

## 天狗巢病罹病桐樹の葉緑素及び光合成作用に就いて

徳重, 陽山  
九州大学農学部植物病理学教室

<https://doi.org/10.15017/21372>

---

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 15 (3), pp.297-302, 1955-08. 九州大学農学部  
バージョン：  
権利関係：

# 天狗巢病罹病桐樹の葉緑素 及び光合成作用に就いて\*

徳 重 陽 山

On the chlorophyll and photosynthesis of paulownia  
affected by witches'-broom

Yozan Tokushige

## 前 言

バイラス病に罹病した植物は生理変化の結果として種々の病徴を呈するが、其の中で病葉が黄化したり、モザイク化したり或は馬鈴薯の捲葉病に於ける如く濃緑化する事が知られている。一般に煙草モザイク病に罹病した葉は葉緑素の量がやや減少するといわれている。<sup>3,4,7</sup>罹病性煙草品種の病葉は30%程健葉より減少し、抵抗性品種では健病間に差が認められないといわれている。<sup>4,7</sup>Wisconsin Havana 煙草のモザイク病葉は葉緑素の量が常に健葉よりも低く、common では74.7%, yellow では43.3%, mild dark green では87.2%, mild は72.2%であるが、<sup>7,9</sup>馬鈴薯の捲葉病に於ける如く濃緑化する病葉では逆に葉緑素の数と大きさの異常増加が認められるといわれている。<sup>2</sup>従つて、此等の報告を整理してみると黄化系の病葉、モザイク系の病葉、健葉、濃緑化系病葉の順に葉緑素の量は増加するようで、葉緑素の消長と病徴が一致する傾向を示している。

バイラス罹病植物の光合成作用は一般に低下しているようで、馬鈴薯の葉捲病は病葉に澱粉の蓄積が始まると共に光合成は減退し、<sup>1,5,10</sup>病葉は健葉の1/3程度作用しか行わず、遂には全く同化作用を停止するに至るのである。<sup>8</sup>又モザイク病に罹病した馬鈴薯でも光合成作用は弱ると云うことである。<sup>9</sup>

天狗巢病に感染した桐樹<sup>11,12</sup>は病徴が激しくなるにつれて、病葉は黄化していくのであるから勿論葉緑素の減少は当然予想されるし、それと同時に光合成作用の変化も想像されるのである。本実験は病葉の葉緑素量の減少を測定し、病葉の同化作用の変化を測定して、両者の関係を求め罹病枝及び罹病幼樹の枯死原因を同化作用の面より究明しようと企図したものである。

## 実 験 方 法

### 1. 葉緑素の測定

健、病樹の頂葉より第5葉位までの全葉を採集し、これより生重5gを秤量して、材料

\* 九州大学農学部植物病理学研究室卒業。

† 本研究にあたり種々御教示を賜つた吉井教授、佐藤教授、木嶋助教授に謝意を表す。

とした。5 g の材料を細切して乳鉢に入れて、10 cc の純アセトン及び少量の石英砂を加えて磨碎し、濾過しつつ 10 cc のアセトンを数回加えて洗滌し、濾液が 50 cc となる如くする。50 cc 中より 20 cc を取り分液漏斗に入れ更に 40 cc のエーテルを加えて蒸留水を静かに流入させて洗滌し、上液のエーテル層を 10 cc 宛試験管に入れ、3 cc のメタノール性苛性加里液を加えて振盪し、緑変後に水を 10 cc 加えて更に振盪し、此の下層の緑色水溶液をデュボスク比色計により標準液（1 l に 85 mg の葉緑素含有液）と対比して定量を行つた。

## 2. 光合成作用の測定

頂葉より第 3 葉位の生理作用旺盛なる健葉及び病葉を選び、葉脈間より 1 cm × 2 cm の矩形葉片を切り取り、湿つた濾紙を底面に張つたシャーレ中に入れ此のシャーレを 30°C の定温器中に 2 時間保存した後同化作用の材料に供した。測定は Warburg 検圧計を使用し、容器主室に 10 cc の水を注入し、中央副室に前記葉片材料を立て、恒温槽 30°C 中で暗黒 2 時間に於ける検圧計の読み A より、照射（マツダランプ 100 燭光距離 25 cm）2 時間に於ける検圧計の読み B を引きこの (A - B) を同化作用によつて消費された CO<sub>2</sub> の量として、単位時間に対する単位重量又は単位面積当りに換算した。即ち容器腔内の酸素及び炭酸ガスの分圧変化と両者のブレンゼン係数の相異を利用したものである。

## 実 験 結 果

### 1. 各時期に於ける健葉及び病葉の葉緑素含有量の変化

7, 8, 9, 10 月の各月に於ける病葉及び健葉の葉緑素含有量を測定した結果は第 1 表に示す通りである。

Table 1. Seasonal changes of chlorophyll content of the healthy and the diseased leaves.

Replicate	July		August		September		October	
	H	D	H	D	H	D	H	D
	mg		mg		mg		mg	
1	2.39	0.87	1.88	0.86	1.67	0.85	2.41	0.46
2	2.19	0.92	1.89	0.84	1.66	0.82	1.88	0.45
3	2.11	0.95	1.86	0.62	1.88	0.68	1.86	0.45
4	1.70	0.95	1.81	0.61	1.85	1.06	1.88	0.46
5	1.58	0.98	1.87	0.66	1.99	0.99	1.95	0.53
Mean	1.99	0.93	1.86	0.71	1.81	0.88	1.99	0.47
Percentage	100 %	46 %	100 %	38 %	100 %	48 %	100 %	23 %

H : Healthy      D : Diseased

mg : Milligram of chlorophyll per g. of raw material

第 1 表に依れば 7 月では病葉の葉緑素量は健葉の 45 %, 8 月では 38 %, 9 月では 43

%, 10月では23%で何れも病葉の葉緑素量が健葉より、非常に減少していることが判る。健葉の葉緑素量は7, 8, 9, 10月と殆んど変化はないようであるけれども、病葉の葉緑素量は次第に減少していく傾向が認められる。

## 2. 健葉及び病葉に於ける光合成作用

基礎実験として1951年10月初旬未だ旺盛に生育していると見受けられる第3葉位の健葉及び病葉を採集して、此の材料につき測定を行つた。此れは光合成作用を単位生重当りとするか、単位乾重当りとするか或は単位面積当りとするかを決定する為と、更に測定値の統計的取扱ひに対する個体数の問題を解決する為に本実験を行つた。結果は第2表及び第3表に表示する通りである。

Table 2. Photosynthesis of the healthy leaves.

Replicate	Fresh Weight	Dry Weight	Fr. We.— Dr. We.— Dr. We. × 100	Photo- synthesis 1 hr. 1 mg Fr. We.	Photo- synthesis 1 hr. 1 mg Dr. We.	Photo- synthesis 1 hr. 1 cm <sup>2</sup>
	mg	mg	%	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
1	46	17	170	0.271	0.735	6.24
2	45	15	200	0.287	0.862	6.42
3	58	20	190	0.287	0.980	6.32
4	58	20	190	0.305	1.173	8.84
Mean	51	18	187	0.287	0.937	7.45

mm<sup>3</sup> : mm<sup>3</sup> of CO<sub>2</sub> consumed per hr.

Table 3. Photosynthesis of the diseased leaves.

Replicate	Fresh Weight	Dry Weight	Fr. We.— Dr. We.— Dr. We. × 100	Photo- synthesis 1 hr. 1 mg Fr. We.	Photo- synthesis 1 hr. 1 mg Dr. We.	Photo- synthesis 1 hr. 1 cm <sup>2</sup>
	mg	mg	%	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
1	39	16	143	0.225	0.550	4.40
2	39	17	129	0.215	0.494	4.20
3	33	14	135	0.291	0.688	4.81
4	32	13	146	0.184	0.453	2.94
Mean	35	15	138	0.228	0.548	4.08

第2表、第3表に明らかな如く、同一葉面積に対する病葉及び健葉の生重は両者の間に非常に大きな差があつて、病葉は健葉より32%程度少い。乾重では両者の差はかなり接近して病葉は健葉より17%程度少い。是の事は健葉の水分含有量が多いことを示しているし、又實際乾重当りの水分量は病葉の方が非常に低いのである。乾重に於て病葉が健葉より減少していることは形態的にも認め得ることであつて、病葉は健葉よりかなり葉の厚さが薄いのである。

以上生重、乾重、面積の三つの単位で表示された健病葉の光合成作用を比較してみると

生重を単位とした場合は病葉は健葉の 78% であり乾重を単位とした場合は 58% であり面積を単位とした場合は 54% であつて、生重を単位とした場合の値は他の二者の値よりかなり偏つた値を示している。更に光合成作用の測定上から云つても、1 cm×2 cm の如き小葉片を材料に使用している本実験に於ては、かなりの変動を予想される生重を単位に選ぶことは不適当と思われる。次に単位として乾重と面積の何れを選ぶかと云えば、兩者の値は殆んど等しく、何れを選んでも宜しいのであるが、本実験では葉面積を一定にして、光合成を測定している關係上、面積を単位として選べば乾重測定の手数が省けて実験能率上便利である。且つ又、光合成作用は葉面によつて受ける光のエネルギーによる同化作用であるから、原理的に云つても葉面積を単位に選定するのが妥当であらう。

健葉及び病葉の光合成作用は其の機能に非常な差があり個体数 4 個に於て、統計処理を経なくても兩者の有意差が認定出来る程明瞭である。

1951 年度の基礎実験に基き、1952 年の 7, 8, 9 月の各月に健病葉の光合成作用を測定した。結果は第 5 表に表示する通りで、測定値は 1 cm<sup>2</sup> 当りの光合成作用であり、2 回測定の平均値である。

Table 5. Seasonal changes of the photosynthesis of the healthy and the diseased leaves.

Leaf condition	July	August	September
	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>
Healthy leaves	4.53	11.37	8.31
Diseased leaves	1.73	2.91	0.87
$\frac{\text{Diseased}}{\text{Healthy}} \times 100$	39.4%	25.5%	10.5%

mm<sup>3</sup> : mm<sup>3</sup> of CO<sub>2</sub> consumed per hr. per 1 cm<sup>2</sup> of healthy and diseased leaves.

7 月では病葉の光合成作用は健葉の 39.4%, 8 月では 25.5%, 9 月では 10.5% と次第に病葉の光合成作用は減退していくようである。

## 考 察

緑色植物に於て葉緑素は光合成と緊密な關係があり、光合成に用いられる光のエネルギーの大部分が葉緑素に依つて吸収されたものである事は明らかである。従つて正常な機能を有する葉緑体及び葉緑素の量は光合成作用と正の相関があることは明白であらう。黄化系のウイルス病葉では葉緑体の破壊をきたし、健葉の 43% の葉緑素量しか有しない結果が報じられているが、<sup>7)</sup>是れを光合成作用に關係せしめて考察するならば、たとえ病葉の葉緑体が正常な機能を営んでいるにしても、病葉の光合成作用は健葉の 43% 程度にしか達しないことは容易に推察出来る。

桐樹病葉に於ける葉緑素量は健葉の葉緑素量を 100 とすれば、7 月 45%, 8 月 38%, 9 月 48%, 10 月 23% であり、一方光合成作用は 7 月 39%, 8 月 25%, 9 月 10%

と次第に光合成作用が減退して行く傾向を明示している。病葉の光合成作用の減少パーセントは葉緑素減少パーセントより遙かに大きいことから、病葉の葉緑体では正常な光合成作用が行われていないと推察される。葉緑素の比較実験は第5葉までの全葉について健病葉の比較を行つたものであるから、1本の罹病枝全葉及び1本の健全枝全葉についての比較と見做して差支ない筈である。従つて光合成作用の実験結果を葉緑素の実験と関連せしめて、1本の罹病枝全葉及び1本の健全枝全葉の光合成作用を比較することは可能である。即ち此の比較に於て、天狗栗病枝全葉は健全枝全葉より遙に小さい光合成作用しか行つていないことになる。此の点より幼齡の罹病樹及及び罹病枝の枯死を考へてみると次の通りである。

ウイルス病に感染した樹は細胞内でウイルス蛋白の増殖が起り、正常蛋白(細胞質蛋白或は葉緑体蛋白)の減少破壊を生じ、生理作用に攪乱が起り光合成作用の激減と呼吸作用の増大<sup>13,14,15</sup>を起している。即ち、病葉の光合成作用の激減(エネルギー蓄積の減少)と呼吸作用の増大(エネルギー消費の増大)と云う不均衡現象が継続して起り、更にこのことが病葉の中に於ける同化澱粉の転移遅滞<sup>16</sup>に媒介されて、遂に一生長期間後に罹病樹の枯死を招いているものと考察される。

### 摘 要

本実験は天狗栗病に感染した樹の病葉と健葉の葉緑素含有量及び光合成作用を比較して、罹病樹の枯死原因を究明しようとしたものである。葉緑素量はデュボスクの比色計を使用して定量し、光合成作用はワールブルグ検圧計によつて測定した。実験結果は次の通りである。

1. 病葉の葉緑素量は7月に於て健葉の46%、8月で38%、9月で43%、10月で23%で何れも健葉より遙かに低下している。
2. 病葉の光合成作用は7月で健葉の39%、8月で25%、9月で10%で何れも健葉より遙かに減少している。

以上の実験結果より、病葉の葉緑素量の減少と光合成作用の減少とは互に傾向が一致し、罹病枝全葉に於ける光合成作用の減退は容易に肯定される。故に罹病枝の枯死は一生長期間に於ける光合成作用の激減と呼吸作用の増大によるエネルギー不均衡現象の結果であると考察する。

### 引 用 文 献

1. Barton-Wright, E. and A. McBain: Trans. Roy. Soc. Edin., 57, 309~349, 1932.
2. Cook, M. T.: Journ. Dept. Agr. Porto Rico, 14, 69~101, 1930.
3. Dunlap, A. A.: Phytopath., 18, 696~700, 1928.
4. Hills, C. H. and H. H. Mckinney: Phytopath., 32, 857~865, 1942.
5. Müller, D.: Planta, 16, 10~15, 1932.
6. Peterson, P. D.: Phytopath., 21, 119, 1931.
7. ———, and H. H. Mckinney: Phytopath., 28, 329~342, 1938.

8. Schweizer, G. : Ber. Deutsch. Bot. Ges., 44, 551-561, 1926.
9. Stone, W. E. : Journ. Agr. Res., 53, 295-305, 1936.
10. Thung, T. H. : Tijdschr. Plantenziekt., 34, 1-74, 1928.
11. 徳重陽山, 吉井 甫, 佐藤敬二 : 日本林学会九州支部第1回研究抄録, 89-91, 1950.
12. Tokushige, Y. : Jour. Facult. Agr. Kyushu Univ., 10, 45-67, 1951.
13. 徳重陽山 : 九州大学演習林報告, 19, 71-82, 1951.
14. ----- : 九州大学農学部学芸雑誌, 12, 309-314, 1952.
15. ----- : -----, 12, 315-319, 1952.
16. ----- : -----, 15, 303-307, 1955.

### R é s u m é

The purpose of this study is to compare the chlorophyll content and the photosynthetic activity of the healthy paulownia tree with those of the diseased tree affected by witches'-broom, and to intend to explain the cause of the diseased paulownia's early death. The chlorophyll content was determined by Duboscq's colorimetric method and photosynthetic activity was determined by Warburg's micro manometric method. The results were as follows:

1. The chlorophyll content of the diseased leaves was always smaller than that of the healthy ones, and it was 46 per cent of that of the healthy leaves in July, 38 percent in August, 43 per cent in September and 23 per cent in October.

2. The photosynthetic activity of the diseased leaves was always weaker than that of the healthy ones and it was 39 per cent of that of the healthy leaves in July, 25 per cent in August and 10 per cent in September.

It is apparent that the photosynthetic activity of the diseased leaves decreases in proportion to the chlorophyll content of diseased leaves. This indicates that the whole leaves of a diseased shoot has a very weak photosynthetic activity comparing to that of a healthy shoot. While the previous experiment showed the abnormal increased respiration of diseased tree. It is certain, therefore, that one of the causes of the early death of the diseased tree is attributable to the unbalance between the photosynthesis and respiration, which leads the over-consumption of energy.

Laboratory Plant Pathology,  
Faculty of Agriculture,  
Kyushu University