

올방개 塊莖의 低溫抵抗性 發現에 關한 研究

申鉉承* · 全載哲*

Development of Freezing Resistance of *Eleocharis kuroguwai* Tuber

Shin, H.S.* and J.C. Chun*

ABSTRACT

The freezing resistance of *Eleocharis kuroguwai* was evaluated in artificial and natural freezing conditions in relation to tuber size, depth of tuber burial and soil moisture conditions. Osmotic potential of immature and mature tuber of *E. kuroguwai* before hardening was -12.1 and -23.5 bar, respectively, but decreased to -61.0 and -67.1 bar after 120-day hardening period. Percent survival of *E. kuroguwai* tubers during the winter period was 13% and 67% in dry and moist moisture conditions at burial of 5cm depth, but all tubers were survived in the three moisture conditions employed when buried at 25cm depth. Greater decrease of osmotic potential was observed in tubers buried at 5cm depth than tubers buried at 25cm depth, resulting in greater freezing resistance in the former. Large tuber was more susceptible to freezing temperatures than small tuber.

Key words : *Eleocharis kuroguwai*, freezing resistance, osmotic potential.

緒 言

溫度는 植物의 分布를 決定하는 重要한 因子이다. 植物이 추운 겨울 동안 凍死하지 않고 越冬하는 機作은 低溫에 대한 回避(avoidance)와 抵抗性(resistance) 두 가지로 大別할 수 있다¹⁾. Bruke 등²⁾과 Levitt¹⁰⁾는 多年生雜草 營養繁殖器官의 越冬期間中 生存이 눈(雪)이나 表層土에 의한 酷寒 緩和作用으로 凍死 溫度를 回避할 수 있는 結水下層土에 存在하기 때문이라고 하였다. Wanda와 Calvin¹⁴⁾은 多年生雜草가 越冬期間中 生存하기 위하여 凍結抵抗性을 發揮하여야 하며, 低溫에 硬化되면 될수록 더 큰 結水抵抗性을 나타낸다고 하였다.

多年生雜草인 *Euphorbia esula* L.의 水平根은 一般的으로 地下 10-15cm에 位置하는 반면, 눈(芽)은 表土 바로 밑에서 發見되는 데, *E. esula*

의 水平根은 눈 보다 더 結水溫度에 敏感하다고 알려져 있다²⁾. *Agropyron repens* (L.) Beauv.의 地下莖은 겨울 동안 硬化되는데, 그 程度는 10월 보다 추운 12월에 採取한 것이 더 硬化 되었다고 하였다⁸⁾. 따라서 種間 結水溫度에 대한 越冬 多年生植物 눈의 相對的 敏感度는 눈이 묻혀있는 깊이와 密接한 關係가 있으며, 生存力은 추위에 露出程度와 直接 關聯이 있는것으로 認定된다¹⁴⁾. 또한 추위에 露出되는 植物의 地上部가 一般的으로 地下部보다 더 結水抵抗性을 갖는다고 한다¹⁰⁾.

우리나라 問題雜草中 하나인 올방개는 가을에 塊莖을 形成하고, 이것이 越冬後 益년에 發生源이 된다. 올방개 塊莖의 土中分布는 추위에 露出되는 0~5cm의 表層土에서부터 地表下 20~30cm까지 廣範圍하게 分布하고 있으며, 土中深度가 增加할수록 塊莖의 크기도 增加함이 밝혀져 있다^{6,11)}. Matsubara와 Nakamura¹¹⁾는 越冬後

全北大學校 農科大學 Department of Agricultural Chemistry, Jeonbug National University, Jeonju 560-756, Korea

土深別 塊莖의 萌芽率이 0~3cm土深의 경우 100% 였으나, 15~18cm土深의 경우는 71.5%로 큰 休眠覺醒 差異를 나타내었고, 萌芽까지 所要 日數도 0~3cm의 경우 5.6일이었으나 15~18cm土深에서 越冬한 塊莖은 9.8일로 길어 큰 休眠性 差異를 나타내었다고 하였다. 더우기 塊莖 移植 深度別 出現日數는 5cm土深에서 12일이었으나, 20cm土深에서 移植後 20일이 所要되어 塊莖 移植 深度別 出現에 큰 變異를 나타내었다고 하였다. 이와 같이 올방개 塊莖의 土中 垂直分布에 따라 越冬後 休眠覺醒 差異, 出現日數 差異 등의 變異는 移秧後 處理한 除草劑의 除草效果 變動 原因의 可能性이 있는 것으로 指摘되어 왔다⁹⁾. 이러한 狀況에 立脚하여 올방개 塊莖의 越冬樣式을 塊莖의 垂直分布와 低溫抵抗性(低溫에 露出前 塊莖이 凍死되었거나, 汁液이 結水되었던 溫度나 그 以下의 溫度에서도 低溫硬化後 凍死되지 않거나, 汁液이 結水되지 않아 凍害를 回避하는 現況) 發現差異 및 低溫回避와 關聯지어 原因을 밝히는 것은 防除의 側面의 基礎的資料로서 매우 重要하다고 생각된다.

따라서 本 試驗에서는 먼저 올방개 塊莖의 成熟度, 低溫硬化程度, 土壤水分條件, 土中分布深度 및 塊莖 크기에 따라 삼투포텐셜(osmotic potential)의 增減과 關聯된 低溫抵抗性關係를 檢討하고자 하였다.

材料 및 方法

1. 塊莖의 成熟程度와 貯藏溫度別 塊莖의 삼투포텐셜

1990年 10月 採取한 塊莖을 塊莖의 色에 따라 未成熟塊莖(白色塊莖)과 成熟塊莖(赤褐色塊莖)으로 分類하고, 이들을 20℃와 5℃에서 湛水狀態로 貯藏하였다. 各 溫度에 貯藏後 30, 60, 90 및 120日에 올방개 塊莖汁液의 삼투포텐셜을 氷點法을 利用하여 求하였다. 올방개 塊莖의 汁液은 塊莖 10g을 유발에 마쇄한 후 2000g에서 5分間 遠心分離한 後 上層液을 얻었다. 이 上層液 2ml를 試驗管에 넣고, 不凍液(polyethylene glycol: water=10:90)으로 -15℃까지 調節되는 冷却循環器에서 0℃부터 汁液이 結水될때까지 0.5℃씩 下降시켰다. 各 溫度別 處理時間은 1時間씩으로 結水될 때의 溫度를 調節하였다. 이 結水點의 溫

度로부터 塊莖의 삼투포텐셜을 다음 式에 따라 求하였다.

$$\frac{-22.7\text{bars}}{-1.86^\circ\text{C}} = \frac{\psi\pi}{\Delta f} \text{ 또는 } \psi\pi = 12.2\Delta f$$

여기서 $\psi\pi$ 는 未知溶液의 삼투포텐셜, Δf 는 溶液의 氷點(℃)을 나타낸다⁷⁾.

2. 置床 塊莖의 土壤水分條件 및 土中深度

低溫硬化되기 前에 採取한 올방개 塊莖을 畚土壤을 채운 플라스틱 포트(30×11×22cm)에 乾燥, 濕潤[물로 pF 2.0(Tension Meter, Takemura Electric Works, Ltd., Japan)를 維持], 및 湛水(1cm 水稻 維持) 土壤條件下에서 5cm와 25cm土深에 1990年 11月 7日 貯藏하였다. 置床後 30, 60, 90 및 120日에 塊莖을 採取하여 生存率, 低溫抵抗性 및 삼투포텐셜을 測定하였다. 貯藏條件別 經過 時間에 따른 生存率은 採取直後 TTC法¹²⁾으로 求하였다. 低溫抵抗性은 不凍液을 利用하여 -15℃까지 調節되는 冷却循環器에 塊莖浸漬 後 0℃부터 1時間 1℃씩 下降後 -3℃와 -5℃로 固定되었을 때부터 24時間 동안 處理하였다. 24時間 後 다시 30分에 1℃씩 上昇시켜 零上의 溫度가 되면 常溫에서 24時間 放置後 TTC法으로 生存率을 구하여 얻었다. 塊莖 크기별 低溫抵抗性 差異는 -5℃ 貯藏庫에 60日 동안 貯藏後 採取하여 -3, -5, 및 -7℃를 위와 같은 方法으로 處理한 後 生存率을 求하여 얻었다. 上記 세 가지 水分條件下 5cm와 25cm土深에 貯藏한 塊莖의 經過 時間別 삼투포텐셜의 變化는 위의 方法으로 求하였다.

結果 및 考察

1. 塊莖의 成熟程度와 貯藏溫度別 塊莖의 삼투포텐셜

低溫硬化되지 않은 未成熟塊莖과 成熟塊莖의 삼투포텐셜은 各各 約 -12바아와 -23바아로 높았으나 低溫硬化期間이 길어질수록 삼투포텐셜이 減少하였다.(그림 1)

20℃에 貯藏한 올방개의 경우 30日 後 未成熟塊莖의 삼투포텐셜이 -12.2바아이었으나 120日後에 -36.6바아로 減少된 반면 成熟塊莖은 -36.6바아에서 -48.8바아로 減少되었고, 5℃處理時의 경우 120日後에 각각 -48.8바아와 -67.1바아로 減

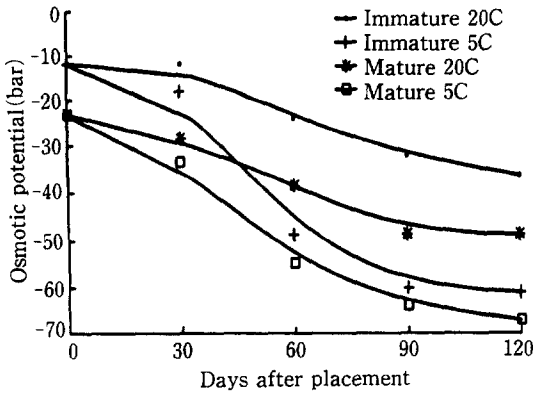


Fig. 1. Osmotic potential of *Eleocharis kuroguwai* tubers different in the maturity under tow different temperature regimes.

少하여 塊莖의 成熟度 및 溫度間 差異가 認定되어 成熟塊莖이 더 低溫抵抗性을 나타내었다. 삼투포텐셜 減少 程度는 未成熟塊莖 보다 成熟塊莖이, 20°C에 貯藏한 것 보다 5°C에 貯藏하였을 때, 그리고 硬化期間이 길수록 減少가 커져 더욱 低溫抵抗性을 나타내었다. Chen과 Li⁴⁾는 細胞液의 삼투포텐셜의 增加로 結氷點이 回避되며, 이로인하여 追加 低溫抵抗性을 갖게된다고 하였고, Levitt¹⁰⁾는 植物이 추위에 露出되는 時間이 길어질수록 低溫抵抗性이 增加하였는데, 이러한 低溫抵抗性은 植物體內의 溶質의 蓄積과 關聯이 있으며 또한 細胞間隙의 結氷回避와도 關聯이 있다고 하였다.

따라서 올방개 塊莖의 成熟度間 삼투포텐셜 差異가 認定되었으며, 또한 同一 成熟塊莖에 있어서도 貯藏溫度에 따라 삼투포텐셜의 減少差異가 있었는데 이것은 보다 低溫에 露出된 塊莖에 있어서 삼투포텐셜의 減少가 커짐으로 해서 더욱

큰 低溫抵抗性을 나타내었던 것으로 생각된다.

2. 置床 塊莖의 土壤水分條件 및 土中埋沒深度에 따른 低溫抵抗性

올방개 塊莖은 乾燥土壤條件의 5cm土深에서 凍死率은 置床後 60日과 90日에 각각 17%와 84%이었고, 濕潤條件의 5cm土深에서는 27%이었으나 湛水條件의 5cm土深과 全土壤水分條件의 25cm土深에서는 100%의 生存率을 보였다(그림 2).

越冬期間中 土深 및 水分條件別 塊莖의 삼투포텐셜은 低溫硬化되지 않은 初期에 約 -24바아이었다고, 硬化期間이 繼續되어 置床後 60日의 경우에는 初期에 比하여 크게 減少되었다(表 1). 삼투포텐셜 減少 程度는 置床日數의 經過와 함께 增加되어 零下의 低溫에 露出되는 乾燥와 濕潤條

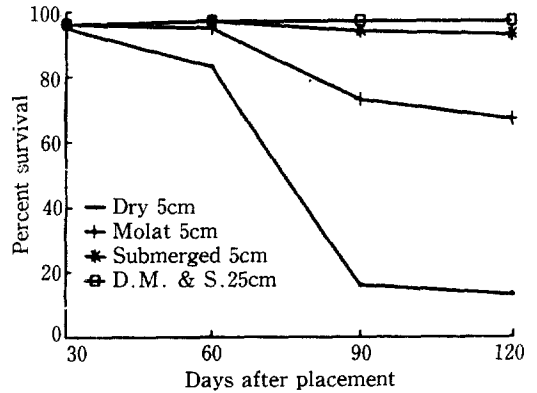


Fig. 2. Percent survival of *Eleocharis kuroguwai* tubers at different conditions of soil moisture and/or depth. (D.M. & S.25cm = Three moisture conditions of dry, moist and submerged employed with the 25cm depth of burial)

Table 1. Osmotic potential of *Eleocharis kuroguwai* tubers subjected to different conditions of soil moisture and/or depth.

Placement condition		Osmotic potential (-bar) ¹⁾				
Moisture	Soil depth (cm)	0	30	60	90	120
Dry	5	24.5a	36.6a	73.2a	73.2a	73.4a
	25	24.4a	33.3b	61.0b	61.1c	61.0c
Moist	5	24.4a	36.6a	70.2a	73.2a	73.2a
	25	24.3a	30.5b	61.0b	61.0c	61.0c
Submerged	5	24.2a	36.6a	54.9c	67.1b	67.1b
	25	24.1a	30.6b	48.8d	61.0c	61.0c

¹⁾ Means followed by a common letter within a column are not significantly different at the 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Table 2. Percent survival of *Eleocharis kuroguwai* tubers exposed to freezing temperatures after subjecting to different conditions of soil moisture and/or depth.

Placement condition		Percent Survival (%) ¹⁾							
Moisture	Soil depth	-3°C				-5°C			
	(cm)	Days after placement				Days after placement			
		30	60	90	120	30	60	90	120
Dry	5	62a	80a	90a	99a	0	40a	51a	54a
	25	55b	62cd	71c	72c	0	35a	38c	40b
Moist	5	60a	71b	80b	80b	0	41a	39b	41b
	25	50bc	59d	61d	62d	0	18b	20d	21c
Submerged	5	55b	65c	70c	71c	0	40a	40b	34b
	25	49c	60d	63d	63d	0	17b	18d	19c

¹⁾ Means followed by a common letter within a column are not significantly different at the 5% level Duncan's Multiple Range Test.

件的 5cm土深에서는 -67.1~-73.4바아로, 灌水條件의 5cm土深 및 全土壤條件에 關係없이 25cm土深에서는 -61바아로 減少되는 등 비슷하여 土深 및 水分條件別 有意差가 認定되었다.

低溫硬化期間을 달리하여 採取한 올방개 塊莖을 -3°C와 -5°C의 人爲의 低溫에 露시키킬 경우 越冬期間中 低溫에 露出機會가 더 많았던 乾燥, 濕潤條件의 5cm土深에 存在한 塊莖의 生存率 增加가 큰 반면, 比較的 低溫에 露出機會가 적었던 灌水土壤의 5cm土深과 25cm土深의 全土壤條件에서는 生存率이 낮고 減少率도 낮았다(表 2).

乾燥와 濕潤條件의 5cm土深의 삼투포텐살이 60日後 -70바아 以上으로 減少되어 25cm土深의 全土壤條件 塊莖의 삼투포텐살이 -61.0바아 보다 낮은데도 불구하고 越冬期間中 凍死率이 높은 것은 硬化期間 삼투포텐살이 減少되었지만 -70바아 以後에서 減少의 限界를 나타내었고, 硬化된 塊莖이라 할지라도 -5°C處理에서 50%以上 凍死되었던 것으로 보아 越冬期間中 -5°C附近에서 올방개 塊莖의 低溫抵抗性 限界 溫度가 있음을 示唆하는 것으로 생각된다. 土壤深度別 硬化期間이 相異한 塊莖에 -3°C와 -5°C의 低溫을 處理할 경우 -5°C處理時 乾燥土壤條件의 5cm土深을 除外하고는 50%以上 凍死率을 나타내어 致命的이었다. 그러나 -3°C刺戟의 경우 全土壤條件에서 硬化期間의 增加와 더불어 生存率도 增加되었는데, 그중 乾燥條件의 5cm土深에서 가장 높아 120日後 99%였고, 濕潤 및 灌水條件의 25cm土深에서 가장 낮은 62%와 63%를 나타내었다. 이와같이 低溫에 대한 敏感度差는 硬化期間 土深 및 水分條件에 따라 삼투포텐살 減少 速度와 關係가 있었다. 즉 乾燥土壤條件의 5cm土深에서 120日 등

안 삼투포텐살이 -24.5바아에서 -73바아로 크게 減少한 반면 低溫抵抗性이 약한 濕潤 및 灌水條件의 25cm土深에 存在하는 塊莖의 경우 -24.3바아에서 -61.0바아로 減少하여 삼투포텐살 減少 差異로 인한 低溫抵抗性差가 있었다.

올방개 塊莖의 低溫抵抗性 發見程度는 水分條件과 土深에 따라 差異가 있었는데, 이러한 低溫抵抗性은 低溫에 많이 露出되는 乾燥 및 濕潤條件의 5cm土深에 存在하는 塊莖이 25cm深度에 分布하는 塊莖에 非하여 크고 빨랐다. 이와같은 現象은 삼투포텐살 變化에서도 나타나 淺層土에 分布하고 硬化期間이 길수록 삼투포텐살이 크게 減少되었다. 土深別 低溫抵抗性 發見強度는 乾燥土壤 5cm에서 가장 크고, 濕潤土壤 5cm, 灌水土壤 5cm, 乾燥 및 濕潤土壤 25cm, 灌水土壤 25cm 順으로 낮아졌다. 또한 水分條件別 發見強度는 乾燥土壤에서 가장 크고 濕潤土壤, 灌水土壤 順으로 낮아졌다.

따라서 올방개 塊莖의 低溫抵抗性은 乾燥, 濕潤, 濕潤 및 灌水條件의 5cm土深에서의 삼투포텐살이 -67.1~-73.3바아까지 減少되어 삼투포텐살 減少로 인한 강한 低溫抵抗性을 나타내었다. 또 灌水條件 및 各 土壤條件 25cm土深에 存在하는 塊莖은 越冬期間中 대체로 零下의 低溫에 露出되지 않아⁶⁾ 100%의 生存率을 나타내었지만 삼투포텐살이 -61.0바아까지 減少되어 어느 溫度까지는 結氷溫度에 견디는 低溫抵抗性과 低溫에 露出되지 않는 深度에 分布하여 低溫을 回避하는 低溫回避現象을 同時에 나타내는 것으로 생각된다.

Levitt¹¹⁾는 植物의 地上部가 地下部보다 더 低溫抵抗性을 가지며 또한 深根部는 淺根部가 結氷

해를 입지 않는 온도에서도凍死하였다고하여同一植物일지라도分布深度에 따라低溫抵抗性差異가 있음을報告한 바 있다.土壤에 묻혀結水溫度를回避하지 못하는植物體는氷點下溫度로 살아남기 위하여低溫을回避하거나抵抗性機作을發揮하여야 하는데¹⁰⁾抵抗性은여러가지物理的因子 즉溶質의蓄積,結合數量,아미노산과脂質含量,膜透過性,蛋白質含量 및類型과密接한關係가 있다고 한다¹⁴⁾.低溫硬化期間蛋白質,炭水化合物,有機酸 및脂質 등의變化로 이들의含量增加는細胞의粘度를增加시키며뿐만 아니라삼투포텐셜을減少시켜細胞의結水點을 낮추며 이로 인한追加低溫抵抗性을發揮한다고 한다^{4,5,9)}. Alina와 Kulesza¹⁾ 및 Rychter와 Siesla²⁾는 평지(*Brassica napus* L.)의結水抵抗性은葉이-9°C나-11°C에서結水되지 않고汁液의過冷却能에 의한結水回避에 있다고 하였는데 이러한過冷却現象은 추위에硬化된 평지잎의 수분포텐셜減少와還元糖增加로인한삼투포텐셜增加에根據한다고 하였다. Dexter⁸⁾ 및 Wanda와 Calvin¹⁴⁾에 의하면結水溫度에 대한反應이種間 및 어느 경우에는年度別로差異가 있다고 하였으며,種間結水에 대한相對的敏感度差異는一般的으로越冬期間 눈이位置하는 깊이와直接的으로關聯이 있다고 하였다.

3. 올방개塊莖의 크기와低溫抵抗性

同一溫度條件에 60日 동안貯藏한塊莖 크기별低溫에 대한敏感度는小塊莖보다大塊莖이 컸다(그림 3, 4).小塊莖의 경우-3, -5 및-7°C處理 3時間後에生存率이各各 91%, 65%, 53%이었으나,大塊莖의 경우各各 90%, 41%, 37%로서小塊莖이大塊莖에比하여 더 큰低溫抵抗性을 나타내었다. 특히-3°C보다-5°C와-7°C에서大塊莖의凍死率이 높아低溫에露出될수록大塊莖이低溫에 더敏感하게反應하였다. 올방개塊莖 크기간低溫에 대한敏感度差異가認定되었지만삼투포텐셜差는認定되지 않아同一삼투포텐셜을 갖는塊莖일지라도塊莖 크기간敏感度差가存在하는것으로推測된다. Chun과 Shin⁶⁾ 및 Matsubara와 nakamura¹¹⁾에 의하면小塊莖이 주로淺土層에集中的으로分布하고,深土層에 주로大塊莖이分布한다고 하였는데 이러한塊莖의垂直分布는小塊莖이大塊莖에比하여 더

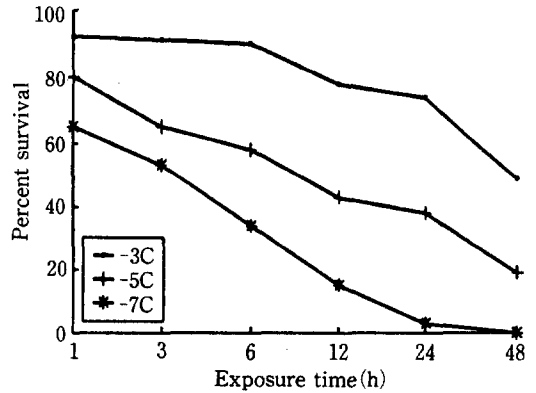


Fig. 3. Percent survival of small tubers of *Eleocharis kuroguwai* at the three freezing temperatures.

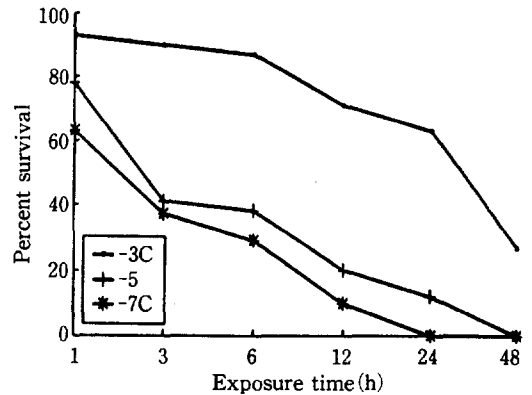


Fig. 4. Percent survival of large tubers of *Eleocharis kuroguwai* at the three freezing temperatures.

低溫에鈍感한데도 그原因이 있는 것으로思料된다. 따라서同一올방개의基株에서形成된塊莖의 크기간低溫에 대한敏感度差異가認定됨으로해서塊莖 크기간低溫抵抗性差異는越冬期間中土中溫度와塊莖의 크기별垂直分布와도密接한關聯이 있는 것으로推測된다. 그리하여低溫에 보다敏感한大塊莖이低溫의結水害를回避하기 위하여深土層에分布하는 것으로 생각된다.

이상의結果에 따르면 올방개塊莖의低溫抵抗性은硬化期間에獲得되었는데,塊莖의低溫抵抗性獲得이低溫露出程度와關聯이 있어서 보다低溫에露出되는機會가 많은5cm土深에存在하는塊莖이25cm土深의 것보다 더強했던 것으로 나타났다. 또한大塊莖이小塊莖에比하여 더低

溫에 敏感한 것으로 나타나 小塊莖이 주로 淺土層에 分布하는 것과도 關聯이 있는 것으로 생각된다. 그러나 低溫抵抗性의 限界가 -70바아(結氷點 -5.7°C) 前後에서 나타나 越冬期間 그 以下の 溫度로 下降하면 致命的인 凍害를 입을 것으로 생각된다.

摘 要

1990年 10月 採取한 올방개 塊莖의 土中分布와 土深別 溫度變化를 檢討하고 越冬期間中 올방개 塊莖의 크기, 土中分布 및 土壤水分條件에 따른 低溫抵抗性 發現關係를 究明코자 實驗을 實施하였다.

1. 硬化前 未成熟塊莖과 成熟塊莖의 삼투포텐셜은 각각 -11.8바아와 -23.5바아였으나, 120日 동안 硬化後에는 -36.6바아와 -67.1바아까지 減少되어 硬化期間 低溫抵抗性이 獲得되었다.

2. 自然條件下에서 貯藏期間中 乾燥 및 濕潤條件의 5cm土深에 存在하는 塊莖의 凍死率이 87과 33%로 높았으나, 25cm土深의 全實驗 土壤條件의 塊莖은 100% 生存率을 보였다.

3. 硬化期間 삼투포텐셜은 酷寒에 露出되는 5cm土深의 塊莖이 水分條件에 따라 -67.1~-73.4바아로 減少하였고, 25cm土深의 경우 -61바아로 減少되어 5cm土深에 存在하는 塊莖이 더 큰 低溫抵抗性을 發揮하였다.

4. 土深別 硬化後 採取한 塊莖을 -3°C와 -5°C로 處理한 경우 5cm土深에 存在하는 塊莖의 生存率이 25cm土深의 경우 보다 높아 더 低溫抵抗性을 나타냈다.

5. 大塊莖은 小塊莖 보다 低溫에 더 敏感한 反應을 보였다.

引 用 文 獻

- Alina, K. and L. Kulesza. 1987. Frost resistance of winter rape leaves as related to the changes in water potential and growth capability. *Physiol. Plant.* 71 : 483-488.
- Arny, A.C. 1932. Variations in the organic reserves in underground parts of five perennial weeds from later April to November. *Univ. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull.* 84p.
- Burke, M.J., L.V. Casta., H.A. Quamme., C.J. Weiser, and P.H. Li. 1976. Freezing and injury in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 27 : 507-528.
- Chen, P.M. and P.H. Li. 1977. Induction of frost hardness in stem cortical tissues of *Cornus stolonifera* Michx. by water stress. II. Biochemical change. *Plant Physiol.* 59-240.
- Chistie, B.R. 1987. *Handbook of plant science in agriculture Vol. I*, CRC Press Inc. Boca Raton, Florida. 218p.
- Chun, J.C. and H.S. Shin. 1991. Effect of depth of tuber burial, soil temperature, and soil moisture on tuber sprouting of *Eleocharis kuroguwai*. *Proc. II, Asian-Pac. Weed Sci. Soc. Conf.*, Jakarta (In press).
- Cleon, W.R. 1974. Determination of osmotic potential by the freezing point depression method. *Plant Physiology Laboratory Manual* Wadsworth Publishing Company Inc. Belmont, California, 21p.
- Dexter, S.T. 1937. The winter hardening of weeds. *J. Agron.* 29 : 507-508.
- Kusanagi, T and Y.H. Chang. 1982. Herbicidal effect on perennial paddy weed *Sagittaria* and *Eleocharis*. *Kor. J. Weed Sci.* 2(1) : 41-46.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Volume I. Chilling, freezing, and light temperature stress. *Academic Press* New York. 162p.
- Mutsubara, H and H. Nakamura. 1969. Some experiments on the control of *Eleocharis tuberosa* SHULT, var. *kuroguwai* Makino. *Weed Res. (Japan)* 8 : 56-61.
- Robert, L.W. 1950. "A survey of tissues that reduce 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride in vascular plants." *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 77 : 372-381.
- Rychter, A. and E. Ciesla. 1986. The participation of cyanide resistant pathway in respiration of winter rape leaves treated with low temperature. -In *Plant Mitochondria: Structural, Functional and Physiological Aspects*(A.L. Moore, and R.B. Beechey, eds.). Plenum Press. New York. 369p.
- Wanda, K.S. and G.M. Calvin. 1988. Freezing resistance of overwintering buds of four perennial weeds. *Weed Sci.* 36 : 568-573.