

学 位 論 文 題 名

乾物分配特性からみた春播コムギの生育相と生産力の評価

学位論文内容の要旨

世界におけるコムギの収量は、近年、農林10号に代表される半矮性遺伝子の導入により飛躍的に向上したが、最近、先進諸国における増収効果は必ずしも伸びておらず、21世紀における食糧の確保が将来的課題となっている現在、さらなる技術改善や品種改良が求められている。

コムギの品種改良は、従来、収量構成要素や稈長などの比較的単純な形質に着目して行われてきたが、今後さらに収量性の向上を図るには、植物が本来もつダイナミックな側面に着目してコムギの本質的な特性を究明し、新たなポテンシャルを探ることが不可欠である。

本研究は、春播コムギにおける同化産物の各器官への分配が生長点の一連の分化に伴って規則的に進行していることを見だし、発育と生長の両面から生育相を分類し、出芽から成熟に至る全生育過程を、形態形成、物質生産、群落構造および物質分配面から体系的に把握するとともに、生長シミュレーションモデルを開発し、そのダイナミクスを評価しようとしたものである。主な内容は次のように要約される。

1. 乾物分配則からみた春播コムギの生育相とその変動要因

春播コムギにおけ同化産物の分配動向は、生長点の分化に由来する葉身、穂および子実の形成・発育に伴って規則的に変化しており、その生育は、Ⅰ：同化産物がもっぱら葉身の生長にふり向けられる出芽期から幼穂分化期、Ⅱ：葉鞘と稈の伸長に伴い、葉身への分配が直線的に低下する幼穂分化期から止葉出葉期、Ⅲ：出穂期を最大に穂への分配が2次曲線的に変化する止葉出葉期から開花期、Ⅳ：胚乳細胞の分裂に伴い子実への分配が直線的に上昇する開花期から乳熟期、およびⅤ：胚乳の完成に伴い同化産物が全て子実にふり向けられる乳熟期から成熟期、の5つの生育相に分類されることを明らかにした。また、各器官への分配動

向の品種間差異を出芽後日数に対する回帰式を用いて検討し、長稈・晩生品種は葉身への分配傾向が強くその期間が長いこと、短稈の半矮性品種は穂への分配傾向が強いことを示した。さらに、気象要因の発育速度（生育相の日数）に及ぼす影響を発育指数の概念を用いて検討したところ、発育速度は生育前半は気温および日長、生育後半は気温のみによって変動し、品種の早晩性は生育前半における感応性の差を反映していることが明らかになった。

2. 光エネルギーの吸収特性と乾物生産との関係

各生育相における光エネルギー（光合成有効放射量）の反射、透過および吸収率をコンピュータを組み込んだ群落日射測定システムにより連続的に測定し、光吸収特性と乾物生産との関係を検討した。反射率は生育期間を通じてほぼ 5% で推移したが、透過率は幼穂分化期の 80% から止葉出葉期にかけて 10% まで急減し、群落構造完成後は 95% 以上の光が吸収されていることを確認した。また、光吸収効率の指標となる受光係数は生育の前半は約 0.6、後半は約 0.3 に推移すること、登熟期では上部光合成器官である穂、穂首、止葉で約 80% の光が吸収されること、および乾物生産量はエネルギー吸収量に比例して増加するが、その対応関係は出穂期の前後で異なることが明らかとなり、登熟期では群落構造が強光条件下により適応する方向に変化するものと推察した。

3. 登熟期における葉身体内成分の消長と光合成能力

登熟期間における葉身の早朝から夕方にかけての可溶性糖分増加量、窒素含有率および光合成速度を連日測定し、群落同化能力の評価を行った。その結果、窒素含有率は強光下での光合成速度と、糖分の日中増加量は群落条件下での光合成速度と高い正の相関（それぞれ $r=0.963^{***}$ 、 $r=0.760^{***}$ ）を示し、窒素含有率は潜在的な光合成能力を、糖分の日中増加量は群落におけるリアルタイムな光合成速度を反映していることが明らかになった。また、光合成は葉身窒素含有率が 1.2 % 以下ではほとんど行われず、光合成速度が $2 \mu \text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以下では葉身に糖分が蓄積されないことが明らかになった。

4. 稈内における一時的貯蔵養分の蓄積・転流と登熟機構

登熟期間における稈の乾物重の推移を節位別、成分別に調査し、稈内貯蔵養分の蓄積・転流と登熟機構との関係について検討した。稈の乾物重は乳熟期から成熟期にかけて減少するが、その減少は主として可溶性糖分の減少に起因しており、第2節間および下位節間が貯蔵器官としての役割を果たしていることが判明した。また、稈内可溶性糖分の消長と子実生長の推移から、登熟期間は、1) 同化産物が主として稈の伸長生長にふり向けられる開花期から稈伸長停止期、2) 同化産物は子実生長に利用され、余剰分が一時的に稈に蓄積される伸長停止期から乳熟期、3) 同化産物は主に子実生長にふり向けられ、不足分が稈から子実へ転流する乳熟期から光合成停止期、および4) 同化産物は生産されず、子実は稈からの転流のみによって生長する光合成停止期から成熟期、の機能的役割が異なる4つの相に区分されることが明らかとなった。

5. 収穫指数およびバイオマス生産の品種間差異と環境反応

ドイツで育成された高バイオマス品種と北海道の半矮性品種との交雑後代から選抜された6系統を環境の異なる2ヶ所で栽培し、収穫指数とバイオマス生産の環境反応について検討した。育成系統は親品種に比べ収穫指数は劣るものの全乾物重が高く、高収系統の育成が可能なことが示唆された。しかし、全乾物重は収穫指数に比べ環境の違いによって大きく変動することが判明した。

6. 生長シミュレーションモデルの開発と生産力の評価

各章で得られたデータを①発育モデル、②生産モデル、③分配モデルに分けて数式化し、生育相の進展に伴って段階的に進行する生長シミュレーションモデルを開発した。次に、実際の気象データを入力し、出力された計算値を実測値と比較してモデルの精度を検討した。その結果、乾物重の計算値は必ずしも実測値と一致しなかったが、発育経過や器官別乾物重の推移の様相はきわめてよく適合した。また、モデルの応用例の一つとして、平年と単年度の気象データを用いて播種期を変動させた場合の影響を解析したところ、バイオマスと子実収量は播種期の遅れに伴って減少することなどが予測され、本モデルの有効性が示された。

以上のように、本研究によって、これまでと全く連続的で複雑である

と考えられてきたコムギの生育は、乾物分配則からみると生長点の分化を軸とする主要生育事象を転換点として規則的に進行しており、機能的役割や気象反応性の異なる5つの生育相から成立っていることが明らかになった。また、コムギ群落は、出穂による形態変化に伴って構造的にも機能的にも大きく変化するほか、従来不明な点が多かったコムギの登熟機構にも機能的役割の異なる4つの相が存在することが判明した。さらに、得られた結果を基に生長シミュレーションモデルを開発し、生産力の評価を試みた結果、本モデルによりコムギの生産力を理論的に評価し得る新しいモデルの構築が可能と考えられた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中世古 公 男
副 査 教 授 木 下 俊 郎
副 査 教 授 島 本 義 也

学 位 論 文 題 名

乾物分配特性からみた春播コムギの生育相と生産力の評価

本論文は、序章と6章からなり、表12、図45、英文摘要および引用文献142を含む総頁数152の和文論文である。別に参考論文9編が添えられている。

世界におけるコムギの収量は、近年、半矮性遺伝子の導入により飛躍的に向上したが、最近、先進諸国における増収効果は停滞しており、新たな収量ポテンシャルの探求が急務となっている。本論文は、春播コムギの生育過程を発育と生長の両面から5つの生育相に分類し、各生育相における生産上の意義を形態形成、物質生産、群落構造および物質分配の面から体系的に把握するとともに、生長シミュレーションモデルを開発し、収量性の改善に資する基礎的資料を得ようとしたものである。

第1章では、同化産物の分配動向が幼穂分化期、止葉出葉期、開花期および乳熟期を転換点として規則的に変化していることを見だし、従来、形態変化を中心に分類されていた生育相を発育と生長の両面から統一的に把握し得る5つの生育相に分類した。また、各器官への分配動向は品種によって異なり、長稈・晩生品種では葉身への分配傾向が、短稈の半矮性品種では穂への分配傾向が強いこと、各生育相における発育速度は生育前半では気温および日長、生育後半では気温のみによって変動することを明らかにした。

第2章は、光エネルギー（光合成有効放射）の反射、透過および吸収率を連続測定し、乾物生産との関係を検討したものである。反射率は生

育期間を通じてほぼ 5%で推移するが、透過率は幼穂分化期から止葉出葉期にかけて急減し、群落構造完成後は95%以上の光が吸収されていることを確認した。また、光吸収効率の指標となる受光係数は、生育の前半では 0.6、後半では 0.3に推移すること、登熟期では上部光合成器官である穂、穂首、止葉で約80%の光が吸収されること、および乾物生産量はエネルギー吸収量に比例して増加するが、その対応関係は出穂期の前後で異なることを示し、登熟期では群落構造が強光下条件により適応する方向に変化することを明らかにした。

第3章は、登熟期における葉身の早朝から夕方にかけての可溶性糖分増加量、窒素含有率および光合成速度を測定し、群落同化能力を評価したものである。その結果、窒素含有率は強光下での光合成速度と、糖分の日中増加量は群落条件下での光合成速度と高い正の相関を示し、窒素含有率は潜在的な光合成能力を、糖分の日中増加量は群落におけるリアルタイムな光合成速度を示すことを明らかにした。また、光合成は葉身窒素含有率が1.2 %以下ではほとんど行われず、光合成速度が $2\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以下では葉身に糖分が蓄積されないことを示した。

第4章では、登熟期間における稈の乾物重の推移を節位別、成分別に解析し、稈内貯蔵養分の蓄積・転流と登熟機構との関係について検討している。乳熟期から成熟期にかけての乾物重の減少は、可溶性糖分の減少に起因しており、第2節間および下位節間が貯蔵器官としての役割を果たしていることを明らかにした。また、稈の伸長停止期から乳熟期では同化産物は子実生長に利用され、余剰分が一時的に稈に蓄積されること、乳熟期から光合成停止期では同化産物は子実生長にふり向けられ、不足分が稈から子実へ転流すること、および光合成停止期以降は子実は稈からの転流のみによって生長することを明らかにした。

第5章では、ドイツ育成の高バイオマス品種と北海道の半矮性品種との交雑後代系統の生産力を環境の異なる地域で比較し、育成系統は親品種に比べ収穫指数は劣るものの全乾物重が高く、高収系統の育成が可能であることを示した。

第6章では、各章で得られたデータから、生長シミュレーションモデ

ルを開発し、計算値と実測値との比較からモデルの精度を検討した。その結果、乾物重の計算値は必ずしも実測値と一致しなかったが、発育経過や器官別乾物重の推移の様相はきわめてよく適合した。また、モデルの応用例の一つとして播種期の影響を解析したところ、バイオマスと子実収量は播種期の遅れに伴って減少することが予測され、本モデルの有効性が示された。

以上、本研究は、春播コムギの生育過程を形態形成、物質生産、群落構造および物質分配面から体系的に解析、検討し、新たな生長シミュレーションモデルを提示したもので、学術上重要な知見を加えたばかりでなく、応用上の貢献も大きいものと評価される。よって審査員一同は、別に行った学力確認試験の結果と合わせて、本論文の提出者 高橋 肇は博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認定した。