

氏 名	吉 田 ひ ろ え
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	農 博 第 1700 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 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	農 学 研 究 科 農 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Modeling and Simulation Studies on the Determination Process of Genotypic and Environmental Variations in Growth and Yield in Rice (イネの生育・収量における遺伝的・環境的変異の成立過程のモデル化とシミュレーション)
論文調査委員	(主 査) 教 授 白 岩 立 彦 教 授 谷 坂 隆 俊 教 授 縄 田 栄 治

論 文 内 容 の 要 旨

アジアにおけるイネ生産性は、近年、その向上が停滞しており、しかも水や土地資源による新たな制約を受けつつある。そのような中で今後生産を増大させるためには、多様な栽培環境に応じた多収性品種の育成と栽培技術の向上をはからなければならず、それにはイネの生育・収量形成過程における遺伝子型×環境交互作用の解明が不可欠である。本研究は、イネの生育・収量形成における遺伝的・環境的変異の成立過程を説明する機構的モデルの開発を行ったものである。本論文の内容は以下のように要約される。

1. 多様なイネ遺伝子型および環境を対象にした生育・収量の遺伝子型×環境データベースを構築している。タイ、中国および日本におけるのべ8地点で遺伝的背景の大きく異なる9品種を共通の管理方法で栽培した多地点連絡試験のデータをデータベース化した。構築したデータベースは、地点と年次を異にする18のデータセットからなり、発育過程、乾物生産と窒素吸収を含む生長過程、および収量と収量関連形質における大きな品種間変異と環境変異を包括するものとなった。

2. イネの生育および収量形成の遺伝的・環境的変異を統一的に説明するモデルの構造を設計している。生育・収量形成過程を発育、バイオマス生長、葉面積指数(LAI)の動態、穎花数生産、窒素(N)分配の5つの主要プロセスに分け、それぞれを環境と植物体要因から説明するサブモデルの概要を決定するとともに、あるサブモデルの出力変数が別のサブモデルの入力変数になるという相互依存的なネットワークを構成する全体モデルの基本構造を考案した。

3. バイオマス生長サブモデルを構築した。光合成、維持・生長呼吸、移植による生長の停止とその回復過程を温度および日射と植物体要因の関数として表し、これらを結合してイネのバイオマス生長を再現するサブモデルを構築した。前述のデータベースの約3分の1のデータセットを各サブモデルの諸パラメータの推定に、残りをモデルの検証に用いた。これにより、イネの物質生産力の品種間差異は、単位葉面積あたり葉身N量(LNC)と気孔コンダクタンスの品種間差異に、強く支配されていることを明らかにした。また、イネ移植後の初期生長すなわち植え傷みからの回復に及ぼす温度の影響と品種間差異を定量化した。

4. LAI動態をバイオマス生長と葉身N量から説明するサブモデルを構築している。まず、前述のデータベースの解析から、LAI展開とバイオマス生長の間には安定的なアロメトリック関係が存在するが、気温が高いほど、またLNCが大きいほど、LAIの展開速度が増加することを見出した。これにもとづき、LAIの展開過程をバイオマスの相対生長速度とLNCおよび気温の関数として、そして枯死によるLAIの減少過程はLNCのみの関数として、それぞれモデル化した。葉身の枯死が始まる限界LNCに大きな品種間差異があることを明らかにした。

5. 穎花数推定サブモデルを構築している。データベースの解析結果および既往の知見から、分化穎花数は出穂2週間前の植物体N量に強く依存するが、その後2週間のバイオマスの生長速度が分化穎花の退化率に影響を及ぼし、この両者から最終穎花数が決定すると考えられた。この仮定のもとに構築したモデルによる解析から、植物体N量あたりの分化穎花数

には供試品種間で約3倍の変異がみられ、これが穎花数の品種間差異を支配する重要形質であることを明らかにした。

6. 統合モデルを構築するとともに、イネの生育・収量の遺伝的・環境的変異の成立に関わる主要パラメータを提示している。前項までのサブモデルはいずれもN濃度を重要な植物体要因としているが、植物体各器官への吸収Nの分配を説明するサブモデルを構築することで、これらのサブモデルを有機的に統合し、さらに既存の発育サブモデルを結合させた。これにより、植物体N吸収量から、イネの生育過程の全体をシミュレートできるモデルを構築した。統合モデルによるシミュレーション結果から、環境適応性の品種間差異に関連する5パラメータと、環境によらず収量性に関与する6パラメータを同定した。

7. モデルシミュレーションを行い、異なる環境および品種の組み合わせにおける収量向上戦略を提示している。すなわち、好適環境条件下で現在の高収量品種よりもさらに収量性を改善するには、気孔コンダクタンスとLNCの向上を介したバイオマス生産性の改善が必要であること、低土壌N条件下での増収には、収量形成における吸収N利用効率の改善に関わる、植物体N量あたりの分化穎花数の向上とバイオマス生産性の向上による穎花退化の抑制が必要であるが、後者は、LNCの増大よりも気孔コンダクタンスの向上に依るべきであることを指摘した。

論文審査の結果の要旨

作物の収量形成における遺伝子型と環境の効果、ならびに両者の交互作用を量的に評価するためには、生育と収量形成過程を環境にもとづいて再現する作物モデルを用いた解析が有効である。本論文は、日長、温度および日射量からイネの生育・収量を再現する機構的モデルを構築し、重要なプロセスについて品種による環境反応の差異を品種パラメータとして定量化することで、収量形成の遺伝的・環境的変異の成立過程を明らかにした研究成果をとりまとめたものである。本論文の評価すべき主要な点は以下のように要約される。

1. イネの生育・収量形成に及ぼす遺伝子型×環境交互作用の解析のためのデータベースを構築した。生育・収量形質の幅広い品種間変異と環境変異を包括し、かつ測定データの計測方法及形式が綿密に統一された、量・質ともに他に例をみない研究用データベースとなった。

2. イネ収量形成過程の遺伝子型×環境交互作用を量的に評価するモデルを開発した。イネの生育・収量モデルはこれまでに多く開発されてきたが、ほとんどが特定の品種を対象にしたものであり、品種の効果を評価する場合も、生育の一部分のみを扱うことが多かった。本研究では、イネの生育・収量成立過程を、発育、バイオマス生長、LAIの動態、穎花数生産、N分配の5つの主要プロセスに分け、各プロセスのモデルを上述の幅広い品種・環境変異を含むデータベースの解析にもとづいて構築し、これらを有機的に結合させることで、イネの生育のほぼ全体を再現し、かつ遺伝子型×環境交互作用を評価できるはじめてのモデルを開発した。

3. モデル開発を通じて、幅広い環境下において、葉身の気孔コンダクタンスが生産性向上に寄与する重要形質であること、また植物体N量あたりの分化穎花数の向上が収量形成におけるN利用効率の改善に寄与することを明らかにした。これらを含めて、環境適応性の品種間差異に関連する5つのパラメータと、環境によらず収量性に関与する6つのパラメータを同定した。とくに、計測が容易な気孔コンダクタンスが環境に関らず生長を支配する形質として同定されたことは、多収品種育成に有効な示唆を与えるものと考えられる。

以上のように、本研究は、多様なイネ品種のアジア各地における栽培試験データをもとに、イネの生育・収量の遺伝的・環境的変異を統一的に説明するモデルを構築し、さまざまな形質の遺伝的変化が所与の栽培環境における収量形成に及ぼす影響の評価を可能にしたものであり、作物学、育種学、熱帯農業生態学の発展に寄与するところが多い。

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。