이는 41%의 水分을 吸收하며 所要時間은 4時間으로 供試草種 중에서 가장 짧았고 강아지풀은 44%, 水分吸收時間은 24時間으로 가장 길었다.

Takahashi¹⁹⁾는 벼 種子에서 40% 前後의 水分을 吸收하며 72時間이 所要된다고 報告하였다.

또한 作物의 種類, 溫度 등에 의해 吸收量과 吸收時間이 다른데 30% 前後 水分吸收 草種은 털비름, 쇠비름, 40% 前後 草種은 개비름, 명아주, 강아지풀, 바랭이, 50% 前後 草種은 왕바랭이, 피, 70% 以上인 草種은 냉이었다.

또한 所定의 水分吸收에 所要되는 時間別로 分類해 보면 4時間으로 짧은 草種은 냉이, 바랭이였고

8時間으로 중간인 草種은 털비름, 개비름, 쇠비름, 명아주, 피, 24時間으로 가장 길었던 草種은 강아지풀이었다.

PEG-6000(Polyethylene glycol 6000)을 供試하여 水分缺乏을 誘發시킨 狀態에서 雜草種子의 發芽를 나타낸 것이 表 4이다.

Polyethylene glycol과 mannitol은 植物에서 水分缺乏을 誘發하는데 매우 유용하다.^{11,13,18)} 本實驗에서 PEG 6000으로 滲透포텐셜을 調節하여 雜草種子의 發芽에 미치는 영향을 調査한 結果 모든 供試草種은 滲透포텐셜이 낮아짐에 따라 즉 水分缺乏 狀態가 甚하여짐에 따라 털비름은 -3 bar 以下에서, 강아지풀은 -5 bar 以下에서 發芽되었고 피, 냉이, 개비름, 쇠비름, 명아주, 바랭이는 -7 bar 에서도 發芽가 되어 비교적 土壤水分이 不足한 狀態에서도 發芽가 될 수 있을 것으로 생각된다. Thomson과 Witt²¹⁾는 PEG 6000으로 誘發시킨 水分缺乏條件에서 *Physalis virginiana*와 *Solanum ptycanthum*의 發芽는 현저히 低下되었고 Pyon¹⁸⁾ 등도 牧野雜草 *Trichachne insularis*는 牧草種子에 비하여 水分缺乏狀態에서 發芽 및 出芽가 양호하여 乾燥地에

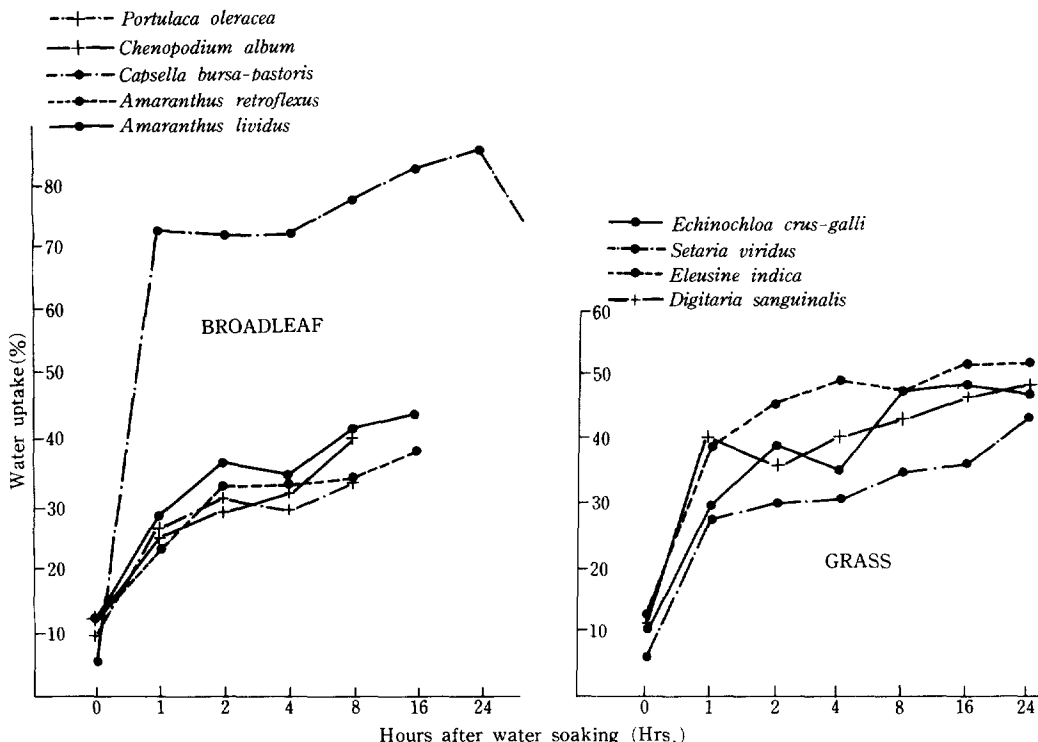


Fig. 1. Change in water uptake of seeds by weed species.

Table 4. Effect of water stress simulated by polyethylene glycol 6000 on germination of weed seeds 7 days after treatment.

Osmotic potential (bar)	Weed species							
	E. crus.	S. vir.	D. san.	A. ret.	A. liv.	C. odi.	P. ole.	C. bur.
-1	87	96	72	36	62	83	63	100
-3	84	86	64	15	32	72	37	50
-5	9	12	41	0	11	42	27	10
-7	0	0	3	0	1	19	12	10
0 ²	(34.0)	(46.0)	(19.5)	(30.5)	(46.0)	(32.0)	(20.5)	(5.0)

²: Percentage of germination at 7 days after treatment.

서 적응력이 높다고 하였다. 山本와 大庭²³⁾은 여뀌類는 바랭이, 왕바랭이보다 土壤水分에 대해서 둔감했다고 報告했고 Hadas⁵⁾는 PEG 6000과 2000을 이용한 滲透壓의 용액중에서 수수와 Chick pea(*Cicer arietinum*)를 發芽시켰을 때 發芽가 늦어지는 것을 보고 이 方法이 乾燥土壤條件下에서 圃場發芽狀態를 예측할 수 있다고 하였다.

本試驗 結果에서 보면 乾燥條件의 土壤에서 명아주, 쇠비름, 바랭이, 개비름 순서로 出芽力이 강하고 왕바랭이, 털비름 등은 약할 것으로 推定된다.

Lonchamp와 Barralis¹⁰⁾는 *A. Myosuroides* 에서 PEG 6000을 使用해 -10 bar 에서 12% 發芽했고 *M. perforata*는 -5 bar 에서 10%, -10 bar에서는 전혀 發芽하지 않았다고 했고 野口¹⁵⁾는 명아주의 경우 구르코스 2 mol 에서 비교적 發芽率이 低下되지 않았지만 바랭이, 방동사니는 현저히 낮아졌으며 4 mol 에서는 바랭이, 방동사니는 전혀 發芽하지 않았으며 0.6~0.8 mol 에서는 여뀌가 1本 發芽했다고 報告하였다.

나) 土壤水分含量과 雜草의 出芽

土壤水分含量과 雜草種子의 出芽率을 보면 -0.3

bar에서 播種한 경우 모든 供試雜草는 出芽率이 가장 높았으며 灌水 2日後 -1.0 bar 播種에서 16.0~62.0%로 낮아졌으며 灌水 4日後 -3.0 bar 播種의 경우 3.3~34.0%로 급격히 낮아졌고 灌水 6日後 -5.0 bar 播種에서는 쇠비름, 개비름, 피, 털비름, 강아지풀 이외의 草種은 出芽하지 않았으며 쇠비름에서 가장 높은 出芽率을 보였다(表 4).

野口¹⁵⁾는 圃場에 있어서 作物種子是 一般的으로 覆土하기 때문에 水分條件이 安定하나 雜草種子是 얕게 위치하기 때문에 상당히 不安定한 條件에 있어 밭에서 雜草發生이 不均一한 原因중의 하나라고 하였으며 高林과 中山²⁰⁾는 雜草種子의 發生深度는 一般的으로 낮고 0~1 cm 層에서 發生이 가장 많았다고 하였고 岡本 等¹⁶⁾은 土壤水分含量에 대해서 出芽에 差異가 생기게 하는 原因은 큰 種子가 水分吸收를 많이 하기 때문이라고 報告하였다.

雜草種子是 以上과 같이 地表面 가까이에 위치하거나 또는 地表面에 노출되어 있기 때문에 밭 圃場에서의 雜草種子의 出芽에는 水分이 가장 중요한 要因中的 하나라고 생각된다.

Table 5. Emergence of weed species as affected by different water contents in soil 15 days after treatment.

Weed species	Water regime			
	-0.3bar	-1.0bar	-3.0bar	-5.0bar
 (%)			
<i>Eleusine indica</i>	36.7a	16.0b	6.7bc	0.7c
<i>Echinochloa crus-galli</i>	52.0a	50.7a	25.3b	6.0c
<i>Setaria viridis</i>	67.3a	60.0a	21.3b	2.0b
<i>Digitaria sanguinalis</i>	44.7a	20.0b	3.3c	0.0c
<i>Amaranthus retroflexus</i>	35.6a	53.0b	3.3b	2.0b
<i>Amaranthus lividus</i>	64.0a	62.0a	18.0b	18.0b
<i>Portulaca oleracea</i>	56.0a	41.3ab	34.0b	31.3b

* Means within row followed by same letters are not significantly different at the 5% level by Duncan's multiple range test.

摘 要

1. 發芽溫度가 낮았던 草種은 냉이(15°C) 였고, 털비름(40°C)은 가장 높았으며 명아주는 20°C, 쇠비름, 개비름, 피, 바랭이는 30°C에서 發芽率이 높았고 發芽溫度範圍가 넓은 草種은 털비름과 명아주였다.

2. 土壤溫度와 雜草種子와의 出芽關係를 보면 14.8°C에서 냉이, 명아주, 23°C에서 피, 27.1°C에서 왕바랭이, 개비름, 쇠비름, 31.1°C에서는 털비름, 바랭이의 出芽가 良好하였다. 또한 냉이를 除外하고는 供試 全草種은 出芽溫度範圍가 넓었다.

3. 雜草種子の 發芽에 必要한 水分吸收量은 털비름, 쇠비름은 30%, 개비름, 명아주, 강아지풀, 바랭이는 40%, 왕바랭이는 70%였으며 水分缺乏條件에서 명아주, 쇠비름, 바랭이는 出芽力이 强하였으며 털비름, 피, 강아지풀은 弱하였다.

4. 滲透포텐셜이 낮아짐에 따라 種子の 發芽는 감소하였으며 -5.0 bar 에서 명아주, 쇠비름, 바랭이, 개비름, 까마중은 發芽되었고 명아주와 쇠비름은 -7.0 bar 에서도 發芽되어 乾燥한 토양에서 出芽力이 강할 것으로 생각된다.

引 用 文 獻

1. Arai, M. and M. Miyahara, 1963. Physiological and ecological studies on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* Beauv. var. *oryzicola* Ohwi). V. On the germination of the seed. Grop Sci. Soc. Jap. Proc. 31 : 362-366.
2. Everson L. 1949. Preliminary studies to establish laboratory methods for germination of weed seeds. Assoc. Off. Seed Anal. Proc. 39 : 84-89.
3. Fulwider J.R. and R.E. Engel. 1959. The effect of temperature and light on germination of seed of goosegrass, *Eleusine indica*. Weeds. 7 : 359-361.
4. Fulwider, J.R. and R.E. Engel. 1960. Seed characteristics and control of goosegrass, *Eleusine indica*. U.S. Golf Assoc. J. Turf Manag. 12 : 24-27.
5. Hadas A. 1977. Agronomy J. 69 : 582-588.

6. Klingman G., G.M. Ashton and L.T. Nordhoff. 1982. Weed Science : Principles and Practices. Ind. Ed. John Wiley and Sons. p. 449.
7. Kolk, H. 1962. Viability and dormancy of dry stored weed seeds. Vaxtodling/Uppsala/Sweden. 18 : 192.
8. 權容雄. 1971. 韓國의 飼料作物栽培上 雜草防除 및 除草劑 利用을 위한 小考. 韓作誌 9 : 61-74.
9. Lauer E. 1953. Über die Keimtemperatur von Ackerunkrautermund deren Einfluss auf die Zusammensetzung von Unkrautgesellschaften. Flora Allg. Bot. Zeit. 140 : 551-595.
10. Lonchamp, J.P. and G.Barralis. 1983. The effect of low water potential on germination ability of seeds of *Alopecurus myosuroides* Huds. and *Matricaria perforata* Merat. J. Agronomy 3(5) : 435-441.
11. McClendon J.H. 1981. The osmotic pressure of concentrated solutions of polyethylene glycol 6000 and its variation with temperature J.Exp. Bot. 32 : 861-866.
12. Martin, J.N. 1943. Germination studies of the seeds of some common weeds. Iowa Acad. Sci. Proc. 50 : 221-228.
13. Michel, B.E. and M.R.Kanfman. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol., 51 : 914-916.
14. 野口勝可. 1983. 畑作物と雜草の光競合に關する生態學的研究. 農林水産省 農業研究センター 研究報告 1 : 37-103.
15. 上同. 1983. 上同 1 : 43-48.
16. 岡本茶二·川竹 弘·堀内慎一. 1975. 暖地型 牧草契 種子の發芽に及ぼす浸透吸引壓の影響. 日草誌 21(1) : 21-25.
17. Povilaitis B. 1956. Dormancy studies with seed of various weed species. Int. Seed Test Assoc. Proc. 21 : 89-111.
18. Pyon J.Y., A.S. Whitney, and R.K. Nishimoto. 1977. Biology of sourgrass and its competition with buffelgrass and guineagrass. Weed Sci. 25 : 171-174.
19. Takahashi N. 1961. The relation of water

- absorption to germination of rice seed. Rep. Inst. Agr. Res. Tohoku Univ. 12 : 61-72.
20. 高林實・中山兼徳. 1979. 主要畑雑草種子の発芽深度について. 日雑草誌 24 : 281-295.
21. Thomson, C.E. and W.W.Witt. 1987. Germination of cutleaf groundcherry (*Physalis angulata*), smooth groundcherry (*Physalis virginiana*), black nightshade (*Solanum ptycanthum*), Weed Sci. 35 : 58-62.
22. Toole, E.H. and V.K. Toole. 1940. Germination of seed of goosegrass, *Eleusine indica*. J. Am. Soc. Agron. 32 : 320-321.
23. 山本泰由・大庭寅雄. 1976. 畑地かんがい栽培における雑草発生生態と防除 第2報. 主要畑雑草の出芽. 生育と土壤水分の関係. 雑草研究 21.