

水分供給調節에 의한 족제비싸리의 生長과 耐乾性에 관한 研究

洪 敬 惠 · 金 源

(慶北大學校 自然科學大學 生物學科)

Study on the Growth and the Drought Resistance of *Amorpha fruticosa* under the Control of Water Supply

Hong, Kyung Hae and Woen Kim

(Dept. of Biology, College of Natural Sciences, Kyungpook National University)

ABSTRACT

The growth and the resistance of *Amorpha fruticosa* L. under water control was experimented in frames out of doors. The plant grew in a wagner's pot under water control. The soil moisture content was controlled at 5%, 10%, 15% and 20%. The growth of leaf, stem and root in the groups of 5% and 10% soil moisture content were different from values in the groups of 15% and 20%. The T/R ratio in the groups of 5% and 10% soil moisture content were different from the ratio in the groups of 15% and 20% soil moisture content. The T/R ratio of former was lower than the latter, but the C/F ratio of the former was higher than the latter. RGR and NAR of *Amorpha fruticosa* decreased in 5% and 10% soil moisture content but increased in 15% and 20% soil moisture content during growing period. The maximum values of RGR and NAR were respectively 0.089 and 0.080 at 20% soil moisture content. The highest value of LAR was 1.560 at 5% soil moisture content. RGR and NAR were comparatively affected by soil moisture content.

緒 論

植物의 生長과 生存에 미치는 물의 重要性으로 인하여 植物의 水分利用에 影響을 주는 土壤條件은 生長의 重要한 要素가 된다. 土壤水分과 植物의 生長에 關한 많은 研究報告가 있다. 植物의 生長과 耐乾性에 關한 Maximov(1929)의 研究를 비롯하여 Russell(1939)은 *Helianthus annuus*를 材料로 하여 4종류의 IOWA土壤의 土壤吸水力曲線에서 나타난 土壤水의 자유에너지와 土壤의 水分含量과의 關係를 밝혔으며, 4종류의 土壤의 永久萎凋點의 pF는 平均 4.18이며 土壤組成이 微細해질에 따라 減少한다고 하였다. Denmead and Shaw(1962)는 植物의 土壤水分利用에 대한 動的인 觀點에서 볼 때 土壤含水量이 減少되어 乾燥한 狀態가 되면 1日의 蒸散率은 潛在蒸散率以下로 떨어지며, 土壤含水

量이 높아지면 潛在蒸散率의 增加가 일어난다고 하였다. 또한 土壤水分이 植物生長에 미치는 影響에 대한 研究로는 Weaver and Himmel(1930)에 의하면 몇種의 植物에 있어서 土壤含水量의 變化로 인해 植物의 生長과 C/F ratio, T/R ratio등의 生長類型에 變化를 일으킨다고 하였다. 最近의 細胞學的인 考察에서 Henkel(1962)은 植物의 耐乾性은 一種의 進化的 要因이며 原形質의 化學的 特性中 colloid性에 基因된다고 하였으며 diagnosis와 intensification의 方法에 대해 研究하였다. 한편 1962년 UNESCO主催로 열렸던 Madrid symposium에서는 乾燥한 氣候條件下에서 植物과 水分과의 均衡關係 및 灌溉에 關해 전반적으로 取扱되었는데 Petinov(1962)는 乾燥地帶의 灌溉農法에 있어서 水分供給調節이 生産力에 影響을 미친다고 報告하였다. Bierhuizen(1962)은 *Lactuca sativa*, *Raphanus sativus* 등이 pF가 2.3에서 3.4로 增加되었을 때 收量이 100%

에서 20~30%로 減少하여진다고 하였으며, Slatyer (1962)는 *Acacia aneura*의 水分均衡에 關한 機作論 및 環境條件과 內的인 水分均衡에 關하여 報告하였다.

우리나라에서는 Lee등(1975)이 *Lespedeza bicolor*를 材料로하여 實驗報告한 바 있고 또한 Kim(1977)이 *Robinia pseudoacacia*의 土壤含水量調節에 의한 耐乾性과 生長關係를 報告한 바 있다. Lee등(1971)의 報告에 의하면 우리나라의 各地에 散在해 있는 禿裸地의 土壤은 主로 花崗岩을 母岩으로 하는 粗粒砂地나 粘土地로 되어 있어 有機質이 거의 없으며 土壤含水量이 5~15%로서 매우 乾燥하고 瘠薄한 狀態이라고 하였다. 이러한 禿裸地의 綠化를 위해서는 耐乾性樹種의 選定이 必要하다고 본다. 本實驗은 Lee등(1971)의 禿裸地植生에 關한 生態學的考察에서 耐乾性植物로 推定된 죽제비싸리(*Amorpha fruticosa* L.)를 實驗材料로 하여 人爲的인 瘠薄한 土壤에서 水分供給調節에 의한 生長關係를 밝히고자 실시하였다.

材料 및 方法

本實驗에 使用한 供試土壤은 C層土壤으로서 完全히 乾燥시킨 後에 Vermiculite와 土壤의 重量比率를 1:1.4로 混合하였고, 實驗區의 설정은 土壤含水量을 5%區, 10%區, 15%區, 20%區로 各各 설정하였다. 供試植物은 1980년 가을에 採種한 죽제비싸리(*Amorpha fruticosa* L.)의 硬實種子를 選種하여 1981년 4월 27일 流水에서 2時間 水洗하여 1/5000a의 Wagner pot에 pot當 20粒씩 各各 直播하였고, 發芽에 지장이 없도록 하기 위해서 播種時의 土壤含水量은 發芽時까지 일률적으로 40%로 調節하였다. 發芽後 17日째인 5월 29일에 本葉이 2~3枚, 莖長이 4cm인 均一한 個體를 pot當 5個體씩을 남겨 每日 pot를 저울로 秤量하여 土壤含水量을 給水로 調節하여 生育시켰다. 實驗期間中에 “우수푸른” 1000ppm을 2回 살포하였다. 標品抽出은 各區별로 2個의 pot에서 10個體씩 無作爲抽出하였으며

1次標品抽出은 播種 後 45日만인 6월 11일에 실시하였고 2次는 6월 26일에, 3次는 7월 11일에, 4次는 7월 26일에 各各 실시하였다. 標品抽出된 個體는 뿌리, 줄기, 잎의 各 器官別 길이生長을 測定한 後 80°C 乾燥器內에서 恒量이 될 때까지 乾燥시킨 後 直示天秤(Mi-crowa Model-5540)에서 乾物量을 秤量하였다. 全葉面積은 標品抽出된 個體中에서 一個體를 選定하여 個體當 葉面積을 測定하여(補正式求積器: SAN-EI 3127) 乾物量의 比로서 算出하였고, 土壤의 活性酸度[pH(H₂O)]와 潛酸度[pH(KCl)]는 各各 증류수와 1N KCl을 土壤重量의 2.5倍를 加하여 20分間 浸탕시킨 후 pH meter(Fisher Model-230)로써 測定하였다.

結果 및 考察

1. 土壤要素

供試土壤의 活性酸度[pH(H₂O)]와 潛酸度[pH(KCl)]는 各各 7.63±0.07, 6.87±0.06이었고 最終標品抽出 이후의 土壤分析 結果를 Table 1에서 보면 土壤含水量은 5%區가 5.04±0.04, 10%區가 11.01±0.49, 15%區가 15.76±1.75, 20%區가 20.27±1.73%이었다.

2. 土壤含水量과 植物의 生長

1) 줄 기

줄기의 伸長生長의 傾向은 土壤含水量이 減少됨에 따라 低下되었으며 20%區는 6월 11일에 2.5cm/ind.에서 7월 26일에는 13.0cm/ind.로서 다른 세區에 비해 크게 增加하였다.

2) 뿌 리

뿌리의 伸長生長의 傾向은 土壤含水量이 5%區와 10%인 區가 15%와 20%인 區에 유사한 增加를 보였고 10%區가 7월 26일에 23.0cm/ind.로서 최대치를 나타낸 것은 水分의 不足에 대한 耐性에서 基因된다고 본다.

3) 器官別 乾物量

植物體의 各 器官別 乾物量은 Table 3, Fig. 3, Fig.

Table 1. Result of soil analysis after sampling

Moisture content(%)	5%	10%	15%	20%
pH(H ₂ O)	7.63±0.07	7.63±0.07	7.63±0.07	7.63±0.07
pH(KCl)	6.87±0.06	6.87±0.06	6.87±0.06	6.87±0.06
Soil moisture content(%)	5.04±0.04	11.01±0.49	15.76±1.75	20.27±1.73

Table 2. Growth of shoot and root in length (cm/ind.) under different soil moisture content

Parts of plant body	Soil moisture content	Sampling date			
		Jun. 11	Jun. 26	Jul. 11	Jul. 26
Stem	5%	3.8	4.1	5.3	4.2
	10%	3.2	3.6	5.0	5.4
	15%	3.3	4.0	6.5	8.0
	20%	2.5	4.3	6.5	13.0
Root	5%	17.6	20.9	20.2	22.3
	10%	19.5	20.7	21.0	23.0
	15%	18.1	21.8	20.4	21.6
	20%	15.1	21.1	21.5	21.4

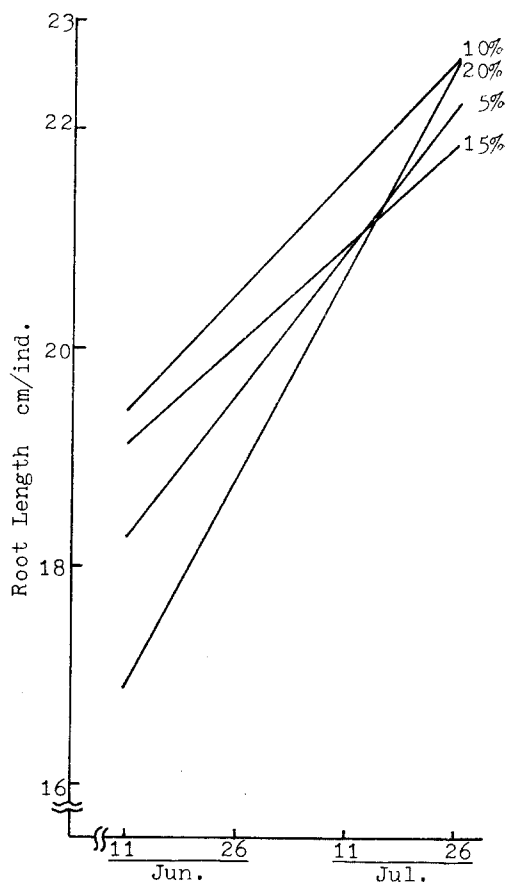
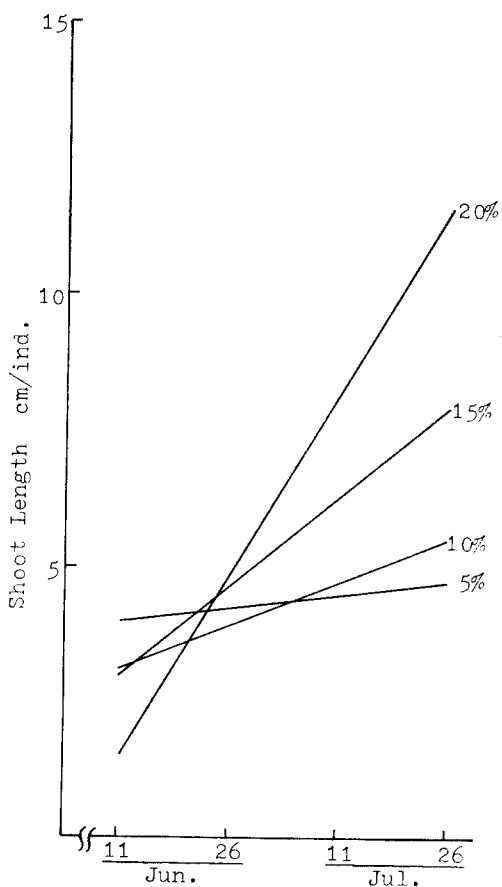


Fig. 1. The relation between plant height and soil moisture content.

Fig. 2. The relation between root length and soil moisture content.

Table 3. Standing crop(mg) of leaf, stem and root per plant under different soil moisture content

Parts of plant body	Soil moisture content	Sampling date			
		Jun. 11	Jun. 26	Jul. 11	Jul. 26
Leaf	5%	8.8	14.7	17.3	23.3
	10%	9.2	15.3	26.8	29.5
	15%	11.8	20.0	40.1	80.9
	20%	9.1	17.2	45.9	146.7
Root	5%	5.8	12.9	21.9	28.0
	10%	7.6	16.1	30.7	36.2
	15%	8.0	19.3	29.6	68.3
	20%	5.5	11.3	26.1	114.4
Stem	5%	2.0	4.4	11.6	10.8
	10%	2.4	4.5	11.9	13.5
	15%	3.6	4.7	14.2	27.6
	20%	1.9	4.7	14.1	69.1
Total	5%	16.6	32.0	50.8	62.1
	10%	19.2	35.9	69.4	79.2
	15%	23.4	44.0	83.9	176.8
	20%	16.5	33.2	86.1	330.2

4, Fig. 5와 같이 잎, 줄기, 뿌리에서 모두 5%, 10% 區의 生長이 低調하였고, 5%, 10%區와 15%, 20%區 간에 生長差異를 나타냈다.

4) 全乾物量生産

全乾物生産이 Table 3과 같이 크게 增加된 것은 Kim (1977)의 *Robinia pseudoacacia*의 實驗結果와 같이 잎의 乾物量의 增加로 因한 同化合物이 主로 뿌리에 蓄積된 것으로 생각된다. Fig. 6에서 全乾物量生長의 傾向을 보면 各 器官別 乾物量과 類似하며 全乾物量의 生産은 5%, 10%, 15%, 20%의 順으로 增加하였다.

以上에서 볼 때 족제비싸리는 土壤含水量이 5.0 ± 0.04 에서도 4次標品抽出時까지 緩慢하나마 生長의 增加를 보인 것은 耐乾性이 강한 植物이라고 생각된다.

5) 葉面積

植物體의 葉面積을 Table 4, Fig. 7에서 보면 20% 區는 1次標品抽出에 비해 4次標品抽出時에 거의 15배에 가까운 生長의 增加를 보였고 15%, 20%區가 5%, 10%區에 비해 크게 增加하였다. 5%區에서는 3次標品

抽出 이후에 감소한 傾向을 보인 것은 葉面積을 최소로 유지하려는 水分不足에 대한 耐性에서 基因된다고 본다.

6) T/R ratio

T/R ratio는 Table 5, Fig. 8에서 보면 5%, 10% 區, 15%區에서는 地上部에 비해 地下部の 發達이 왕성하여 T/R ratio의 값이 低下되었고, 20%區가 增加된 것은 地上部가 地下部에 비해 더 發達된 것에서 基因된다고 본다. T/R ratio는 여러가지 外的要因에 의해 달라지는데 Robert and Struckmeyer(1964)는 種에 따라 다르나 同一種에 있어 土壤含水量과 光週期에 따라 差異가 있다고 하였고, Bierhuizen(1962)은 土壤含水量이 낮으면 葉數, 葉面積의 減少와 더불어 T/R ratio도 減少된다고 하였고 Lee등(1975)과 Kim(1977)의 *Lespedeza bicolor*, *Robinia pseudoacacia*에서 各各

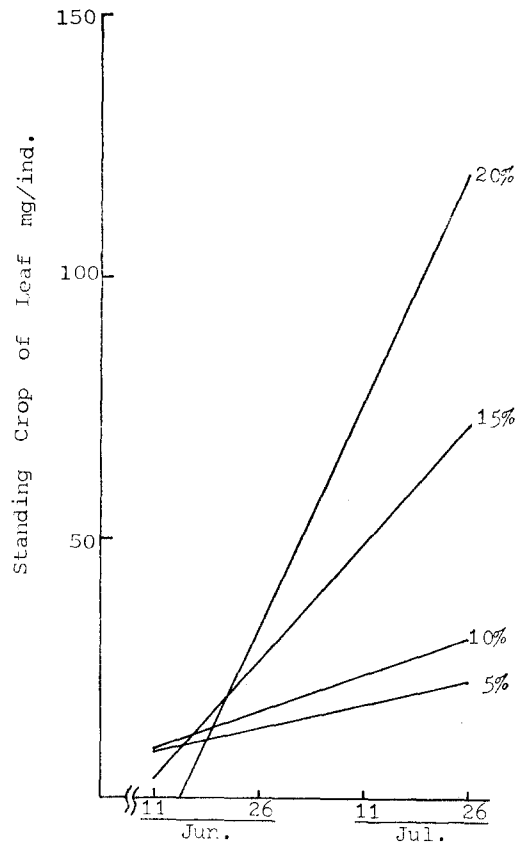


Fig. 3. The relation between standing crop of leaf and soil moisture content.

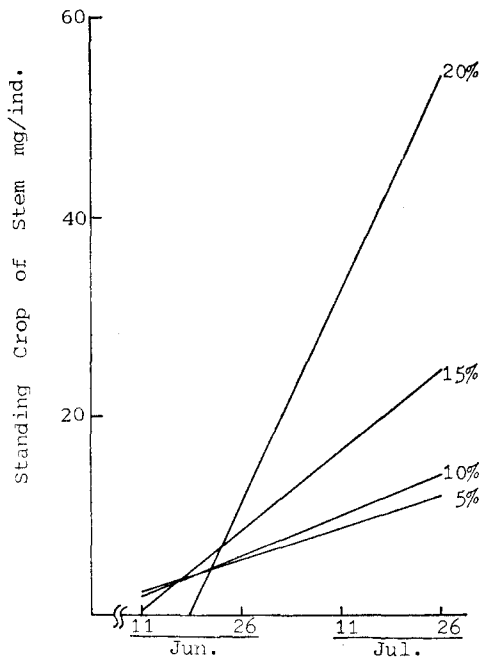


Fig. 4. The relation between standing crop of stem and soil moisture content.

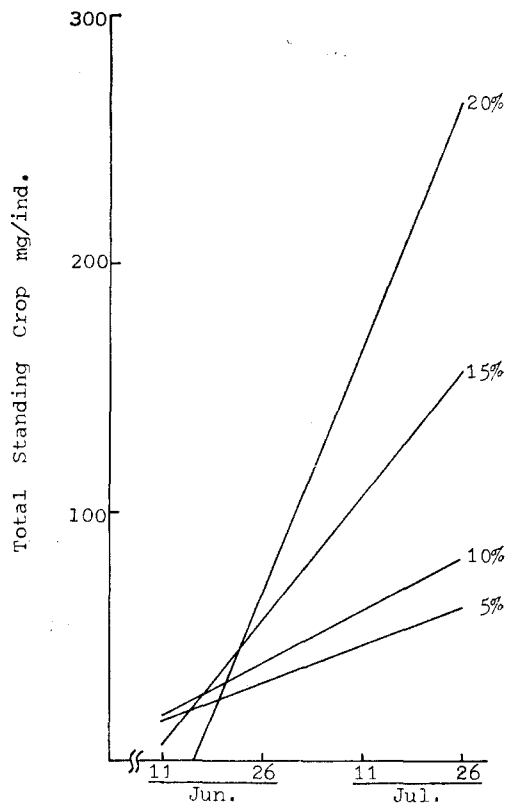


Fig. 6. The relation between total standing crop and soil moisture content.

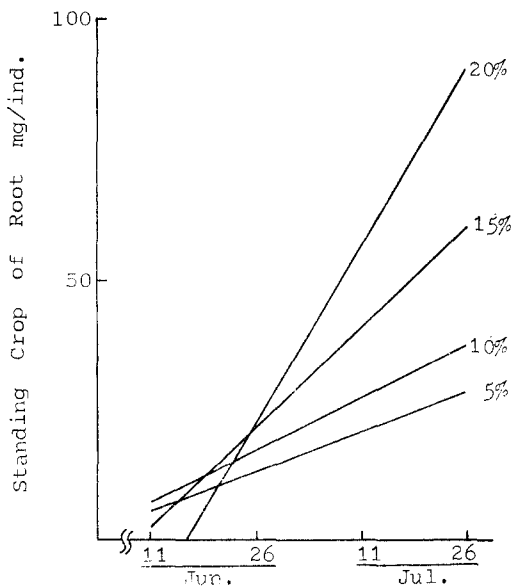


Fig. 5. The relation between standing crop of root and soil moisture content.

Table 4. Total leaf area(cm²) under different soil moisture content

Soil moisture content	Jun. 11	Jun. 26	Jul. 11	Jul. 26
5%	27.1	47.8	43.3	33.8
10%	29.7	60.0	43.5	72.1
15%	42.5	49.7	85.2	204.7
20%	23.5	36.9	123.9	311.8

土壤含水量이 높은 區일수록 T/R ratio가 높은 값을 나타낸다고 報告하였다. 죽제비싸리(*Amorpha fruticosa* L.)도 以上の 報告와 같은 傾向을 나타내었다. Fig. 8에서 5%區가 다른 3個區에 비해서 급격히 減少된 傾向은 枯死를 暗示하는 것으로 생각된다.

Kim(1977)의 報告에 의하면 *Robinia pseudoacacia*가 土壤含水量이 5%일 때 T/R ratio가 1以下로 떨어지는 7月 31日에 枯死한 것으로 보아 죽제비싸리에서

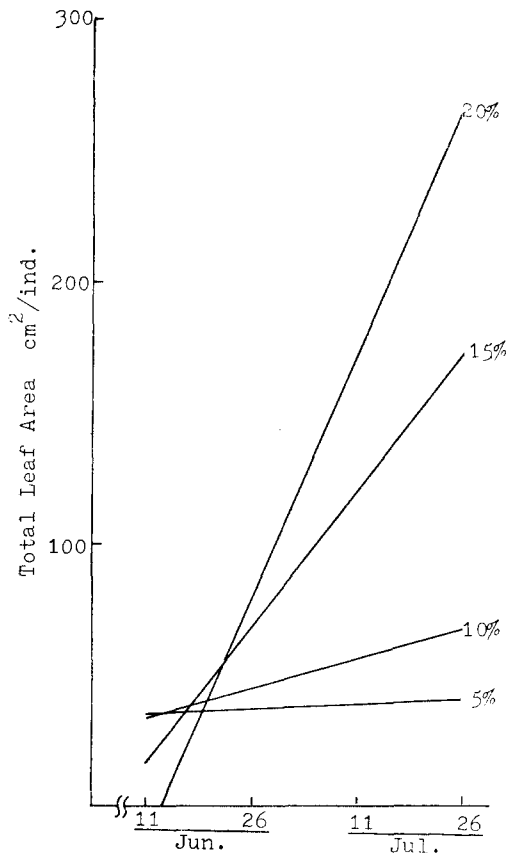


Fig. 7. The relation between leaf area and soil moisture content.

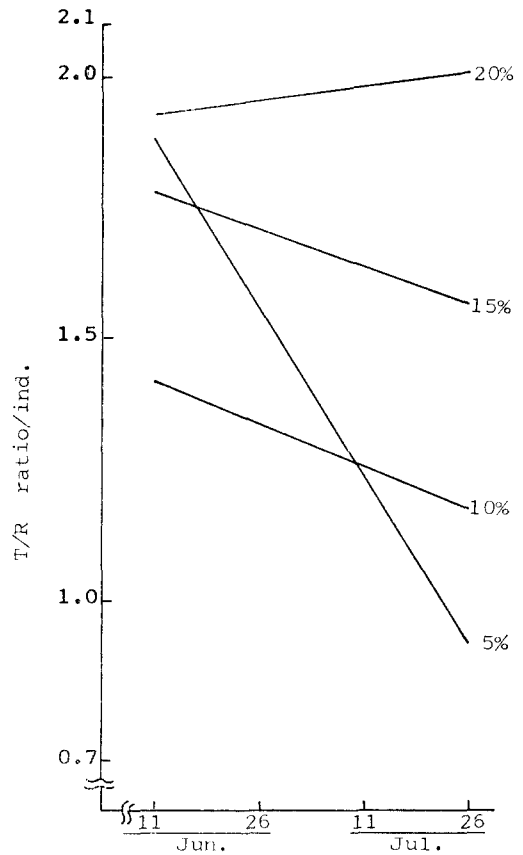


Fig. 8. The relation between T/R ratio and soil moisture content.

도 같은 傾向性을 나타낼 것으로 豫想된다.

7) C/F ratio

C/F ratio는 Table 6에서 2次標品抽出時부터 5%, 10%, 15%의 順으로 增加되었으나 Fig. 9에서와 같이 20%의 C/F ratio가 5%, 10%, 15%區에 비해서 비교

적 安定된 값을 보인 것은 非同化器官과 同化器官의 發達이 均衡을 이룬것이라 볼 수 있다. Yim and Rim (1971)의 *Glycine max*와 Kim(1977)의 *Robinia pseudoacacia*에서 土壤含水量이 낮을수록 C/F ratio가 높은 값을 보인다는 報告와 같은 傾向을 보였고, 水分의

Table 5. T/R ratio under different soil moisture content

Soil moisture content	Sampling date			
	Jun. 11	Jun. 26	Jul. 11	Jul. 26
5%	1.9	1.5	1.3	0.9
10%	1.5	1.2	1.3	1.2
15%	2.0	1.3	1.8	1.6
20%	1.8	1.9	2.3	1.9

Table 6. C/F ratio under different soil moisture content

Soil moisture content	Sampling date			
	Jun. 11	Jun. 26	Jul. 11	Jul. 26
5%	0.9	1.5	1.9	1.7
10%	1.1	1.4	1.6	1.7
15%	1.0	1.2	1.1	1.2
20%	1.3	0.9	0.9	1.3

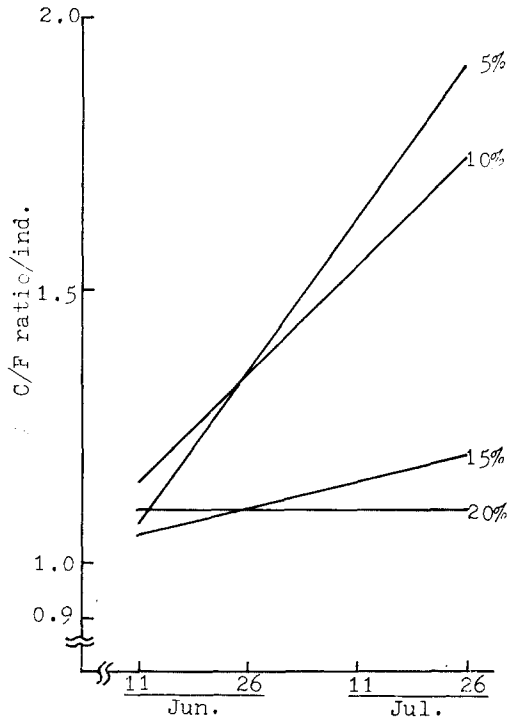


Fig. 9. The relation between C/F ratio and soil moisture content.

不足에 대한 耐性으로 因해 同化器官에 비해 非同化器官 특히 뿌리의 발달에 基因된 것으로 생각된다.

3. Growth analysis

숙제비싸리의 生長期間 中 生長解釋을 다음과 같이 分釋하였다. RGR, NAR 및 LAR은 다음 式으로 計算하였다.

$$RGR = \frac{1}{w} \cdot \frac{dw}{dt} = \frac{\ln w_2 - \ln w_1}{t_2 - t_1}$$

(Blackman, 1919)

$$NAR = \frac{1}{L} \cdot \frac{dw}{dt} = \frac{\ln L_2 - \ln L_1}{L_2 - L_1} \cdot \frac{w_2 - w_1}{t_2 - t_1}$$

(Saeki, 1965)

$$LAR = \frac{L}{w} = \frac{\ln w_2 - \ln w_1}{w_2 - w_1} \cdot \frac{L_2 - L_1}{\ln L_2 - \ln L_1}$$

(Saeki, 1965)

1) 相對生長率

전반적인 RGR의 傾向은 Fig. 10에서와 같이 5%, 10%區는 植物이 生長함에 따라 RGR이 減少된 반면에 15%, 20%區는 增加되었다.

2) 純同化率

Table 7, Fig. 11에서 보는 바와 같이 NAR은 15%, 20%區는 增加된 傾向을 보인 반면 5%, 10%區는 減少하였으며 5%區의 최대값이 0.028인데 비해 20%區에서는 0.080으로 그 差異가 큰 것으로 보아 土壤含水

Table 7. Data of growth analysis

	Soil moisture content	Sampling date		
		Jun. 11—Jun. 26	Jun. 26—Jul. 11	Jul. 11—Jul. 26
RGR mg/mg/day	5%	0.040	0.030	0.014
	10%	0.041	0.044	0.009
	15%	0.042	0.043	0.050
	20%	0.047	0.064	0.089
NAR mg/cm ² /day	5%	0.028	0.028	0.020
	10%	0.026	0.043	0.012
	15%	0.030	0.040	0.045
	20%	0.040	0.049	0.080
LAR cm ² /mg	5%	1.560	1.080	0.730
	10%	1.600	1.030	0.730
	15%	1.400	1.050	1.110
	20%	1.180	1.300	1.020

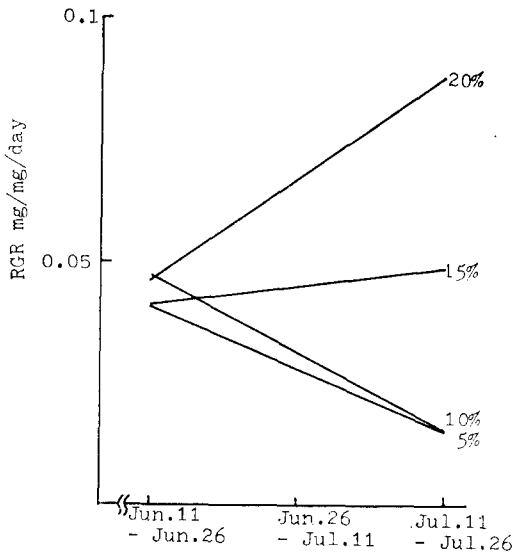


Fig. 10. Changes in RGR of *A. fruticosa* L. according to growth stage.

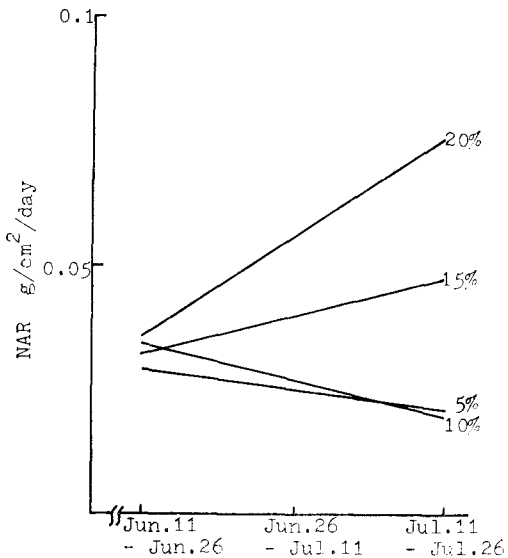


Fig. 11. Changes in NAR of *A. fruticosa* L. according to growth stage.

량의 차이가 NAR에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 또한 이 값은 Lee등(1969)이 高等植物의 平均 NAR이 0.03~0.06mg/cm²/day라고 한 것과 比較하면 상당히 높은 값이라고 생각된다.

3) 葉面積比

Table 7에서 보면 LAR의 최고값은 土壤含水量이 5

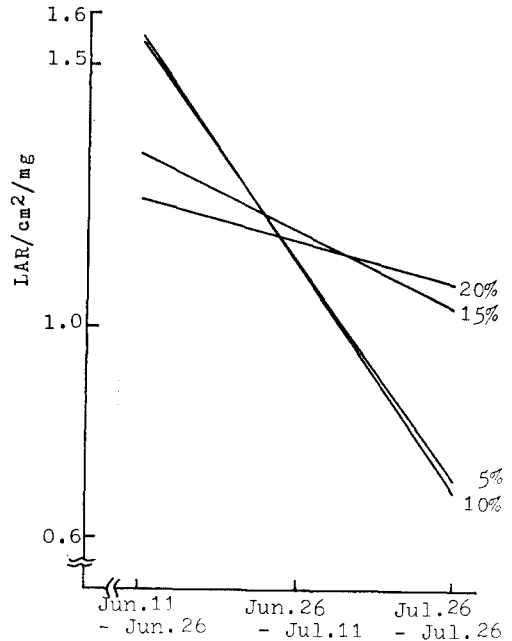


Fig. 12. Changes in LAR of *A. fruticosa* L. according to growth stage.

%, 10%, 15%, 20%의 順으로 減少되는 傾向을 나타냈다. Fig. 12에 나타난 LAR의 傾向을 보면 5%, 10%區는 15%, 20%區에 比較 급격히 減少한 傾向을 보였다. Kim등(1973)은 環境要因과 NAR, RGR, LAR의 相關關係에 있어서 平均氣溫과 降水量과는 逆相關을 나타낸다고 報告하였다. 그러나 土壤含水量의 變化에 따른 NAR, RGR, LAR의 差異로 보아 土壤水分條件도 NAR, RGR, LAR의 값에 影響을 미치며 이들의 相關關係를 檢討해 볼 必要가 있다고 생각된다.

摘 要

耐乾性植物로 推定된 죽제비싸리를 實驗植物로 하여 C층土壤과 Vermiculite를 1:1.4의 重量比率로 混合한 人爲的인 土壤에서 土壤含水量이 5%, 10%, 15%, 20%로 조절된 各 實驗區에서 生長關係를 분석한 結果는 다음과 같다.

地上部와 地下部の 길이生長은 줄기는 15%, 20%區에 比較 5%, 10%區의 生長이 낮으나, 뿌리는 5%, 10%區의 生長이 보다 왕성하였다.

各 器官別 乾物量生産은 뿌리, 줄기, 잎이 各各 5% 10%區의 生長이 低調하였고, 15%, 20%區는 生長이

顯著的 增加를 보였다.

全乾物量은 15%, 20%區에 비해 5%, 10%區의 生長이 減少하였으며, 전반적인 生長은 土壤含水量이 낮은 5%區에서 10%, 15%, 20%의 順으로 增加되는 傾向을 보였다.

葉面積은 5%, 10%區가 生長이 低調하였고 15%, 20%區의 生長이 增加하였다.

T/R ratio는 5%, 10%區에서는 낮고, 15%, 20%區에서는 높은 傾向을 보였다.

C/F ratio는 5%區, 10%區에서는 높고 15%, 20%區에서는 낮았다.

RGR, NAR은 各各 5%, 10%區가 減少되었고 15%, 20%區는 增加된 傾向을 보였으며 LAR은 15%, 20%區에 비해 5%, 10%區가 급격히 감소한 傾向을 보였다.

측제비싸리는 土壤含水量이 5%, 10%, 15%, 20%인 本 實驗의 範圍內에서는 各 器官別 乾物量生産과 生長速度가 낮은 5%, 10%區와 正常的인 生長傾向을 나타낸 15%, 20%區의 2個群間의 生長類型을 나타냈다.

參 考 文 獻

- Bierhuizen, J. F., 1962. Plant growth and soil moisture relationships. Proceedings of the Madrid Symposium, UNESCO. pp. 309~312.
- Blackman, V. H., 1919. The compound interest law and plant growth. Eberda., 33 : 353~360.
- Denmead, O. T. and R. H. Shaw., 1962. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. Agron. J., 54 : 385~390.
- Henkel, P. A., 1962. Drought resistance in plants: Methods of recognition and of intensification. Proceedings of the Madrid Symposium, UNESCO. pp. 167~173.
- Kim, J. H. and H. S. Choe *et al.*, 1973. Studies on the primary productivity of the terrestrial plants grown at different localities in Korea. MOST, R-73~87. pp. 33.
- Kim, W., 1977. Studies on the drought resistance and the growth of *Robinia pseudoacacia* L. under the control of water supply. Research Review of K.N.U., 23 : 177~197.
- Lee, H. J., W. Kim and I. K. Lee, 1975. Influence of water supply on the growth of *Lespedeza bicolor*. Kor. Jour. Bot., 18(4) : 143~149.
- Lee, I. K., H. J. Lee and Y. H. Shin, 1971. A vegetation study of bald hills in Korea. Academic Research Theses Kon-Kuk Univ., 12 : 815~824.
- Maximov, N. A., 1929. The plant in relation to water. George Allen & Unwin, Ltd., London. pp. 497.
- Petinov, N. S., 1962. Physiological principles of raising plants under irrigated agriculture. Proceedings of the Madrid Symposium. UNESCO, pp. 81~92.
- Roberts, R. H. and B. E. Struckmeyer, 1964. The effect of top environment and flowering upon top root ratios. Plant physiol., 21 : 332~344.
- Russell, M. B., 1939. Soil moisture sorption curves for four IOWA soils. Soil Sci. Soc. Amer. Pro., 4 : 41~54.
- Saeki, K., 1965. Growth analysis of plants. Bot. Mag., Tokyo, 78 : 111~119.
- Slatyer, R.O., 1962. Internal water balance of *Acacia aneura* F. Muell in relation to environmental conditions. Proceedings of the Madrid Symposium, UNESCO. pp. 137~143.
- Weaver, H. A. and W. T. Himmel, 1930. Relation of increased water content and decreased aeration to root development in hydrophytes. Plant physiol., 5 : 69~92.
- Yim, Y. J. and Y. D. Rim, 1971. On the growth and total nitrogen changes of *Glycine max* artificial plant communities, grown in sandy loam soil with a controlled moisture content. Kor. Jour. Bot., 14 : 21~28.

(1982年 9月 19日 接受)