

土壤含水量의 調節에 依한 *Glycine max.* 人工群集의
成長과 總窒素量의 變動에 關하여

任良宰 · 林暎得
<仁川教育大學>

**On the Growth and Total Nitrogen Changes of *Glycine max.* Artificial Plant
Communities, Grown in Sandy Loam Soil with a Controlled Moisture Content**

Yim, Yang Jai and Young Deuk Rim
(Inchon Teacher's College)

(1971. 9. 2 접수)

ABSTRACT

Dry matter production, leaf area growth and total nitrogen changes were studied in *Glycine max.* soybean communities, which were grown in sandy loam soils controlled to provide various moisture levels, i.e., 5—7%(level 1), 8—10%(level 2), 11—13%(level 3), 14—15%(level 4), 17—20%(level 5) and 22—24%(level 6).

A summary of the results is shown. The maximum dry matter production of leaves, stems and nodules and the maximum leaf area per unit area were at level 5, but the maximum of root dry matter production was at level 4.

Total nitrogen content of the soybean plant decreased with growth, but each level of soil moisture content also showed a little difference. Water content of the plant decreased with plant age and soil water deficiency, especially in roots and nodules.

Nodule formation increased in proportion to soil moisture content. Total nitrogen content of the soil on which the soybeans grew, increased from 0.23% before sowing to 0.30% at 100 days after sowing.

It seems that soil water content acts as a linear factor in the elongation or dry weight increase of shoots and roots until increasing to level 5. Considering the pattern of plant growth through analysis of the shoot and root dry weight ratio, or the photosynthetic organ and non-photosynthetic organ dry weight ratio, the asymptote of plant growth at a high soil water content exceeded that at a low soil water content.

緒 論

Ashton(1956)은 土壤濕度의 增減의 週期와 apparent photosynthesis rate의 增減週期가 一致함을 證明했고,

Arkley(1963)는 Briggs and Shantz의 Data를 가지고 蒸散量과 乾物生産量과는 正比例함을 밝혔는데, 이로 미루어 土壤含水量과 灌溉의 interval의 大小가 物質生産에 直接影響을 미친다고 할 수 있다.

植物體의 乾物量增大는 主로 光合成에 依한 炭水化

물의 증가와窒素同化에 의한窒素化合物의 증가에 의존해 光合成에 必要한 탄소는 大氣의 亂流擴散으로 野外에서는 뚜렷한 不足現狀이 나타나지 않으나 窒素同化에 必要한 窒素는 흙에서 얻어지므로 物質의 回轉이 妨害되고 있는 耕作地에서는 窒素의 不足이 顯著하여 흔히 窒素가 植物成長에 對한 制限要素가 된다.

그러나 質地 植物生産量은 여러 要因의 複合된 作用에 依한 結果이고, 또 根系의 窒素量과 含水量도 相互交錯하여 作用하고 있으므로 含水量 하나의 因子의 調節로 植物生産量에 나타나는 效果에 對한 一般화된 理論을 찾아 내기는 容易하지 않다. 이러한 困難을 除去키 爲해서 空中窒素를 利用할 수 있는 植物을 實驗材料로 한다면 含水量의 변동간의 效果가 比較的 쉽게 밝혀질 것으로 생각된다.

한편 토양含水量의 增減은 一般으로 植物의 生産뿐 아니라 植物成長의 類型에도 變化를 일으키는데 (Weaver and Himmel 1930, Kmoch et al 1957), 이와 같은 成長의 類型을 物質經濟面에서 分析하던 同化部와 非同化部, 地上部와 地下部, 吸收面과 蒸散面과의 比等으로 表示할 수 있다. (佐伯, 1970)

植物體의 形成은 主로 同化部에서 合成한 炭水化合物과 地下部에서 吸收한 窒素化合物을 材料로 한 窒素同化, 그리고 이것의 酸化를 意味하는 呼吸에 依해서 決定되기 때문에 窒素化合物을 토양에만 依存하는 植物과 根瘤根에서 空中窒素를 固定할 수 있는 植物과의 사이에는 토양속의 窒素 濃度の 차이에 따라 地上部와 地下部, 同化器官과 非同化器官, 吸收面과 蒸散面의 比에 差異가 있는지 檢討할 필요가 있다.

이러한 觀點에서 土壤含水量을 여러 level로 調節하여 根瘤菌을 가진 콩의 成長速度와 그 成長類型을 分析하고 植物各器官別 窒素含量과 토양속의 窒素含量的 變化를 檢討하고자 한다.

材料 및 方法

(1) 仁川教育大學構內에 圃場을 定하여 土壤을 5mm × 5mm의 체로 쳐서 고르게 한 다음, 1m 깊이의 고른 土壤을 만들어 2m × 2m의 正方形 plot를 2m間隔을 두어 6個 設置하였다. 이때의 흙은 sand 70—87%, silt 13—30%, clay 11—16%로 된 砂壤土로서 有機物含量은 3—5%, 總窒素量 約 0.23%였다. 一切施肥를 하지 않았다.

(2) 各 plot에 對해서 地上에서 噴霧機로 물을 供給하여 土壤含水量을 各各 5—7%(level 1), 8—10%(level 2), 11—13%(level 3), 14—15%(level 4), 17—20%(level 5), 22—24%(level 6)의 1—6 level로 維持케했다. 이때 비닐포장을 만들어 雨天時에는 이것으로 덮어 雨水를 막고, plot마다 그 가를 1m길이로 파서 地面높이 10cm 까지 시멘트 블록으로 둘러쳤다.

(3) 試驗材料로서 콩의 品種 장단백옥을 使用하였다. 먼저 무게 0.20—0.29gr의 範圍로 고른 種子를 各 plot마다 1970年 6月 10日에 10cm 間隔으로 1m²當 81個를 播種하였다.

最初의 sampling은 播種後 20日이었고, 그以後는 10日間隔을 두어, 都合 7回에 질척 뿌리·줄기·잎의 3部分을 sampling하였다. 土壤含水量의 變動을 보기 爲하여 수시로 剖面으로부터 깊이 10—50cm의 土壤含水量을 調査하였다.

(4) Sampling한 植物體와 흙은 80°의 乾燥器에 3日間 乾燥시켜 水分含量과 植物各器官의 乾物量을 定量하고, 土壤含水量도 같은 方法으로 定量하였다. 葉面積은 點數法에 依해서 算出하였다. 植物體와 흙의 總窒素含量은 micro-Kjeldahl 法에 依하여 定量하였다.

Sampling 한 날짜는 아래와 같다.

第 1 回	1970年 6月 30日
第 2 回	7月 10日
第 3 回	7月 20日
第 4 回	7月 29日
第 5 回	8月 9日
第 6 回	8月 20日
第 7 回	8月 30日

結 果

播種하여 發芽한 後부터 sampling日차와 植物의 成長過程을 要約하면 Tables 1—4와 같다.

全體적으로 發芽率이 높아 level 1에서 個體에 따라 1—2日의 差異가 있었을 뿐 其外의 level에서는 거의 同時에 發芽했다. 初期의 成長(發芽後 20日間)에서는 level 6에서 一時的인 黃化現象이 나타났을뿐 各 level間에 外見上 差異가 없었다.

各器官別 乾物量增加를 보면(Figs. 1—4), 잎의 乾量은 播種 20日後까지는 各 level間에 乾物量의 差異가

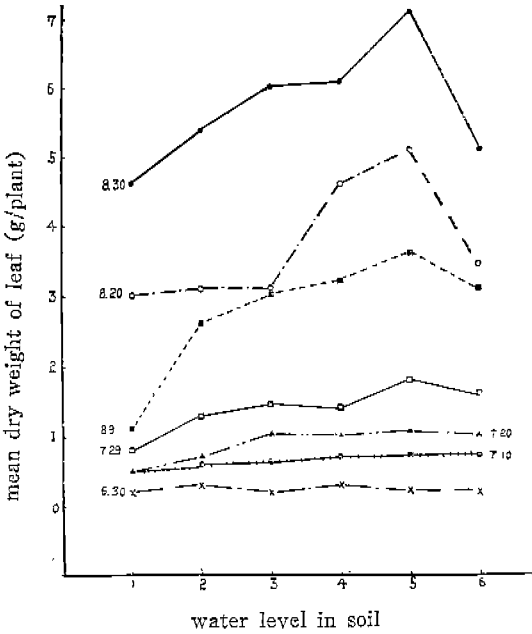


Fig. 1. The relation between mean dry weight of leaf per plant and water level in soil.

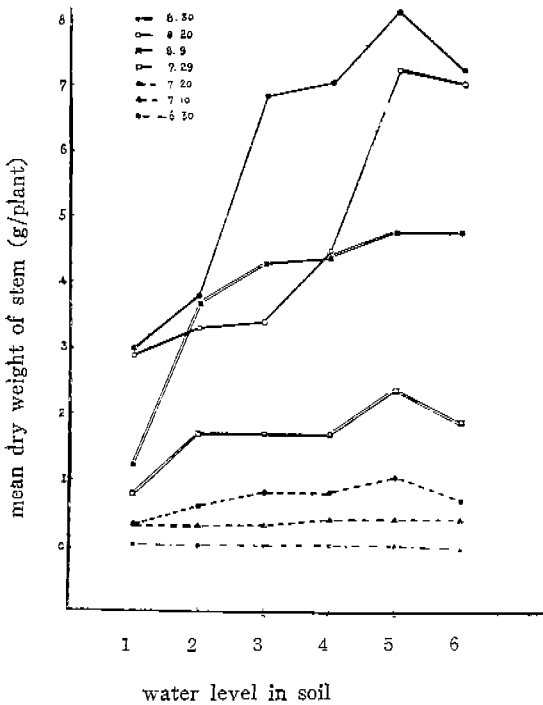


Fig. 2. The relation between mean dry weight of stem per plant and water level in soil.

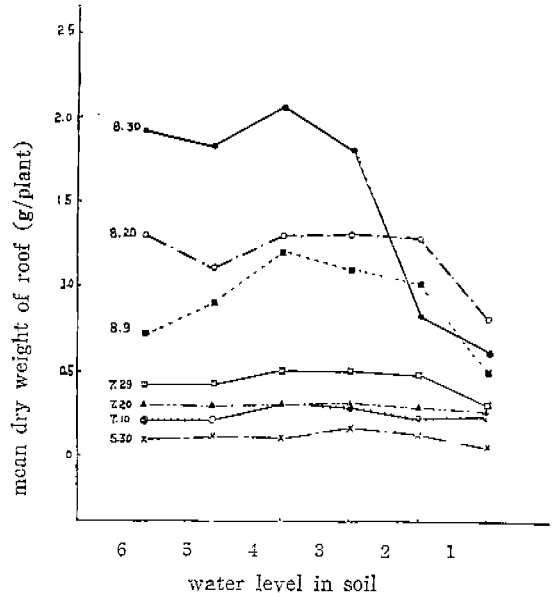


Fig. 3. The relation between mean dry weight of root per plant and water level in soil.

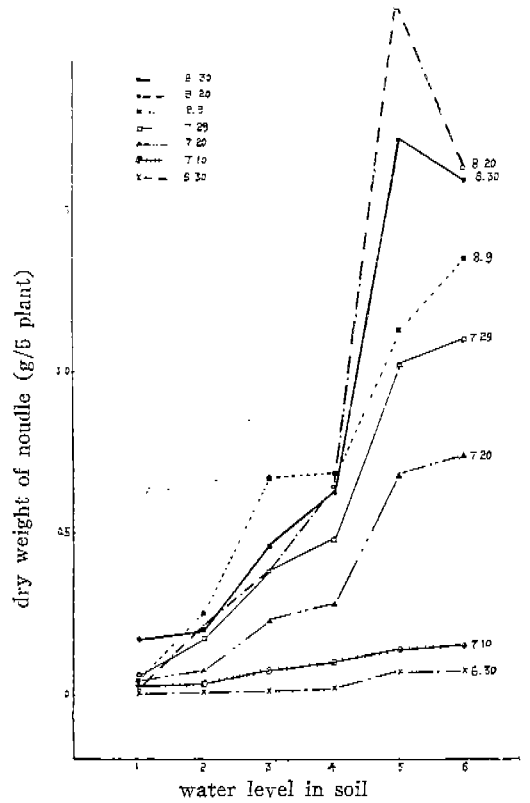


Fig. 4. The relation between dry weight of nodules per five plants and water level in soil.

없었고, 30日 經過한 것에는 僅少한 差異가 나타났다. 7月 20日에 얻은 sample에서는 level 1과 2가 나머지 4個 level분보다 낮은 增加를 보였다(Fig. 4). 播種 50日 後부터 開花하기 始作했는데, 이때 level 1에서 가장 낮고, level 5에서 가장 높은 값을 나타냈다. 이와 같은 傾向은 8月 30日까지 持續되었다. 줄기의 成長은 잎의 境遇와 類似하였다(Fig. 2).

根部の 乾物成長은 播種後 50日까지는 各 level間의 差異가 뚜렷하지 않으나, 第 5回제의 sampling에서는 level 4가 가장 높고 第6回제의 값은 5회와 7回的 境遇와 같지 않았다(Fig. 3).

根瘤의 發達을 보면, 播種後 20日에 level 5와 6에서는 根瘤의 數와 量이 다른 level 보다 越等하였다. 3回제의 sample은 level 5와 6에서 根瘤가 急增하고 6회와 7回的 sampling 結果를 보면 level 5에서 急增했고 其他

의 level에서는 減小傾向이 있었다(Fig. 4).

다음으로 各器官別含水量을 보면(Fig. 5—8) 뿌리의 含水量은 7月 20日까지는 level間에 別差가 없었고, 그以後는 土壤含水量이 높은 level의 植物體의 含水量이 그렇지 않은 곳보다 높았다. 뿌리의 含水量은 植物體 成長에 따라 減小傾向이 있었다(Fig. 5).

줄기의 含水量은 開花期까지는 各 level間에 差가 別로 없었고, level 5와 6에서 增加傾向을 보였다(Fig. 6).

뿌리쪽의 含水量은 level間에 差異를 볼수 없었으나, level 5와 6에서는 작은 뿌리쪽이 많고 其他의 level에서는 別變化가 없었다.

잎의 含水量은 level間的 差異를 할수 없었다(Fig. 8) 地上部의 伸長生長은 level 5에서 最大를 보였고, 다음으로 level 6과 4, 그리고 level 2, 3 및 1의 順이었다(Table 1).

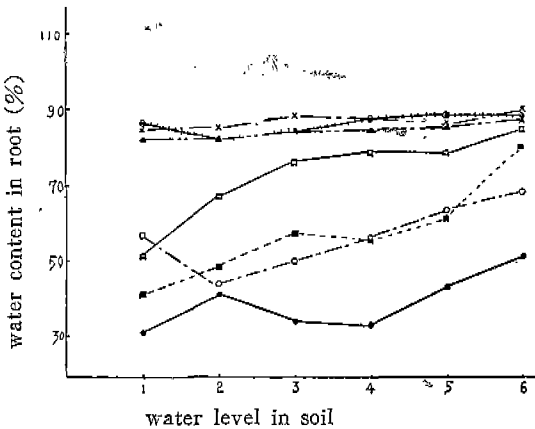


Fig. 5. The relation between water content of root and water level in soil.

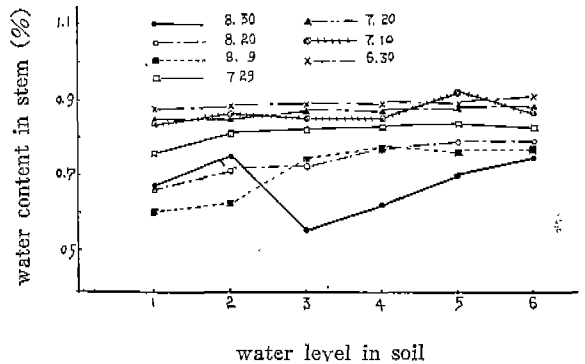


Fig. 6. The relation between water content of stem and water level in soil.

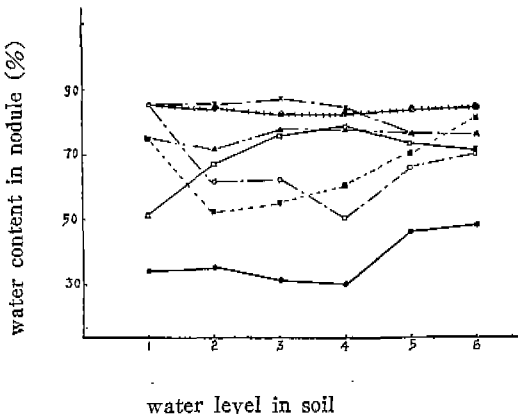


Fig. 7. The relation between water content of nodule and water level in soil.

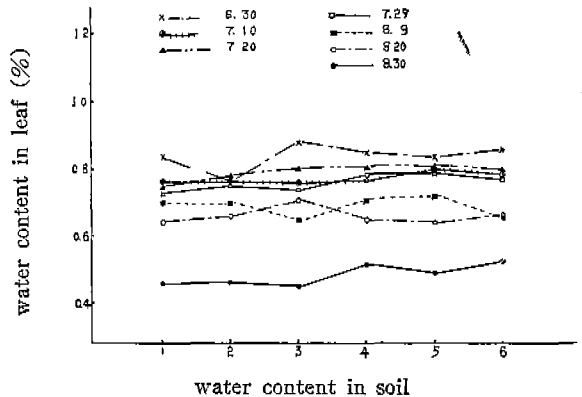


Fig. 8. The relation between water content of leaf and water level in soil.

뿌리의 伸長生長은 土壤含水量이 높은 level에서 成績이 좋았다(Table 2).

Table 1. Growth of mean shoot length in cm at different soil water level.

water level						
sampling date	1	2	3	4	5	6
Jun. 30	17.2	13.8	15.6	15.4	12.4	11.6
Jul. 10	18.3	20.7	21.5	22.9	24.4	20.9
Jul. 20	19.6	28.9	32.4	34.6	36.0	27.1
Jul. 29	23.5	48.5	48.4	53.2	67.1	53.4
Aug. 9	37.1	78.0	84.0	85.6	88.2	84.6
Aug. 20	49.2	88.8	84.6	103.6	124.4	115.5
Aug. 30	57.0	85.4	80.4	110.4	113.0	154.2

Table 2. Growth of mean root length in cm at different soil water level

water level						
sampling date	1	2	3	4	5	6
Jun. 30	17.2	13.8	15.6	13.0	11.5	9.8
Jul. 10	35.4	33.9	46.2	40.0	29.5	24.8
Jul. 20	34.0	35.0	41.6	39.2	32.0	44.4
Jul. 29	39.0	44.3	43.2	45.3	43.1	43.8
Aug. 9	39.0	40.0	42.5	50.5	47.5	49.2
Aug. 20	50.0	51.0	47.1	66.2	71.4	69.1
Aug. 30	48.0	55.5	57.0	56.5	57.2	63.4

뿌리혹의 수와 무게는 土壤含水量이 많은 level에서 成績이 良好하였다(Fig. 4). 그리고 level 5와 6에서는 特히 지름 5-6mm의 뿌리혹이 많았다. 또 N固定은 들속에서도 일어나는데(Howell, 1967) 이로 미루어 보던 空中 N의 固定의 觀點에서는 土壤의 過濕은 乾燥보다 阻害要因으로서는 弱하게 作用하는듯 하다.

各 level別 잎의 N含量은 level 5에서 比較的 높았으나 土壤含水量이 많은 level일수록 잎의 N含量이 많았다(Fig. 9). 또 植物體의 成長에 따라 잎의 N含量이 減小傾向을 보였다. 一般으로 開花期에 水分이 不足 또는 過多하면 N含量이 減小하는 傾向이 있는데(Howell, R.W 1967)이 實驗에서도 이와 같은 傾向을 認定할 수 있었다(Fig. 9).

葉面積의 成長은 level 5에서 最大値를 보였는데 level 6은 相當히 낮은 便이고, 特히 level 1은 最小値를 나타냈다(Fig. 10)

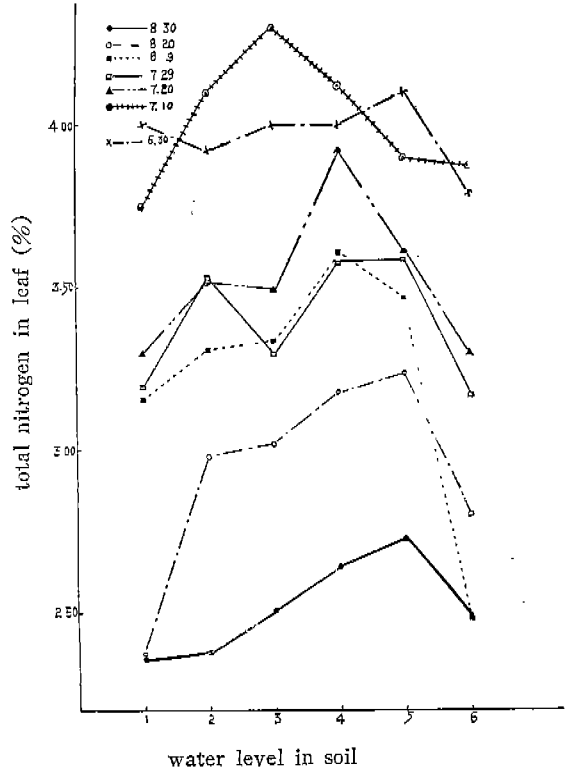


Fig. 9. The relation between total nitrogen content in leaf and soil water level.

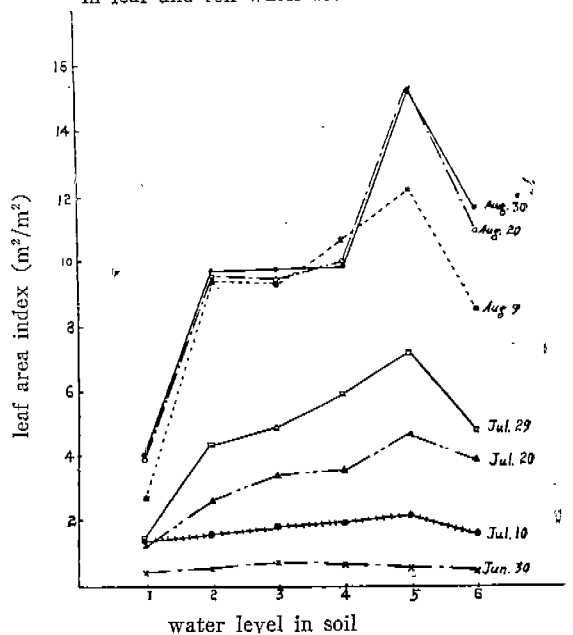


Fig. 10. The relation between growth of leaf area indice and soil water level.

뿌리혹形成은 葉綠素形成과 正의 相關關係가 있는 데 (Howell, 1967) 果然 뿌리혹形成과 葉面積, 葉面積과 Chlorophyll 含量과 어떠한 變係가 있는지 分明

치 않다. level 6에서 뿌리혹形成이 旺盛했으나 (Table 4) 葉面積의 最高値는 level 5에서 나타났다 (Fig. 10). 1m²의 方形區內의 乾物生産量은 Table 3와 같았다.

Table 3. Dry matter production of shoot and root at different level of soil water(g/m²).

water level		5-7%	8-10%	11-13%	14-15%	17-20%	22-24%
sampling date							
Jun. 30	shoot	21.87	32.40	28.35	32.40	28.35	20.25
	root	7.29	11.34	13.77	9.72	10.53	9.72
Jul. 10	shoot	70.47	78.57	85.86	90.72	98.01	95.58
	root	22.68	25.92	25.11	29.16	25.92	30.78
Jul. 20	shoot	68.04	110.97	63.62	154.13	190.35	146.61
	root	20.25	21.06	24.30	29.97	23.49	23.07
Jul. 29	shoot	135.37	244.62	260.82	256.77	347.49	291.60
	root	29.97	41.52	35.27	42.12	36.45	36.83
Aug. 9	shoot	187.92	518.40	597.78	625.83	690.93	646.38
	root	43.74	85.05	90.72	98.82	72.90	62.37
Aug. 20	shoot	418.14	525.69	533.98	740.34	1006.83	840.78
	root	66.42	105.30	106.11	11.16	89.91	106.92
Aug. 30	shoot	618.84	750.87	1045.71	1074.06	1240.11	2008.45
	root	51.03	68.04	145.80	168.48	149.85	156.33

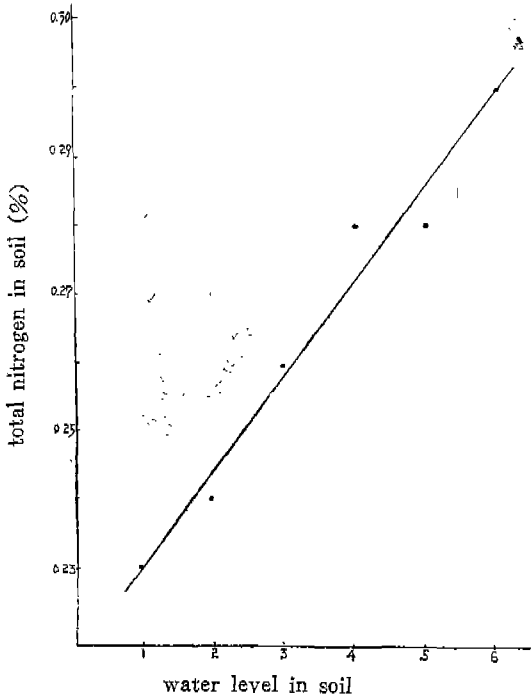


Fig. 11. Total nitrogen content in soil within *Glycine max* plant communities at 100days after sowing accompanying with soil water level.

다음으로 土壤中の total nitrogen의 變化를 보면 最後 sampling 때의 對照土壤에 比해서 높은 토양습도를 維持한 soil에 더 많은 N量이 蓄積되었는데, (Fig. 11) 그 增加分은 對照土壤에 對해서 最高 30%이었다. 이것은 根瘤의 파괴 分解에 基因하는 것 같다.

考 察

위에서 보아온 것처럼 乾物量增加는 土壤含水量 22-24%에서, 뿌리에서는 17-20%에서 最高에 達했다.

콩의 成長은 一般으로 發芽에서 成熟까지에 有効한 水分供給에도 比例하는데 (Howell, 1967), 여기에서 본다면 有効土壤含水量%는 22-24%이고, 그 以上이 되면 土壤中 滯氣性을 阻害하여 오히려 成長에 좋지 못한 것 같다. 植物器官의 含水量은 成長과 더불어 점차 減小되고 있으며 잎과 根기는 土壤含水量의 差와는 거의 關係가 없으나 뿌리와 뿌리혹에서는 成長後期에서 組織의 含水量과 土壤의 含水量과는 正比例한다. 이것으로 보면 土壤含水量에 銳敏한 것은 地下部인 것 같다.

植物體의 總窒素含量變動을 보면 成長이 經過됨에 따라 一般으로 減小되어가고 있다. 이것은 Chinball

(1938)이 Lupin의 種子發芽에서 밝힌 바와 같으나, 이 境遇의 老化에 따른 窒素의 減小傾向이 充分한 窒素供給後의 減小傾向보다는 窒素供給이 不足할 때의 減小傾向과 비슷하여 콩科植物에 뿌리혹形成이 充分한 境遇에도 土壤의 水供給이 充分치 않으면(이 경우 有機物含量은 3-5%, C:N比는 一定하므로 極히 적은 量의 N가 있을뿐) N不足症狀이 있는듯 하다.

土壤의 乾燥, 또는 過濕 그 어느쪽이라도 Nitrogen content가 減小한다고 하는데(Howell, 1967) 여기에서 는 level 1과 6에서 그밖의 level의 그것과 뚜렷한 差異가 없었고 밑에서는 若干 差異가 있었다. 이것으로 보면 토양습도 5-7%나 22-24%가 大端히 乾燥하거나 過濕한 便이 아닌듯 하다.

地上部와 地下部와의 比, 即 T/R ratio가 植物의 種마다 다르지만, 같은 種사이에서는 土壤含水量에 對해서 銳敏한 反應을 나타낸다(Robert and Struchmeyer

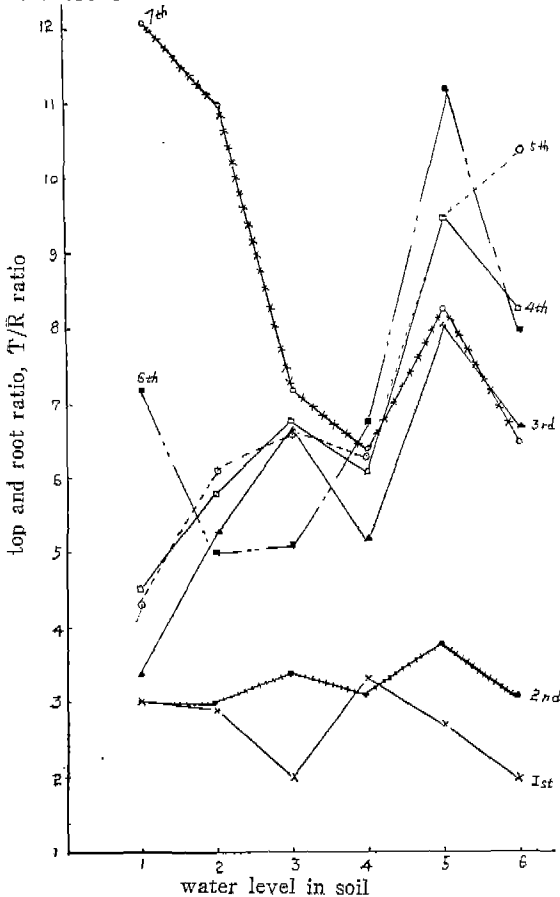


Fig. 12. The relation between T/R ratio and water level in soil.

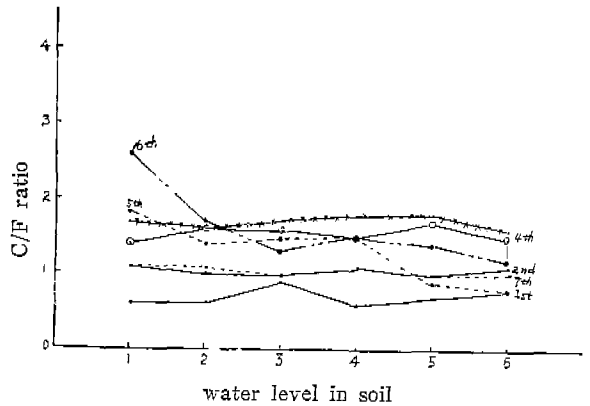


Fig. 13. The relation between C/F ratio and water level in soil.

1946). 地上部의 生長을 Table 5에서 보면 level 6의 T/R 값이 작지않은 것으로 보아 이곳 實驗에 쓰인 土壤이 前記한 바와 같이 22-24%의 含水量에는 通氣性의 阻害는 極히 적은것 같다.

葉面積의 增加는 level 5 即 土壤含水量 17-20%에서 最大에 達하고 있다.

Table 4. A comparison of shoot growth (T) and root growth (R), T/R ratio.

water level	1	2	3	4	5	6
Jun. 30	3.00	2.85	2.06	3.33	2.69	2.08
July. 10	3.00	3.03	3.41	3.11	3.79	3.10
Jul. 20	3.36	5.26	6.73	5.21	8.10	6.70
Jul. 29	4.52	5.80	6.84	6.09	9.53	8.37
Aug. 9	4.30	6.09	6.59	6.33	9.47	10.39
Aug. 20	7.24	4.98	5.09	6.72	11.19	7.98
Aug. 30	12.08	11.03	7.18	6.38	8.31	6.45

Table 5. A comparison of photosynthetic organ (F) and non-photosynthetic organs (C) ratio, C/F ratio.

Water level	1	2	3	4	5	6
Jun. 30	0.63	0.58	0.92	0.62	0.65	0.76
July. 10	1.07	1.01	1.01	1.08	0.98	1.08
Jul. 20	1.13	1.11	0.98	1.14	1.01	0.94
Jul. 29	1.41	1.55	1.58	1.46	1.68	1.51
Aug. 9	1.76	1.56	1.73	1.79	1.82	1.58
Aug. 20	2.62	1.65	1.27	1.52	1.45	1.23
Aug. 30	1.80	1.41	1.50	1.45	0.89	0.79

뿌리의 길이와 증산량과는 직線的關係는 없으나(Andrews and Newman, 1968) 먼저 뿌리의 발달로 뿌리와 葉面積과의 比(active root/leaf area ratio)가 變하고 잎의 含水量變化에 關係하여(Totsuka et al. 1960) 이 때문에 증산面인 葉面積의 增加에 反映되기 때문 인듯 하다. 또 낮은 土壤含水量水準일수록 非同化 器官과 同化器官의 比, C/F가 크게 나타난 것은 葉面積과 關係가 있는 것으로, 葉面積指數가 작은 것에는 相對的으로 單位面積當 光合成量은 커지기 때문에 非同化器官에의 物質蓄積量이 增大되는 것으로 解釋된다

摘 要

1. 空中窒素를 利用하는 *Glycine max.*을 材料로 하여 土壤에 施肥하지 않고 土壤含水量의 調節하여 榮養器官의 成長과 土壤含水量과의 關係를 分析하였다.

2. 土壤含水量 5—7%, 8—10%, 11—13%, 14—15%, 17—20%, 22—24%의 6 level의 人工群集에서 成長速度를 比較하였는데, 잎·줄기·뿌리쪽의 乾物生産量과 葉面積의 增大는 level 5(19—20%)에서, 뿌리의 乾物量生産은 level 4(14—15%)에서 최고에 達했다.

3. 植物의 伸長生長은 shoot와 root가 모두 토양습도가 높은 것일수록 큰 값을 나타내었다. 植物體의 總窒素含量은 成長에 따라 減小했으나 토양습도에 따른 差는 僅小했다.

4. 뿌리쪽形成은 토양습도와 正比例하여 增大했다.

5. 土壤中の 有機物含量은 栽培以前의 Soil organic matter의 30%가 增加했다.

6. 組織의 水分含量, 葉面積, 乾物量生産, 總窒素含量과 T/R ratio나 C/F ratio와의 關係로 보아 토양습도는 먼저 뿌리와 葉面積에 影響을 미쳐, 群集水準에서 受光効果에 影響을 주어 群集의 높이를 決定하는 植物高와 생리적으로는 Amination에 나아가 根系 範圍擴大에 作用하여 群集의 構造에 影響을 미치는 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

1. Allison, F.E., E.M. Roller and W.A. Raney,

1958. Relationship between evapotranspiration and yields of crop grown 'lysimeters receiving natural rainfall. *Agronomy Journal*, 50:506—511.

2. Andrews, R.E. and E.I. Newman, 1968. The influences of root pruning on the growth and transpiration of wheat under different soil moisture conditions. *New phytol.*, 67: 617—630.

3. Ashton, F.M., 1956. Effects of a series of cycles of alternating low and high soil water contents on the rate of apparent photosynthesis in Cane. *Plant Physiology*, 31 : 266—74.

4. Arkley, R.J., 1963. Relationship between plant growth and transpiration. *Hilgardia*, 34 : 599—84.

5. Kmoch, H. M., R.E. Raming, R.L. Fox and F.E. Koehla, 1957. Root development of winter wheat as influenced by soil moisture and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 49 : 20—35.

6. Howell, R.W., 1967. Physiology of the soybean "The Soybean" Edited by A.G. Norman Academic Press pp 75—115.

7. Roberts, B.H. and B.E. Struckmeyer, 1946. The effect of top environment and flowering upon top—Root Ratios. *Plant Physiology*, 21 : 332—344.

8. 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.

9. Tothuka, T., T. oshima and M. Monsi, 1960. Effect of water economy on plant growth 3, Effect of partial excision of root system on the dry matter production of sunflower plant. *Bot. Mag. Tokyo*, 73: 389—397.

10. Weaver, H.A. and W. T. Himmel, 1930. Relation of increased water content and decreased aeration to root development in hydrophytes. *Plant Physiology* 5 : 69—92.

11. Webster, G.C., 1959. Nitrogen metabolism in plants. Row Peterson and Company, pp 123—142.