

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	中 野 聡 史
論文題目	転換畑ダイズの変動環境に対する生育収量応答の定量化		
(論文内容の要旨)			
<p>日本のダイズ単収は停滞しており種々の原因が指摘されているが、それらがどのように寄与しているかは十分解析されていない。また、温暖化気候が日本のダイズ栽培にどのような影響を及ぼすかは明らかになっていない。それらを可能にするためには、生育と収量形成の各プロセスを数式で記述し、それらを組み合わせて作成される生育・収量予測モデル(以下、生育モデル)の利用が不可欠である。本論文は、日本のダイズ栽培に適用可能な生育・収量予測モデルを構築することを目的として行われた研究の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、ダイズの生育モデルの開発の内外の状況を解説した。問題点として、米国などで既に開発されてきた生育モデルは、諸外国に比べて疎植栽培が多く分枝発生の変動が大きい日本のダイズ生産には適用が困難であること、また窒素供給を構成する根粒における窒素固定と土壌からの窒素吸収の動態の定量化がこれまで不十分であったことを指摘した。</p> <p>第2章では、モデルの主要部分の一つとして、ダイズの発育過程のモデル化を行った。国内の主要ダイズ品種リュウホウ、エンレイおよびフクユタカを対象として、出芽から開花期(R2)およびR2から子実肥大始期(R5)における日々の発育速度を日平均気温と日長時間の関数で表した発育予測モデルを作成した。国内3ヶ所(盛岡市、つくば市、京都市)で作期移動試験を実施し、モデルの品種特異的パラメータを決定した。モデルによる推定誤差は、出芽期~R2で1.9~3.0日、R2~R5で1.7~4.0日であり、別に行った温度操作実験における気温上昇の影響も同一のモデルによって推定可能であった。</p> <p>第3章では、葉面積生長モデルを構築した。主茎節数の増加を温度の関数で表した上で、それに対応させて分枝の発生および分枝葉数を増加させた。それと同時に分枝の生長は群落受光率の増加に応じて抑制されるとした。モデルの構築および検証のため、つくば市の水田転換畑圃場において、前章と同じ3品種を群落栽培した圃場実験を3ヶ年、のべ16環境において実施した。構築した葉面積生長モデルは、モデル構築に利用していない検証データの葉面積指数(LAI)のばらつきの92%を説明した。本モデルにより、所与の栽植密度の葉面積生長を推定することが可能となった。</p> <p>第4章では、ダイズの乾物生産と収量を予測するモデルを構築した。前章までの発育予測モデルと葉面積生長モデルに加え、日々の乾物生産量は群落受光量と日射利用効率(RUE)を用いて推定し、子実増加速度は収穫指数(HI)を用いて推定した。さらに、乾物増加量はダイズの利用可能な窒素量により制限されるものとし、利用可能窒素量は土壌からの窒素供給量と窒素固定速度から算出した。土壌からの窒素供給量は零次反応式を用いて土壌の有機態窒素の無機化反応速度から推定し、窒素固定速度は日本のダイズ品種および栽培条件で取得されたパラメータを用いて推定した。第3章の実験に加えて、根粒非着生系統En1282を供試し、データの半数をパラメータ推定、残り半数を検証に用いた。本モデルは、En1282の窒素蓄積量の推移をよく推定するとともに、検証データ全体の子実乾物重のばらつきの68%を説明した。</p> <p>第5章では、茎内流計測に基づくダイズの気象応答の定量的評価を行った。温度操作環境下で土耕栽培した品種エンレイの蒸散速度を茎熱収支法で計測し、気温の上昇がダイズの蒸散速度および群落コンダクタンスに及ぼす影響を検討した。高温区では常温区よりも蒸散速度が増加した。偏相関係数の解析から、高温区では気温上昇よりも気温上昇にともなう飽差上昇に起因して、群落コンダクタンスの低下が生じている</p>			

ことが示唆された。ただし、データ量が不十分なため、飽差の上昇による群落コンダクタンス低下の影響を生育モデルに組み込むには至らなかった。

第6章では、生育モデルを用いて変動環境に対する転換畑ダイズの生育収量応答の評価を行った。土壌からの窒素供給量と窒素固定速度をそれぞれ変化させて生育・収量を試算した結果から、土壌からの窒素供給量を高めることはダイズ収量の安定化に寄与するが、窒素固定速度の最大値を高めても収量は増加しないことが示唆された。CO₂濃度および気温が生育に及ぼす影響をモデルに組み込み、2090年代の予測環境下でのダイズ収量を試算したところ、現在の品種および作期の条件では、気温上昇が収量に及ぼす影響は小さく、CO₂濃度の上昇による乾物生産量の増加によりダイズ収量が増加することが予測された。

以上、ダイズ生育の主要な制限要因である乾物生産量および窒素蓄積量に基づいたダイズの生育・収量予測モデルが構築され、気象や土壌など環境の変化が日本のダイズ収量に及ぼす影響の定量的な評価、ひいては、日本のダイズ収量低迷の原因を適正に解明することが可能となった。

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)

日本のダイズの単収は長く低迷しており、気候変動によりさらに不安定化することが懸念されている。その要因の解明と将来予測を量的に行うには、様々な過程を環境因子の関数として表しそれらを論理的に統合した生育モデルを用いることが有効である。しかし、日本の栽培条件に適用できる実用的な生育モデルは未開発であった。本論文は、日本の主要なダイズ栽培現場に適用可能な生育モデルを構築することを目的として行われた研究の成果をとりまとめたものであり、評価できる主な点は以下の通りである。

1. 日本の暖地から寒冷地におけるダイズの発育を予測できるモデルを構築した。主要ダイズ品種であるリュウホウ、エンレイおよびフクユタカの、出芽からR2およびR2からR5における日々の発育速度を日平均気温と日長時間の関数として表し、それらの期間の長さを3~4日以下の誤差で推定可能にした。これを用いた試算から、干ばつに遭遇するリスクの高い地域を特定するとともに、温度上昇による各地域のR2とR5の変化の予測を行った。

2. 栽植密度が多様な日本のダイズ栽培において葉面積の生長過程を予測できるモデルを構築した。ダイズ生育モデルの米国などにおける先行研究では、同地域の個体密度が高いため分枝の発達は十分考慮されていない。主茎葉と分枝葉の出現の規則的進行と群落の発達にともなう分枝の生長の抑制効果を組み合わせたモデルを新たに考案し、所与の栽植密度の葉面積生長を妥当な精度で推定することを可能にした。

3. 土壌からの窒素供給と窒素固定活性を生育モデルに組み込むことにより、これら2つの窒素源がダイズの生育に及ぼす影響を量的に評価できるようにした。土壌からの窒素供給量は零次反応式を用いて土壌の有機態窒素の無機化反応速度から、窒素固定速度は既往の研究から栄養器官生育量の関数として、それぞれ推定するモデルを構築し、圃場で得られたデータを用いて検証した。この生育モデルにより子実収量のばらつきの68%を説明するとともに、感度解析の結果から土壌からの窒素供給量を高めることはダイズ収量の安定化に寄与するが、窒素固定速度の最大値を高めても収量は増加しないことを指摘した。

以上のように、本論文は、日本のダイズ栽培に適用できる実用的な生育・収量予測モデルをはじめ構築したものであり、作物生産生態学、栽培学およびダイズの生産技術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、令和元年10月24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。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

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)