

氏名	さか い ひで みつ 酒 井 英 光
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	論 農 博 第 2598 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	水稲の大気 CO <sub>2</sub> 濃度上昇に対する生長応答の生育に伴う低下の機構

論文調査委員 (主査) 教授 堀江 武 教授 山末 祐二 教授 櫻谷 哲夫

### 論 文 内 容 の 要 旨

地球大気の大気二酸化炭素濃度 ([CO<sub>2</sub>]) は産業革命以降上昇を続け、今世紀末には550-600ppmに達すると予測されている。CO<sub>2</sub>をはじめとする温室効果気体の濃度上昇は、地球規模の環境変化を引き起こし、作物生産にも甚大な影響を及ぼすと考えられている。予想される環境変化の中で、[CO<sub>2</sub>] の増加は作物収量の増大効果をもつ数少ない因子であり、その効果を最大限に発揮させる作物生産技術の開発が求められる。一般に、作物を長期間高 [CO<sub>2</sub>] にさらすと、生育とともに [CO<sub>2</sub>] の生長促進効果が低下することが知られているが、その群落レベルでの機構は未解明である。本論文は、水稲の [CO<sub>2</sub>] 応答を個葉および群落の光合成の面から実験およびモデルをもとに解析し、[CO<sub>2</sub>] の生長促進効果が生育とともに低下する機構を明らかにしようとして行った研究の成果をまとめたものである。その主な内容は以下のように要約される。

1. 自然光半閉鎖型の環境制御チャンバー内で自然 [CO<sub>2</sub>] と自然 [CO<sub>2</sub>] +300ppm の条件下で水稲を群落状態で5作期栽培し、その全生育期間にわたる炭素収支の連続測定と生育調査から次の結果を得た。すなわち、①高 [CO<sub>2</sub>] は水稲の出穂を2~8日促進し、バイオマス生産および収量をそれぞれ8-19%および4-22%増加させた。②高 [CO<sub>2</sub>] の増収効果は窒素 (N) の施肥量が多いほど高まった。③太陽エネルギー利用効率の高 [CO<sub>2</sub>] による向上効果は生育とともに低下し、これには呼吸増加の影響も認められたが、群落の純光合成 (Pn) の低下の影響が大きかった。④高 [CO<sub>2</sub>] による Pn の促進効果の生育に伴う低下は葉面積当りの N 含量 (N<sub>A</sub>) と密接に連動していた。

2. 異なる [CO<sub>2</sub>] 下で生育した水稲の個葉光合成を測定し、最大 CO<sub>2</sub> 固定速度 (V<sub>max</sub>) と最大電子伝達速度 (J<sub>max</sub>) を求め、それらと [CO<sub>2</sub>] との関係を解析した。その結果、高 [CO<sub>2</sub>] 下で育てた水稲は、幼穂分化期から出穂期にかけて V<sub>max</sub> と J<sub>max</sub> がそれぞれ29%と20%低下し、この両者の低下とも N<sub>A</sub> の低下と密接に関係することを明らかにした。また、葉内の細胞間隙の [CO<sub>2</sub>] と外気の [CO<sub>2</sub>] との比は生育全期間を通じてほぼ一定に保たれていたことから、高 [CO<sub>2</sub>] 下で生育に伴う光合成の低下への気孔拡散抵抗の影響は小さいと推察した。

3. 個葉光合成についての実験から得られた V<sub>max</sub> および J<sub>max</sub> と N<sub>A</sub> との関係を群落光合成モデルに組込むことにより、異なる [CO<sub>2</sub>] のもとでの群落光合成をシミュレートするモデルを構築した。モデルに、水稲の各生育段階で測定された N<sub>A</sub> および群落特性値を入力して、高 [CO<sub>2</sub>] 下での群落光合成のシミュレーションを行ったところ、生育に伴う水稲の [CO<sub>2</sub>] 応答の低下のほとんどが N<sub>A</sub> の低下によって説明できることがわかった。さらに、この [CO<sub>2</sub>] 応答の低下の度合は、N<sub>A</sub> が小さいほど大きくなることを明らかにした。

4. N<sub>A</sub> は一般に生育後半に低下するが、高 [CO<sub>2</sub>] 下ではそれに加え、光合成が促進されて炭水化物量が増大するのに対し、N 吸収はほとんど促進されないことが、生育後半の N<sub>A</sub> の大きな低下をもたらし、水稲の [CO<sub>2</sub>] 応答を低下させることを明らかにした。

以上より、高 [CO<sub>2</sub>] による水稲の生長促進効果が生育とともに低下するのは、個葉光合成における最大 CO<sub>2</sub> 固定速度と最大電子伝達速度が低下することによるものであり、さらにこの両者の低下とも葉身窒素濃度の低下に起因することが示された。このことは、予測される高 [CO<sub>2</sub>] 濃度下で高い生産性を示す水稲の品種育成や窒素栄養管理に重要な示唆を与える

と考える。

## 論文審査の結果の要旨

現在急速に増加しつつある大気中の二酸化炭素濃度（ $[\text{CO}_2]$ ）は、地球規模での気候変化を通じて将来の食料生産に深刻な影響を及ぼすと考えられる一方で、それ自体は作物に増収効果をもたらす数少ない因子の一つである。それゆえ、高 $[\text{CO}_2]$ 下で高い生産性を実現する作物生産技術の開発が重要な課題となっている。作物が高 $[\text{CO}_2]$ 下に長期にさらされると、高 $[\text{CO}_2]$ による生長促進効果は生育とともに低下する現象が知られているが、それが生ずる機構については未解明の点が多い。本論文は、水稻についてその機構を解明し、将来の高 $[\text{CO}_2]$ 下で高い生産性を実現する水稻生産技術の開発に必要な知見を得ようとして行った研究の成果をまとめたものである。その評価すべき主要な点は以下の通りである。

1. 自然 $[\text{CO}_2]$ および自然 $[\text{CO}_2] + 300\text{ppm}$ 条件下で栽培した5作期の水稻群落を対象に行った光合成・呼吸の全生育期間にわたる連続測定と生育調査から次の成果を得た。すなわち、高 $[\text{CO}_2]$ によるバイオマス生産と収量の増収効果はそれぞれ8-19%と4-22%であり、窒素施肥量が多いほどそれが高まることを認めた。また、日射エネルギー利用効率の高 $[\text{CO}_2]$ による向上効果は生育とともに低下し、それには呼吸の増加よりも光合成の低下の影響が大きかった。さらに、高 $[\text{CO}_2]$ による光合成の促進効果の生育に伴う低下と、葉の面積当りのN濃度（ $N_A$ ）の低下との間に密接な関係を認めた。
2. 異なる $[\text{CO}_2]$ 下で生育した水稻の個葉光合成の測定から、高 $[\text{CO}_2]$ 下で育った水稻個葉の最大 $\text{CO}_2$ 固定速度（ $V_{\text{max}}$ ）と最大電子伝達速度（ $J_{\text{max}}$ ）は、幼穂分化期から出穂期にかけて、それぞれ29%と20%低下することを認めた。さらにこの $V_{\text{max}}$ と $J_{\text{max}}$ の低下はともに $N_A$ の低下と密接に関係することを明らかにした。
3. 実験的に得られた $V_{\text{max}}$ および $J_{\text{max}}$ と $N_A$ との関係を群落光合成モデルに組込むことにより、異なる $[\text{CO}_2]$ 下で生育した水稻の光合成をシミュレートするモデルを構築した。モデルを用いた解析から、水稻の生育に伴う $[\text{CO}_2]$ 応答の低下のほとんどが $N_A$ の低下で説明できること、およびこの $[\text{CO}_2]$ 応答の低下は $N_A$ が低いほど大きくなることを明らかにした。
4. 高 $[\text{CO}_2]$ 下で生育後半に $N_A$ が大きく低下するのは、光合成の促進によって炭水化合物が増加するのに対し、N吸収には高 $[\text{CO}_2]$ による促進効果がほとんど無いことに起因することを示した。

以上のように、本論文は、水稻光合成の $\text{CO}_2$ 濃度応答の実験およびモデル解析に基づいて、高 $\text{CO}_2$ 濃度による水稻の生長促進効果が生育とともに低下する機構を明らかにし、近未来の高 $\text{CO}_2$ 濃度環境下で高い生産性を可能にする水稻生産技術の構築に重要な知見を提示したものであり、作物学、栽培学および植物生理学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成18年2月16日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。