

植物群落に於ける植物生産 に関する生理生態学的研究

第2報 光合成に於ける温度の影響について

楠 元 司・崎 元 万 里 子

Tsukasa KUSUMOTO and Mariko SAKIMOTO

Physiological and ecological studies on the plant
productions in plant communities.

2. On the effect of temperature on photosynthesis.

は し が き

植物生産に対する温度の影響についてはあらゆる場合が考えられる。その中で先づ植物生産を大きく左右する光合成に対する温度の影響が上げられる。植物生産の立場からは特に炭酸同化及び呼吸の温度の三主要点並に炭酸同化による物質生産とその生産物を消費する呼吸との差引により表わされる見掛の光合成生産が温度の影響で如何に変化するかが問題となる。而しこの為には一応温度と光合成及び呼吸の夫々の関係を知る必要がある。

之等の関係については従来、Matthaei (1904), Lundegårdh (1924), 吉井 (1926), Müller (1928), Stålfelt (1937), Thomas and Hill (1937, 1949), 平松 (1947) 等の多くの研究がある。光合成の温度曲線は何れも三主要点を有する好適曲線を示す事は以上の研究者の結果から明であるが、而るに Lundegårdh, 吉井は2, 3の頂点を有する多頂曲線であるに反して, Matthaei, Stålfeltの曲線は円滑な一頂曲線を示している。平松はこの両曲線を得ている。Müller は多頂曲線に対してその存在を疑問視しているが、果して之等2種類の曲線が存在するか何うか確める必要がある。

亦 Matthaei の言う如く光合成と温度との間に時間要因が存在するとすれば実験時に於ける重要な注意点となる。時間要因の為に多少の増減はあるにしても或る一定の光合成量に達するに要する時間の限界並に温度による亦植物による時間の長短の関係を明にする必要がある。この事は光合成の測定時間の長短により直にその光合成量に影響し、この量に差異を生じその結果曲線にも影響し曲線のずれの原因となると同時に上述の2種類の曲線が見られる理由にもなると思われる。

本研究は以上の様な基礎的問題を解決するために行われたが、この結果は究局の目的である植物生産に対する温度の影響を取扱う場合の基礎資料となると思われる。

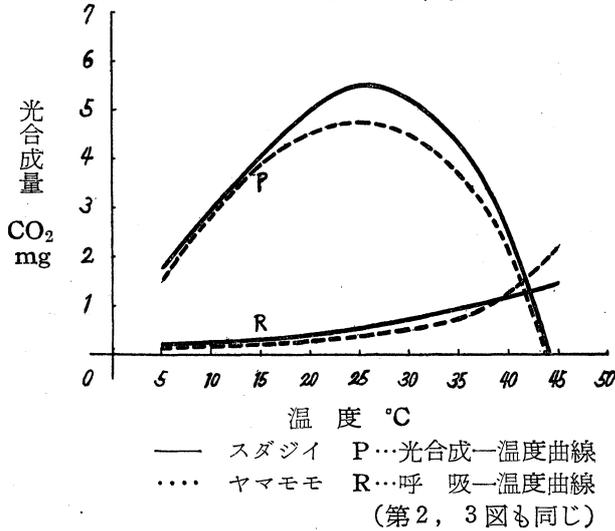
終に、研究中終始援助を与えられた奥達也君に謝意を表す。

実 験 材 料 及 び 方 法

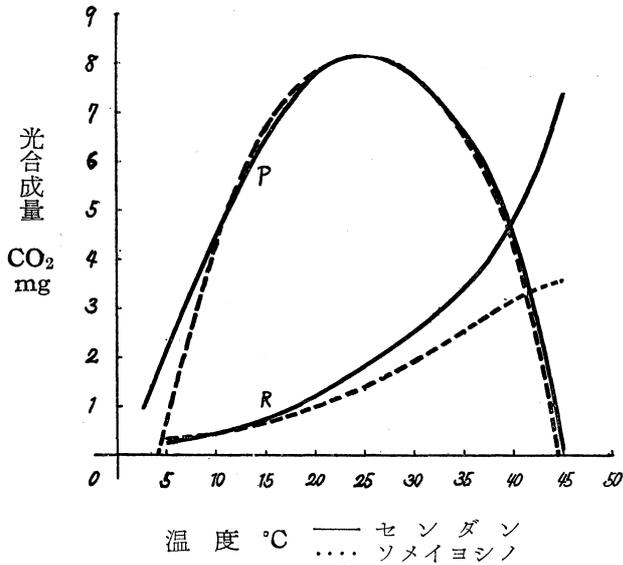
実験材料として、当地方で普通に見られる樹木の中で常緑性の陰樹であるスダジイ (*Shiia Sieboldii*) ヤマモモ (*Myrica rubra*), 落葉性で陽樹のセンダン (*Melia Azedarach var. japon-*

ica), ソメイヨシノ (*Prunus yedoensis*) 及び草本として一年生のイヌビユ (*Amaranthus Blitum*)

第1図 スダジイ, ヤマモモの光合成及呼吸の温度曲線



第2図 センダン, ソメイヨシノの光合成及呼吸の温度曲線



各温度共3回行いその平均を以て呼吸量とした。光合成及び呼吸共温度は0°から45°C迄5°Cおきに測定を行つた。測定量は何れも葉面積50cm², 1時間当りのCO₂ mgで表示した。尙材料採集に対しては成る可く同じ樹, 同じ環境のものを取る様注意した。

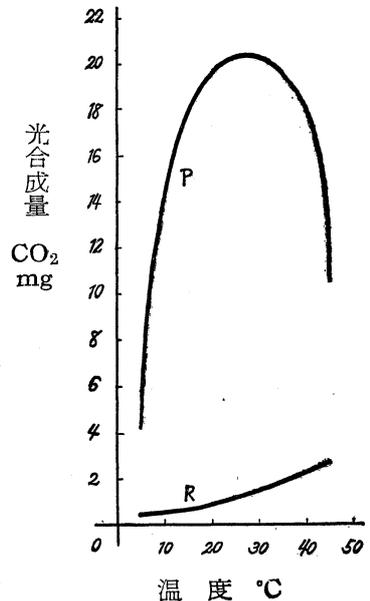
実験結果及び考察

光合成及び呼吸の温度曲線は第1, 2, 3図に示した通りで, 何れの植物でも光合成の温度曲線の最大が25°C附近にある一頂曲線の好適曲線を示している。之は Müller (1928) の予想の如く

を使用した。

実験方法としては光合成測定には前報と同法により光度は光合成に対して最大域にあると思われる光度即ち陽葉に対しては5~6万Lux, 陰葉は4~5万Luxに調節に, 温度は葉温は環境要因の変化で変動が激しく亦同じ環境条件でも一定葉温を示さない (Curtis and Clark, 1950) ので温度測定上困難が予想されたので之によらず同化箱内の温度を測定し, この温度の高低の変化は同化箱を浸漬してある水槽の温度を調節する事により保持した。測定は同葉, 同温度で連続2回行い, その平均を取つた。尙他の葉を使用して各温度共5回以上測定を実施した。時間要因については, 電燈照射后同化箱内が処要温度になつてからの時間を測定した。呼吸測定は Boysen Jensen (1932) 法により水を入れた極小さい硝子容器に葉柄をさした葉を予め重土水を入れてある硝子容器に入れて之を各温度の定温器 (暗中) に保持し, 2時間后取り出し滴定した。測定は各種類共同一温度に対して4個体宛を使用し

第3図 イヌビユの光合成及呼吸の温度曲線



Lundegårdh (1924), 吉井の曲線とは一致せず, Matthaei (1904), Stålfelt (1937) のものと一致する。亦 Matthaei の曲線の最大は 30°C 附近で, Lundegårdh, Stålfelt のは 20°C 附近であるが, この実験では 25°C 附近にある。これは植物の生育地の温度への適応も考えられるが, 亦第2表に示す通り時間要因が関係しているとも思われる。それ故に温度処理時間が 30~60 分で行われたこの実験結果と, 90~120 分のものとの比較すると曲線の頂点が低温度の方へ移動する事になるので Stålfelt のものに近くなると思われる。常緑性の陰樹, 落葉性の陽樹及び草本性のものでは夫々異つた高さの曲線を描く, 即ち陰樹は低く, 草本植物は高く, 陽樹はその中間の高さを示している。之等はその同化能力から見て予想される所である。而し陰樹同志のスダジイとヤマモモ, 陽樹のセンダンとソメイヨシノが似た曲線を示す事は面白い事である。一年生草本のイヌビユの曲線は最高同化量が非常に大きく特異な曲線を示している。尙何れの植物に於ても温度の最低は 5°C 以下, 最

第 1 表 見掛の光合成及呼吸の Q₁₀

| 種 類 | 温度 °C | 光 合 成 の Q ₁₀ | | | 呼 吸 の Q ₁₀ | | | |
|--------|----------|-------------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|
| | | 5—15 | 10—20 | 15—25 | 5—15 | 15—25 | 25—35 | 35—45 |
| スダジイ | | 2.37 | 1.69 | 1.38 | 1.50 | 1.63 | 1.73 | 1.53 |
| ヤマモモ | | 2.68 | 1.66 | 1.25 | 1.67 | 1.40 | 2.00 | 3.14 |
| センドン | | 3.17 | 1.77 | 1.26 | 3.00 | 2.47 | 1.84 | 2.18 |
| ソメイヨシノ | | 9.57 | 1.87 | 1.21 | 1.86 | 2.15 | 1.81 | 1.41 |
| イヌビユ | | 4.29 | 1.40 | 1.12 | 1.63 | 1.77 | 1.57 | 1.50 |

第 2 表 光合成量及呼吸量 (mg) と時間要因

| 種 類 | °C | 経過時間 (分) | 0—30 | 31—60 | 61—90 | 91—120 | | |
|--------|----|-------------|-------------|-------|-------|--------|------|--|
| | | | | | | | | |
| スダジイ | 25 | | 5.44 | 2.95 | 4.36 | 4.17 | — | |
| | 35 | | 4.45 | 2.71 | — | — | — | |
| ヤマモモ | 25 | | 2.74 | 3.91 | 4.13 | 3.81 | — | |
| | 35 | | 2.17 | 3.31 | 3.56 | 2.75 | — | |
| センドン | 25 | | 8.69 | 8.80 | — | — | — | |
| | 35 | | 6.45 | 6.28 | — | — | — | |
| ソメイヨシノ | 25 | | 8.02 | 7.98 | — | — | — | |
| | 35 | | 6.24 | 6.66 | 5.6 | — | — | |
| イヌビユ | 25 | | 18.75 | 18.32 | 16.60 | 14.37 | — | |
| | 35 | | 18.89 | 21.34 | — | — | — | |
| 呼 | 吸 | | 経 過 時 間 (分) | | | | | |
| | | | 30 | 60 | 90 | 120 | 240 | |
| ヤマモモ | 30 | | 0.87 | 0.56 | 0.50 | 0.48 | 0.49 | |
| センドン | 32 | | 2.69 | 2.56 | 2.64 | 2.71 | — | |

高は 45°C 附近にある様である。

呼吸の温度曲線は各植物により夫々異つた曲線を示しているが、全般的に見て陰樹は呼吸は小さく陽樹、草本は大きい。尙第1表からも明かな通りヤマモモの高温での呼吸の急激な増大、センダンの他に見られない急激な増大及びイヌビユの光合成量の大きいのに比較して呼吸量の小さい事は夫々の植物特有のものとして考えらるべきであらうがその原因については不明である。この事は植物生産の立場からすれば光合成の温度曲線が同じ結果であつても植物により呼吸の夫れが異るとすれば考慮を要する問題である。

第1表は温度係数 (Q_{10}) を示したものであるが従来の研究と一致していると思われる。植物により夫々固有のものが存在する様である。

時間要因の関係については Mattaei は光度が最大域の場合に 25°C 以上に於ては時間要因が重要であり実験温度の処理時間が30分以内になると温度の高い方に曲線の頂点が移ると言う。夫れで 1.5~2 時間で実験を行えば 30°C 以上には頂点(最大)はないと言う。第2表では尙不備な点があるが、全植物を通じて長時間処理では測定量が低下する。25°C ではスダジイ、ヤマモモ、センダン等の角皮の発達した葉を有するものは温度に対する適応に時間を要する様で、反対に草質の葉を有するソメイヨシノ、イヌビユは短時間で適応する様である。35°C に於ては角皮質の葉は時間と共に測定量は低下しているが、草質のものでは 31~60 分で最高を示して漸次低下している。故に角皮質の葉を有する植物を使用しての測定には処理時間 60~120 分が必要であるが、草質の葉のものではそれより短い時間でもよいのではなからうかと思われる。何れにしても処理時間を明記する必要がある。呼吸に対する時間要因は 60~90 分で測定量は一定になる様である。

尙以上の問題とは別であるが実験中に観察された事は 10 月 13 日 (1954 年) に鹿児島地方に初霜を見たが、当学部附近の最低気温は 3.6°C (海岸附近にある鹿児島気象台では 6.1°C を記録) であつた。その後気温も上昇したけれども 13 日以後の上述の全植物共光合成量は全般的に低下を示し使用出来なかつた。之は冬期への準備と思われるが常緑樹でもこの様な現象が見られた事は測定に當つては考慮する必要があると思われる。

摘 要

光合成の温度曲線が多頂曲線か一頂曲線かを確める為には常緑性の陰樹のスダジイ、ヤマモモ、落葉性の陽樹のセンダン、ソメイヨシノ、及び一年生草本のイヌビユを使用して行つた結果、何れに於ても円滑な一頂曲線の好適曲線が認められた。二つの陰樹、二つの陽樹は夫々何れも同様な曲線を示した。尙その最高同化量から予想されるが陰樹は最低で一年生草本は最高、陽樹は中間の高さの曲線を示した。全植物を通じて最低は 5°C 以下、最適は 25°C 附近、最高は 45°C 附近にある。呼吸の温度曲線は各植物特有の曲線を示し一定しなかつた。時間要因については 25°C 以上に於てはそれが認められるが、角皮質の葉を有する植物と草質のものとは差が認められ前者の方が温度適応に要する時間が長い様である。

文 献

1. Boysen JENSEN : Die Stoffproduktion der pflanzen, 1932.
2. CURTIS, O. F. and D. G. CLARK : An introduction on plant physiology, 1950.
3. 平松計之助 : 二, 三高地植物及び低地植物の炭素同化作用について。生態学研究 10, 53-56, 1947.
4. LUNDEGÅRDH, H. : Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzen leben, 1949.
5. MATTHAEI, F. L. C. : Experimental researches in vegetable assimilation and respiration.
III. On the effect of temperature on carbon-dioxide assimilation. *Roy. Soc. London Phil. Trans. B.* 197, 47-105, 1904.
6. MÜLLER, D. : Die Kohlensäure assimilation bei arktischen Pflanzen und die abhangingkeit der Assimilation von der Temperatur. *Planta, Bl.* 6, 22-39, 1928.
7. STÄLFELT, M. G. : Der Gasaustausch der moore. *Planta*, 27, 30-60, 1937.
8. THOMAS, M. D. and G. R. HILL : The continuous measurment of photosynthesis, respiration, and transpiration of alfalfa and wheat growing under field conditions. *Plant physiol.* 12, 285-307, 1937.
9. THOMAS, M. D. and G. R. HILL : Photosynthesis under field condition in Photosynthesis in plants by Frank, J. and W. E. Loomis, 1949.
10. 吉井 義次 : 植物と環境. 1933

Résumé

In the present paper we reported on the effect of temperature on photosynthesis and respiration of ever green and shade plants (*Shiia Sieboldii*, *Myrica rubra*), deciduous and sun plants (*Melia Azedarach var. japonica*, *Prunus yedoensis*), annual and herb plant (*Amarantus Blitum var. oleraceus*). The temperature curve on the photosynthesis of every plant had a peak and it was a optimal curve. Optimal temperature of every plant was in the neighbourhood of 25°C, minimum below 5°C, maximum in the neighbourhood of 45°C. The shade plants had low curve, the annual plant high curve and the curves of the sun plants were placed between the shade plants and the annual plant.

The temperature curve on the respiration of every plant was differente and each curve of the plants showed the peculiarity of each.

The temperature coefficients (Q_{10}) for the photosynthesis and the respiration of every plant were observed so the same results that had been presented by many workers.

The effect of time factor was observed in above 25°C, the leaf of cutinization was difference as compared with the herbaceous leaf on the effect of time factor and for adapting to the experimental temperature required a long time.