

桑樹에 있어서 各種條件에 따르는 同化量의 差에 關한 研究

*林 秀 浩 · **金 文 浹
<農村振興廳 蠶業試驗場 · 서울大學校 農科大學>

Studies on the quantitative difference of assimilation under various conditions in mulberry trees.

S.H. Lim, · M.H. Kim

(*Sericultural Experiment Station, **College of Agric., Seoul National Univ)

SUMMARY

These works were conducted to investigate the differences of assimilatory productivity under various conditions of cultivation in mulberry trees with the punch method based on dry matter production.

The results obtained are as follows:

1. The dry matter of mulberry leaves at 150cm to 200cm high in the morning and from 50cm to 100cm high in the afternoon were higher than other conditions.
2. In daily change of assimilatory, the production of the leaves from 150 cm to 200 cm high in the morning and from 50 cm to 100 cm high in the afternoon were higher than other conditions.
3. The largest amount of leaf dry matter was produced in south outside of mulberry field, next east outside, and others showed no differences.
4. Increased assimilatory production was occurred greatly not only east side of mulberry field from 7 A.M to 10 A.M but also south side of mulberry field from 10 A.M to 1 P.M.
5. In comparison of dry matter production of leaves among varieties, Suwon-sang No. 4 showed greatest amount and followed Sipyung, Kaeryangsuban, Rosang in order.

In the varietal differences of assimilatory production per day, Suwonsang No. 4 was greatest and followed Kaeryangsuban, Sipyung, Rosang in order.

6. Both of the rate of increasing leaf dry matter and net assimilation per day were greatest in the one-half cutting plot and some decreased in one-third cutting plot, in non-cutting plot in order.

I. 緒 言

桑葉을 効果的으로 生産하기 위하여 우리는 桑樹를 一定한 間격으로 植栽하는 것인데 이것은 結局 栽培條件을 같이하는 하나의 植物群落을 形成하게 하는 것이다.

桑樹가 어떤 人工的인 群落을 이루면 自然히 各個體는 栽培條件을 같이 해 주더라도 그들의 環境은 各各 같지않게 되며 이와같은 差는 光合成 能力에까지 影響을 미치게 되어 結局桑葉의 收量에 差가 생기게 되는 것이다.

이것은 結局 各個體의 生長에 差가 생긴다는 것을 말해 주는 것인데 即 栽培條件이 같고 桑樹自體의 生理的인 機能이 同一하다 하더라도 群落內의 光條件을 비롯한 微氣象의 差에서 오는 것이라 生覺할 수 있다. Boysen Jensen⁽²²⁾은 植物이 가지는 生理的인 面과 群落內의 各個體가 서로 다른 環境을 가졌을 때의 生態的인 面에서 이러한 同化能力의 差를 計量的으로 物質이라는 概念을 導入하여 植物群落의 生産構造를 解析할 수 있다고 하였다.

門司, 佐伯⁽¹⁵⁾은 最初로 層別 刈取法(stratifying clip method)에 의하여 群落內의 物質生産을 群落의 構造와

桑樹의 生理的 機能의 兩面에서 分析을 試圖하여 葉層에 따르는 光의 投射量의 差에 依한 同化量의 差가 생기기도 하지만 葉層에 따르는 桑葉自體의 生理的 機能의 差도 똑같이 重視해야 한다고 하였다.

秋山⁽¹⁶⁾는 秋期에 있어서 植栽거리를 달리하였을 경우에 葉의 着葉部位에 따라서 同化量에 差가 생기는 結果로서 葉位別生産構造에 差가 있음을 밝힌바 있다.

Butter⁽⁶⁾는 소나무의 苗를 使用하여 同化物質의 生育時期에 따른 變化를 調査한 結果 生育初期에는 새로 생기는 器管에 있어서 1日 同化量이 大端히 많은데 이것은 前年에 축적된 貯藏物質에 의한 것이라 하였고 間 및 直井(未發表)는 이와 같은 現象은 桑樹에서도 마찬가지의 傾向을 나타냄을 立證한 바 있다.

牛島⁽³⁾, 田尙⁽¹²⁾은 葉의 含水量과 同化生成物과의 關係를 調査한 結果 光合成이 가장 많이 이루어지는 葉의 含水量은 幼葉에 있어서 300~320%(對乾物量) 中葉이나 老葉에 있어서는 270~280%의 범위로서 含水量이 그 以下로 떨어지면 光合成量은 直線的으로 減少한다고 하였다. Maggs⁽⁶⁾는 日照強度와 同化量과의 關係를 調査한 結果 相對光度 100에 比하여 50 以下로 떨어지면 確實히 同化量이 減少한다고 하였다.

大島⁽²⁾는 打拔法(pnnch method)에 依하여 乾物量의 增減을 가지고 同化量을 測定한 結果 幼葉은 午前 9時까지에 同化作用이 旺盛하며 午後에는 減少하는 傾向이지만 老葉은 이와 反對의 傾向을 나타낸다고 하였고 桑田位置에 따른 同化量의 差를 調査한 結果로는 中央部の 100에 對하여 周圍區가 135로 큰 差가 있음을 말하였다.

우리가 目的하는 桑葉의 生産을 높이기 위해서는 桑樹가 가진 生理的인 面과 桑樹의 各 個體가 가지는 生態的인 立場을 감안한 assimilation system(同化系)를 精確히 파악하여 이에 알맞는 栽培條件을 해주므로써 더욱 効果的인 桑葉生産이 可能할 것이므로 여기에 各種條件을 달리했을 경우에 있어서 同化量에 어떠한 差가 생기는가를 알기 위하여 本研究을 行하였다.

끝으로 本研究을 하는데 助言해주신 서울大農大 蠶絲學科 金洛禎, 朴光義教授님을 비롯한 여러 教授님께 感謝를 드리는 바이다.

또한 大學院過程을 履修함에 있어 最大의 便宜를 도모해 주신 蠶業試驗場 全大略 場長님과 鄭台岩栽桑科長님께 感謝를 드리며 本 論文을 整理함에 있어 勞苦가 많았던 蠶絲科 4年 正일광, 이용우 후배에게 사의를 표하는 바이다.

II. 材料 및 方法

畦間 2m×株間 1m, 畦間 1.8m×株間 0.75m, 根刈,

春秋兼用, 畦의 方向이 南北인 農村振興廳 蠶業試驗場 圃場 B₁號 B₁₃號에서 1968年 5月 1日부터 10月 30日까지 改良鼠返, 市平, 水原桑 4號, 魯桑(8年生)을 供試하여 蠶業試驗 標準案에 準한 管理를 하면서 아래와 같은 設計로 實驗하였다.

試驗 1. 着葉部位에 따르는 同化量의 差

(1) 處理區

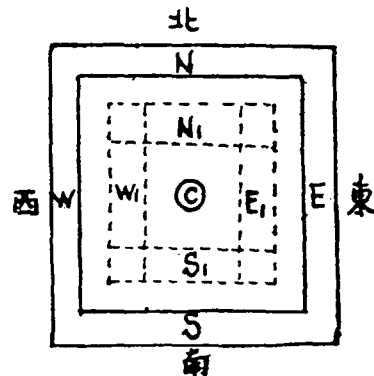
主 區	細 區	細細區	調查株數	反覆
植栽距離別	着 葉 部 位 別	時間別		
①2m×1m	①樹高 200cm	①AM 7	5株	5
①1.8m×0.75m	② " 150cm	②AM 10	5 "	5
	③ " 100cm	③PM 1	5 "	5
	④ " 50cm	④PM 4	5 "	5
		⑤PM 7	5 "	5

(2) 處理方法

植栽距離가 다른 두 桑田에서 樹高別로 同化量의 日變化를 알기 위해 9月 10日 各 3時間 間격으로 sample을 採取하였다.

試驗 2. 桑田位置에 따르는 同化量의 差

(1) 處 理 區



E; 東쪽 第一 外側 畦

W; 西쪽 第一 外側 畦

S; 南쪽 第一 外側 株

N; 北쪽 第一 外側 株

E₁; 東쪽에서 1/4 안쪽에 位置하는 畦

W₁; 西쪽에서 1/4 안쪽에 位置하는 畦

S₁; 南쪽에서 1/4 안쪽에 位置하는 株

N₁; 北쪽에서 1/4 안쪽에 位置하는 株

C; 中 央 部

主 區	細 區	調查株數	反 覆
位 置 別	時 間 別		
E, E ₁	① AM 7	5 株	5
S, S ₁	② AM 10	5 "	5

W, W ₁	③ PM 1	5 "	5
N, N ₁	④ PM 4	5 "	5
C	⑤ PM 7	5 "	5

(2) 處理內容

桑樹位置別로 同化量의 日變化를 알기 위해 9月 10日 3時間 간격으로 各 處理別로 같은 크기의 枝條를 擇하여 樹高 150 cm 部位에 着葉된 桑葉에서 sample을 採取하였다.

試驗 3. 桑品種別 同化量의 差

(1) 供試桑品種

改良鳳返, 水原桑 4號, 市平, 魯桑

(2) 處理內容

各 品種의 1日間 同化量의 差를 알기 위해 9月 10日 午前 11時에 試驗 2와 같은 方法으로 各各 sample을 採取하였다.

試驗 4. 成採程度別 同化量의 差

(1) 處理內容

試 驗 區	調 查 株 數	反 覆
① Cutting at 1/3	5 株	5
② Cutting at 1/2	5 "	5
③ Control	5 "	5

(2) 處理方法

春期發芽前에 各區別로 伐採하여 두었다가 6月 11日 午前 7時와 12時間 後인 午後 7時에 各各 sample을 採取하였다.

同化量을 測定하는 方法은 Gunnong氏의 打拔器에 依하여 一定面積(1cm²)의 sample을 採取하고 이것을 80°C에다 6時間을 乾燥시킨 乾物量으로 同化을 比較하였으며 材料의 不均一로 因한 誤差를 되도록 적게하기 위하여 樹勢가 같은 나무중에서도 發育이 均一한 枝條를 選擇하고 1cm²의 sample을 1株에서 1회에 50장씩 5反覆으로 採取하여 sample size를 크게 하였다. 이 方法은 自然狀態下에서 同化作用을 알 수 있는 實用的인 方法으로 小林, 菅原, 岩崎, 杉山, Murchy, 大島도 이와 같은 方法으로 同化量測定에 關한 試驗을 行한바 있다.

Ⅲ. 結果 및 考察

試驗 1. 着葉部位에 따르는 同化量의 差

(1) 着葉部位別 乾物量의 日變化

(A) 畦間 2m×株間 1m의 桑田

(B) 畦間 1.8m×株間 0.75m의 桑田

樹勢가 같은 桑樹의 同一한 枝條에 달린 잎의 1m²當量은 乾物着葉部位에 따라서 差가 있으며 植栽距離가

Table 1. Daily change of drymatter

(Unit: dry matter g/1m²)

Height	Time	7	10	13	16	19	7A.M, nextday
200 cm		45.066 ^g	46.919 ^g	48.950 ^g	49.967 ^g	50.816 ^g	47.000 ^g
150 cm		48.307	49.334	50.415	51.488	56.000	51.120
100 cm		47.762	48.200	48.966	50.042	50.545	48.315
50 cm		36.770	37.200	37.764	38.862	38.916	37.212

Table 2. Daily change of dry matter

(Unit: dry matter g/1m²)

Height	Time	7	10	13	16	19	7A.M, nextday
200 cm		48.174 ^g	49.417 ^g	50.684 ^g	51.699 ^g	51.904 ^g	49.518 ^g
150 cm		52.725	53.935	54.700	55.600	56.325	53.990
100 cm		42.700	42.892	43.502	44.200	44.760	42.900
50 cm		35.630	35.800	36.700	37.100	37.600	35.800

다른 경우에도 같은 結果를 나타냈다.

着葉部位別 1m²當 乾物重을 보면 畦間 2m×株間 1m의 桑田이나 畦間 1.8m×株間 0.75m의 桑田이나 다 같이 樹高 150 cm 部位가 가장 많고 그 다음이 200 cm 上端部이고 100 cm 部位, 50 cm 部位의 順으로 減少하였다. 이것은 下部(50~100 cm)에 着葉된 桑葉은 老하며 水分이 적을 뿐만 아니라 葉肉이 얇기 때문이라

고 生覺되며 가장 上部(200 cm)가 100 cm 部位보다 적은것은 잎이 아직 어리기 때문에 同化作用이 旺盛하지 못하여 養分의 蓄積量이 되기 때문이라고 生覺된다.

그리고 植栽距離에 따르는 差異를 보면 乾物量이 가장 많은 150 cm 部位에 있어서는 畦間 2m×株間 1m區의 56.0 g에 對해 畦間 1.8m×株間 0.75m는 56.3g로서 큰 差가 없으나 100 cm 部位는 畦間 2m, 株間 1m

畦間 2 m × 株間 1 m 의 桑田

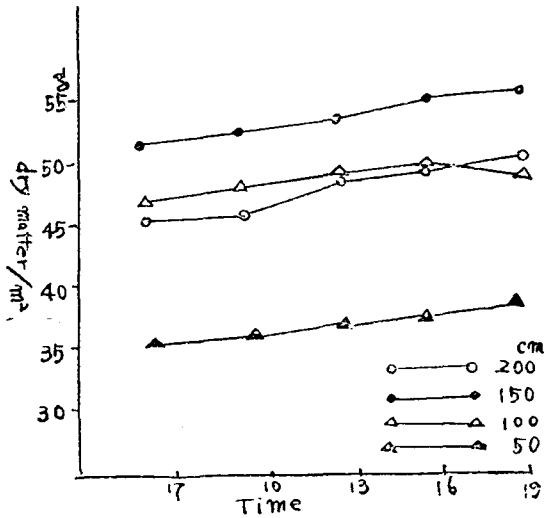


Fig. 1. Daily change of dry matter

區의 50.545 g에 對해 畦間 1.8 m, 株間 0.75 m 區는 44.760 g 로서 큰 差를 나타내고 있으니 이것은 植栽距離가 좁아지면 下層에 있는 葉은 光不足으로 同化物質

畦間 1.8 m × 株間 0.75 m 의 桑田

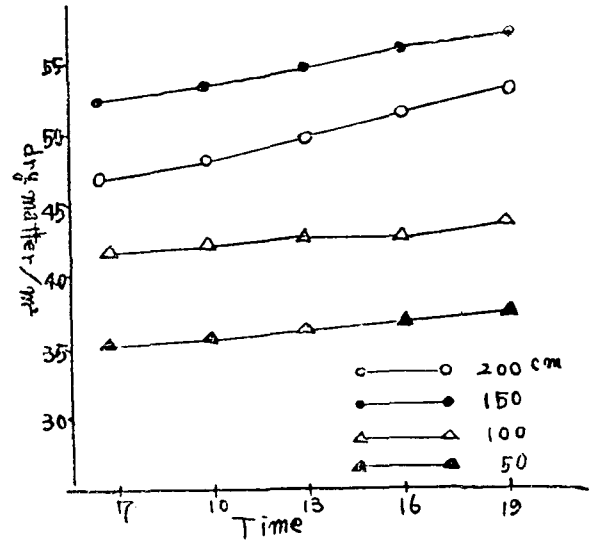


Fig. 2. Daily change of dry matter

의 生産能力이 떨어지는 까닭이라고 생각된다.

(2) 着葉部位別 同化量의 日變化

(A) 畦間 2 m × 株間 1 m 의 桑田

Table 3. Daily change of assimilatory productivity

(Unit: dry matter g/1m²/1hr)

Height	Time				Assimilatory productivity per day	Increase per day
	7~10	10~13	13~16	16~19		
200 cm	0.618	0.677	0.339	0.283	5.750	1.934
150 cm	0.342	0.360	0.358	1.504	7.693	2.813
100 cm	0.146	0.255	0.359	0.168	2.783	0.553
50 cm	0.143	0.188	0.366	0.018	2.146	0.442

(B) 畦間 1.8 m × 株間 0.75 m

Table 4. Daily change of assimilatory productivity

(Unit: dry matter g/1m²/1hr)

Height	Time				Assimilatory productivity per day	Increase per day
	7~10	10~13	13~16	16~19		
200 cm	0.414	0.422	0.338	0.068	3.730	1.344
150 cm	0.403	0.255	0.300	0.242	3.600	1.265
100 cm	0.064	0.203	0.233	0.187	2.069	0.200
50 cm	0.057	0.100	0.133	0.167	1.970	0.170

同化量의 日變化는 3時間 간격으로 乾物量을 測定하여 每時間當의 乾物量의 增加分으로 表示한 것이다. 1日間(晝間 12時間 동안)의 同化量의 增加는 畦間 2 m × 株間 1 m 區는 150 cm 部位가 7.693 g 으로 가장 많았으며 200 cm 部位區가 5.750 g 으로 다음이었고 50 cm 部位

區가 2.146 g 으로 가장 적었다. 이것을 다시 着葉部位에 따른 同化量의 1日變化를 時間當으로 나타낸 것을 보면 上部(200 cm 部位와 150 cm 部位)에 着葉한 잎일수록 午前 7時에서 午後 1時까지의 同化量이 많으며 午後 1時부터 다소 減少하는 傾向을 나타내고 下部(100 cm

畦間 2 m × 株間 1 m 의 桑田

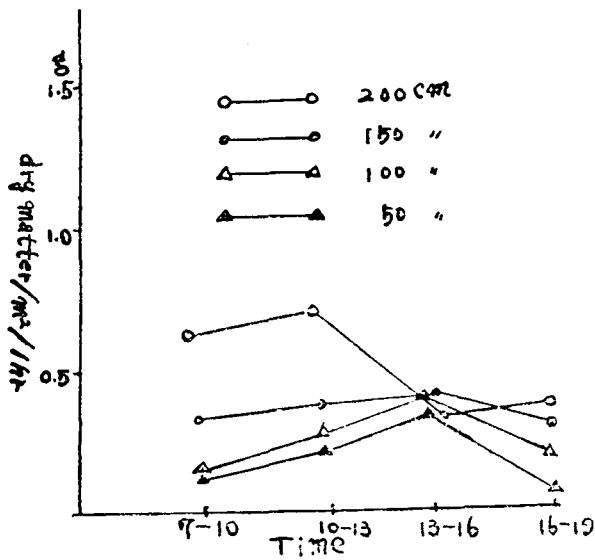


Fig. 3. Daily change of assimilatory productivity

部位, 50 cm 部位)에 갈수록 午後 1時~午後 3時에 同化量의 生成이 peak 를 이루고 午後 3時以後에는 上部나 下部의 同化量은 다같이 急激히 減少한다. 이와같은 現象은 畦間 1.8 m, 株間 0.75 m 의 桑田에 있어서는 150 cm 部位區는 午後 7~10時까지가 많았다가 午前 10時~午後 1時에 減少하고 다시 午後 1時~午前 3時에 약간 增加하는 것이 다른 大體적으로 畦間 2 m × 株間 1 m 의 桑田과 같은 傾向을 나타내고 있다.

1日 동안(滿 24時間)의 同化物質의 純增加를 보면 畦間 2 m × 株間 1 m 區는 150 cm 部位가 2.813 g 으로 가

畦間 1.8 m × 株間 0.75 m 의 桑田

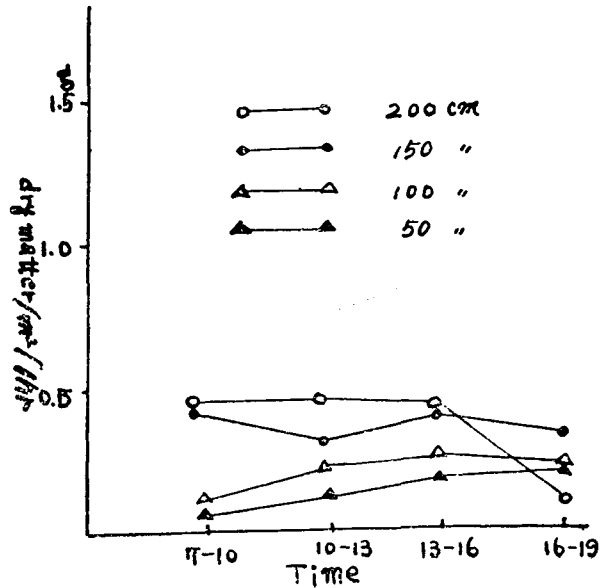


Fig. 4. Daily change of assimilatory productivity

장 많은데 비해 畦間 1.8 m, 株間 0.75 m 區는 200 cm 部位가 1.344 g 로서 가장 많았다. 이것은 植栽距離가 넓은 桑田에서는 150 cm 程度의 部位에 있어서는 受光率이 低下하지 않아서 旺盛한 光合成作用을 하고 있지만 植栽距離가 좁아지면 最上部가 가장 受光率이 높고 下部로 가는데 따라서 光合成條件이 惡化하여 가는 것을 말해주는 것이다.

試驗 2. 桑田의 位置別 同化量의 差

(1) 桑田位置別 1m² 當 乾物量의 日變化

桑田의 各部位別 1m² 當 乾物量은 中央部가 52.0 g

Table 5. Change of dry matter

(Unit: dry mater g/1m²)

Time	7	10	13	16	19	7A.M, nextday
Situation						
E	48.320	49.550	50.554	51.664	52.620	50.340
E ₁	48.270	49.292	50.420	51.120	51.960	49.970
S	49.980	50.100	51.626	52.620	52.998	52.200
S ₁	48.776	49.984	51.240	52.334	52.724	51.826
W	48.304	49.020	50.124	51.249	52.114	50.246
W ₁	47.982	48.920	50.020	51.120	51.997	49.642
N	48.296	49.242	50.002	51.200	51.980	50.004
N ₁	47.769	48.800	49.987	51.002	51.910	49.542
C	48.307	49.334	50.415	51.488	51.900	51.000

인데 對하여 南쪽 外側이 52.998 g 로서 가장 많았고 그 다음이 東쪽 外側으로서 52.620 g 이며 南쪽 1/4 안쪽이 52.724 g 로서 中央部보다 약간 많은 듯 하였으며 그외의 部位는 中央部나 큰 差를 나타내지 않았다. 다만 같은

方向에 있어서 外側의 것은 그 內側의 것보다 모두 약간씩 많은 傾向이었다. 이것은 內側보다도 外側에 位置한 桑樹일수록 光合成을 할 수 있는 諸般條件이 좋아서 同化作用이 활발히 이루어진 結果라고 생각된다.

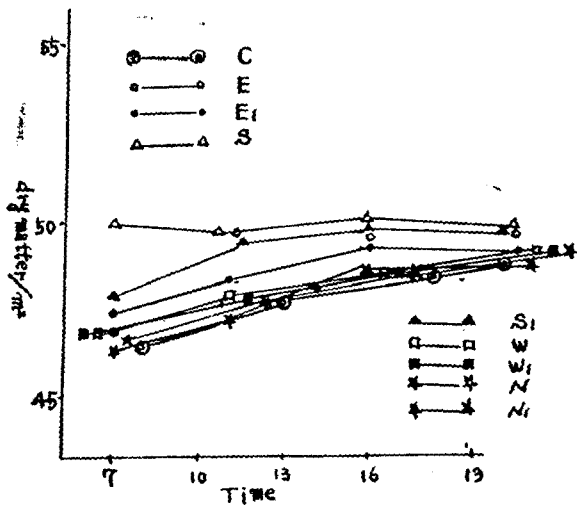


Fig. 5. Daily change of dry matter

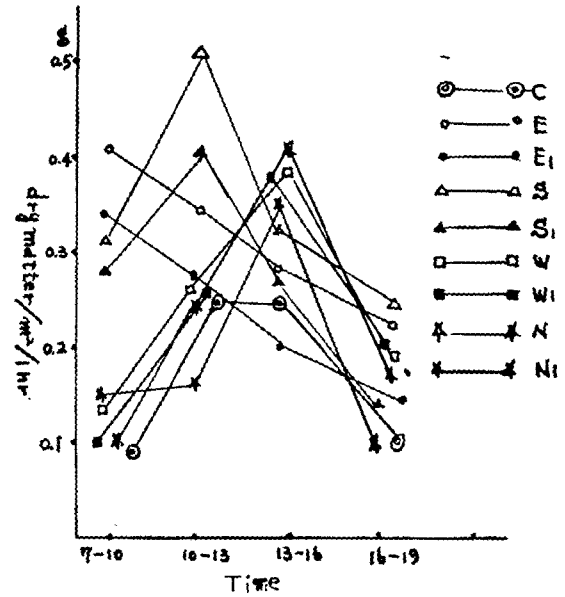


Fig. 6. Daily change of assimilatory productivity

(2) 桑田位置別 同化量の 日變化

Table 6. Daily change of assimilatory productivity
(Unit: dry matter g/m²/hr)

Time	7~10	10~13	13~16	16~19
Situation				
E	0.410 ^g	0.335 ^g	0.270 ^g	0.219 ^g
E ₁	0.341	0.276	0.212	0.133
S	0.320	0.509	0.331	0.226
S ₁	0.290	0.419	0.265	0.130
W	0.139	0.268	0.375	0.188
W ₁	0.113	0.267	0.367	0.192
N	0.115	0.253	0.399	0.160
N ₁	0.147	0.196	0.338	0.103
C	0.103	0.260	0.238	0.101

桑田의 位置에 따라 1日間の 同化量은 全般的으로 周圍에 있는것이 中央部位보다 많았으며 東쪽은 午前 7時~午前 10時 사이가 제일 많고 그 후 時間이 지날수록 減少하였는데 南쪽은 午前 7時~午前 10時 사이보다 午前 10時~午後 1時 사이에 peak 를 이루다가 점차 減少하는 傾向이고 西쪽이나 北쪽은 다같이 午後 1時~午後 4時에 peak 를 이루었다가 점차 減少하였으며 各方向마다 同化量의 增減에 있어서 큰 差는 아니지만 時間에 따라 같은 傾向을 나타내고 있는데 이것은 方向에 따라서 受光率에 時間的인 差가 있는 것을 말해주는 것이니 即 아침에는 주로 東쪽에 位置한 桑葉의 受光率이 높으며 南쪽은 午前 10時~午後 1時까지가 가장 受光率이 높기 때문인 것으로 생각된다.

試驗 3. 品種別 同化量の 差

Table 7. Daily change of dry matter and assimilatory productivity of mulberry varieties

(Unit: dry matter g/m²)

Variety	Time			Assimilatory productivity per day	Increase per day
	7	19	7 A.M, nextday		
Sipyung	52.614 ^g	55.278 ^g	54.678 ^g	2.664 ^g	2.064 ^g
Rosang	46.331	47.920	47.964	1.589	1.633
Suwonsang No. 4	52.250	47.175	55.544	4.925	3.294
Kaeryangsuban	52.725	56.325	53.990	3.600	1.265

1m²當 乾物量은 品種에 따라서 相當한 差가 있으나 即 水原桑 4號가 55.5g으로 가장 많고 그 다음이 市平으로 54.7g이며 魯桑은 48.0g로서 가장 적었다. 그리고 1日間の 同化物質의 生成量을 보면 水原桑 4號가 3g로서 第一 많았고 改良鼠返, 市平, 魯桑의 順으로

적어졌으니 이것은 品種에 따라서 物質生産能力에 差가 있다는 것을 말해주는 것이다.

試驗 4. 伐採程度別 同化量の 差

桑樹枝條의 伐採程度를 달리하였을 경우에 있어서 거기에 着生하는 桑葉의 乾物量을 比較해보면 1m²當 乾

Table 8. Daily change of dry matter and assimilatory productivity by cutting

(Unit: dry matter g/1m²)

Cutting	Time			Assimilatory productivity per day	Increase per day
	7	19	7 A.M, next day		
Cutting at 1/3	28.662 ^g	29.960 ^g	29.200 ^g	1.298 ^g	0.538 ^g
Cutting at 1/2	29.982	31.620	30.724	1.638	0.742
Non-cutting	27.650	28.692	27.992	1.042	0.342

物량은 1/2 伐採區가 30.7 g 로서 第一 많았고 1/3 伐採區, 無伐採區의 順으로 적다. 1 日間의 同化物質의 增加도 이와 마찬가지로 伐採強度가 큰 1/2 伐採區가 가장 많고 1/3 伐採區 無伐採의 順으로 적었으니 이것은 伐採程度가 強해지는데 따라서 그 環境이 改善되어 受光率이 높아져서 物質生産이 昂進되는 까닭이라고 생각할 수가 있다.

Ⅳ. 摘 要

桑樹에 있어서 各種 栽培條件을 달리했을 경우에 있어서 同化量의 差를 알기 爲해 punch method 로 乾物量 增加로서 純同化量을 測定하였다.

(1) 着葉部位別 乾物量은 植我距離와 關係없이 樹高 150 cm 部位가 가장 많았고 200 cm 部位, 100 cm 部位, 50 cm 部位順으로 적었다.

(2) 着葉部位에 다른 同化量의 日變化는 樹高 150~200 cm 部位는 午前에 同化量이 많았고 50~100 cm 部位는 午後가 많았다.

(3) 桑田의 位置에 따른 乾物量은 南쪽 外側이 가장 많았고 그 다음으로는 東쪽 外側이 많았으며 그 外는 큰 差가 없이 같은 傾向이었다.

(4) 桑田의 位置別 同化量의 日變化는 東쪽은 午前 7 時~10 時까지가 많은데 비해 南쪽은 午前 10 時~午後 1 時까지가 많았다.

(5) 桑品種別 乾物量을 比較한 結果를 보면 水原桑 4 號가 가장 많았고 市平, 改良鼠返, 魯桑의 順으로 적으며 1 日間의 同化生産量도 水原桑 4 號가 가장 많고 改良鼠返, 市平, 魯桑의 順으로 적어졌다.

(6) 伐採程度別 乾物量增加와 1 日間純同化量은 다같이 伐採程度가 強한 1/2 伐採區가 가장 많았고 1/3 伐採區, 無伐採區順으로 적었다.

參 考 文 獻

1. 金文浹(1963) 뽕나무의 탄소동화작용 栽桑學 p.43

~45.

2. 大島利通(1952) 桑葉의 炭素同和作用에 關する 2.3 的實驗 蠶絲研究 No. 2, p.51~12.
3. 牛島忠廣(1965) クワ의 光合成에 對する 水條件의 役割(1) 日蠶雜 Vol. 34, No. 4, p.187.
4. 本間愼(1957) 桑園의 生産構造에 關する 研究 纖維學報 Vol.3, No. 2, 1~7.
5. 大山勝天(1964) 木本作物의 生長と貯藏物質 日蠶雜 Vol. 34, No. 1, p.47~51.
6. 門司正三外(1957) 1 日의 炭水化物生成의 測定 植物實驗生態學 p.48~54.
7. 坂村微(1952) 光合成作用의 測定 植物生理學 p.332~334.
8. 大山勝天外(1954) 桑葉의 炭素同化量에 關하여 日蠶雜 Vol. 23, No. 3, p.165~167.
9. Adus, L.T.(1953) Plant Growth Substances
10. 田口亮平(1957) 植物生態學より みる 桑의 栽培 日蠶絲學會 第7 會學術 講演集
11. 間和夫(1965) 夏期における クワ枝條의 伐採および摘葉가 乾物生産에 對하여 影響 日蠶雜 Vol. 34, No. 3, p.188.
12. 田崎忠良(1955) 桑葉의 收量向上에 對する 研究方法 纖維學報 Vol. 2, No. 2, p.25~32.
13. 荒川勇次郎(1965) 桑의 枝立密度가 乾物生産量에 對하여 影響. 日蠶雜 Vol. 34, No. 3, p.188.
14. 郡場寬(1966) 光合成의 測定法 植物生理生態 p.136~141.
15. 北浦澄(1951) 春蠶期에 於ける 桑의 高さ別刈取り收量. 日蠶雜 Vol. 20, No. 3, p.231~235
16. 秋山文司(1963) 初秋期에 於ける 水間을 異にする 桑園의 生産構造, 日蠶雜 Vol. 32, No. 1, p.1~5.
17. 北海道大學理學部(1960) 半葉法による 見掛하의 光合成의 測定. 植物生理學實習 139~143.