

氏名	桂圭佑
学位(専攻分野)	博士(農学)
学位記番号	論農博第2681号
学位授与の日付	平成20年3月24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	Studies on Variety Traits, Environmental Factors and Their Interactions Causing Super High Yield in Rice (イネの超多収をもたらす品種特性、環境要因およびそれらの相互作用に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 白岩立彦 教授 山田利昭 教授 山末祐二

### 論文内容の要旨

近年、イネの単位土地面積当たり籾収量(収量)は $4 \text{ t ha}^{-1}$ で停滞しているが、一方で $10 \text{ t ha}^{-1}$ を越す多収事例が数多く報告されている。しかし、それらの要因には未解明の部分が大きい。本研究は、近年開発された多収品種を用いて現在の世界最高水準の収量を実現している中国雲南省でのイネ超多収要因を、品種要因と環境要因およびそれらの相互作用の面から解明したものである。本研究の内容は以下のように要約される。

1. 緒言として、アジアにおけるイネの平均収量の推移および多収記録とその調査事例を概説し、超多収事例を栽培品種の特性と環境およびそれらの相互作用にもとづいて解析する必要性について述べている。

2. 中国雲南省濤源村の栽培品種の収量形成過程を、主に日射利用の面から検討している。京都において2ヵ年実施した圃場実験の結果、スーパーハイブリッドイネの1つであるF1品種Liangyoupeijiuは多収品種として知られるタカナリとはほぼ同等で対象品種日本晴よりも26%~56%高い収量を上げ、その値は $11 \text{ t ha}^{-1}$ を超えた。多収品種の高収量は、0.6という子実作物の上限に近いとされる高い収穫指数に加え、出穂期までの乾物生産量の大きいことによってもたらされていた。Liangyoupeijiuは相対的に高い日射利用効率(RUE)を維持しつつ大きな葉面積を長く維持し日射受光量を大きく確保することで、タカナリはRUEが極めて高いことで、それぞれ出穂期までの高い乾物生産を大きくしていた。

3. 中国雲南省濤源村における多収の環境要因の解明を目的として、濤源村と京都市で行った連絡試験の結果を解析している。多様なイネのべ9品種を2地点において共通の方法で2ヵ年栽培し、その収量形成過程を検討した。雲南省濤源村では、イネ生育期間の平均日射量が京都市よりも30%大きく、平均気温には差異がないが最低気温は生育初期は約 $2^\circ\text{C}$ 高く夏季の生育盛期は逆に約 $2^\circ\text{C}$ 低かった。全品種の平均収量は京都と比較して36%大きく、品種Liangyoupeijiuが極多窒素施肥条件で $16.5 \text{ t ha}^{-1}$ の超多収を達成した。収穫指数には地点間でほとんど差異がなかったため、収量の地域差は乾物生産量と密接に関連した。乾物生産量を決定する要素のうち、生育日数とRUEには地点間で有意な差がみられず、雲南におけるイネの多収は主に大きな受光日射量によってもたらされ、その要因として相対的に強い日射環境と初期の早い葉面積展開が重要であることがわかった。加えて、窒素(N)施肥量を変えた実験を行ったところ、雲南では、成熟期までの地上部N吸収量が京都と比較して48%高いこと、極多肥条件下でも京都のように施肥Nの回収率が低下することはなく、投入Nを増加させるほど乾物生産量が増加していた。

4. 群落の生産機能の面から高い乾物生産性の要因を明らかにするために、イネ群落の炭素収支測定装置を開発し、それを用いた測定結果を解析している。まず、自動開閉式チャンバー( $30\text{cm} \times 60\text{cm} \times 125\text{cm}$ )とその制御装置を開発し、チャンバー内イネ群落の炭素収支の長期間連続測定を可能にした。測定結果から推定された群落炭素蓄積量は、乾物重の変化による評価とよく一致し、本装置により高い精度でイネの群落炭素収支の動態を測定できることが示された。これにより前述のイネ3品種の群落光合成速度( $P_{\text{crop}}$ )を測定したところ、強光下での $P_{\text{crop}}$ は、品種を問わず茎葉部N濃度と密接に関係したが、同じNレベルにおいては多収2品種の方が明らかに強光下での $P_{\text{crop}}$ が高かった。同時期に、周辺個体を対象に最

上位完全展開葉の個葉光合成速度 ( $P_{\text{leaf}}$ ) およびその関連形質の測定を行ったところ、多収品種は  $P_{\text{leaf}}$  も高く、それは主に高い気孔コンダクタンス ( $g_s$ ) によっていた。よって、多収品種の  $P_{\text{crop}}$  の高さも葉身の  $g_s$  の高さに起因すると考えられた。次に、呼吸を維持呼吸、栄養器官の生長呼吸、玄米の生長呼吸、茎葉部蓄積同化産物の穂への再転流にともなう呼吸に分割することで群落呼吸速度 ( $R_{\text{crop}}$ ) の変異を説明するモデルを構築した。本モデルを用いて  $R_{\text{crop}}$  の測定結果を解析したところ、 $R_{\text{crop}}$  の品種間差異および生育時期と環境による変異は、主として乾物重およびNの蓄積動態と気温の差異によってもたらされることが示唆された。

5. 前項の結果をふまえて、品種、環境および植物体N濃度が群落の生産機能に及ぼす影響を総合的に解析している。品種、環境およびNと  $P_{\text{crop}}$ 、 $R_{\text{crop}}$  との量的関係を上述の呼吸モデルおよび既往の光合成モデルを用いて解析した。強日射条件下では、植物体N濃度の増加にともない群落生長速度 (CGR) が増加するが、日射が低下すると CGR の増加は  $R_{\text{crop}}$  の増加によりN飽和の傾向を示した。CGRのN飽和は、高温により促進される一方、 $g_s$  の高い品種では明らかに起こりにくいことが示された。これらにより雲南の環境 (高日射、低夜温) で多収品種を栽培すると、極多肥条件でも CGR はN飽和を起こさないことが明らかになった。

6. 以上の結果を総括し、中国雲南省濤源村では、高い収穫指数と高  $g_s$  に起因する高い乾物生産力を示すイネ品種の利用、強い日射と相対的な低夜温、それらの品種・気象要因の組み合わせにより可能になった極多肥条件が、超多収に関与していると結論した。

## 論文審査の結果の要旨

イネの記録的多収の要因解析は数多く行われてきたが、品種と環境の両要因を明確に区別しながら、それらの効果および相互作用の面から解析した例はみられず、これまでに得られた知見は一般性が高いと言えない。本研究は、中国雲南省で報告されている世界最高水準の多収事例を対象に、その品種・環境要因を明らかにした研究の成果をとりまとめたものであり、評価すべき主要な点は以下のように要約される。

1. 中国雲南省での多収に関する環境要因を、当地と京都市で行った連絡試験にもとづいて明らかにした。すなわち、2地点間で共通の管理方法で栽培した多様な品種の収量形成過程を日射の利用ならびに窒素吸収の面から解析し、雲南における多収は主に大きな受光日射量に起因し、それはさらに、強い日射環境と初期の早い葉面積展開が関与することを示した。

2. 群落の炭素収支を長期間測定可能な装置を新たに開発した。群落の光合成と呼吸による炭素収支は、これまでも種々の方法で行われてきたが、装置に起因する生育環境の変化を最小限にすることと精度を高めることは、両立が極めて困難であった。これを、測定時のみ外気を遮断する自動開閉式チャンバーを備えた測定システムを開発することにより、群落炭素収支の測定を十分な精度で長期間行うことを可能にした。

3. 開発した炭素収支連続測定装置の測定結果から、群落の生産機能の品種間差異の要因を明らかにした。すなわち、中国雲南省で栽培されている多収品種を含む3品種の群落炭素収支を連続測定し、生産機能の品種間差異が主として光合成能に起因すること、および多収品種では茎葉部の窒素濃度が同じレベルでも高い光合成能を示すことを、群落の  $\text{CO}_2$  交換活性にもとづいて実証した。

4. 群落呼吸の変動要因を量的に明らかにした。すなわち、呼吸を維持呼吸、栄養器官の生長呼吸、玄米の生長呼吸、茎葉部蓄積同化産物の穂への再転流にともなう呼吸から説明するモデルを構築した上で、これを群落炭素収支の測定結果に適用し、品種と環境による群落呼吸の変異が、主として乾物重およびNの蓄積動態と気温の差異によってもたらされることを示した。

5. 品種、環境および植物体N濃度が群落の生産機能に及ぼす影響を総合的に解析し、この面から多収要因を提示した。すなわち、雲南の環境 (高日射、低夜温) において  $g_s$  の高い多収品種を栽培すると、窒素の増投による生産機能の向上は高い窒素レベルまでみられ、乾物生産力のN飽和が起こりにくいことを明らかにした。このことが極多肥による超多収を可能にしていると結論した。

以上のように、本研究は、中国雲南省におけるイネの超多収の品種・環境要因を、地域間連絡試験と群落生産機能の実験的・理論的検討にもとづいて明らかにし、多収機構に関する新たな知見を提出したものであり、作物学、耕地生態学および

植物生産管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20年2月14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。