

## 싸리나무에 있어서 水分供給量이 生長에 미치는 影響

李 浩 俊 · 金 源 · 李 一 球

(暹羅女子大學 科學教育科 · 慶北大學校 文理科學科 生物學科 · 建國大學校 文理科學科 生物學科)

### Influence of Different Soil Moisture on the Growth of *Lespedeza bicolor*

Lee, Ho Joon, Won Kim, and Il Koo Lee

(Dept. of Science Education, Hyosung Women's College, and Dept. of Biology, Kyung Pook National University, Daegu, and Dept. of Biology, Kon Kuk University, Seoul)

#### ABSTRACT

For the evaluation of drought resistance of the plant, the growth of *Lespedeza bicolor* Turcz. var. *japonica* Nakai was analyzed by the control of water content of soil:

1. The growth of leaf, stem and root showed high value in accordance with the increase of soil water content.

2. The formation of nodule was also increased as the content of soil water became higher.

3. The highest water content of the plant was shown in the plots of 30 and 40% of water content in soils and in the middle of the growing period (August-September).

4. The C/F ratio in the early period of the growth(July) was similar in each plot, but showed a higher value as the water content of soil became higher at the later period(October).

5. The T/R ratio increased in early period of the growth as the soil water content became higher, but it was decreased to the value of 1 in each plot.

#### 緒 論

土壤含水量과 植物生長에 關한 研究는 많은 사람에 의해 研究되었는데 이들 大部分은 水分經濟의 一般적인 법칙을 포함할 만큼 充分치는 못하다. 水分經濟의 必要性은 植物에 있어서 물의 蒸散, 轉移, 吸收의 相互關係의 量的인 評價인 것으로 Montfort(1922)는 植物의 水分均衡은 單位時間당 간격에 있어서 그들의 水分吸收(A)와 蒸散(T)의 比에 의해 결정된다고 했고  $T \leq A$  일 때 植物은 정상적인 기능을 유지할 수 있고  $T > A$  일 때는 植物은 곧 시들던지 그렇지 않으면 뒤늦게라도 시드는 현상이 나타난다고 했다. Huber (1925)는 植物의 水分經濟에 關한 式을 考察했지만 줄기나 잎의 水分함량에 있어서 水分轉移는 생각지 않았다. Totsuka 와 Monsi(1964)에 의해서도 制限된 水分

供給에 依한 生理生態인 적응단계가 뒤금되었는데 이들은 植物의 耐乾性에 영향을 미치는 蒸散能力과 水分供給과의 關係를 밝혔다. 또한 Arkley(1963)는 蒸散量과 乾物生産量과는 正比例함을 밝힘으로써 土壤含水量과 水分供給의 interval의 大小가 物質生産에 직접 영향을 미친다고 하였다. Wheaver 와 Himmel(1930), 및 Kmoch *et al.*(1957)은 土壤含水量의 增減이 一般적으로 植物生長의 增減뿐만 아니라 植物成長의 類形에도 變化를 일으킨다고 했으며 이런 成長의 類形들은 物質經濟面에서 分析하면 生産部와 非生産部, 地上部와 地下部, 吸收面과 蒸散面과의 比로 表示할 수 있다고 했다(佐伯, 1970).

한편 1959年 9月 24日~30日까지 Madrid에서 UNE-SCO 주최로 개최되었던 실험포럼에서도 植物과 水分과의 關係에 있어서 植物生長과 山林綠化에 關한 것

이 논의되었는데 Petinov 등 (1962)이 乾燥條件下에서 植物의 水分經濟에 對하여, Slatyer(1962)가 砂漠 植物의 水分均衡에 關한 方法論, Tames 등 (1962)의 植物水資源에 對한 研究, Henkel(1962)이 植物에 있어서 耐乾性, 특히 diagnosis와 intensification의 方法에 對해서, Khudairi(1962)가 相異한 土壤濕度에서 的 植物의 反應에 對해서, Bierhuizen(1962)이 植物 生長과 土壤濕度와의 關係에 對해서 밝힌 바 있다. Kurosaki(1974)는 日本産 *Rabdosia*를 재료로 土壤含水量을 100%, 80%, 60%, 40%, 20%로 조절했을 때의 生長關係, 즉 伸長生長, 葉의 數와 크기 등을 조사했는데 60%와 80%가 最適이었고 80%이상 60%이하가 되면 감소되고 20%와 100%가 되면 生長이 不良하거나 枯死한다고 하였다. 또한 Maximov(1959)는 水分生理와 耐乾性의 關係를 Kozlowski(1969)는 植物 生長과 水分缺乏과의 關係를 밝혔으며 근년에 우리나라에서도 李仁鎬(1967)가 地被와 土壤의 流量關係를 報告한바 있고 任良宰(1971)가 土壤含水量의 調節에 對한 *Glycine max*의 人工群衆의 成長과 總窒素量의 變動에 關하여 發表한 바 있다. 또한 李동(1971)의 禿裸地의 植生에 關한 研究에서 禿裸地에서 가장 耐乾性이 강한 것으로 밝혀진 樹種이 소나무인데 李一球의 未發表 研究에 依하면 土壤中の 水分含量이 25%이하인 곳에서도 生長이 가능하다고 밝히었다.

한편 生態學的인 見地에서 韓國의 禿裸地의 大部分이 花崗岩을 母岩으로 하여 風化된 粗粒砂地로 Fig. 1에서 보는 바와 같이 植物의 發育이 시작되는 4~5월에 降雨量이 적고 地下로 스며들어 유실되는 量이 많을 것이다. 이 土壤의 容水量은 대개 15%~30%이고, 含水量은 5%~15%이다. 이러한 禿地에서도 몇몇 樹種은 生長이 가능하다는 것도 이미 本人들의 禿裸地의 植生에 關한 研究에서 밝힌 바 있다.

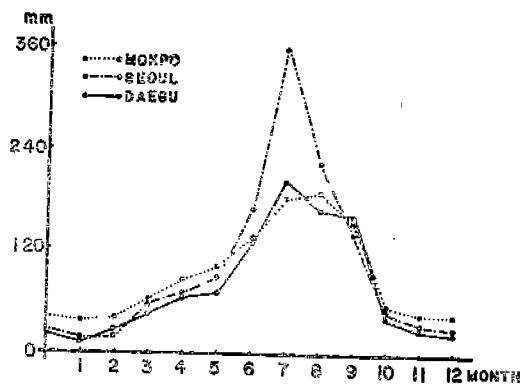


Fig. 1. The means of monthly rainfall at Seoul, Mokpo and Daegu(1943~1973).

本 研究는 李동(1971)이 發表한 禿裸地의 植生에 關한 生態學的 研究은 基本으로 하였는데, 乾燥期의 土壤含水量이 5%~15%이며, 微境의 有機質도 거의 없는 土壤으로 構成된 禿裸地에서 能히 生長이 可能한 植物들로서 가장 강한 耐乾性植物로 推定된 소나무, 팔배나무, 싸리外 數種이 조사된 바 있어 이중에서 싸리를 재료로 하여 水分供給量과 生長과의 關係를 밝힘으로써 禿裸地의 第二段階인 綠化樹種으로서의 適合性 여부를 입증코저 실시한 것이다.

材 料 및 方 法

실험자들이 1971年 “禿裸地의 植生에 關한 生態學的 研究”에서 耐乾性植物로 推定된 木本植物中 禿裸地에서 가장 頻도가 높은 것이 *Pinus densiflora*, *Sorbus alnifolia*, *Lcspedeza cyrtobotrya*의 順位였는데 이중 *Lcspedeza cyrtobotrya*와 同一 Genus인 *Lcspedeza bicolor* Turcz var. *japonica*를 使用했다.

實驗期間中 雨水의 流入을 防止하기 위해 가로 3m, 세로 1.1m, 높이 1.5m인 frame을 만들어 vinyl로 싸우고 土壤含水量을 15%(±2), 30%(±2), 45%(±2), 60%(±2)區로 하여 매일 水分을 저울로 稱量하여 供給하였다. 우리나라 禿裸地의 土壤含水量이 平均 12%였으므로 제일 낮은 土壤含水量을 15%(±2)로 調節하였다.

使用한 土壤은 有機物이 없다고 생각되는 C層 土壤과 vermiculite를 혼합하여 使用했으며 3日에 1回씩 Boysen Jensen 液을 同一量씩 供給하였다. 1973年 4月 5日 雨場에 直播한 후 6月 2日 個體당 生重量이 0.101~0.103g이고 本葉이 2~3매인 균일한 個體를 골라 7~8本씩 1/5000a의 Wagner pot에 移植 했다. 總個體數는 455個體로 15%區에서 112, 30%區에 120, 45%區에 112, 60%區에 111個體로 하고 活着을 위하여 移植時의 土壤含水量을 모두 70%(±2)로 하였으나 後에 含水量을 調節하여 15%區가 14日, 30% 區가 9日, 45%區가 6日, 60%區가 2日만에 所定의 土壤含水量에 이르게 하였다.

Sampling은 1回마다 各區 3 pot씩 21~24個體를 했으며 一次 sampling은 移植後 44日만인 7月 15日, 二次 sampling은 68日만인 8月 8日, 三次 sampling은 93日만인 9月 2日, 四次 sampling은 118日만인 9月 27日에 실시했으며 實驗期間中 土壤含水量의 變動을 보기 위해 sampling時 마다 土壤含水量을 調査했으며 sampling한 植物體와 土壤은 100~105°C의 drying oven內에서 4~5日間 완전 건조시켜 土壤水分含量과 生産部, 非生産部의 乾物量을 測定했다.

結果 및 考察

播種하여 移植한 後 부터 sampling 日과 各 植物의 個體당 器官別 生長過程은 Table 2와 같다. 全體的으로 發芽率이 높아 約 75%였으며 個體에 따라 약간의 차이는 있었으나(1~4日) 거의 同時에 發芽했다. 移植初期에 15%區에서 1個體, 30%區에서 2個體 45%區에서 1個體가 枯死하였을 뿐 外見上 별다른 差異는 없었다. 또한 마지막 sampling 後의 토양분석 結果는 Table 1과 같다.

各 器官別 乾物量增加를 보면(Fig.2~5, Table 2) 앞 (Fig. 2)의 경우 一次 sampling까지는 各 區間의 乾物量의 差異가 거의 없었고 二次 sampling時부터 各 區間에 현저한 差異가 나타났다. 또한 全體의인 면에서 볼때 60%區가 15%區에 比해서 約 2배 가까운 生長을 보였고 30%, 45%區가 거의 유사한 生長경향을 보이고 있다. 잎의 水分含量(Table 3)은 15%區가 가장 낮고 使用土壤의 含水量의 增加에 따라서 점점 증가추세를 보여 45%區에서 가장 높았으며 그 後부터

Table 1. Result of soil analysis after last sampling

	Soil moisture, %			
	15	30	45	60
N(amount)	0.10	0.10	0.30	0.30
P(available) ppm	0.08	0.09	0.09	0.10
K(replace) mc/mg	0.20	0.03	0.03	0.04
pH	6.9	6.9	6.9	6.9
Field capacity	96	96	96	96
Moisture content	15(±2)	30(±2)	45(±2)	60(±2)

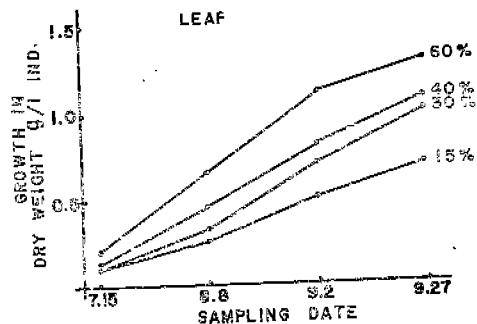


Fig. 2. Relationship between dry weight of leaf and different soil moisture.

Table 2. Dry matter production(g/1 ind.) of leaves, stems and roots in different soil moisture

Parts of plant	Soil moisture %	Sampling date			
		Jul. 15	Aug. 8	Sep. 2	Sep. 27
Leaf	15	0.112	0.265	0.501	0.067
	30	0.105	0.344	0.724	0.636
	45	0.126	0.436	0.802	1.250
	60	0.200	0.650	1.101	1.310
Stem	15	0.070	0.146	0.250	0.330
	30	0.074	0.174	0.331	0.670
	45	0.081	0.221	0.450	0.800
	60	0.150	0.348	0.750	1.024
Root	15	0.101	0.234	0.592	0.928
	30	0.110	0.281	0.881	1.794
	45	0.109	0.356	1.050	1.945
	60	0.132	0.501	1.750	2.236
Full body	15	0.288	0.645	1.343	1.945
	30	0.289	0.799	1.936	3.400
	45	0.316	1.013	2.302	3.995
	60	0.482	1.499	3.605	4.570

Table 3. Water contents(%) of leaves, stems and roots in different soil moisture

Parts of plant	Soil moisture %	Sampling date			
		Jul. 15	Aug. 8	Sep. 2	Sep. 27
Leaf	15	52.7	179.2	129.5	99.6
	30	90.5	184.9	140.1	135.0
	45	136.5	211.7	163.5	100.8
	60	108.0	161.8	153.3	103.2
Stem	15	42.9	93.2	76.0	61.8
	30	39.2	117.8	86.6	76.2
	45	67.9	136.7	122.2	120.8
	60	53.3	104.3	88.5	78.2
Root	15	70.3	233.8	204.2	140.5
	30	90.9	355.2	264.1	165.6
	45	105.5	306.5	287.0	171.3
	60	105.3	300.0	274.2	110.8
Full body	15	55.3	165.4	136.6	100.6
	30	73.5	219.3	163.6	147.8
	45	103.3	218.3	190.9	131.0
	60	88.9	188.7	172.0	67.4

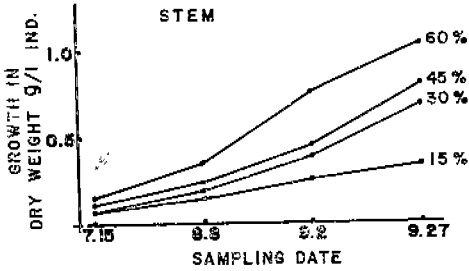


Fig. 3. Relationship between dry weight of stem and different soil moisture.

60%區는 하락추세를 나타냈다. Sampling 時期別로 보면 一次 sampling 時부터 점점 增加하여 二次 sampling 時에 가장 많은 水分含量을 나타냈고 그 후부터 하락하여 四次 sampling 時에는 一次 sampling 時와 거의 같은 값을 나타냈다.

줄기(Fig.3)의 경우는 잎의 경우와 거의 유사한 生長傾向을 나타냈으나 잎의 경우 15%는 生長初期부터 계속 生長을 했으나 줄기의 15%區는 生長初期와 末期 사이에 약간의 生長을 보였을 뿐이다. 여기에서도 30% 區와 45%區가 거의 同一한 生長傾向을 보이고 있다. 줄기의 水分含量(Table 3)은 잎보다는 훨씬 낮은 값을 보이고 있으나 生長傾向은 잎의 경우와 유사했다.

뿌리(Fig. 4)의 生長은 잎이나 줄기에서와 마찬가지로 一次 sampling 時까지 各 區間의 乾物量의 差異가 거의 없었고 二次 sampling 時까지 거의 同一한 生長速度를 보였다.

그 후부터 잎이나 줄기보다도 급격한 生長의 差異를 나타냈으며 三次 sampling 時에는 15%區보다 60%

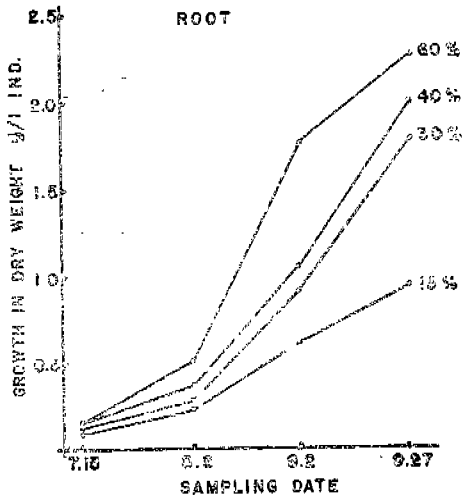


Fig. 4. Relationship between dry weight of root and different soil moisture.

區가 約 3배 이상의 生長을 보였다. 뿌리에서도 30%, 45%區가 유사한 生長傾向을 나타내고 있다. 뿌리의 水分含量(Table 3)도 잎이나 줄기에서와 같은 傾向을 보였으며 15%區에서 가장 낮은 값을 나타냈고 점점 增加하여 45%區에서 가장 많은 水分含量을 나타냈으며 그 후부터 하락되기 시작했다. Sampling 時期別로는 一次 sampling 時부터 증가하여 二次 sampling 時에 가장 높았는데 이것은 이때에 뿌리의 水分吸收과 더불어 뿌리의 生長이 가장 旺盛한 時期로 생각된다. 植物과 器官別로 뿌리에서 가장 水分含量이 높은 것으로 보아 土壤水分含量과 관계가 깊은 것은 地下部인 것 같다.

個體당 全生長量(Fig. 5, Table 2)은 뿌리의 경우와 거의 유사하여 一次 sampling 時까지는 60%區가 약간 生長量이 많기는 하나 거의 同一했으며 二次 sampling 時부터 많은 生長의 差異를 보였다. 15%區는 다른 區와 같은 速度로 증가하지는 않았고 30%와 45%區가 역시 유사한 生長을 보이고 있다. 個體당 全水分含

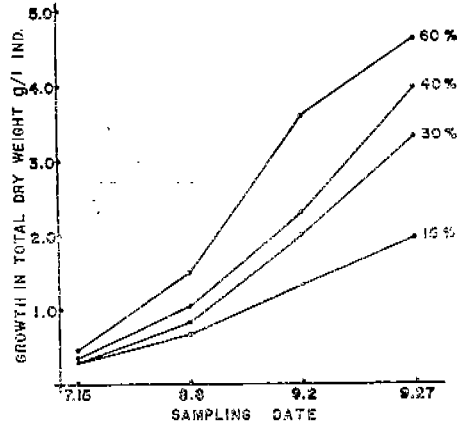


Fig. 5. Relationship between total dry weight of plant and different soil moisture.

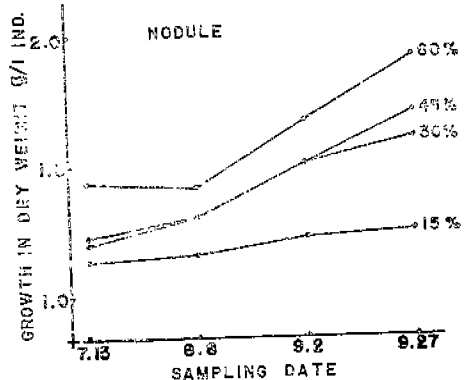


Fig. 6. Relationship between dry weight of nodule and different soil moisture.

Table 4. Dry matter production(g/1 ind.) of nodule in different soil moisture

Soil moisture %	Sampling date			
	Jul. 15	Aug. 8	Sep. 2	Sep. 27
15	1.14	1.15	1.20	1.21
30	1.21	1.31	1.49	1.51
45	1.26	1.31	1.48	1.66
60	1.45	1.41	1.68	1.82

插(Table 3)은 45%區에서 가장 높았고 sampling 時期別로는 二次 sampling 時가 가장 높았는데 뿌리의 경우와 같이 이태가 가장 生長이 旺盛한 時期로 생각 된다.

뿌리혹의 數와 무게(Fig. 6, Table 4)는 土壤含水量이 많을수록 增加를 보였으나 15%區에서는 生長初期부터 後期까지 약간의 增加를 보였을 뿐이다. 一次 sampling 時 가장 낮았으며 그 後 점점 增加하여 四次 sampling 時에 가장 높은 값을 나타냈다. Howell(1967)은 뿌리혹의 形成과 窒素固定은 물속에서도 일어나며 葉綠素 形成과 相互關係가 있다고 했으며, 任(1971)은 콩의 뿌

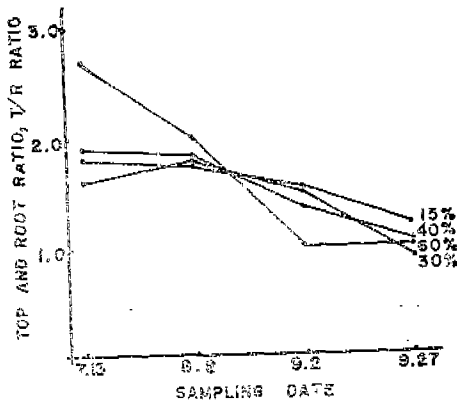


Fig. 7. Relationship between T/R ratio and different soil moisture.

Table 5. Growth of mean shoot and root length(cm) in different soil moisture

Soil moisture %	Sampling date							
	Jul. 15		Aug. 8		Sep. 2		Sep. 27	
	Root	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root	Stem
15	77.0	77.4	22.5	23.7	23.5	33.5	24.3	36.2
30	12.6	9.2	33.0	26.1	33.6	38.2	33.9	40.1
45	13.3	14.7	31.2	38.5	32.0	50.1	33.8	53.0
60	14.5	15.2	37.0	46.2	38.2	57.6	41.4	60.6

Table 6. A comparison of shoot growth(T) and root growth(R): T/R ratio

Soil moisture %	Sampling date			
	Jul. 15	Aug. 8	Sep. 2	Sep. 27
15	1.80	1.76	1.27	1.10
30	1.63	1.84	1.25	0.90
45	1.90	1.85	1.19	1.05
60	2.65	1.99	1.06	1.04

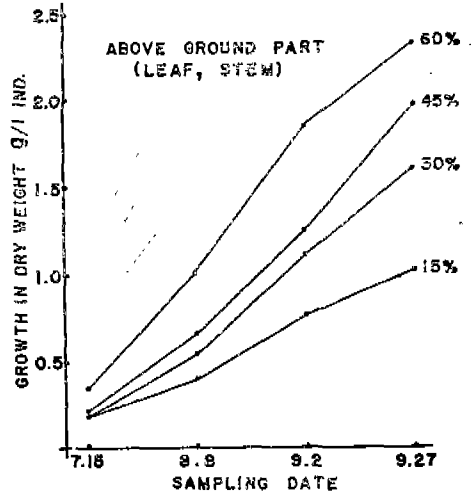


Fig. 8. Relationship between dry weight of above ground part (leaf and stem) and different soil moisture.

리 혹의 數와 무게가 土壤含水量이 높을수록 增加했다고 했는데 뿌리의 경우와도 이 것과 같은 傾向을 나타내는 것으로 생각된다.

줄기와 뿌리의 길이 生長(Table 5)은 토양함수량이 많을수록 증가해서 60%區 四次 sampling 時에 最大值를 나타냈다.

Struchmeyer와 Robert(1946)는 T/R ratio(Table 6, Fig. 7)가 種에 따라 다르나 同一種에 있어서는 土壤含水量에 따라 그 差異가 있다고 하였지만, 뿌리의 경우 地上部와 地下部の 生長은 各區가 상당한 差異의

差異를 보였고 生長의 경향은 各 區가 거의 同一性을 보이고 있다. T/R ratio (Table 6, Fig. 7)를 볼것 같으면 生長初期(一,二次 sampling)에는 土壤含水量이 높은 區일수록 높아지며 生長後期(三,四次 sampling)에서는 낮아져 시기가 경과할수록 各 區 共히 T/R ratio가 훨씬 떨어져 T/R=1에 가까워지고 있다. T/R ratio가 여러가지 外的條件, 즉 日照關係, 水分變化, 酸素供給, 窒素供給, 剪定, 伐採, 摘葉, 摘花, 摘果等 많은 條件에 따라 달라지기는 하겠지만 植物體는 T/R=1이 되며 生長하려는 성질이 있는데(郭 등, 1968)이로 미루어 15%區의 乾量이 다른 區에 비해 떨어지기는 하나 T/R=1에 근사한 것으로 보아 균형 잡힌 生長을 하는 것으로 생각된다.

生産部와 非生産部(Fig. 9)의 生長은 非生産部가 生産部보다 乾量이 훨씬 많을 뿐만 아니라 C/F (Table 7, Fig. 10)가 生長初期의 경우 30%區를 제외한 15%, 45%, 60%區가 二次 sampling時까지 거의 同一했으며 三次 sampling에 있어서는 15%, 30%, 45%區가 유사하고 60%區가 높은 값을 나타냈다. 四次 sampling

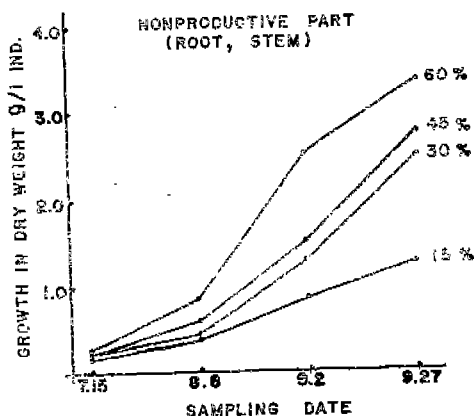


Fig. 9. Relationship between dry weight of non-productive part (root and stem) and different soil moisture.

Table 7. A comparison of productive organ(F) and non-productive organ(C) ratio: C/F ratio

Soil moisture %	Sampling date			
	Jul. 15	Aug. 8	Sep. 2	Sep. 27
15	1.53	1.43	1.69	1.83
30	1.75	1.32	1.74	2.63
45	1.50	1.32	1.87	2.20
60	1.41	1.31	2.27	2.50

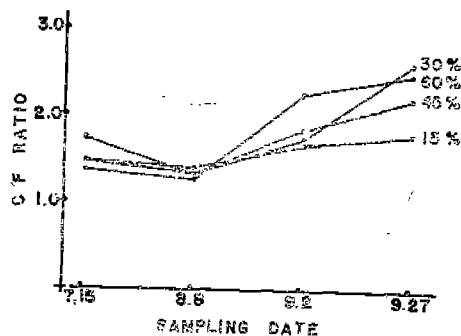


Fig. 10. Relationship between C/F ratio and different soil moisture.

時에는 各 區가 많은 差異를 나타냈으며 30%區가 가장 높은 C/F ratio를 나타냈다. 一般的으로 生長初期에는 C/F ratio가 各 區 거의 유사했고 生長後期에는 土壤含水量이 낮은 區일수록 C/F ratio가 감소하는데 이것은 뿌리의 수가 葉面積과는 直接的인 關係는 없으나(Andrews and Newman, 1968), T/R ratio에 있어서 生長後期에 뿌리의 發達로 인한 葉面積의 增加인 것으로 풀이되며 또한 먼저 뿌리가 發達하고 이로 인해 뿌리와 葉面積과의 比(active root/leaf area ratio)가 변하고 잎의 含水量變化에 關係하여 蒸散面인 葉面積의 增加에 반영되기 때문인 것(Totsuka, 1960)과 일치하는 것으로 생각된다.

摘 要

1. 禿裸地의 耐乾性植物로 추정되는 *Lespedeza bicolor* Turcz var. *japonica* Nakai를 재료로 하여 水分供給에 따른 生長關係를 밝혔다.
2. 土壤含水量을 16%, 30%, 45%, 60%로 調節하여 生長過程을 비교하였는데 잎, 줄기, 뿌리의 生長은 모두가 土壤含水量이 높은 것일수록 큰 값을 나타내었고 30%와 45%區는 근사한 生長경향을 보였다. 한편 15%區에서는 豫想外로 높은 生長을 볼 수 있었다.
3. 뿌리축의 形成은 土壤含水量이 많은 區일수록 增加했다.
4. 植物體의 水分함량은 土壤含水量이 낮은 15%區와 土壤含水量이 높은 60%區에서는 하락하고 30%區, 45%區에서 最大 값을 나타내었으며 生長時期別로는 生長中期(二,三次 sampling)가 가장 높은 값을 보였다.
5. C/F ratio는 生長初期(一次 sampling)에는 各 區가 유사했으나 生長後期(四次 sampling)에는 土壤含水量이 높을수록 큰 값을 나타내었다.

6. T/R ratio는 생장초기(一次 sampling)에 토양수분량이 높은 것일수록 증가하더니 시간이 경과함에 따라 점점 하락하여 생장後期에는 거의 모두가 모두 T/R ratio=1에 가까워졌다.

### 參 考 文 獻

- Andrews, R. E. and E. I. Newman. 1968. The influences of root pruning on the growth and transpiration of wheat under different soil moisture condition. *New Phytol.* 67: 617—630.
- Arkley, R. J. 1963. Relationship between plant growth and transpiration. *Hilgardia* 34: 599—84
- Bierhuizen, J. F. 1962. Plant growth and soil moisture relationships. Proceedings of the Madrid Symposium, UNESCO. pp.309—312.
- Henckel, P. A. 1962. Drought resistance in plants: Methods of diagnosis and intensification. *ibid.* pp.167—172.
- Howell, R. W. 1967. Physiology of the soybean "The soybean" edited by A. G. Norman. Academic Press, pp. 75—115.
- Huber, B. 1925. *Jahrb. F. Bot.* 64: 1.
- Khudairi, A. K., A. sh. Abdul Wahab, and A. J. Thewani. 1962. Plant response to different soil moisture levels. Proceedings of the Madrid Symposium, UNESCO. pp. 265—267.
- Kmoch, H. M., R. E. Raming, R. L. Fox, and F. E. Koshla. 1957. Root development of winter wheat as influenced by soil moisture and nitrogen fertilization. *Agronomy Journ.* 49: 20—35.
- Kozlowski, T. T. 1969. Water deficits and plant growth, vol. I and II, Academic Press, New York and London.
- Kurosaki, N. 1974. Effect of soil moisture on growth of Japanese *Rabdosia*. *Acta Phytotax. Geobot.* 26: 89—95.
- 郭炳華外 2人. 1968. 植物生理學, 鄉文社, 서울. p. 159.
- 李一球, 李浩俊, 李龍熙, 申容雨. 1971. 禿裸地의 植生에 관한 生態學的 研究. 建國學術誌 12: 815—824.
- Lee, I. H. 1967. The effect of vegetation cover on head water control. The Research Report of the Institute of Forest Genetics. Suwon, Korea, No. 5
- Montfort, C. 1922. *Zeitschr. F.* 14: 97.
- Maximov, N.A. 1959. 植物と水(植物の水分生理上兩靱性に関する論文集), 東京都, アンニ書院.
- Petinov, N. S., W. R. Gardner, D. F. Gaff, and M. S. Ahmad. 1962. Water balance of plants under arid and semi-arid condition. Proceedings of the Madrid Symposium. UNESCO. pp. 81—161.
- Robert, B. H. and B. E. Struckmeyer. 1946. The effect of top environment and flowering upon top-root ratios. *Plant Physiol.* 21: 332—344.
- Slatyer, R. O. 1962. Methodology of a water balance study conducted on a desert woodland (*Acacia aneura* F. Muell) community in central Australia. Proceedings of the Madrid Symposium. UNESCO. pp. 15—26.
- 佐伯敏郎. 1970. 土壤水分と Top/Root ratio. 第17回日本生態學會大會講演要旨集. p.42.
- Tames, C. and M. Kassas. 1962. Water sources for plants. Proceedings of the Madrid Symposium. UNESCO. pp. 57—76
- Totsuka, T. and M. Monsi. 1964. An analysis of the ecophysiological adaptation of Tobacco plant to a limited water supply. *Bot. Mag. Tokyo* 77: 206—215.
- Totsuka, T., T. Oshima, and M. Monsi. 1960. Effect of water economy on plant growth effect of partial excision of root system on the dry matter production of sunflower plant. *ibid.* 73: 389—397.
- Wheaver, 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.

(1975. 10. 7. 접수)