



Title	Mechanisms of temperature acclimation of photosynthesis
Author(s)	矢守, 航
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/47692
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	矢 守 航
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 20881 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科生物科学専攻
学 位 論 文 名	Mechanisms of temperature acclimation of photosynthesis (光合成系の温度馴化メカニズム)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 長谷 俊治 (副査) 教 授 柿本 辰男 助教授 中井 正人 東京大学教授 寺島 一郎

論 文 内 容 の 要 旨

植物の葉では、栽培温度に応じて光合成速度の温度依存性が変化する。これは「光合成系の温度馴化」と呼ばれるよく知られた現象である。しかし、光合成系の温度馴化メカニズムに関しては不明な点が多い。光合成モデルに基づく、光合成速度の温度依存性はカルボキシレーション速度か RuBP 再生産速度の温度依存性によって決まる。前者は Rubisco の CO₂ 固定反応であり、葉緑体内の CO₂ 濃度と Rubisco 反応特性によって決定される。一方で、後者はチラコイド膜における電子伝達速度によって決定される。過去の研究では、どちらの部分反応が光合成速度の温度依存性の変化に影響を及ぼすのかについて、定量的な検討はなされなかった。そこで、本研究では、15/10℃ (15℃葉) と 30/25℃ (30℃葉) で栽培したハウレンソウ葉を用いて、それぞれの部分反応が光合成速度の温度依存性の変化に与える影響を定量的に解析した。

《RuBP 再生産速度が光合成速度の温度依存性に及ぼす影響》

15℃葉と 30℃葉からそれぞれチラコイド膜を単離して、電子伝達速度を測定した。電子伝達速度の温度依存性は栽培温度によって異なっていた。光合成モデルに基づいて、電子伝達速度に律速されるとき RuBP 再生産速度を見積もったところ、RuBP 再生産速度の温度依存性は、光合成速度の温度依存性にそれほど影響を及ぼさないことが分かった。

《カルボキシレーション速度が光合成速度の温度依存性に及ぼす影響》

カルボキシレーション速度は、葉緑体内の CO₂ 濃度と Rubisco 反応特性の二つの要因によって決定される。葉緑体内の CO₂ 濃度の栽培温度による影響を調べるために、炭素安定同位体法を用いて、細胞間隙から葉緑体内への CO₂ 拡散伝導度 (内部コンダクタンス) の温度依存性を解析した。内部コンダクタンスの温度依存性は栽培温度によって異なり、その結果、葉緑体内の CO₂ 濃度も栽培温度によって大きく異なっていた。

カルボキシレーション速度に影響を及ぼすもう一つの要因である Rubisco 反応特性は、Rubisco 活性化率と Rubisco のキネティクスによって決定される。そこで、Rubisco 活性化率と Rubisco のキネティクスの栽培温度による影響を調べた。両者の温度依存性は共に、栽培温度によって大きく異なっていた。Rubisco 活性化率は光合成速度の最適温

度より高温側で減少したが、低温側では変化がなかった。また、15℃葉と 30℃葉から精製した Rubisco のキネティクスを調べたところ、15℃葉の Rubisco は低温側で、30℃葉の Rubisco は高温側で、効率の良いカルボキシレーション反応を示した。

光合成モデルによる解析から、内部コンダクタンス、Rubisco 活性化率と Rubisco のキネティクスはそれぞれ、カルボキシレーション速度の温度依存性に大きく影響を与えることが分かった。そして、15℃葉、30℃葉ともに、全温度領域において、光合成速度はカルボキシレーション速度によって律速されることが分かった。

これらの光合成系の温度馴化メカニズムが一般化できるのかどうかを試すために、低温感受性植物 5 種類と低温耐性植物 6 種類を用いて、光合成速度の律速要因を調べた。その結果、低温感受性植物は低温側で RuBP 再生産速度による律速を受けやすい傾向にあったが、両者ともに、15℃葉と 30℃葉において、全温度領域でカルボキシレーション速度による律速を受ける可能性が考えられた。本研究によって、現在の大気 CO₂ 濃度における光合成速度は、幅広い温度領域において、主にカルボキシレーション速度によって律速されることが明らかとなった。

論文審査の結果の要旨

葉の光合成速度の温度依存性は、栽培温度によって変化することが知られている。この変化のメカニズムを詳細に解析した例は乏しく、多くの研究は、個葉の光合成速度を二つの律速要因（リブローズ二リン酸カルボキシレーション速度とリブローズ二リン酸再生速度）の兼ね合いによって説明する Farquhar の光合成モデルに基づいた解析の段階にとどまっていた。この二つの律速は、古典的に暗反応律速と明反応律速と呼ばれていたものに相当する。

矢守 航は、モデルによる解析のレベルから分子生理学的な解析に大きく踏み込み、異なる温度環境で栽培したホウレンソウを用いて、温度依存性がそれほど変化しないと思われていたリブローズ二リン酸カルボキシレーション速度が、大きな温度馴化を示すことを明確に示した。また、それが、葉の細胞間隙から葉緑体への二酸化炭素輸送抵抗、リブローズ二リン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼの活性化率、および酵素キネティクス、それぞれの温度依存性の変化によることを明らかにした。さらに、多くの種を異なる温度環境で栽培して、その光合成の温度変化を解析し、ホウレンソウを用いて得られた結論が一般にも適用できることを示した。このような詳細な分子生理学的研究はこれまでに例を見ず、多くの知見を提供するとともに、今後の研究の指針となるものである。これらの内容の一部は、既に 3 つの原著論文として公表され、評価も高い。

このように矢守 航は先駆的かつ基本的な研究を遂行した。提出された論文の内容も質・量ともに優れているので、博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。