

土壤含水量이 人蔘의 光合成 및 生育에 미치는 影響

李盛植 · 梁德祚 · 金鏡泰 *

Effects of Soil Water Regimes on Photosynthesis, Growth and Development of Ginseng Plant (*Panax ginseng* C. A. Meyer)

Lee, S. S., D. C. Yang and Y. T. Kim*

ABSTRACT

This experiment was carried out to study the influence of the various soil water regimes on photosynthesis and growth and development of ginseng plant (3 years).

The results were as follows: optimum soil water content for root dry weight and diameter appeared to be 62% of field capacity (13.9% fresh weight basis). The 62% field capacity showed superiority in leaf area, leaf dry weight and also in number of flower, fruit, seed per plant. Net photosynthesis rates per unit area increased with increasing soil water content but net photosynthesis rates per plant were superior in 62% field capacity. Rates of transpiration increased linearly with increasing soil water content but density of stomata decreased with increasing soil water content.

緒 言

人蔘은 直射光線을 싫어하고 栽培條件이 까다로우며, 日覆이란 특수 환경 속에서 栽培되는 多年生 陰地植物로서, 한 作期가 4~6年 걸리며 年間 物質生産量도 他作物에 비해 극히 적은 實情이다. 人蔘栽培時 本圃 예정지 선정은 배수가 良好한 平地나 경사지를 택하는 것이 좋고, 급경사지는 보수력 결핍으로 旱魃의 피해를 입기 쉬우며, 養殖苗圃의 경우는 本圃보다 더 집약적인 관리를 받으며 수분조건에서도 철저한 관수를 행하고 있으며 苗圃에서 적정 수분은 圃場容收量의 50~60%가 좋다고 보고된 바 있다.⁶⁾

本圃에서 土壤水分과 人蔘生育에 관한 長野 試驗場 報告를 보면 圃場 容水量的 50~60%로서 上層(表土 10cm)과 下層(表土 10~20cm)의 水分差가 큰 것이

좋다고 하였다.⁷⁾ 李⁸⁾ 등은 人蔘의 萎凋水分 限界는 土壤水分의 13%라고 하였고, 朴¹⁴⁾ 등은 Pot 試驗에서 圃場容水量的 60%區에서 地上部 生育이 가장 좋았고 30~40%에서는 根의 伸長이 억제되었다고 하였다.

朴¹³⁾ 등은 또한 同一한 實驗에서 最適水分含量이 절대수분함량으로 17~20%라고 하였으며 睦¹¹⁾ 등은 養土를 사용한 Pot 試驗에서 圃場容水量的 65.5%(절대수분 22.1%)가 적정수분이라 하였고 生育이 정지되는 土壤水分 含量은 圃場容水量的 31.5% (절대수분 10.7%)라 하였다. 그러나, 前述한 研究는 모두 人蔘을 Pot 試驗에서 行하였으며, 또한 人蔘 生育에 미치는 土壤含水量은 土性別로 큰 差異가 있는데, 지금까지의 研究 結果를 종합해보면 모두 점질 및 양토에서 수행된 結果이다. 예컨대 人蔘의 Pot 栽培는 土壤의 溫度 격차 및 배수관리에 依한 物理性 때문에

* 韓國人蔘煙草研究所 曾坪人蔘試驗場.

* Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Jeungpyung, Chungbuk 311, Korea.

정상적으로 生育하지 못하는 실정이다. 우리나라 蔘園地中 砂養土가 차지하는 面積이 상당히 많음에도 불구하고 아직 砂養土에서의 水分試驗 結果는 報告된 바 없으며 土壤水分에 따른 光合成에 대한 報告도 전무한 實情이다.

本實驗에서는 砂養土를 供試하여 土壤含水量에 따른 人蔘의 光合成 및 生育特性을 調査하여 人蔘의 적정 土壤水分 含量을 밝히고져 本實驗을 實施하였다.

材料 및 方法

本實驗은 韓國人蔘煙草研究所 會坪試驗場 초자실내에서 실시하였으며 供試 人蔘은 柴莖種 3年生(*Panax ginseng* C. A. Meyer)을 供試 土壤(예정지 관리된)은

砂質養土를 使用하였다. 초자실 光條件은 수광율 8% (관행일부 2行과 비슷) 生育期間中の 氣溫은 포장상태보다 평균 2℃가량 더 높았다. 水分調節은 초자실내 水泥트통(가로 1.38m×세로 5.4m)內에 경사(높이 최고 100cm×최저 52cm)를 두어 나무판으로 칸막이를 해서 높의 높이에 差異를 두고 水位를 20cm로 일정히 맞추어 저면 관수법으로 수분을 조절한 結果는 그림 1 및 表 1과 같다.

苗蔘은 1~1.5g 範圍의 것을 80年 3月 2日 移植해서 81年 3年根椐 實驗調査하였으며, 栽植密度는 10×15cm로 하였으며, 土壤水分 含量은 매월 3회 (80, 81年 各 3月~9月) 測定値를 平均하였으며 Kett 土壤水分 測定器(三和電氣 科學社, 日本)를 使用하였다. 地上下部 生育調査는 81年 8月 21日에 실시

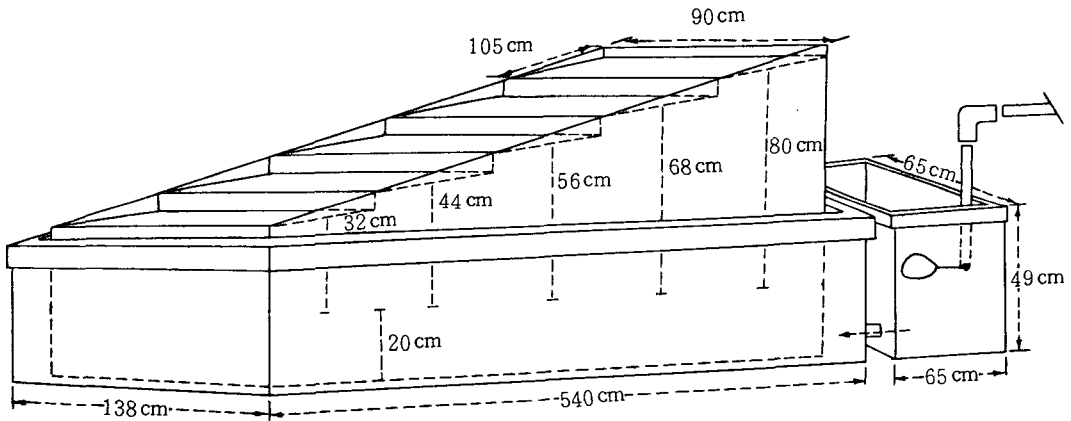


Fig. 1. Diagram of soil water content treatment

Table 1. Various soil moisture regime

Soil height from ground water (cm)	Soil moisture content (%) mean±SE	Field capacity (%)
80	9.9±0.3	43
68	11.9±0.3	53
56	12.9±0.3	57
44	13.9±0.3	62
32	16.9±0.2	74

하였고 乾物重 測定은 80℃에서 3日間 乾燥後 평량 하였다. 氣孔의 복사는 Silicon rubber(信越化學, 日本)로 葉의 裏面을 복사한 후 Cellulose Acetate로 다시 접착시켜 분리한 후 Slide glass에 옮겼다. 氣孔

觀察은 광학현미경을(Nikon Fx-35 日本) 利用해서 100×, 600×로서 氣孔의 數와 크기를 調査하였다. 증산량은 COCl₂-paper 方法으로 변색되는 時間을 測定하였다. 光合成 測定은 植物同化 作用測定 장치(Horiba, ASSA-1610, 日本)를 使用하였다.

結果 및 考察

人蔘의 地上部 生育은, 砂壤土의 水分含量 調節에 따라 현저한 差異가 認定되었다(表 2).

個體當 葉面積은 土壤水分 含量別로, 62>74>57>53>43 畝區의 順으로 62%區 즉 절대수분으로 13.9±0.3%區에서 가장 良好하였으며, 葉乾物重도 62>

Table 2. Effect of soil moisture on vegetative growth of ginseng.

Field capacity (%) (soil moisture content%)	43 (9.9±0.3)	53 (11.9±0.3)	57 (12.9±0.3)	62 (13.9±0.3)	74 (16.9±0.2)
Leaf area (cm ² /plant)	196 ^e	232 ^d	401 ^c	531 ^a	430 ^b
Leaf weight (g dw/plant)	0.50 ^c	0.59 ^{bc}	0.94 ^{ab}	1.29 ^a	1.16 ^a
Water content of leaf (%)	74.9 ^{bc}	74.3 ^c	76.7 ^{ab}	77.3 ^a	76.6 ^{ab}
Stem weight (mg dw/plant)	290 ^b	350 ^b	603 ^{ab}	883 ^a	770 ^a
Stem diameter (mm)	2.66 ^e	3.28 ^d	3.71 ^c	4.71 ^a	4.31 ^b
Stem length (cm)	18.3 ^c	22.1 ^{bc}	27.0 ^{ab}	32.7 ^a	26.2 ^b
Water content of stem (%)	81.9 ^c	83.6 ^b	83.7 ^b	84.5 ^a	84.7 ^a
No. of palmate leaf per plant	31.5 ^d	3.33 ^c	3.51 ^b	3.65 ^a	3.69 ^a
Defoliation (%)	88.7 ^a	45.7 ^b	12.4 ^c	7.2 ^c	5.1 ^c

Means followed by different letters are significantly different at p=0.05 by Duncan's multiple range test.

74>57>53>43% 順으로 같은 傾向이었다. 이는 陸¹¹⁾ 등의 結果와도 一致하였는데, 土壤含水量이 葉面積과 밀접한 관계가 있는 것은 他作物에서도 이미 밝혀진 바 있다.^{3, 18)} 일반적으로 葉面積의 억제생장의 原因은 Water Stress 상태에서는 세포분열이 억제되거나, 세포신장이 억제되기 때문이라고 보고된 바 있다.^{3, 5, 16)} 葉의 水分含量은 57%區를 前後로 해서 그 이상의 區와 이하의 區에서 有意差를 보였는데 이는 葉의 Water Potential이 높다는 가능성을 시사해 주고 있다. 本實驗에서는 土壤含水量에 따라 掌葉數가 62=74>57>53>43% 順으로 많았는데 이는 土壤含水量에 따라 掌葉數나 小葉數의 出現率에 影響을 받지 않았다는 陸¹¹⁾ 등의 結果와 相異하였다. 이것은 Glushivski⁴⁾가 당년에 地上部가 될 腦頭(잠아)는 2年前에 형성된다는 結果에 비추어 볼 때 本實驗에서는 2年間 水分의 差異를 둔 狀態에서 栽培되었으므로 腦頭形成에 水分이 影響을 미친 것이 아닌가 추측하고 있다. 莖 乾物重은 62%區에서 가장 많았으며 57%區를 中心하여 그 以上の 區와 그 以下の 區間에 有意差를 보였으며 莖直莖은 62>74>57>53>43%의 順으로 많았는데 이것은 Water stress에 의해 地上部 生育이 억제 된다는 結果^{16, 18)}와 一致하였다. Chen (1971)²²⁾도 콩에서 土壤水分含量이 많을 수록 肥大生長 한다고 하였다. 莖長은 表 2에서도 제시 하듯이 62%區에서 가장 길었으며, 그 다음으로 57>74>53=43% 순이었다. 이것은 朴¹²⁾ 등의 結果와는 相異하였는데 後者 등은 生育調査 時期가 本實驗과 달랐기 때문이라 생각된다. 陸¹¹⁾ 등은 同一한 實驗에서 水分含量이 너무 과다하여도 莖長이 억제 된다고 하여 本實驗 結果와 一致하였다. 莖의 水分含量은

62>74>53>43% 순이었으며 莖直徑은 葉과 莖의 水分含量과 높은 상관이 있음을 제시해주고 있다. 落葉率에서는 圃場容水量의 57%를 전후해서 현저한 差異를 보였는데, 이보다 수분함량이 적어 비교적 乾燥한 砂壤土(43%, 53%區)에서는 노화 및 조기낙엽이 되어 8月末에는 地上部가 완전히 고사하였다.

土壤含水量이 人蔘의 生殖生長에 미치는 影響은 表 3과 같다. 個體當 種子數 및 採種 가능한 種子(4 mm 以上) 數는 62%區에서 各各 25, 24個로 가장 많았으며 圃場容水量 53% 以下에서는 현저히 떨어졌다. 果實의 生體重도 같은 傾向으로 土壤含水量이 62%區에서 가장 무거웠으며 74%區에서는 오히려 감소하였다. 開花數는 62>74>57>53>43%의 順이었고 結實率도 같은 傾向으로 土壤水分含量이 人蔘의 開花 및 結果에도 많은 影響을 미침을 알 수 있었고 花梗長이나 花梗의 무게도 共히 62>74>57>53=43%의 順이었다.

土壤水分含量에 따른 人蔘葉의 氣孔의 밀도 및 크기를 나타낸 結果(表 4) 단위 面積當 氣孔數는 43=53=57>62=74% 順으로 土壤含水量이 적은 葉이 氣孔의 밀도가 높았다. 그러나 個體當 氣孔數는 62>74=57>53>43% 順으로 62%區가 많았으며 氣孔의 크기 역시 57%를 전후하여 62%, 74%區가 컸으며 43, 53%區가 적었다.

그림 2는 증산량의 日變化를 연속적으로 測定하여 일조에 따른 일중변화를 나타냈는데 43%區, 53%區에서는 共히 오전 10時頃이 Cod₂-paper 變색시간이 最小值을 나타내어 증산량이 가장 높았으며 토양 함수량이 많은 74, 62%區에서는 오전 11時半頃이 증산량이 가장 높았다. 또한 人蔘의 증산은 주로

Table 3. Effect of soil moisture on reproductive growth of ginseng.

Field capacity (%)	43	53	57	62	74
(soil moisture content %)	(9.9±0.3)	(11.9±0.3)	(12.9±0.3)	(13.9±0.3)	(16.9±0.2)
No. of seed per plant	5.4 ^d	9.2 ^c	15.2 ^b	25.2 ^a	17.4 ^b
No. of useable seed per plant (upper 4mm)	4.8 ^d	8.7 ^c	14.4 ^b	23.6 ^a	16.2 ^b
Weight of fruit (g. fw/plant)	0.42 ^d	0.89 ^d	2.24 ^c	4.35 ^a	3.37 ^b
No. of flowers per plant	8.6 ^c	9.2 ^c	15.4 ^b	20.4 ^a	18.6 ^{ab}
Ratio of fertility (%)	51.3 ^c	63.2 ^b	72.3 ^{ab}	73.6 ^a	64.9 ^{ab}
Length of peduncle (cm)	11.4 ^c	12.1 ^c	16.6 ^b	19.8 ^a	18.7 ^{ab}
Weight of peduncle (Mg fw/plant)	104 ^c	105 ^c	289 ^b	460 ^a	373 ^{ab}

Means followed by different letters are significantly different at p=0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 4. Effect of soil moisture on size and density of stomata of ginseng.

Field capacity (%)	43	53	57	62	74
(soil moisture content %)	(9.9±0.3)	(11.9±0.3)	(12.9±0.3)	(13.9±0.3)	(16.9±0.2)
Stomatal density (ea/mm ²)	41.8 ^a	41.6 ^a	40.5 ^a	37.0 ^b	39.1 ^{ab}
No. of stomatal per plant	8230 ^d	9672 ^c	1649 ^b	19654 ^a	16829 ^b
Stomatal length (μ m)	18.9 ^b	19.6 ^b	21.6 ^{ab}	23.0 ^a	22.6 ^a

Means followed by different letters are significantly different at p=0.05 by Duncan's multiple range test.

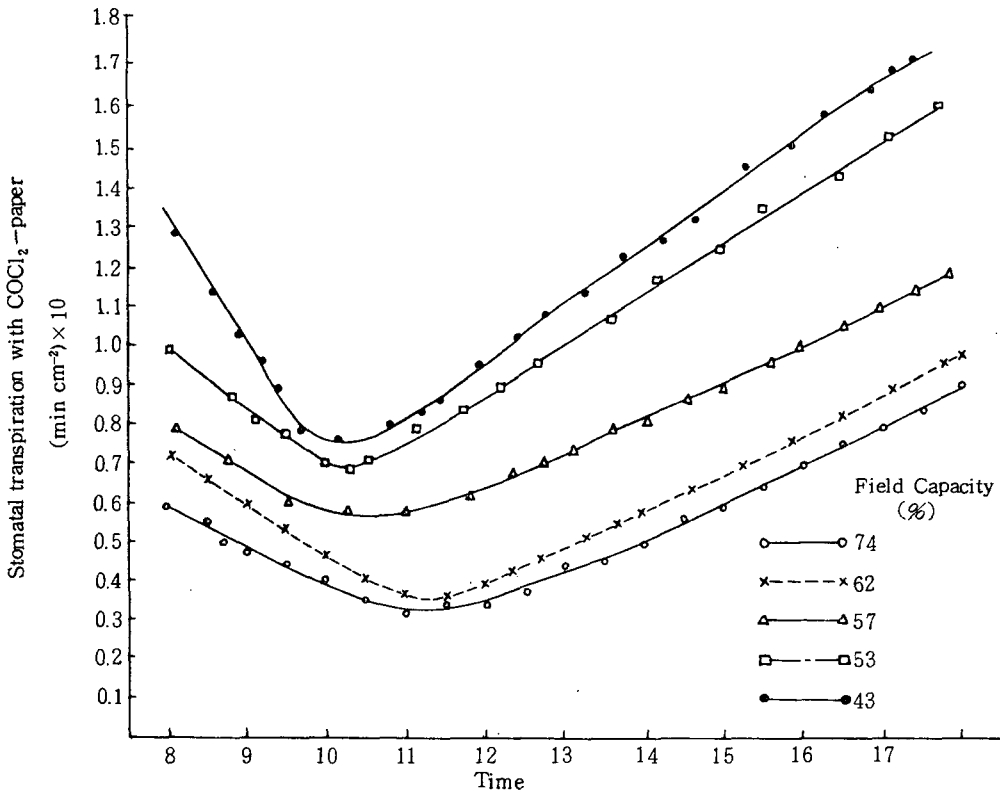


Fig. 2. Diurnal changes in stomatal transpiration of different soil moisture in abaxial surface ginseng.

오전중에 왕성히 이루어짐을 알 수 있는데 이것은 증산작용에 의해 방출되는 수분의 영향으로 잎의 온도가 더욱 하강(Transpiration cooling)하기 때문에 오전의 직사광선에 의한 열이 오후보다 덜 받는 한 요인으로 생각된다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 토양수분 함량이 적은區에서 단위 면적당 氣孔數가 많은 것은 Water Stress에 의해 葉生長이 지연 되기 때문으로 생각되며 토양수분 함량이 적은區에서 단위면적당 氣孔數가 많음에도 불구하고 증산량이 적은 결과는 Miskin¹⁰⁾ 등이 barley에서 氣孔의 밀도와 증산속도간에는 정의 상관 관계가 있다는 報告와는 相異하였다. 그러나 McCree⁹⁾ 등이 사탕수수에서 氣孔의 밀도와 증산속도와 일치하지 않는다는 結果와는 同一하였는데, 이것은 토양수분 함량이 많은 구(72%, 62%區)에서 氣孔의 크기가 더 크고 葉의 수분 함량이 높음으로

해서 個個의 氣孔의 生理的 反應에 依한 것으로 생각된다. 氣孔의 開閉 기작에 대해서는 Intercellular 內部的 CO₂濃도에 관련된 feed back system이 外部의 環境要因에 민감히 반응하여 Abscisic Acid의 자극에 의해 K⁺-ion 축적과 삼투압의 상승에 따라 氣孔의 개폐가 이루어지고 있는 것으로 추측되고 있다.¹⁷⁾

토양수분 함량에 따른 光合性의 差異를 본 結果(表 5) 토양수분 함량이 많을 수록 단위 면적당 光合成량이 증가하였고 호흡량도 같은 傾向이었다. 그러나 光合成에 대한 呼吸의 차지하는 比率은 토양수분이 많을 수록 낮은 경향이어서 呼吸에 의한 소비는 토양수분이 많은 구가 낮아서 토양수분 함량이 높은區(62, 74%區)에서 物質生産이 더 효율적이었다. 맑은날(4月 26日)의 光合成량이 흐린날(5月 2日)보다 더 많았으며 光合成의 日變化는(그림 3) 光度에 따라

Table 5. Comparison of photosynthesis and respiration of difference soil moisture of ginseng(mg CO₂/dm² leaf area/day).

Field capacity (%) (soil moisture content %)	Fine (April. 26)			Cloudy (May. 2)		
	P*	R**	R/P***	P*	R**	R/P***
43 (9.9 ± 0.3)	19.63	3.85	5.10	9.33	1.42	6.57
53 (11.9 ± 0.3)	25.92	4.26	6.08	10.07	1.61	6.25
57 (12.9 ± 0.3)	34.89	6.94	5.03	11.69	2.01	5.82
62 (13.9 ± 0.3)	35.03	7.76	4.51	13.41	2.25	5.96
74 (16.9 ± 0.2)	37.85	10.27	3.69	12.45	2.26	5.51

* P : net photosynthesis ** : dark respiration

*** : percentage of respiration to photosynthesis.

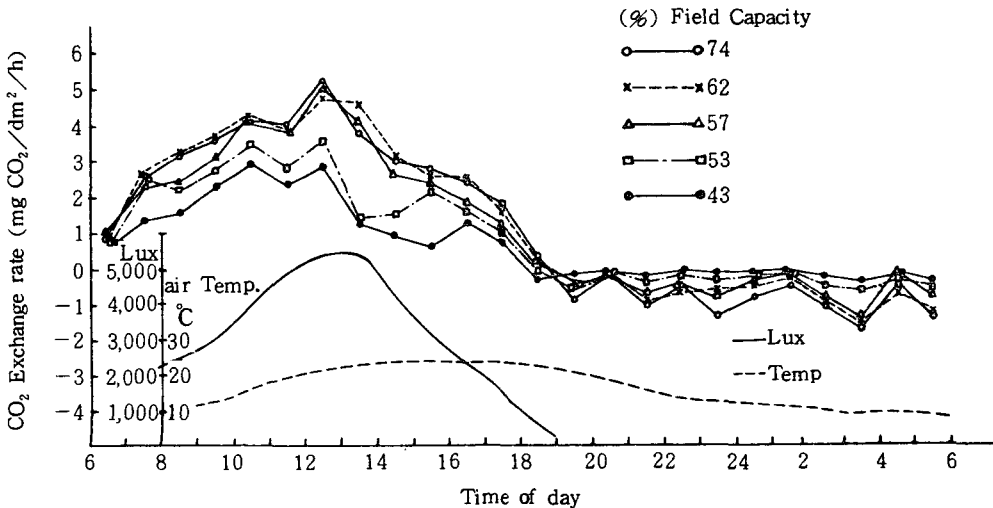


Fig. 3. Daily change of CO₂ exchange rates of leaf blades ginseng at different soil moisture (April. 26)

Table 6. Effect of soil moisture on root growth of ginseng.

Field capacity (%)	43	53	57	62	74
(soil moisture content %)	(9.9±0.3)	(11.9±0.3)	(12.9±0.3)	(13.9±0.3)	(16.9±0.2)
Root weight (g dw/plant)	1.16 ^d	1.55 ^{cd}	2.57 ^{bc}	3.78 ^a	3.03 ^{ab}
Root weight (g fw/plant)	4.36 ^d	5.62 ^{cd}	9.77 ^{bc}	12.71 ^a	10.68 ^{ab}
Diameter of tap root (mm)	7.8 ^b	9.2 ^b	11.7 ^a	13.7 ^a	13.4 ^a
Water content of root (%)	73.1 ^{ab}	72.4 ^{ab}	74.1 ^a	71.1 ^b	73.0 ^{ab}
Disease of root (%)	7.4 ^d	8.1 ^d	11.3 ^c	14.4 ^b	19.4 ^a
Missing root (%)	13 ^a	11 ^b	7 ^c	5 ^c	5.1 ^c

민감한 반응을 나타내어 12~13時 頃이 최대치로 나타나서 日覆下の 光合成의 日變化와는 相異하였는데 이것은 日中の 光度變化가 日覆下와 초자실내가 다른 때문이라 생각된다. 土壤含水量이 적을 수록 光合成량이 저하된다는 結果는 여러 작물에서 報告된 많은 結果^{2, 5, 16, 18)}가 있으며 Water Stress에 依한 光合成의 저하 原因은 Water Stress에 依한 葉肉의 억제로 Chloroplast(엽록체) 내의 탄수화물의 축적의 結果 光合成을 감소시켰다.^{1, 15)}고 하며, Johnson⁵⁾는 엽록체내의 Ribulose-1,5-diphosphate(RuDp) Carboxylase activity의 감소에 의한 것이라 했다.

根의 生育狀態를 보면 表 6 과 같이 處理間에 有意性이 認定되었다. 圃場容水量의 62>74>57>53>43%의 順으로 62%區 즉 절대 수분함량 13.9±0.3%區에서 가장 良好하였다. 根의 生體重 乾物重, 胴直徑은 62>74>57>53>43% 순으로 62%區가 가장 良好하였고 根의 水分含量은 57%區를 전후하여 수분함량이 많은 구가 오히려 적었다. 그리고 결주율은 62=74=57<53<43% 순으로 수분함량이 많은 구가 결주율이 적었다. 根의 이병율(대부분이 적변과 동할)은 土壤含水量이 많을 수록 증가되는 경향이있다. 이상의 結果를 종합해 보면 人蔘의 土壤水分은 62%區가 地上下部 및 生殖生長도 良好하였고, 광합성에서는 단위면적당으로 볼 때 74%가 62%區보다 더 높았으나 個體當 葉面積이 62%區가 더 넓어서 個體當 物質生産량은 역시 62%區가 더 많아서 圃場容水量의 62%가 人蔘生育에 가장 좋았음을 알 수 있었다.

Water stress는 植物의 여러 生理的 반응과 동화과정에 영향을 미치며 이들은 식물의 종류나 발육단계에 따라 그 영향이 다른데 본실험에서는 生育全期間에 걸쳐 토양 함수량에 差異를 둔 결과 處理間에 人蔘生育에 현저한 差異가 나타났는데 그 原因은 Zolkevich等¹⁹⁾의 Water Stress에 依한 生育 억제의 직접적 原因은 光合成의 감소보다 Water Stress가 유엽과

根의 生長을 억제시키고 그다음 2차적으로 광합성을 억제시킨 原因으로 생각되며, 本實驗에서 얻은 바와 같이 砂質壤土에서는 圃場容水量의 62%, 절대토양 수분으로 13.9%가 人蔘生育에 가장 良好함을 알 수 있었다.

摘 要

砂壤土에서 人蔘生育의 最適 土壤含水量을 究明키 위해 土壤含水量別 地上下部, 生殖生長, 光合成 等を 調査한 바 그 結果는 다음과 같다.

1. 根乾物重 및 胴直徑은 62%(絶對水分 13.9%)가 가장 良好하였다.
2. 葉面積, 葉乾物重은 62%(絶對水分 13.9%)가 가장 良好하였으며 個體當 開花數, 結實率, 種子生産량도 같은 傾向이었다.
3. 單位面積當 光合成량은 土壤含水量이 많을 수록 증가하였으나 個體當 光合成량은 62%가 가장 良好하였다.
4. 증산량은 土壤含水量과 比例하였으나 氣孔의 密度는 反比例하였다.

引 用 文 獻

1. Boyer, J.S.(1971) Nonstomatal inhibition of Photosynthesis in sunflower at low leaf water potentials and high light intensities. Plant physiol. 48:532-36.
2. Chen, L.H., H.J. Mederski and R.B. Curry (1971) Water stress effects on photosynthesis and stem diameter in soybeans plants, Crop science, 11:428-31.
3. Daniel, C.A. and E.S. Walter(1976) The effect of soil water regimes on leaf water potential, growth and development of soybeans. Physiol.

- plant 38: 131-37.
4. Glushiviski, IV(1960) 藥用人蔘(その生態學的 諸問題), 深澤元文譯.
 5. Johnson, R.R., N.M. Frey and D.N. Moss(1974) Effect of water stress on photosynthesis and transpiration of flag leaves and spikes of barley and wheat, *Crop science* 14:728-31.
 6. 金得中(1973) 人蔘栽培. 一韓圖書出版社, pp. 37-40.
 7. 金得中(1973) 人蔘栽培. 一韓圖書出版社, pp. 75-78.
 8. 李鍾華·申東洋·南基烈·金明秀(1971) 人蔘의 水分生理에 관한 研究, 試驗研究報告(人蔘編), 中央專賣研究所, 609-638.
 9. McCree, K.J. and S.D. Davis(1974) Effect of water stress and temperature on leaf size and on size and Number of epidermal cells in grain sorghum. *Crop science* 14:751-55.
 10. Miskin, K.E. and D.C. Rasmusson(1970) Frequency and distribution of stomata in barley, *Crop sci.*, 10:575-78.
 11. 陸成均·孫錫龍·朴薰(1981) 土壤水分 含量別 人蔘의 根 및 地上部 生育, 韓作誌, 26(1): 115-120.
 12. 朴薰·南基烈·尹泰憲(1978) 適定水分 調節試驗, 人蔘研究報告, 高麗人蔘研究所, pp. 61-72.
 13. 朴薰·陸成均·李盛植·權錫轍(1979) 水分生理 및 生理障害研究, 人蔘研究報告, 高麗人蔘研究所, pp. 205-227.
 14. 朴薰·尹泰憲·裴孝元(1979) 人蔘 잎의 萎凋 및 蒸散特性, 韓土肥誌, 12: 77-82.
 15. Patrick. C.P.(1974) Assimilation, distribution and root exudation of ¹⁴C by ponderosa pine seedlings under Induced water stress, *Plant physiol*, 54:44-49.
 16. Randall. S.A., F.L. Edwin and W.N. AuBrey (1975) The effects of water stress on the development of the photosynthetic apparatus in greening leaves, *Plant physiol*, 55:317-21.
 17. Rashke, K.(1979) Movement of stomata in *Encyclopedia of plant physiology*, New series Vol. 7., pp. 383-434, Springer-verlag.
 18. Wardlaw, I.F.(1967) The Effect of water stress on translocation in relation to photosynthesis and growth, *Aust. J. Biol. Sci.*, 20:25-39.
 19. Zolkevich, V.N., L.D. Prusakova and A.A. Lizander(1958) Translocation of assimilates and respiration of conductive tissues in relation to soil moisture *Friziol Rast* 5:337-44.