

## 土壤水分 不足이 土川芎의 生育에 미치는 影響

金忠國<sup>\*</sup>·姜炳華<sup>\*\*</sup>·高文煥<sup>\*</sup>·鄭東熙<sup>\*</sup>·徐鍾許<sup>\*</sup>

### Effect of Water Stress on Growth of *Ligusticum chuanxiong* H<sub>ORT</sub>

Chung-Guk Kim<sup>\*</sup>, Byeung-Hoa Kang<sup>\*\*</sup>, Mun-Hwan Koh<sup>\*</sup>, Dong-Hee Jung<sup>\*</sup> and Jong-Ho Seo<sup>\*</sup>

**ABSTRACT** : The experiment was conducted to clarify the effect of water stress treatment on growth character of *Ligusticum chuanxiong* Hort. The water stress treatment was imposed artificially on seedling, flowering and rhizome enlargement stage of the plant. The decrease ratio of leaf area compare with control decreased to 24.4% by water stress treatment at seedling stage and to 41.6% at rhizome enlargement stage. The reduction rate of chlorophyll content at the end of water stress treatment was 41.2% at the seedling stage and no difference at the flowering stage. The chlorophyll content of water stress treatment on seedling and flowering stage was recovered to 95% at harvest time. The ratio of rootlet distribution from top soil to 10cm depth showed maximum to 90% at the seedling stage and to 20cm depth showed maximum to 6.4% at the rhizome enlargement stage. The dry weight of rootlet was decreased to 19.3~40.3% by water stress treatment. Dry weight of aerial part and underground part of the plant decreased in the order of seedling, flowering, rhizome enlargement and control and the dry weight of aerial part decrease more severely than underground part.

**Key words** : *Ligusticum chuanxiong*, Water stress, Growth character.

### 緒 言

우리나라는 지난 1908년부터 1994년까지 86년 동안 耕作地의 旱魃被害 32回, 浸水被害 29回, 冷害被害 11회가 發生하여 旱魃은 平均 2.7년마다 한차례씩 나타나, 다른 氣象災害에 比해서 發生頻도가 높고 被害面積과 程度가 크게 나타나고 있다<sup>1)</sup>. 또한 年間 降雨量은 7~8월의 여름에 偏重되어 있어 봄과 가을에는 旱魃頻도가 50~90%에 달하기 때

문에 상습적인 旱魃을 겪고 있으며, 이에 따라 작황도 불량하다.

우리나라의 밭토양은 透水性이 不良하여 가뭄때에 土壤이 단단하게 되어 作物 뿌리의 伸長이 어려운 食질, 미사식양질 및 식양질 土壤이 總面積의 48.2%이고, 肥沃도가 낮으며 保水力이 약한 사질 및 사력질 토양이 24.1%<sup>2)</sup>에 달하고 있어 토양수분의 조절이 필요하다.

이와 같은 砂質土壤은 保水力이 낮기 때문에 無降雨 日數가 15일 정도만 계속되어도 有效水분의

\* 作物試驗場 (National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441 - 100, Korea)

\*\* 高麗大學校 自然資源大學 (College of Natural Resources, Korea University, Seoul 136 - 701, Korea)

不足으로 정상적인 作物 生育이 어렵게 되며<sup>16</sup>, 藥用作物은 保水力이 낮은 砂質土~砂壤土의 경사지에서 주로 栽培되고 있기 때문에 水分不足에 의한 旱魃의 被害가 더욱 쉽게 發生하는 環境에 처해 있다.

土壤中 水分의 特性은 土壤의 假比重, 眞比重, 孔隙率, 空氣充填率, 水分飽和度 등 土壤의 物理的 성질에 의해 支配되며<sup>5</sup>, 露地栽培에서는 土壤條件과 氣象條件에 의해 影響을 받기 때문에 土壤의 水分狀態를 일정한 水分 포텐셜로 조절하기는 곤란하다.

土壤에서 水分은 土壤粒子和 粒子사이의 孔隙에 존재하며, 水分 포텐셜이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 土壤水分이 이동한다. Hsiao<sup>18</sup>는 水分不足 상태에 대해 가장 민감하게 반응하는 것은 細胞伸長의 抑制이며, 細胞伸長은 水分 포텐셜이 -0.2~-0.4MPa로 低下할 때 減少가 시작되고, 또한 障礙의 진전에 따라 蛋白質 合成 및 葉綠素 形成 阻害가 일어난다고 하였다.

旱魃에 대한 反應은 旱魃의 強度에 따라 다르겠지만 앞에서 反應 程度가 크기 때문에 여러 研究者들에 의해 檢討되어 왔으며<sup>4,6,17,19</sup>, 細胞의 伸長에는 팽압의 존재가 必須的이므로 葉伸長率의 減少나 그에 따라 일어나는 葉面積의 減少는 水分不足에 의한 팽압의 저하에 기인된다고 보는 것이 일반적인 견해이다<sup>1,11</sup>.

藥用作物中 특히 川芎은 적절한 土壤水分 상태에서 生育이 良好하며 過濕이나 乾燥한 상태에서는 다른 作物에 비해 生育상의 被害가 심하여, 收量 減少와 品質 低下가 일어나므로 適切한 土壤水分 管理가 필요한 실정이나 이에 관한 研究는 거의 이루어 지지 않고 있다.

따라서 우리나라의 氣象與件上 土壤水分 不足의 誘發 可能性이 높은 時期인 幼苗期, 開花期 및 根

莖肥大期의 水分不足이 土川芎의 生育 形質에 어떠한 影響을 미치는지 究明하기 위하여 試驗한 바 몇가지 結果를 얻었기에 報告하는 바이다.

## 材料 및 方法

### 1. 栽培方法

本 試驗은 1995년도에 農村振興廳 作物試驗場 作物環境科 圃場의 비가림 하우스안에서 建築用 블럭으로 너비 120cm, 높이 60cm로 쌓아 올린 베드를 利用하여 20cm 깊이는 마사토를 充填하고 그 위 40cm는 표 1과 같이 약산성이며 有機物 含量이 보통인 양토를 充填後 栽培하였다. 供試材料는 土川芎의 種球中 蘆頭直徑이 2.1~2.5cm(平均 4.8g)인 것을 選別하여 畦幅 50cm, 株間距離 10cm로 4월 7日 定植하여 10월 30일에 收穫하였으며, 其他 管理는 慣行 栽培法에 準하였다.

試驗期間 동안 비가림 하우스안의 氣溫은 露地의 氣溫보다는 다소 높았으며, 7월 下旬~8월 中旬까지 平均溫度는 30℃ 以上되었다.

### 2. 土壤水分 不足處理 및 測定

土壤水分 不足處理는 營養生長期인 幼植物期에 45일간 水分不足 處理(4월 29일~6월 13일), 生育中期인 開花期에 30일간 水分不足 處理(8월 25일~9월 24일), 生育後期인 根莖肥大期에 30일간 水分不足 處理(10월 1일~10월 30일)를 하였으며, 全 生育期間 동안 포장 용수량 수준을 유지한 對照區를 두었고, 試驗區는 난괴법 3반복으로 배치하였다.

土壤水分의 調節은 点滴灌水 施設을 설치하여 對照區와 水分不足 處理期間을 제외한 나머지 生育時期는 土深 20cm깊이를 기준으로 포장용수량

Table 1. Physicochemical characteristics of soil before treatment.

Texture	pH (1:5)	OM (g/kg)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cat. (c mol <sup>+</sup> /kg)			CEC (c mol <sup>+</sup> /kg)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )
				Ca	Mg	K		
Loam	5.2	19	121	2.0	1.2	0.34	8.1	1.33

수준(-0.03MPa)을 유지하기 위하여 tensiometer를 利用 土壤의 水分 포텐셜을 확인하여 灌水를 하였으며, 水分不足 處理는 生育段階別 一定 處理期間 동안 点滴灌水를 중단시켜 水分不足 處理를 실시하였다.

土壤水分은 中性子 水分測定機(Neutron depth moisture meter, model 503DR, California Pacific Nuclear Co. USA)를 이용하여 土深 20cm와 30cm를 3~5일 마다 測定한 後 水分 포텐셜을 算出하였다.

供試土壤의 水分張力에 따른 含水率은 포장용수량 수준의 상태에서는 24.6%이었으며, -0.1MPa에서는 17.6%, -0.5MPa에서는 11.5%였다.

### 3. 生育形質調査

葉面積 測定은 生育이 중간 정도인 개체를 處理別로 12株씩의 完全 展開葉을 採取한 後 葉面積 測定機(Licor Li-3100)를 이용하여 測定하였으며, 葉綠素 含量은 携帶用 葉綠素 測定機(SPAD-502, Minolta Co., Japan)를 이용하여 處理別 30株씩의 上位 1葉, 2葉, 3葉의 각각 中間部位를 3回씩 測定하여 平均值를 계산한 後 Acetone 抽出法에 의한 함량에 대한 回歸式( $Y = -0.1921 + 0.05X$ )을 구하여 葉生體重當 葉綠素 含量으로 換算하였다.

乾物重은 80℃에서 24時間 乾燥시킨 後 秤量하였으며, 뿌리 分布는 收穫期에 各 處理別 0.72m<sup>2</sup>씩을 土深 10cm 깊이별로 50cm 깊이까지 採取하여 2mm체로 選別한 後 根莖은 除外하고 細根을 調査하였고, 其他 調査項目은 農村振興廳 試驗研究 調査基準<sup>2,14</sup>에 準하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 土壤水分의 變化

處理 後 土壤水分의 變化는 土深 20cm 깊이의 경우 對照區는 容積을 기준으로 水分 含量이 23% 정도(약 -0.03MPa)이었고, 幼植物期 水分不足 處理 45일 후에는 15.2%(약 -0.2MPa)까지 土壤水分 減少가 일어났으며, 開花期 水分不足 處理 30일 후에는 13.1%(약 -0.3MPa), 根莖肥大期 水分不足 處理 30일 후에는 14.5%(약 -0.2MPa)까지 내

려가 莖葉의 위조현상이 약간 나타났다. 幼植物期 때에는 45일간 水分不足 處理를 했어도 生長량이 크지 않아 蒸散량이 적었으며, 氣溫도 開花期와 根莖肥大期에 비해 훨씬 낮았기 때문에 蒸發량이 적어 土壤水分이 적게 감소된 것으로 思料되었다.

作物이 실제적으로 쉽게 이용할 수 있는 有效水分은 -0.01 ~ -0.1MPa의 土壤水分임을 고려해 볼 때, 本 試驗期間中 川芎에 의해 이용될 수 있는 圃場容水量 水準의 土壤水分 조건에서 有效水分 持續日은 20cm 깊이의 경우 幼植物期에는 23일 정도, 開花期에는 10일 정도, 根莖肥大期에는 13일 정도 되었다. 柳<sup>30</sup>는 우리나라 밭 土壤에서 20cm 깊이의 有效水分 持續日은 약 20일이라고 하였는데, 本 試驗 結果 生育時期와 作物生育정도에 따라 다음을 알 수 있었다.

### 2. 葉面積의 變化

水分不足 處理時 生育時期別 葉面積은 表 2와 같이 幼植物期 水分不足時 處理 終了 直後(6월 13일) 葉面積은 對照區의 24.4%였으나 生育이 진행되면서 回復되어 9월 12일에는 66.5%에 달하였으며, 收穫期에는 72.0%까지 回復하였다. 이와 같은 結果는 收穫期가 되면서 對照區의 黃化 枯死葉의 發生이 많아 相對的으로 收穫期에 葉面積이 回復된 것처럼 數值가 올라간 것으로 思料된다. 幼植物期 水分不足 處理 後 葉面積/乾葉重의 比率은 對照區에 비해 낮은 경향을 보였으며, 水分不足 處理時 葉面積은 減少되고 葉肉組織은 緻密해 지는 것으로 생각되었는데 이는 旱魃 強度에 따라 葉面積 및 乾物重이 減少한다는 報告<sup>7,12,15</sup>와 같은 경향이였다.

開花期 水分不足 處理時 處理 終了直後(9월 25일)의 葉面積은 對照區에 비해 66.7%로 幼植物期의 水分不足 處理 終了直後の 수치와 비교하면 回復이 빨리 진행되었으며, 葉面積/乾葉重 比率은 幼植物期와 같은 경향으로 水分不足에 의한 障壁를 받을 경우 葉面積은 減少되고 葉肉組織은 緻密해 지는 것으로 推定되었다.

根莖肥大期 水分不足 處理時 處理終了直後이자 收穫期인 10월 30일의 葉面積은 對照區에 비해 41.6%로 開花期 水分不足 處理終了直後 보다 현저히

Table 2. Changes of leaf area by water stress treatment at various growth stage.

Treatment stage	Investigation date	Leaf area (cm <sup>2</sup> /plant)			Leaf area/Leaf dry weight (cm <sup>2</sup> /g)	
		Treatment (A)	Control (B)	A/B	Treatment (A)	Control (B)
Seedling	6/13*	76	312	24.4	152	164
	8/13	1,099	2,970	37.0	164	176
	9/12	3,010	4,530	66.5	251	253
	10/13	2,944	4,518	65.2	157	201
	10/30	1,877	2,606	72.0	174	170
Flowering	9/12	3,461	4,530	76.4	247	253
	9/25*	2,525	3,787	66.7	234	234
	10/13	2,718	4,518	60.2	167	201
	10/30	1,709	2,606	65.6	147	170
Rhizome enlargement	10/13	3,302	4,518	73.1	236	201
	10/30*	1,085	2,606	41.6	172	170

\* : Final date of water stress treatment

減少되었는데 이는 收穫期에 접어 들면서 水分不足이 葉老化를 앞당겨 黃化 枯死葉이 增加하였기 때문으로 思料된다. 根莖肥大期 水分不足 處理時의 葉面積/乾葉重 比率은 對照區와 유사한 경향이었다.

이와 같이 葉面積의 變化는 水分不足處理 終了直後에는 幼植物期 水分不足 處理에 의한 減少가 가장 심하였으며, 收穫期(10월 30일)에는 根莖肥大期 水分不足 處理時 葉面積의 減少가 가장 심하였다. 한편 葉面積/乾葉重의 比率은 水分不足處理 終了直後の 경우 開花期와 根莖肥大期 水分不足

處理時는 對照區와 유사하였으며, 幼植物期 水分不足 處理時는 7.3% 減少되었다. 收穫期에는 幼植物期와 根莖肥大期 水分不足 處理區는 對照區와 유사하였으며, 開花期 水分不足 處理區는 현저하게 減少되었다.

### 3. 葉綠素 含量의 變化

水分不足 處理 時期別 葉綠素 含量은 表 3과 같이 水分不足處理 終了直後에는 對照區에 비해 幼植物期 水分不足 處理時 41.2%, 開花期 水分不足

Table 3. Chlorophyll content by water stress treatment at various growth stage.

Treatment stage	After water stress*			Harvesting time		
	Treatment (A)	Control (B)	A/B (%)	Treatment (A)	Control (B)	A/B (%)
	mg/g			mg/g		
Seedling	1.17	1.99	58.8	1.81	1.86	97.3
Flowering	2.32	2.46	94.3	1.77	1.86	95.2
Rhizome enlargement	1.28	1.86	68.8	1.28	1.86	68.8
LSD (1%)				0.164		

\* : Determined immediately after final day

處理時 5.7%, 根莖肥大期 水分不足 處理時 31.2%가 減少되어 幼植物期 水分不足 處理時 葉綠素 含量的 減少가 가장 심하였으며, 開花期 水分不足 處理時는 葉綠素 含量的 減少率이 적었는데 이는 崔와 金<sup>3)</sup>이 報告한 바와 같은 경향을 보였다. 이러한 結果는 土壤水分이 不足할 경우 葉綠素 含量이 크게 減少된다는 報告<sup>8, 10, 18)</sup>와 같은 경향이었다.

收穫期에는 幼植物期和 開花期 水分不足 處理의 경우에는 거의 回復이 되었으나, 根莖肥大期 水分不足 處理에 의해서는 處理後 回復 期間이 없어서 葉綠素 含量的 차이가 크게 나타났다.

#### 4. 뿌리의 分布

土壤 깊이별 細根의 分布率은 表 4와 같이 幼植物期 水分不足 處理時 地表面에서 10cm 부근의 分布率이 90%로 가장 높았으며, 開花期와 根莖肥大期의 水分不足 處理時는 對照區와 유사한 경향을 보였다. 土壤 20cm이상의 깊이에서는 根莖肥大期 水分不足 處理時 細根의 分布率은 6.4%로 가장 높

고, 幼植物期 水分不足 處理時 分布率이 가장 낮았는데 이는 開花期와 根莖肥大期 水分不足 處理時 뿌리가 상대적 土壤水分이 많이 있는 地下로 뻗어 내려갔기 때문에 사료되며, 對照區와 水分不足 處理區 모두 土深 20cm 이내의 깊이에서 94% 정도 의 細根이 分布되어 있는 것으로 보아 土川芎에 의해 주로 利用되는 土壤水分은 土深 20cm 이내의 土壤水分이 대부분일 것으로 판단되었다.

細根의 乾物重은 水分 不足障 碍를 받을 경우 모든 處理區에서 減少되어 對照區에 비해 19.3~40.3%가 減少되어 유의성이 인정되었으 며, 특히 幼植物期 水分 不足 處理時 細根 乾物重의 減少가 심하였다. 이와 같이 細根의 乾物重이 현저하게 減少된 것은 水分 不足으로 根系의 發達이 심한 沮害를 받은 結果이며, 또한 葉面積의 減少로 同化物質의 合成이 抑制되어 地上部 乾物重이 減少되면서 뿌리 리의 同化物質 轉移量이 減少되었기 때문으로 추정되었다.

Table 4. Rootlet distribution ratio on different soil depth by water stress treatment at various growth stage.

Treatment stage	Rootlet distribution ratio (%)					Rootlet dry weight (g/plant)
	0~10cm	10~20	20~30	30~40	Total	
Seedling	90.0	6.8	2.8	0.4	100	10.8 (59.7)
Flowering	84.2	10.0	4.6	1.2	100	13.8 (76.2)
Rhizome enlargment	82.5	11.1	5.0	1.4	100	14.6 (80.7)
Control	86.1	9.6	3.3	1.0	100	18.1 (100)
LSD (5%)						3.56

#### 5. 地上部 및 地下部 乾物重의 變化

土川芎의 地上部 乾物重은 그림 1과 같이 生育이 경과되면서 계속 增加되어 10월 中旬頃에 최고에 달한 後 翌과 줄기가 枯死되면서 落葉이 되고 또한 뿌리쪽 으로 物質 轉移가 이루어 짐에 따라 減少가 되었다. 幼植物期 水分 不足 處理時 處理終了 直後 (6월 13일)의 地上部 乾物重은 對照區(48g/m<sup>2</sup>)의 27.6%로 현저하게 減少되었으나, 生育이 경과되면서 回復되어 地上部 乾物重이 最高에 달한 10월

13일에는 對照區의 67.5%에 달하였다. 開花期 水分不足 處理時 地上部 乾物重은 處理終了 直後 (9월 25일)에는 66.8%였으며 生育이 경과되면서 地上部 乾物重은 增加되었지만 對照區에 비해 減少되는 경향으로 收穫期인 10월 30일에는 對照區의 58.1%에 달하였다. 根莖肥大期 水分不足 處理時 地上部 乾物重은 處理終了 日이자 收穫期인 10월 30일에는 對照區의 65.1%로 開花期 水分不足 處理와 유사하였다.

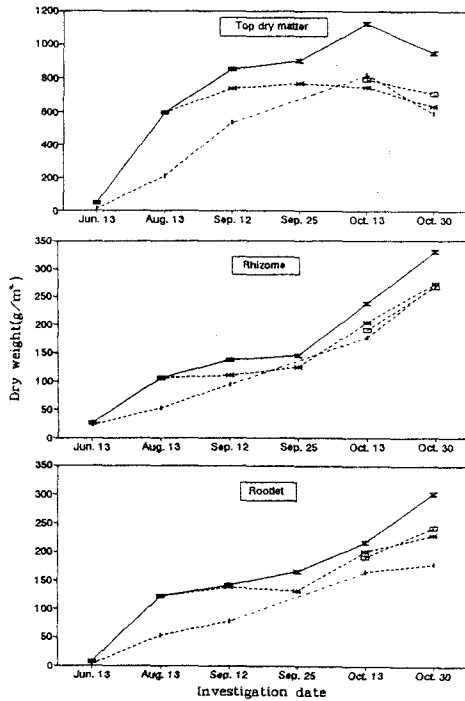


Fig. 1. Changes of dry weight by water stress treatment at various growth stage (--- Seedling treatment, -□- Flowering treatment, -△- Root enlargement treatment, -◇- Control).

水分不足處理別根莖乾物重變化는收穫期까지 점차增加하는 경향이였으며 특히 9월 25일 이후 급속히增加되는 경향이였다. 幼植物期水分不足處理時는處理終了2개월후인 8월 13일에는對照區(105g/m<sup>2</sup>)의 50.5%로根莖乾物重의減少가 가장 심하였으며, 그 이후는 회복이 되어收穫期에는對照區의 81.8%에 달하여 18.2%가減少되었다. 開花期水分不足處理時는處理終了後收穫期까지對照區의 82% 정도로 유지되었으며, 根莖肥大期水分不足處理時는處理終了直後이며收穫期인 10월 30일에는對照區에 비해 19.1%가減少되어根莖肥大期水分不足處理時根莖의乾物重은 가장減少되었다.

水分不足處理別對照區의細根乾物重變化는根莖乾物重의變化和 유사한 경향으로收穫期까

지 점차增加하는 경향이였으며 9월 25일 이후에 급속히增加되는 경향이였다. 幼植物期水分不足處理時는處理終了直後(6월 13일)對照區(8g/m<sup>2</sup>)의 37.5%로細根乾物重減少의影響이 가장 컸으며, 그 이후回復이 되어 10월 13일에는對照區의 76.6%까지 달한 후收穫期에는 59.6%로減少되었다. 開花期水分不足處理時는處理終了後對照區의 79.0%이었으며收穫期에는 76.2%로 약간減少되었고, 根莖肥大期水分不足處理時는處理終了直後이자收穫期인 10월 30일에는對照區의 80.5%로減少되어細根의乾物重은幼植物期水分不足處理時減少의影響이 가장 심하였다.

이상의乾物重變化를綜合하여 보면生育期別地上部乾物重과地下部乾物重의減少는幼植物期>開花期>根莖肥大期>對照區의 순이었으며, 水分不足處理時地上部乾物重보다는地下部乾物重의減少가 더 심하였고, 幼植物期水分不足處理時乾物重의減少率이 큰原因은幼苗의뿌리分布가成植物에 비해 빈약하여水分吸收能力이 작고, 營養生長이旺盛할時期에水分不足障礙를 받아地上部の生長이 현저하게抑制된結果로推定되었다.

## 摘 要

土壤水分不足이土川芎(*Ligusticum chuanxiong* Hort.)의生育形質에 미치는影響을 알아보고자 비가림비닐하우스안의베드에서 우리나라氣象與件上旱魃이 자주發生되는幼植物期, 開花期 및 根莖肥大期에土壤水分不足을誘發시켜試驗을遂行한結果를要約하면 다음과 같다.

1. 葉面積은水分不足處理終了直後에는幼植物期水分不足處理時對照區의 24.4%로 가장 심하게減少되었으며, 收穫期에는根莖肥大期水分不足處理時對照區의 41.6%로 가장減少가 심하였다.

2. 葉綠素含量은水分不足處理終了直後에는對照區에 비해幼植物期水分不足處理時 41.2%가減少되어減少率이 가장 심하였고, 開花期水分不足處理時減少率이 적었으며, 收穫期에는幼植物期와開花期水分不足處理時는 95% 이상回復되었다.

3. 細根의 뿌리分布는 幼植物期 水分不足 處理時 地表面에서 10cm부근의 分布率이 90%로 가장 높았으며, 土壤 20cm 以上の 깊이에서는 根莖肥 大期 水分不足 處理時 6.4%로 가장 높았고, 細根의 乾物重은 水分不足 障碍를 받을 경우 對照區에 비해 19.3~40.3%가 減少 되었다.

4. 地上部와 地下部 乾物重은 幼植物期, 開花期, 根莖肥大期, 對照區의 순으로 減少되었으며, 水分不足 處理時 地下部 乾物重 보다는 地上部 乾物重의 減少가 더 심하였다.

### 引用文獻

1. Boyer, J. S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiol.* 46 : 233 - 235.
2. 作物試驗場. 1989. 藥用作物試驗研究調查基準. 5 - 13p.
3. 崔元烈, 金龍煥. 1983. 大麥 旱魃 抵抗性 機作에 關한 生理的 및 生理化學的 研究. 韓作誌 28(4) : 451 - 457.
4. Cortes, P. M. and T. R. Sinclair. 1986. Gas exchange of field-grown soybean under drought. *Agron. J.* 78(3) : 454 - 458.
5. Donahue, R. L., R. W. Miller, and J. C. Shickluna. 1983. *Soils-An introduction to soils and plant growth.* Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 46 - 207p.
6. Eastham, J., D. M. Oosterhuis, and S. Walker. 1984. Leaf water and turgor potential threshold values for leaf growth of wheat. *Agron. J.* 76 : 841 - 847.
7. 橋本康, 石原邦, 倉石晉, 田崎忠良. 1986. 水環境と植物. 養賢堂. 506p.
8. 河龍雄, 柳龍煥, 延圭復, 金奭東. 1983. 麥類 登熟 向上에 關한 研究. 第2報, 溫度 및 土壤 水分 差異가 小麥의 生育 및 登熟에 미치는 影響. 韓作誌 18(4) : 439 - 444.
9. Hsiao, T. C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24 : 519 - 570.
10. Levitt, J. 1972. *Responses of plants to environmental stresses.* Academic Press, New York.
11. Meyer, R. F. and J. S. Boyer. 1972. Sensitivity of cell division and cell elongation to low water potentials in soybean hypocotyles. *Planta* 108 : 77 - 87.
12. Muchow, R. C., T. R. Sinclair, J. M. Bennett, and L. C. Hammond. 1986. Response of leaf growth, leaf nitrogen, and stomatal conductance to water deficits during vegetative growth of field-grown soybean. *Crop Sci.* 26 : 1190 - 1195.
13. 農村振興廳. 1995. '94 旱魃과 高溫障害 分析 報告書. 229p.
14. 農村振興廳. 1995. 農事試驗研究調查基準. 603p.
15. Pandey R. K., W. A. T. Herrera, and J. W. Pendleton. 1984. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. II. Plant water status and canopy temperature. *Agron. J.* 76(4) : 553 - 557.
16. 辛元教, 任正男, 柳寬植, 李漢生. 1985. 生育 時期別 土壤水分 障害가 水稻 生育에 미치는 影響. 農試論文集(植環, 菌茸, 農加 篇). 27(1) : 1 - 6.
17. Sivakumar, M. V. K. and R. H. Shaw. 1978. Relative evaluation of water stress indicators for soybeans. *Agron. J.* 70 : 619 - 623.
18. Virgin, H. I. 1965. Chlorophyll formation and water deficit. *Physiol. Plant.* 18 : 994 - 1000.
19. Wenkert, W., E. R. Lemon, and T. R. Sinclair. 1978. Leaf elongation and turgor pressure in field-grown soybean. *Agron. J.* 70 : 761 - 764.
20. 柳順昊. 1973. 밭土壤의 物理性과 水分 問題. 韓國土壤肥料學會誌. 6 : 61 - 65.
21. 유인수. 1987. 밭土壤 管理와 施肥. 가리研究會. 253p.