

自己評価報告書

平成23年5月11日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2008~2011

課題番号：20380013

研究課題名 (和文) 野生イネとの比較によるイネの光合成を制御する葉の構造的要因の解明

研究課題名 (英文) Elucidation of structural factors regulating photosynthetic traits in rice plants in comparison with wild rice species

研究代表者

上野 修 (UENO OSAMU)

九州大学・農学研究院・教授

研究者番号：70414886

研究分野：植物および作物生理学

科研費の分科・細目：農学、作物学・雑草学

キーワード：光合成、イネ、野生イネ、葉構造、作物生理、作物形態

1. 研究計画の概要

植物の光合成は、葉の生理・生化学的特性ばかりでなく、気孔や葉肉細胞等の構造的特性も関わる複雑なプロセスであり、現在葉の構造と機能の面から活発に研究が行われている。水稻については葉の光合成速度と気孔伝導度との関係が調査されているが、二酸化炭素の拡散に関わる葉肉組織の構造等、葉の構造的特性が光合成機能とどのように関係しているのか、実証的な研究は十分には行われていない。

本研究では、栽培イネだけでなく、遺伝的変異が大きいと考えられる野生イネ (イネ属) を対象として、葉の構造・機能特性のうち特に構造的特性に着目して、光合成を制御している要因を明らかにする。また、イネ科を始めとする C3 植物等の維管束鞘細胞の構造と機能、並びに C3, C4, CAM 植物における光合成細胞の細胞壁の厚さについても検討する。

2. 研究の進捗状況

(1) イネ属における葉の構造的特性と光合成ガス交換特性との関係

イネ属 21 種 45 系統の光合成速度 (Pn) を測定し、2.4 倍の変異があることを見出した。Pn の変異には気孔伝導度 (Gs)、葉緑素含量及び比葉重が関わっていた。また気孔の形態特性が Pn や Gs の変異に関与していることを明らかにした。野生イネの中にも高い Pn を示す種があったが、これらは栽培イネとは異なった要因により高い Pn を発揮していると考えられた。葉肉組織における CO₂ の物理的拡散に関わる形態的パラメータを測定し、Pn と葉肉細胞 (MC) 層数との間に正の相関を見出した。一方、Pn と細胞間隙率や MC サイズと

の間には相関は見られなかった。イネ属の 2 倍体種は 4 倍体種に比べ MC 層数と葉身凹凸率が高く、MC サイズと細胞間隙率は小さいことを明らかにした。

(2) イネ属植物の光合成代謝特性

イネ属の葉について光合成・光呼吸関連酵素の活性を測定したところ、いずれも C3 植物に典型的な値を示し、イネ属植物の光合成型はいずれも C3 型であり、C3-C4 中間型は存在しないと結論した。

(3) イネ科植物等における維管束鞘細胞の特性化

イネ属 21 種 25 系統について MC と BSC のサイズと含まれる葉緑体のサイズと個数を測定し、両細胞の分化機構を検討した。その結果、BSC 葉緑体のサイズを除き、MC と BSC の形態分化は同調して制御されていることを明らかにした。アブラナ科植物の BSC についても解析し、C3 植物の BSC 葉緑体は MC 葉緑体に比べ Rubisco タンパク質の蓄積密度が低いことを明らかにした。また、C3-C4 中間植物においても同様な蓄積パターンを示すことを見出した。

(4) C3, C4, CAM 植物における光合成細胞細胞壁の厚さの比較

野外で育成したイネ科及び双子葉の C3 植物 19 種、C4 植物 26 種、CAM 植物 7 種について、電子顕微鏡により MC と維管束鞘細胞 (BSC) の細胞壁の厚さを調査した。MC 細胞壁の厚さは C4 植物 < C3 植物 < CAM 植物、BSC 細胞壁の厚さは C3 植物 < C4 植物となり、C4 植物では MC は CO₂ の取り込みに有利な構造を持ち、BSC は CO₂ の漏出を抑制する構造を持つこ

とを明らかにした。

3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展している。

(理由)

研究の進捗状況にあげた上記4項目は、研究開始当初に予定していたものであり、いずれもこの3年間で十分成果が得られている。雑誌論文については、これから公表して行く予定であるが、研究項目によっては3年間にわたり繰り返し測定し、変異の幅を検討したものもあり、この研究の内容からすれば順当であると評価できる。

4. 今後の研究の推進方策

最終年度(2011年)では、以下の2項目について研究を行う。

(1) 高い光合成能力をもつ野生イネの形態学および生理生化学的特性の解析

これまでの研究から、野生イネの中には栽培イネ品種に匹敵する高い光合成を行う種が存在することを明らかにした。その中でもFFゲノムに属する *Oryza brachyantha* は光合成能力が特に高い。そこで、本種がどのような形態学的、生理生化学的要因により高い光合成を達成しているのかを詳細に検討する。

(2) イネ科 C3 植物の維管束鞘細胞における光合成・光呼吸と関連したオルガネラ並びに酵素タンパク質の量的解析

イネ科 C3 植物葉の葉肉細胞と維管束鞘細胞(BSC)について、含まれるオルガネラの数量化と免疫電顕法による光合成・光呼吸酵素タンパク質の定量化を行い、BSCの機能的意義を検討する。

その他、イネ属植物における窒素利用効率、光阻害耐性能、冠水ストレス耐性能、バイオマス生産能等の種間変異については、将来取り組むべき興味深い課題である。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計2件)

- ① Ueno, O. (2011) Structural and biochemical characterization of the C3-C4 intermediate *Brassica gravinae* and relatives, with particular reference to cellular distribution of Rubisco. *J. Exp. Bot.* 62 (印刷中), 査読あり
- ② 上野修 (2010) 植物における太陽エネルギーの蓄積-光合成のメカニズム、日本エネルギー学会誌 89、60-66、査読なし

[学会発表] (計12件)

- ① 塩田拓之、立場真衣、上野修、イネ属(*Oryza*)植物における光合成能と気孔特性

の関係、日本作物学会紀事 80 (別1号)、120-121、2011年3月30日、東京農大

- ② 立場真衣、塩田拓之、上野修、CO₂拡散との関連から見たイネ属(*Oryza*)植物における葉構造の特性化、日本作物学会紀事 80 (別1号)、342-343、2011年3月30日、東京農大
- ③ 立場真衣、塩田拓之、上野修、イネ属(*Oryza*)植物における葉肉細胞と維管束鞘細胞の分化同調性の検討、日本作物学会紀事 80 (別1号)、344-345、2011年3月30日、東京農大
- ④ 上野修、C3、C4 及び CAM 植物における葉肉細胞と維管束鞘細胞の細胞壁の厚さの変異-野外で成長した植物の比較、日本作物学会紀事 79 (別1号)、330-331、2010年3月30日、宇都宮大
- ⑤ 上野修、葉肉抵抗とCO₂の漏出との関連から見た C3、C4 および CAM 植物における光合成細胞壁の厚さの比較、日本作物学会紀事 78 (別2号)、260-261、2009年9月29日、静岡県コンベンションセンター
- ⑥ 黒岩大俊、千徳直樹、荒木卓哉、上野修、イネ属植物における葉の構造と機能の多様性-光合成ガス交換特性について、日本作物学会紀事 78 (別1号)、228-229、2009年3月27日、つくば国際会議場

[図書] (計3件)

- ① 上野修、養賢堂、水生植物の光合成、坂上潤一ほか(編)湿地環境と作物、2010、pp 49-56
- ② 上野修、農文教、光合成のメカニズム (2) 炭酸固定反応、日本作物学会(編)、作物学用語解説集、2010、pp 152-153
- ③ 上野修、日本作物学会事務取扱所、免疫電子顕微鏡法の実際、前田英三ほか(編)作物の形態研究法: ミクロからマクロまで、2008、pp 26-28