

# 琉球大学学術リポジトリ

インゲンマメの光合成速度, 気孔伝導度に及ぼす光, 温度, CO<sub>2</sub>濃度の影響

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄農業研究会 公開日: 2009-01-29 キーワード (Ja): インゲンマメ, 光合成速度, 気孔伝導度, 炭酸ガス濃度, サボイリーフ, プロバイダー, クロロフィル含量, 気孔 キーワード (En): SPAD 作成者: 川満, 芳信, 大城, 常明, 藤枝, 國光 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002015467">http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002015467</a>

# インゲンマメの光合成速度、気孔伝導度に及ぼす光、温度、CO<sub>2</sub>濃度の影響

川 満 芳 信・大 城 常 明・藤 枝 國 光\*

(琉球大学農学部, \*九州電力総合研究所)

Yoshinobu KAWAMITSU, Tsuneaki OHSHIRO and Kunimitsu FUJIEDA\*: Effects of light, temperature and CO<sub>2</sub> concentration on photosynthesis and leaf conductance in *Phaseolus vulgaris* L.

## はじめに

インゲンマメは、栽培期間が短くその栽培方法も容易であることもあり、実験材料植物として広く利用され、その生理学に関する情報量<sup>1,2,3)</sup>も多い。また、葉の光合成特性や莢の光合成についても種々明らかにされている。

本稿では、葉の表面形態が通常の品種と著しく異なる、突然変異株<sup>4)</sup>であるサボイリーフインゲンPB-332 (savoy leaf bean) の光合成特性を明らかにするため、プロバイダーインゲンを比較に用いて、各種環境要因に対するガス交換速度の反応を調べた。また、葉の気孔密度や分布状況についても調査し、光合成速度との関係を検討した。

## 材料及び方法

供試材料にはサボイリーフインゲンPB-332<sup>5)</sup> (以下、サボイリーフと略す)と、比較品種としてプロバイダーインゲン (以下、プロバイダーと略す) を用いた。サボイリーフは、三井東圧肥料 (株) から九州電力総合研究所の御好意により入手した。1996年11月8日にパーミキュライトを詰めた1/5000aワグナーポットに、ポット当たり2粒ずつ植えた。プロバイダーは市販のものを12月2日に植えた。発芽後、供試材料は農学部内ハウス内で生育させ、適度に灌水し、発芽後二週間目から液体肥料を1ポットあたり500ml与え、その後一週間おきに同量を与えた。液体肥料の組成は、6 mM Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, 12mM KNO<sub>3</sub>, 2mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 2mM MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 25 μM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 10 μM MnPO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O, 20 μM ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 5 μM CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, 5 μM H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>, 0.1mM FeNa-EDTAであった。

ガス交換の測定は、実験室にて通気式の同化箱法を用いて行った。測定方法の詳細は前報<sup>4)</sup>と同様である。

“光-光合成曲線”は、条件を葉温25°C、炭酸ガス濃度350ppmに設定して、強光から弱光へ光強度を変化させて測定した。“CO<sub>2</sub>-光合成曲線”は、条件を葉温25°C、光強度1400 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>に設定して、低濃度から高濃度へ炭酸ガス濃度を変化させて測定した。また、光強度が“CO<sub>2</sub>-光合成曲線”に及ぼす影響についてもサボイリーフを用いて、光強度を2段階設定して測定した。測定の手順は、最初に光強度1400 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>条件下で炭酸ガス濃度を変化させた後、180 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>条件下で再び炭酸ガス濃度を変化させた。“温度-光合成曲線”は、条件を炭酸ガス濃度350ppm、導入空気露点は8°C、光強度は1400 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>に設定して、低温から高温へ同化箱温度を変化させて測定した。サボイリーフを1997年1月21日より開始し、プロバイダーの測定を1月23日に開始した。測定には最上位完全展開葉を用い、2反復の内、典型的なものを採用した。

葉の気孔数は、ガス交換を測定した被測定葉を対象にマニキュア法を用い、光学顕微鏡下で観察し、求めた。クロロフィル含量はSPDA計 (ミノルタ, SPAD-502) と、80%アセトン抽出した後、分光光度計にてクロロフィル含量を求めた。

## 結果および考察

図1は、葉温25°C、炭酸ガス濃度350ppmにおける両品種の光強度に対する光合成速度と気孔伝導度の反応を比較したものである。最大光合成速度を両品種で比較すると、サボイリーフでは、光強度2000 μmol·m<sup>-2</sup>·

$s^{-1}$ において $29 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ , プロバイダーでは $20 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ であった。サボイリーの光飽和点は約 $1500 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ で、プロバイダーのそれは約 $1000 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ であった。両品種とも $C_3$ 型植物特有の飽和型曲線を示した。しかし、弱光域の直線の傾きは、サボイリーで大きく、光合成速度の光利用効率が高いと言える。

気孔の開閉程度を表す気孔伝導度は、両品種間の差は大きく、強光における値はサボイリーで約 $370 mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ , プロバイダーで約 $250 mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ を示した。気孔伝導度の2品種間差は、すべての光強度条件下で顕著であった。

図2は、葉温 $25^{\circ}C$ , 光強度 $1400 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ における両品種の $CO_2$ 濃度に対する反応を調べたグラフで

ある。最大の光合成速度は、サボイリーでは約 $900 ppm$ で $45 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ , プロバイダーは約 $850 ppm$ で $33 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ を示した。プロバイダーの光合成速度は約 $600 ppm$ 付近で飽和する傾向を示したが、サボイリーでは測定した $1000 ppm$ 付近まで飽和点を観察することができなかった。光合成速度の差は、高炭酸ガス濃度条件下で顕著になり、低濃度域では差は観察されなかった。

気孔伝導度は、サボイリーで炭酸ガス濃度が $100 ppm$ 付近で最大の $350 mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ を示した後、濃度の上昇に伴って直線的に低下した。プロバイダーは約 $0 ppm$ で $300 mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ の最大値を示し、その後、濃度の上昇に伴って直線的に減少した。低濃度域における気孔伝導度の差異は、“ $CO_2$ -光合成曲線”の初期

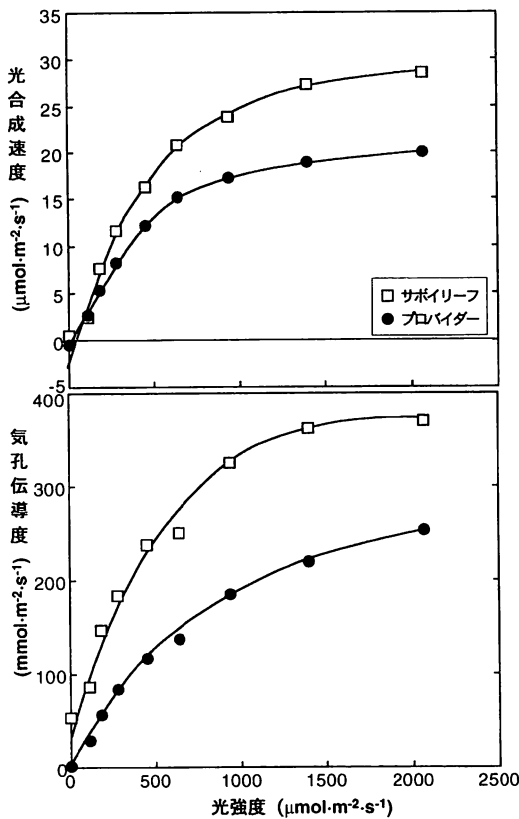


図1. 光強度がインゲンの光合成速度、気孔伝導度及ぼす影響。測定は葉温 $25^{\circ}C$ ,  $CO_2$ 濃度 $350 ppm$ で行った。

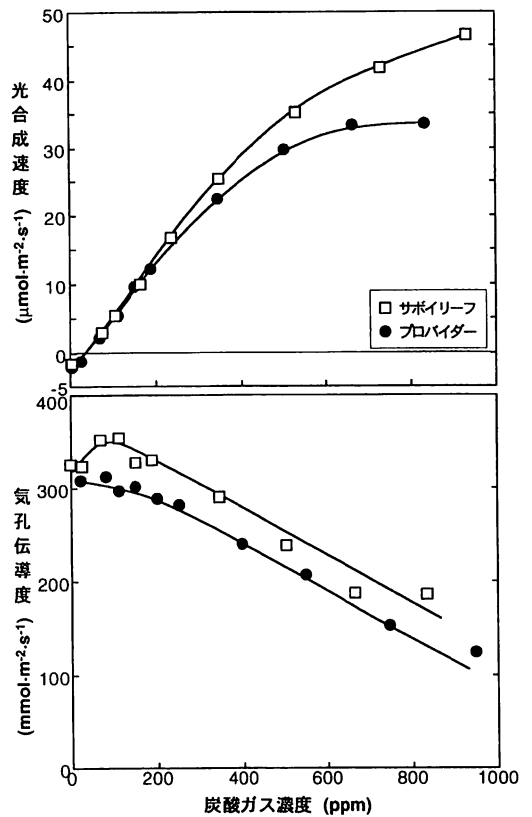


図2. 炭酸ガス濃度がインゲンの光合成速度、気孔伝導度及ぼす影響。測定は葉の温度 $25^{\circ}C$ , 光強度 $1400 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ で行った。

勾配には反映されていない。

図3は、図2と同様の実験を、光強度を2段階設定して測定した結果である。品種はサボイリーフを用い、光強度は強光の1400と弱光の180  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ を設定した。弱光にすると、不飽和型の光合成曲線が、飽和型の曲線に変化した。飽和点も、400ppm付近に見られ、現在の大気中の炭酸ガス濃度で飽和する結果となった。炭酸ガス濃度の上昇に対する気孔伝導度の反応も、強光条件下では直線的に低下したものの、弱光では曲線を描いて変化した。

図4には、測定条件を炭酸ガス濃度350ppm、光強度1400  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ に設定して、温度を変化させて得られる“温度-光合成曲線”を示した。光合成速度の最適温度は、サボイリーフでは25~30°Cに、プロバイ

ダーは20~25°Cに見られ、また最適温度における値も前者が高かった。温度15°Cでは、両品種の光合成速度は一致し、それ以下の温度では逆転する傾向が見られた。気孔伝導度は、温度上昇に伴い低下する傾向が見られたが、プロバイダーの低下がサボイリーフに比べ著しかった。低温域では逆転し、プロバイダーの気孔伝導度が高い傾向を示した。

サボイリーフの葉は、濃い緑色しているのが特徴の一つである。その結果は、葉のクロロフィル含量やSPAD値に良く現れている(表1)。サボイリーフのクロロフィル含量はプロバイダーの約2.5倍、SPAD値では1.6倍であった。両品種は同様の施肥を行ったもので、これらの結果からサボイリーフの窒素固定効率の高さが窺える。

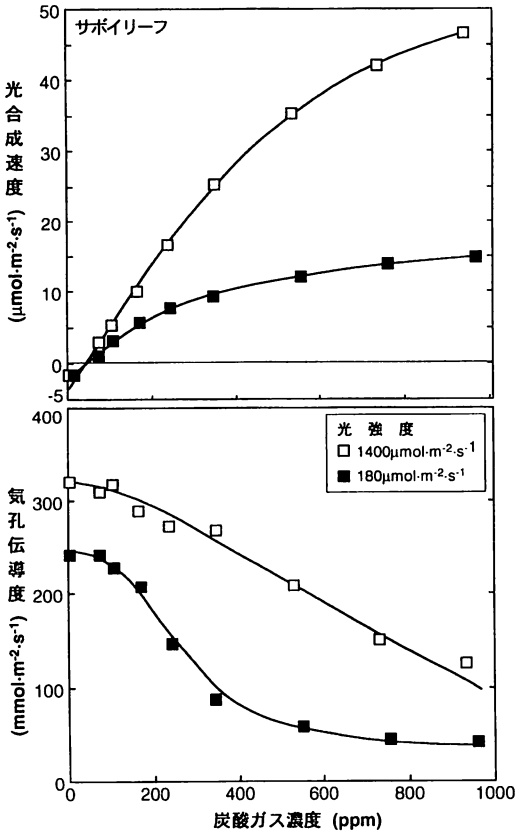


図3. 炭酸ガス濃度及び光強度がサボイリーフの光合成速度、気孔伝導度に及ぼす影響。測定は葉温25°Cで行った。

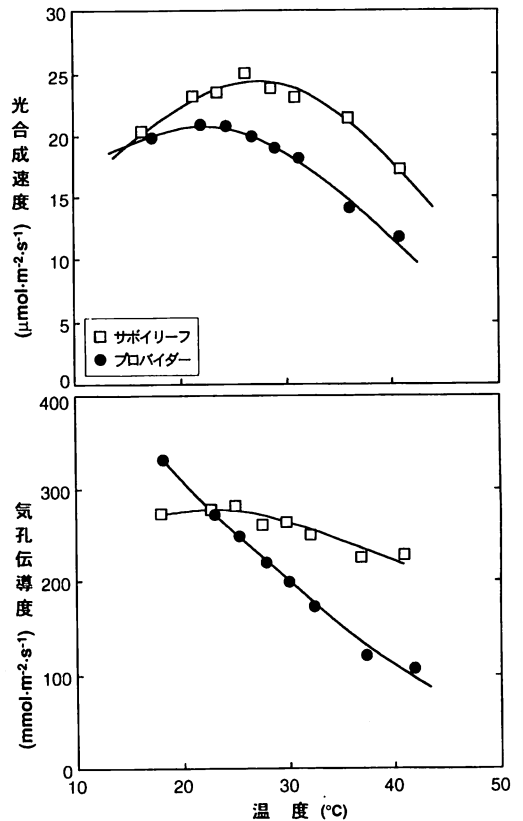


図4. 温度がインゲンの光合成速度、気孔伝導度に及ぼす影響。測定は光強度1400  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、CO<sub>2</sub>濃度350ppmで行った。

表1. インゲン2品種の葉のクロロフィル含量およびSPAD値.

品 種 名	クロロフィル含量 ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^2$ )	SPAD*
サボイリーフ	98.74	66.2
プロバイダー	39.20	42.1

\*ミノルタSPAD-502で測定した.

表2は、両品種の葉の気孔密度を比較したものである。両品種とも表には気孔は観察されず、裏のみ観察された。サボイリーフの葉は、プロバイダーの約1.3倍の気孔数を葉の裏面に有する。

表2. インゲン2品種の葉の気孔数の比較.

品 種 名	表/裏	気孔数(個/ $\text{mm}^2$ )
サボイリーフ	表	0
	裏	222.3
プロバイダー	表	0
	裏	173.5

以上、サボイリーフは、プロバイダーに比べ、葉がシワシワの特殊な表面構造を有し、光合成速度、気孔伝導度は高く、また、光飽和点も高く、炭酸ガス濃度の高いところで光合成速度は飽和に達することが明らかとなった。これら、サボイリーフの生理的特徴は、葉の高いクロロフィル含量や気孔密度と良く対応していた。葉の光合成速度は、葉面積が同じ場合でも表面積が大きい場合や、SLAの小さく場合に高くなる傾向がある。そのことを考慮すると、突然変異株であるこのサボイリーフは、特殊なシワシワの形状で一枚の葉の表面積を拡大し、同時に窒素固定能力を向上させ、固定した窒素の多くをクロロフィル蛋白に分配し、光合成の光利用効率を高めていると考えられる。

将来、このサボイリーフインゲンの特性を沖縄地域へ導入し栽培を展開する際、極めて有望であると考え

られる。その理由としては、光合成速度の最適温度が高いこと、光飽和点が高いことがあげられ、沖縄の秋季から冬季の気象条件下で能力を発揮するものと考えられる。また、“ $\text{CO}_2$ -光合成曲線”は、約1000ppm付近まで光合成速度が直線的に上昇する特徴が見られた。冬場に栽培する際、トンネルやビニールハウスを利用した施設栽培が主流となるが、その時、炭酸ガス施肥も同時に行えば、より効果的に収量を増大させることも可能であると考えられる。

#### 引用文献

1. Castrillo, M. and I. Trujillo 1994. Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase activity and chlorophyll and protein contents in two cultivars of French bean plants under water stress and rewatering. *Photosynthetica* 30: 175-181.
2. Comstock, J. and J. Ehleringer 1993. Stomatal response to humidity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): Implications for maximum transpiration rate, water-use efficiency and productivity. *Aust. J. Plant Physiol.* 20:669-691.
3. Cornic, G. and J.-M. Briantais 1991. Partitioning of photosynthetic electron flow between  $\text{CO}_2$  and  $\text{O}_2$  reduction in a  $\text{C}_3$  leaf (*Phaseolus vulgaris* L.) at different  $\text{CO}_2$  concentrations and during drought stress. *Planta* 183:178-184.
4. 川満芳信・比屋根真一・野瀬昭博 1994. サトウキビ葉身の光合成速度及び気孔伝導度に及ぼす各種環境要因の影響. *琉大農学報* 41:127-137.
5. Nagata, R. T. and M. J. Basset 1984. Characterization and inheritance of gamma ray induced mutations in common bean. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109: 513-516.