

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	谷吉 和貴
論文題目	Natural genetic variation and underlying ecophysiological factors in photosynthetic induction in rice (イネにおける光合成誘導反応の遺伝的多様性およびその生理生態的要因の解明)		
(論文内容の要旨)			
<p>作物の物質生産性向上を目指した個葉光合成の改良は、これまで飽和光下における光合成速度 (光飽和光合成速度) に注力して行われてきた。しかし、作物が栽培される圃場の環境は絶えず変化している。とくに、光強度が急激に増加した際の個葉光合成の応答 (光合成誘導反応) は緩慢であり、この遅れは潜在的な炭素獲得量の損失をもたらす。本論文は、光合成誘導反応の改良を通じて圃場環境下における作物の炭素獲得量の増加に寄与することを目指して、イネの光合成誘導反応の遺伝的多様性を評価し、関連する生理生態的要因について明らかにした研究成果をとりまとめたものであり、その内容は以下のように要約される。</p> <p>第1章緒言では、作物の物質生産性向上における光合成能力改良の位置づけ、および光合成誘導反応の遅速の潜在的意義について議論したのち、イネを含む数種の栽培植物を対象とした光合成誘導反応の研究状況を概説している。そして、遺伝資源を利用した光合成誘導反応の改良には、遺伝的多様性を評価し、関連する形質とその要因を明らかにする必要があるが、これまでの研究では限られた品種の特性解明にとどまっていることを指摘した。</p> <p>第2章では、イネにおける光合成誘導反応の遺伝的多様性を評価している。世界のイネコアコレクション (WRC) 57品種、日本で広く普及しているコシヒカリおよび高い物質生産性を示すタカナリを供試し、照射光を弱光から強光に変化させた時の光合成速度 (A) を経時的に測定した。強光照射開始後10分間の積算光合成量 (CCF₁₀) で評価した光合成誘導反応には、最も速かった品種ARC 11094と最も遅かったコシヒカリの間に約4倍の違いがみられ、大きな遺伝的多様性が存在していた。光合成速度を規定する生理的要因として、大気から葉内細胞間隙へのCO₂拡散効率 (g_s) と葉内細胞間隙CO₂濃度が一定と仮定して標準化した時の光合成速度 (標準化光合成速度; A*) を評価したところ、CCF₁₀が高かった品種は、g_sおよびA*の両方、つまり誘導反応中のCO₂拡散効率とCO₂固定活性の両方が優れていた。CCF₁₀と光飽和光合成速度 (A_{sat}) との間には有意な相関はみられず、光合成誘導反応は光飽和光合成速度とは独立して制御されていることが示唆された。</p> <p>第3章では、ARC 11094、コシヒカリおよびタカナリを供試し、迅速な光合成誘導反応に寄与する生理的要因を精査している。まず、光合成誘導反応が速いARC 11094とタカナリはコシヒカリよりもCCF₁₀、g_sおよびA*が優れることを再確認した。A*の関連形質として、誘導反応中の最大カルボキシル化速度 (V_{Cmax})、Rubisco含量およびクロロフィル含量を調査したところ、いずれも明瞭な品種間差は認められなかった。g_sに関連する諸形質を調査したところ、タカナリの優れたg_sには高い気孔密度、小さな気孔および根の活性が、ARC 11094のg_sには大きな気孔開度および水ストレス下でも気孔を閉じない特性が、それぞれ寄与していた。</p> <p>第4章では、イネ亜種間における光合成誘導反応の変異とその生理生態的要因を解析している。日本在来イネコアコレクション (JRC) 50品種とコシヒカリおよびタカナリについて新たに調査した結果に、第2章のWRCの調査結果を合わせて解析することで、イネ亜種、すなわちインディカ、温帯ジャポニカおよび熱帯ジャポニカの間における光合成誘導反応の変異を解析した。A_{sat}についてイネ亜種間で有意差は認められなかった一方で、温帯ジャポニカの平均値は、インディカおよび熱帯ジャポニカのそれよりもCCF₁₀が有意に低く、光合成誘導反応が遅い傾向があることを見出した。温帯</p>			

ジャポニカは誘導反応中の炭素獲得量が小さい一方で、積算蒸散量も小さく、水の損失量が少なかった。これより、温帯ジャポニカは変動光下において水の損失を抑えるという水利用戦略をとっている可能性が示唆された。さらに、日本の温帯ジャポニカ育成品種において、育成年がCCF₁₀と弱い負の相関を示し、これまでの品種改良において光合成誘導反応の迅速化が進んでいないことが示唆された。

第5章総括では、イネの光合成誘導反応には光飽和光合成速度とは別の大きな遺伝的多様性が存在しており、改良の余地が残されていることが明らかとなったことを述べるとともに、迅速な光合成誘導反応を有するARC 11094とタカナリは、それぞれ異なる水分生理学的メカニズムを有すること、および光合成誘導反応の遅速には水利用に関する何らかの生態的意義が存在することを指摘した。そして、原因となる遺伝的要因を解明し、光合成誘導反応に関わる複数の要因を組み合わせることで、圃場環境における物質生産性の向上に寄与できると結論した。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

作物の光合成能の遺伝的変異を育種的に利用しようとする研究では、光飽和条件における個葉光合成速度を光合成能として評価するものがほとんどである。本研究は、光強度が急激に増加した際の個葉光合成の応答（光合成誘導反応）の遅速が光合成量全体に及ぼす潜在的な影響に着目し、その遺伝的変異と関連する生理生態的要因の解明を試みたものであり、評価すべき点は、以下の通りである。

1. イネにおける光合成誘導反応の遺伝的多様性をはじめて評価した。すなわち、世界と日本のイネコアコレクションを中心に100を超える品種・系統を対象にして、照射光を弱光から強光に変化させた時の光合成速度を経時的に測定し、光合成誘導反応の速さを評価し、最も速いものと遅いもの間に4倍という大きな遺伝的変異が存在することを示した。また、光合成誘導反応の遅速がこれまで光合成能力として評価されてきた光飽和光合成速度とは関連を示さないことから、光合成誘導反応は光飽和光合成速度とは独立して制御されていることを指摘した。

2. イネの光合成誘導反応の品種間差異をもたらす生理的要因を提示した。光合成誘導が速いARC 11094とタカナリ、および光合成誘導が遅いコシヒカリについて、光合成速度を左右する葉内へのCO₂拡散効率と葉内のCO₂固定活性、およびそれぞれに関係する形態・生理形質を精査した。ARC 11094とタカナリはコシヒカリよりもCO₂拡散効率が優れるが、それには、タカナリでは高い気孔密度、小さな気孔および大きな根量が、ARC 11094では大きな気孔開度および水ストレス下でも気孔を閉じにくい特性が、それぞれ寄与していることを示した。異なる形質を合わせ持つことにより、光合成誘導反応をさらに速くできる可能性があるとした。

3. 日本のイネ品種群にみられる光合成誘導反応の特徴を明らかにした。すなわち、上述の多様な品種・系統の調査から、コシヒカリを代表とする日本品種群は、インディカや熱帯ジャポニカ品種群に比べて光合成誘導が遅い傾向を見出した。これにより、日本のイネ品種には光合成誘導を改良する余地が大きく残されていることを指摘した。

以上のように、本論文は、多様なイネ遺伝資源における光合成誘導反応に大きな変異が存在すること、および日本のイネ品種には改良の余地が大きく存在することを示すとともに、改良のために注目すべき生理・形態的形質を提示したものであり、作物学、育種学およびイネの品種改良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、令和5年1月19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。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）