

## 旱魃條件이 콩植物體의 葉運動, 光合成能, 蒸散量, 收量 및 關聯 形質에 미치는 影響

千鍾殷\*, 金晉鎬\*

### Effects of Water Stress on Leaf Orientation, Apparent Photosynthetic Rate, Transpiration Rate, Yield and Its Related Traits in Soybean Plants

Jong Un Chun\* and Jin Ho Kim\*

ABSTRACT : To investigate effects of water stress on apparent photosynthetic, transpiration rates, leaf orientation, yield and its related traits, four soybean varieties were planted on the Wagner pots in a plastic house covered with polyethylene film. As the light intensity and leaf temperature in a day increased, the movement of central leaflet in the second leaf of main stem occurred earlier than that of the lateral leaflet. The apparent photosynthetic rate of the central leaflet was higher than that of the lateral leaflet, but light intercept and leaf temperature of lateral leaflet were higher than those of the central leaflet.

The apparent photosynthetic rate had highly positive correlation with the photon flux density, stomatal conductance and temperature, respectively.

The photon flux density, stomatal conductance, transpiration and photosynthetic rates in the control were significantly higher than those in the water stress plot. The yield and its related traits in the water stress plot became decreased significantly in comparison with the control.

光合成作用은 太陽 에너지를 利用하여 有機物을 生産하기 때문에 作物生産에 있어서 重要하며, 光量, 溫度, CO<sub>2</sub> 및 水分含量等の 環境條件의 影響을 받는다. 作物群落의 光合成能은 個體 光合成能과는 달리, 作物의 群落에서 많은 잎들의 一部分은 그늘지게되고, 그늘진 잎의 光合成率은 비록 다른 잎들이 光飽和點에 도달되었다해도 光量의 增加에 따라 增加하게 된다. 콩의 純光合成率은

光量과 Rubisco의 活性이 높을수록 增加되나, 葉의 老化(葉綠素含量의 減少)에 따라서 減少된다<sup>9)</sup>. 光量이 增加되면 잎의 氣孔抵抗, 葉肉細胞의 抵抗이 減少되며 Rubisco의 活性 및 stroma로의 CO<sub>2</sub> 供給 增加로 光合成能이 增加하게 된다<sup>22)</sup>. 또한 光合成能은 體內 水分含量에 의해서 크게 制限을 받는다.

Paraheliotropic(light avoiding) 葉運動은 葉

\* 順天大學校 農學科(Dept. of Agronomy, Suncheon National Univ., Suncheon, 540-742, Korea)

〈접수일자 : 1992. 5.28〉

枕의 作用에 의해서 잎의 光遮斷을 減少시켜, 蒸散作用에 의한 水分損失을 減少시키며, 이러한 可逆의 葉運動은 강남콩<sup>17, 21)</sup>과 콩<sup>1, 12, 13)</sup> 등에서 報告되었다. 葉位의 變化는 光線의 方向, 植物體內水分不足外에 photosynthetic photon flux density<sup>16)</sup>, 葉溫<sup>17)</sup> 등의 影響을 받는다. Berg and Heuchelin<sup>1)</sup>에 의하면 葉身基部에서 測定된 콩 幼苗의 葉角度는 幼苗 水分potential과 正 相關이(0.84\*\*) 있고, paraheliotropic 葉運動과 氣孔의 닫힘은 약 -0.4 MPa에서 시작되고, 旱魃과 높은 光量의 條件下에서 이러한 葉運動은 잎의 氣孔을 닫히게 함으로써 蒸散量을 減少시킨다고 하였다. Meyer and Walker<sup>12)</sup>에 의하면 土壤이 乾燥되면 콩의 頂端小葉은 直立이 되고 이어서 裏面으로 뒤집어 지는데 葉 水分potential이 -1.4~-1.7MPa일 때에 이러한 運動이 시작되며, 逆位된 葉裏面은 葉表面에 비해서 反射가 크고 擴散係數가 높으므로 旱魃時에 水分損失을 減少시킨다고 하였다.

旱魃이 進行됨에 따라 葉伸張<sup>2, 8)</sup> 및 光合成能이 減少되고 결국엔 作物의 收量이 減少하게 되는데 群落의 光合成能은 收量과 正 相關關係(0.59\*\*~0.66\*\*)가 있다<sup>20)</sup>. 해바라기의 葉伸張은<sup>2)</sup> -0.2~-0.4MPa에서, 옥수수는 -0.7MPa, 콩은 -1.2MPa<sup>8)</sup>에서 停止된다. 잎에서 抽出된 葉綠體를 利用하여 콩은 -0.8~-1.2MPa에서 완두는 2MPa, 해바라기는 -0.8MPa에서 光合成이 減少된다는 事實을 報告하였다<sup>4)</sup>.

토마토植物에서 水分potential이 -1.2MPa에서 -3.6MPa로 낮아질 때 呼吸量은 漸減되었으나, 光合成能은 -1.0MPa에서 急減하였고<sup>5)</sup> 옥수수와 콩에서 水分 potential이 -1.6MPa까지 낮아질 때 잎의 水分potential에 대한 品種間 光合成의 敏感性差異를 氣孔의 作用으로 說明하고 있다<sup>3)</sup>. Sharp and Boyer<sup>18)</sup>은 해바라기의 光合成能은 水分potential이 -0.87MPa에서 4.3~10.4%, -1.4MPa에서 30.8~45.7%程度 減少됨을 報告하였고 作物의 群落에서 下部葉은 上位葉보다 Rubisco量과 chlorophyll a/b率이 낮다고 하였다<sup>15)</sup>.

Djekoun and Planchon<sup>6)</sup>에 의하면 旱魃處理 6

일째 光合成能 및 窒素固定은 거의 완전히 回復되었다고 하였다.

콩은 生育期間中에 水分이 不足하게 되면 氣孔이 닫히고 光合成能이 低下되고 呼吸量이 增加되어 收量이 減少하게 된다<sup>14)</sup>. 開花初期에 水分不足時 콩의 收량이 약 30%, 開花期~成熟期에는 약 50%가 減少되며<sup>10)</sup>, 種實肥大기에 콩은 旱魃에 가장 弱하고<sup>7)</sup>, 旱害에 대한 品種間 感受性 程度가 다르다고 하였다<sup>11)</sup>.

本 研究는 콩의 生育期間中 旱魃이 光合成能, 葉運動, 蒸散量, 收量 및 이들과 關聯된 여러 形質에 미치는 影響을 糾明하고자 實施하였다.

## 材料 및 方法

本 實驗은 1990~1991年 農科大學內 비닐하우스 및 實驗室에서 遂行되었다. 供試 材料인 ‘단엽콩’, ‘방사콩’, ‘보광콩’, ‘무한콩’을 6월 5일에 1/5,000a의 Wagner pot에 播種하여, 出芽後에 3株씩 栽培하였다. 旱魃區는 開花盛期(R<sub>2</sub> stage)인 8월 1일에서 8월 16일 正오까지 斷水處理하고 8월 16일 오후 2시부터 2일간격으로 土壤이 飽和狀態가 될 때까지 再 灌水하였다. 試驗區 配置는 完全任意配置法으로 處理別(灌水, 斷水區) 品種別로 4反復으로 하였으며, 肥料水準은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=3.6-6.4-5.5/10a 水準을 全量 基肥로 施用하였다.

單位葉 光合成能, 葉溫, 蒸散量, 光量 등은 LCA-3(portable open system: Analytical Development Co. Ltd., UK.)로 오전 11:00~11:30 사이에 測定하였고, 葉綠素含量은 葉綠素計<sup>19)</sup> (SPAD-502, Minolta Camera, CO., Ltd.)를 利用하여 3~4회씩 測定하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 콩의 葉位別 光合成能의 差異

光合成能은 잎의 老化가 進行됨에 따라 減少되므로<sup>9)</sup> ‘단엽콩’의 葉位別 光合成能의 差異를 調査한 結果는 表1과 같다. 葉位別 光合成能은 콩식물체의 頂端의 제2葉이 12.8 CO<sub>2</sub> umole m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>로

가장 높았고, 제8葉은 35%程度가 減少되었으나 나머지 葉位別 光合成率은 통계적인 차이가 없었다. 葉位別 受光量은 頂端의 제1葉이 2566  $\mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 가장 높고 다음이 제2, 3, 4葉 順位이고, 제5~8葉이 낮았는데 이것은 植物體의 葉位置에 따른 光의 遮斷程度 및 透光方向에 따라 變異가 생긴것으로 생각된다. 한편, 葉溫은 下部葉(제7~8葉 : 36.3°C)이 높고 제1~2葉(33.4°C)이 낮았으나 統計的인 有意性이 없었다.

頂端의 제2 複葉에서 3枚의 小葉中에 中央小葉과 側列小葉의 光合成能의 比較値는 表2와 같다. 中央小葉의 光合成能은 6.0  $\text{CO}_2 \mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 側列小葉 보다 높았으나 受光量과 葉溫은 各各 1579  $\mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 과 32.8°C로 오히려 낮았다. 蒸散量은 中央小葉이 (3.0  $\text{mmole m}^{-2}$ )였으나 葉綠素含量은 葉位間 差異가 認定되지 않았다. 9월 7일 11시경에 '단엽콩' 複葉中 中央小葉들은 側列小葉에 비해 葉位가 더 變化되어 直立形態 또는 多少 뒤집어져 裏面의 葉面이 위로 向하는 形態를 보였으며 시간이 더 進行된에 따라서 中央小葉의 逆位는 더욱 커졌다. 中央小葉의 逆位가 進行된에 따라 앞의 受光量은 減少되고, 葉溫度도 多少 낮아졌다. 오전중에는(11 : 00) 中央小葉의 光合成能이 側列에 비해 높고 蒸散量도 높은 傾向을 보였다.

葉位の 變化는 光方向, 水分不足, 受光量<sup>16)</sup>, 葉溫<sup>17)</sup> 등의 影響을 받으며 裏面으로 잎이 뒤집어지는데 葉 水分 potential이 -1.4~-1.7MPa에서 일어나며 裏面의 잎은 反射가 크고 擴散이 커서 水分의 損失이 減少된다고 하였다<sup>12)</sup>.

本 實驗에서는 비록 비닐하우스 四面의 地上 1m 程度가 開放되고 上部만(높이 3m) 0.03mm의 polyethylene film이 피복되었으므로 光合成能의 測定時刻이 이른 오전중에도 많은 잎들의 葉運動이 進行되었다. 따라서, 葉運動이 進行된 잎들은 아직 膨潤狀態를 維持하고 있고, 葉運動에 의해 受光量과 葉溫이 多少 變化되었다 하더라도, 光合成能은 아직 繼續해서 側列에 비해 높게 維持되고 있는 것으로 생각된다. 그러나, 正午가 되면 細胞는 膨潤狀態를 喪失하고 시들어 光合成能은 크게 減少되어서 中央 및 側列의 小葉間 差異는 없었

Table 1. Change in apparent photosynthetic rate(PR), photon flux density(PFD), leaf temperature(LT) of phyllotaxes of soybean cultivar, 'Danyupkong' (7 Sept., 11 : 00)

Trait	Phyllotaxes								Mean
	Terminal	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	
PR( $\text{CO}_2 \mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	11.3 <sup>b</sup>	12.8 <sup>a</sup>	11.3 <sup>b</sup>	11.1 <sup>b</sup>	11.4 <sup>b</sup>	11.2 <sup>b</sup>	11.5 <sup>b</sup>	7.5 <sup>a*</sup>	11.0
PFD( $\mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	2566 <sup>a</sup>	2394 <sup>b</sup>	2374 <sup>bc</sup>	2307 <sup>c</sup>	2132 <sup>d</sup>	2137 <sup>d</sup>	2158 <sup>d</sup>	2159 <sup>d</sup>	2278
LT(°C)	33.1 <sup>a</sup>	33.6 <sup>a</sup>	34.4 <sup>a</sup>	34.0 <sup>a</sup>	35.5 <sup>a</sup>	35.7 <sup>a</sup>	36.1 <sup>a</sup>	36.5 <sup>a</sup>	34.9

\* Duncan's multiple range test at the 0.05 level.

Table 2. Comparison among PR, PFD, LT, TR and CHL of central and lateral leaflets in soybean cultivar. 'Danyupkong' (7 Sept., 11 : 00)

Trait	Mean value <sup>a</sup>		
	Central Leaflet	Lateral leaflet	Difference
Apparent photosynthetic rate(PR : $\text{CO}_2 \mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	6.0(2.1)	5.4(2.1)	0.6*
Photon flux density (PFD : $\mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	1579(209)	1629(206)	-50*
Leaf temperature (LT : °C)	32.8(1.2)	33.2(1.1)	-0.4*
Transpiration rate (TR : $\text{mmole m}^{-2}$ )	3.0(0.57)	2.7(0.57)	0.3**
Chlorophyll content (SPAD)	45.9(1.6)	46.5(1.6)	-0.6 <sup>ns</sup>

<sup>a</sup> averaged the first to 5th leaf, \*, \*\* significant at the 0.05 and 0.01, respectively (t-test), ns : not significant. Number within parenthesis for standard deviation.

다. 또한 植物體의 葉角度는 葉位의 位置, 植物의 群落狀態와 水分狀態, 測定하려는 葉位, 光의 方向, 測定時刻 등의 影響을 크게 받아서 品種間 差異를 觀察하지 못했다. 그러므로 葉運動에 關與되는 여러 要因들을 考慮하여 보다 精密한 條件下에서 測定이 必要하다.

## 2. 旱魃處理에 따른 콩식물체 의 光合成能 및 關聯 要因들의 變異

斷水가 繼續되어 土壤水分이 不足하여질 때에

作物의 葉伸長과 光合成能은 漸減하다가, 停止되는데 旱魃處理 3일째에 光合成能은  $8.1 \text{ CO}_2 \mu \text{ mole m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 에서  $3.6 \text{ CO}_2 \mu \text{ mole}$ 로 55%程度가 減少되었으며 2週日째는 光合成量보다 呼吸量이 높았다. 또한 旱魃處理後 再灌水 1日後에는 光合成率은 正常으로 回復되지 못했다(표3). 旱魃處理期間中 旱魃處理區에 比해서 灌水區의 受光量은  $358 \mu \text{ mole m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , 氣孔傳導率은  $0.2 \text{ mole m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , 葉溫  $1.9^\circ\text{C}$ , 蒸散量은  $3.7 \text{ mmole m}^{-2}$  光合成能은  $5 \text{ CO}_2 \mu \text{ mole m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  各各 높았다. 旱魃處理期間

Table 3. Change in photon flux density(PFD), stomatal conductance(ST), leaf temperature(LT), transpiration rate(TR), and apparent photosynthetic rate(PR) of four soybean cultivars under water stress.

Investigated date	Treatment	PFD (umole $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	ST (mole $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	LT ( $^\circ\text{C}$ )	TR (mmole $\text{m}^{-2}$ )	PR( $\text{CO}_2$ umole $\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )
3 Aug.	Control	2550	0.22	34.8	4.3	8.1
	Water stress	2142	0.06	33.2	2.1	3.6
16 Aug. @	Control	2240	0.18	37.4	4.7	10.5
	Water stress	1786	0.01	36.7	0.9	-0.4
17 Aug.	Control	2120	0.26	36.4	5.1	10.6
	Water stress	1907	0.00	33.1	0.1	0.4
Mean	Control	2303	0.22	36.2	4.7	9.7
	Water stress	1945	0.02	34.3	1.0	1.2
Difference (t-test)		358**	0.2**	1.9**	3.7**	8.5**

\*\* significant at the 0.01 level, @ rewatering time.

Table 4. Simple correlation coefficients among apparent photosynthetic rate(PR), PFD, SC, LT and CC in soybean cultivar, 'Danyupkong' investigated in daily natural condition(10-11 Oct., 2.5 leaf stage).

Variable	PR	PFD	SC	LT	CC
Apparent photosynthetic rate	-	0.887**	0.788**	0.744**	-0.147
Photon flux density(PFD)		-	0.945**	0.937**	-0.212
Stomatal conductance(SC)			-	0.881**	-0.012
Leaf temperature(LT)				-	-0.440*
CO <sub>2</sub> concentration(CC)					

\*, \*\* significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively

中 孔의 隘은 膨潤狀態를 喪失하고, 시들은 隘의 蒸散量은 減少되고 葉溫이 低下되어 受光量도 크게 減少되었다. 또한 氣孔抵抗이 크게 增加되어 光合成能이 88%까지 減少되었다. 葉綠素計로 測定된 葉綠素含量은 灌水區에 比해서 旱魃區가 7%程度 減少되었다(表4).

Berg and Heuchelin<sup>1)</sup>은 콩幼苗의 葉角度는 幼苗 水分 potential과 正 相關이 있고 約 0.4MPa에서 氣孔이 닫히고 葉運動이 시작된다고 하였으며,  $-1.4 \sim -1.7 \text{ MPa}$ 에서 孔의 頂端小葉이 裏面으로 뒤집어 진다고 하였다<sup>12)</sup>. 本 實驗에는 비닐하우스 內에 포트에 栽培한 콩식물체는 旱魃處理 2일째부터 植物體의 隘은 膨壓을 잃어 시들고 葉面이 완전히 뒤집어지는 狀態가 晝夜間에 反復되고, 氣孔傳導率<sup>22)</sup>, 受光量, 葉綠素含量<sup>9)</sup> 등이 減少되어 光合成能이 低下된다는 結果와<sup>5, 6, 18, 21)</sup> 비슷하였다.

콩식물체에서 光合成能과 關聯 要因間의 單純 相關關係를 表4에서 보면 純光合成能은 光量(0.887\*\*), 氣孔傳導度(0.788\*\*) 및 葉溫(0.744\*\*)과 高度의 有意的인 相關關係가 認定되었으며 光量은 氣孔傳導度(0.945\*\*) 및 葉溫(0.937\*\*)과 相關이 높았다. 이러한 相關關係는 各 要因들을 排除시킨 實驗을 통해서 얻어진 結果가 아니기 때문에 要因間에 相互作用이 있을 것으로 생각되나 光量이 增加하여 葉溫이 上昇하고 氣孔抵抗이 減少되어 葉肉細胞로의 CO<sub>2</sub>의 供給이 增加될때에는 光合成能이 增加된다는 結果와<sup>22)</sup> 같았다.

### 3. 旱魃處理에 따른 콩식물체의 收量 및 關聯 形質의 變異

旱魃處理 9일째 콩식물체의 收量 및 關聯 形質의 變異는 表 5 및 表 6에서 보는 바와 같다. 植物體當 乾物量은 灌水區의 32.4gr에 比해서 旱魃區는 29.8gr로 8% 減少되고, 葉의 水分含量은 72.8에서 55.8%로 23%, 植物體當 根瘤重은 7%, 根瘤의 含水量은 19%, 植物體當 根重은 3.5gr에서 3.0gr로 14%가 各各 減少되었다. 이 要因들의 品種間 變異性(變異係數)은 乾物重은 5~6%, 根重 10~11%, 根瘤重 8~11%, 葉水分含量 2~12%, 根瘤의 水分含量은 0.1~4%로 品種間 變異性이 큰 것은 葉水分含量, 根重 및 根瘤重이었다. 또한,

Table 5. Comparison among dry matter, nodule, root weights per plant, leaf and nodule water contents, and chlorophyll content of four soybean cultivars under water stress.

Variety	Treatment	Dry matter wt. /plant (g)	Leaf water content (%)	Dry nodule wt. /plant (g)	Nodule water content (%)	Dry root wt. /plant (g)	Chlorophyll content (SPAD)
Muhankong	Control	33.9	74.1	3.27	75.8	3.2	40.6
	Water stress	30.2	58.2	3.16	64.2	2.6	39.3
Bokwangkong	Control	33.2	70.9	3.53	75.2	3.4	43.3
	Water stress	29.9	56.8	3.24	57.9	2.9	38.7
Pangsakong	Control	29.3	72.0	3.10	75.7	3.4	43.9
	Water stress	27.9	51.7	2.89	60.5	3.0	38.9
Danyupkong	Control	33.1	74.3	3.96	75.7	4.1	42.9
	Water stress	31.2	56.5	3.54	62.4	3.4	40.6
Mean (A)	Control	32.4	72.8	3.47	75.6	3.5	42.7
	(B) Water stress	29.8	55.8	3.21	61.3	3.0	39.4
Ratio(B/A)		92	77	93	81	86	93

Data investigated on 9 August.

Table 6. Comparison among plant height, stem diameter, seed weight and its related traits of four soybean cultivars under water stress.

Variety	Treatment	Plant height (cm)	Branch /plant (no.)	Stem diam. (mm)	Pods / plant (no.)	100seed wt. (g)	Seed wt. / plant (g)	Index (%)
Muhankong	Control	96	5.2	9.5	96	21.5	33.3	100
	Water stress	92	5.0	8.9	81	23.1	27.9	84
Bokwangkong	Control	85	4.5	9.8	85	21.5	30.3	100
	Water stress	81	4.0	8.8	72	24.1	25.2	83
Pangsakong	Control	84	6.0	10.7	146	13.9	20.2	100
	Water stress	82	6.0	9.9	124	14.5	17.2	85
Danyupkong	Control	86	7.0	9.8	164	12.8	24.2	100
	Water stress	84	6.0	9.0	129	13.0	19.6	81
Mean (A)	Control	88	5.7	10.0	123	17.4	27.0	100
	(B) Water stress	85	5.3	9.2	102	18.7	22.5	
Ratio (B/A)		97	93	92	83	121	83	83

Data investigated on 9 August.

早魁處理에 의해서 減少量이 큰 形質은 葉 및 根瘤의 水分含量, 根重으로 早魁에 의해서 地上部보다 地下部位의 減少가 더 컸었다(表 5).

灌水區에 비해 斷水區의 桿長은 88cm에서 85cm로 3%, 個體當 分枝數는 7%, 莖太 8%, 個體當 莢數 17%, 粒重은 17%가 各各 減少되었다(表 6). 反面에 100粒重은 個體當 莢數의 減少로 增加

(21%)되었다. 品種間 이들 形質의 變異性은 桿長 6%, 分枝數 19%, 莖太 5%, 莢數 29~31%, 100粒重 27~31%, 粒重은 22%로 粒重의 品種間 變異性이 매우 큰 理由는 大粒種인 장콩과 小粒種인 나물콩이 같이 供試되었기 때문이다. 특히, 早魁에 의해 減少가 큰 形質은 個體當 莢數와 收量性이었다.

旱魃 處理期間, 處理時期 및 品種에 따라서 收量의 減少程度에 差異는 있으나, 一般的으로 旱魃이 길수록 種實肥大期에 水分不足時 減收量이 컸는데 이는 生育期間中에 水分이 不足하면 氣孔이 닫히고 光合成能이 低下되고<sup>4, 18, 20)</sup>, 呼吸量은 增加되며<sup>14)</sup> 水分不足에 의해 不均衡인 養分의 吸收에 의해 꽃과 꼬투리가 크게 減少되어<sup>14)</sup> 收량이 크게 減少한다는 報告와<sup>10, 11, 14)</sup> 같았다.

## 摘 要

土壤水分 不足이 콩식물체의 葉運動, 光合成能, 蒸散量, 收量 및 關聯 形質에 미치는 影響을 調査하기 위해서 ‘단엽콩’, ‘방사콩’, ‘보광콩’, ‘무한콩’을 비닐하우스 內에 포트 재배하여 2주간 斷水 處理하여 實驗을 하였다.

1. 光合成能은 光量(0.887\*\*), 氣孔傳導率(0.788\*\*) 및 葉溫(0.744\*\*)과 高度의 有意的인 正 相關이 있었다.

2. 1日中 光量과 溫度가 增加함에 따라 콩의 複葉中 中央의 小葉은 側列의 小葉에 비해 더 빨리 葉運動이 始作되고 光合成能이 높은 反面에 受光量, 葉溫은 多少 낮았다.

3. 旱魃區에 비해 灌水區의 光量은  $358 \mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , 氣孔傳導率은  $0.2 \text{ mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , 葉溫은  $9^{\circ}\text{C}$ , 蒸散量  $3.7 \text{ mole m}^{-2}$ , 光合成能은  $8.5 \text{ CO}_2, \mu\text{mole m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 이 各各 높았다.

4. 灌水區에 비해 旱魃區의 收量 및 關聯 形質이 多樣하게 減少되었다; 個體當 乾物重 8%, 個體當 根瘤重 7%, 根重 14%, 桿長 3%, 分枝數 7%, 莖太 8%, 個體當 莢數 17%, 個體當 粒重 17%가 各各 減少되었다.

## 引用 文 獻

1. Berg, V.S. and S. Heuchelin. 1990. Leaf orientation of soybean seedlings. I. Effect of water potential and photosynthetic photon flux density on paraheliotropism. *Crop Sci.* 30 : 631-638.
2. Boyer, J.S. 1970a. Leaf enlargement and

metabolic rates in corn, soybeans, and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiol.* 46 : 233-235.

3. Boyer, J.S. 1970b. Differing sensitivity of photosynthesis to low leaf water potentials in corn and soybean. *Plant Physiol.* 46 : 236-239.
4. Boyer, J.S. and B.L. Bowen. 1970. Inhibition of oxygen evolution in chloroplasts isolated from leaves with low water potentials. *Plant Physiol.* 45 : 612-615.
5. Brix, H. 1962. The effect of water stress on the rates of photosynthesis and respiration in tomato plants and loblolly pine seedlings. *Physiol. Plant.* 15 : 10-20.
6. Djekoun, A. and C. Planchon. 1991. Water status effect on dinitrogen fixation and photosynthesis in soybean. *Agron. J.* 83 : 316-322.
7. Doss, D.R., R.W. Pearson, and H.T. Rogers. 1974. Effect of soil water stress at various growth stages in soybean yield. *Agron. J.* 66 : 297-299.
8. Hale, M.G. and D.M. Orcutt. 1987. Drought stress. *In The physiology of plants under stress.* John Wiley & Sons. p.5-26
9. 강기경, 1990. 환경변이에 대한 작물의 광합성 반응. 제4회 식물생명공학 심포지움-광합성의 분자생물학- 한국식물학회. p.107-129.
10. Mederski, H.J. 1983. Effects of water and temperature stress on soybean plant growth and yield in humid, temperate climates. *In C.D. Raper, JR., and P.J. Kramer(ed.) Crop reactions to water and temperature stresses in humid, temperate climates.* Westview Press p.35-48.
11. Mederski, H.J. and D.L. Jeffers. 1973. Yield response of soybean varieties grown at two soil moisture stress levels. *Agron. J.* 65 : 410-412.
12. Meyer, W.S. and S. Walker. 1981. Leaflet

- orientation in water-stressed soybeans. *Agron. J.* 73 : 1071-1074.
13. Oosterhuis, D.M., S. Walker, and J. Eastham. 1985. Soybean leaflet movements as an indicator of crop water stress. *Crop Sci.* 25 : 1101-1106.
  14. 박근용, 이상용, 1989. 콩, 옥수수재배, 농촌진흥청. pp.193.
  15. Pearcy, R.W. and J.R. Seemann. 1990. Photosynthetic induction state of leaves in a soybean canopy in relation to light regulation of Ribulose-1-5-Bisphosphate Carboxylase and stomatal conductance. *Plant Physiol.* 94 : 628-633.
  16. Prichard, J. and I.N. Forseth. 1988. Rapid leaf movement, micro-climate, and water relations of two temperate legumes in three contrasting habitats. *Am. J. Bot.* 75 : 1201-1211.
  17. Sato, H. and K. Gotoh. 1983. Studies on leaf orientation movements in kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). I. The response to light intensity and location of photo-receptor. *Jpn. J. Crop Sci.* 52 : 515-520.
  18. Sharp, R.E. and J.S. Boyer. 1985. Loss in chloroplast activity at low leaf water potentials in sunflower : The significance of photoinhibition. *In Cellular and molecular biology of plant stress.* Alan R. Liss, Inc. p.41-49.
  19. Turner, F.T. and M.F. Jund. 1991. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requirement for semidwarf rice. *Agron. J.* 83(5) : 926-928.
  20. Wells, R., L.L. Schulze, D.A. Ashley, H.R. Boerma, and R.H. Brown. 1982. Cultivar differences in canopy apparent photosynthesis and their relationship to seed yield in soybeans. *Crop Sci.* 22 : 886-890.
  21. Wien, H.C. and D.H. Wallace. 1973. Light-induced leaflet orientation in *Phaseolus vulgaris* L. *Crop Sci.* 13 : 721-724.
  22. Wong, Suan-chin, I.R. Cowan, and G.D. Farquhar. 1985. Leaf conductance in relation to rate of CO<sub>2</sub> assimilation. II. Effects of short-term exposures to different photon flux densities. *Plant Physiol.* 78 : 826-829.