

氏 名	おおにしまさお 大西政夫
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	論 農 博 第 2244 号
学位授与の日付	平成 11 年 5 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	環境からみた水稻収量成立過程のモデル化と多収性の解析

論文調査委員 (主 査) 教授 堀 江 武 教授 池 橋 宏 教授 天 野 高 久

論 文 内 容 の 要 旨

人口の急増により、水稻収量の飛躍的向上が求められている。その実現には、収量の成立過程を環境と水稻の生理生態機能の両面から総合的に解明し、それぞれの環境下で最大収量を得るための稲体条件を明らかにする必要がある。本研究は、収量成立過程を環境と水稻の生理生態に基づいて統一的に説明するモデルを構築し、さらにモデルによる解析から、与えられた環境下で最大収量を得るのに必要な稲体の具備すべき条件を解明することを目的とした。そこで、世界の超多収地域の一つであるオーストラリア、ニューサウスウェールズ州ヤンコ、日本の多収地域に属する長野県伊那市および平均収量地域である京都市の、環境が大きく異なる3地域で水稻の比較栽培試験を行い、得られたデータを解析することにより、環境条件から水稻の生育・収量を動的に予測するモデルを導いた。これらの研究を通じて得られた主要な成果は以下のように要約される。

1. 水稻の生育・収量特性には著しい地域間差異が認められ、ヤンコおよび伊那の収量はそれぞれ京都の2.1倍および1.6倍であった。ヤンコの超多収は、極めて高い日射量によってもたらされた著しく大きい乾物生産、穎花生産および茎葉部の非構造性炭水化物(NSC)蓄積によるものであり、有効茎歩合、収穫指数および受光日射当たりの乾物生産量(日射変換効率)でみた生産効率は低いことがわかった。一方、伊那の多収は、これらの生産効率が高いことによるものであり、京都の低収は、伊那と同程度の日射条件下にもかかわらず生産効率が低いことに起因することがわかった。

2. このように著しい差異が認められた3地域の水稻生育の生理生態的過程の解析に基づいて、環境と水稻収量の成立過程との関係を説明する下記のサブモデルを構築した。

(1) 穎花数は、穎花分化後期の窒素(N)含有量と幼穂分化期から穎花分化後期の間の気温に強く支配されることを明らかにし、これら2要因から面積当たりの穎花数が推定できることを示した。

(2) 茎葉部の貯蔵NSC量は主として、乾物生産量、N吸収量および気温に支配されることを見いだし、これら3要因に基づいて出穂期までの日々の貯蔵NSC量を動的に推定する方法を導いた。

(3) 貯蔵NSCの茎葉部から穂への転流量に比例して、登熟初期の日射変換効率が直線的に低下することを明らかにした。さらに、この関係から貯蔵NSC1gの転流には、乾物1.1gに相当するエネルギー消費を伴うこと、および登熟期には構造性炭水化物であるヘミセルロースも茎葉部から穂に転流することを推定した。

(4) 穎花の登熟量と、穂揃い後10日間の1穎花当たりの利用可能なNSC量との間には高い相関があることがわかり、この関係に基づいて最適穎花数および穎花分化後期の最適N含有量を推定するモデルを導いた。

(5) 毎日の気温、日射、日長およびN栄養条件を基に、水稻の発育ステージ、面積当たりの乾物重、葉面積の動態を予測するモデルを構築した。

3. 実験データを基に推定したこれらのモデルの各パラメーター値、およびモデルから予測される水稻の環境に対する生理生態的諸反応の曲線は、既往の研究結果に照らして妥当であることを明らかにした。

4. 以上の諸モデルを統合した全体モデルは、著しい差異が認められた3地域における水稻の生育・収量特性をよく再現できることを示した。さらにモデルシミュレーションによって、3地域とも後期重点型のN吸収により最大収量が得られる

ことを示した。また、この時の京都、伊那およびヤンコのそれぞれにおける最適穎花数は 38×10^3 , 43×10^3 , $65 \times 10^3 \text{ m}^{-2}$, 穎花分化後期の最適 N 含有量は 8.3, 8.7, 18.4 gm^{-2} , 出穂期の貯蔵 NSC 量は 170, 220, 520 gm^{-2} であることを明らかにした。

以上、大きく異なる環境条件下で得た水稻の生育・収量特性に基づいて構築した本モデルは、生育・収量特性の地域間差異が生じる機構を環境と水稻の生理生態に基づいて統一的に説明することを可能にし、与えられた環境下で最大収量を得るのに必要な稲体の具備すべき条件を示すことができた。これより、本モデルは環境条件に応じた水稻の適正生育パターンの予測に有効と考えられた。

論文審査の結果の要旨

人口の急増に伴い水稻生産性の一層の向上が求められているが、近年、世界的に収量増加は停滞傾向にある。一方、水稻の生育は環境に強く依存するため、その生産性には大きな地域間差異が認められる。それ故、各地域の環境のもつ水稻生産力とそれに対応する生育像を具体的に解明し、その実現のための生産技術を地域毎に構築することが重要な課題となっている。本論文は、世界の超多収地域の一つであるオーストラリア、ニューサウスウェールズ州ヤンコを含む 3 ヶ所で行った比較栽培試験の結果を基に、環境と水稻の生育・収量の関係を予測するモデルを構築し、モデルによる解析から、所与の環境下で最大収量を得るのに必要な稲体の具備すべき条件を解明しようとして行った研究をまとめたものであり、評価すべき主要な点は以下の通りである。

1. ヤンコ、長野県伊那市および京都市における比較試験から、水稻収量には地域間で 2 倍以上の差異が存在し、かつ、それが主として気温、日射および窒素吸収パターンに支配されていることを明らかにした。

2. 上記試験結果の解析から、地域にかかわらず生育諸要因間に次の一般的関係が成立することを明らかにした。すなわち、水稻の乾物生産が日射量、群落の日射受光率および日射変換効率の 3 者の積として経時的に把握できること、日射受光率は葉面積指数に支配されるが、それはさらに葉身窒素濃度と気温の関数として定式化できること、および日射変換効率は葉身窒素濃度と茎葉部貯蔵炭水化物の穂への転流量に支配されることを示した。さらに、面積当たりの穎花数が穎花分化後期の窒素含有量と平均気温に、そして穎花の登熟量が穂揃い後 10 日間の 1 穎花当たりの利用可能炭水化物量にそれぞれ支配されていることを示し、それぞれの関係を定式化した。

3. 上に示した諸関係を水稻の生育過程に則して合理的に結合することにより、毎日の気象および窒素栄養条件を基に、水稻の生育および収量形成の動態を予測するシミュレーションモデルを構築した。さらに、モデルによって、比較栽培試験から得られた水稻の生育および収量形成の動態が妥当な精度で再現できることを確かめ、このモデルの有効性を示した。

4. モデルによるシミュレーションによって、それぞれの地域の環境のもとで、最大収量を達成するのに必要な窒素吸収パターン、最適穎花数、出穂期貯蔵炭水化物量など、稲体の具備すべき条件を明らかにした。

以上のように本論文は、水稻の収量成立過程を環境と生理生態特性に基づいて統一的に説明・予測するモデルを提示するとともに、モデル解析から所与の環境下での最大収量達成に向けて稲体の具備すべき条件を示したものであり、作物学ならびに水稻栽培の実践面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 11 年 3 月 11 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。