

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26450022

研究課題名(和文) コムギの避陰反応の抑制による収量ポテンシャル向上の可能性の検証

研究課題名(英文) Possibility for improving wheat yield potential by suppressing shade avoidance syndrome.

研究代表者

豊田 正範 (TOYOTA, Masanori)

香川大学・農学部・教授

研究者番号：30284350

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：赤色/遠赤色光比(R/FR比)の変化がコムギの生育や収量に及ぼす影響を調査し、避陰反応の抑制による収量ポテンシャル増加の可能性の検証を試みた。  
光質制御フィルムやLED光源を用いたR/FRの変化に対する反応を単一品種による2回の圃場試験で調査したが、いずれも生育および収量への明確な影響は認められなかった。続いて光質に対する生育反応の品種間差異について国内約50品種を用いて2回のポット試験を実施した結果、多くの品種で高R/FR環境で茎数増加と草高の低下という避陰反応と同様の形態反応が認められた。全品種の平均値では光質変化への反応に有意差が認められたが、2回とも同様に反応する品種はみつからなかった。

研究成果の概要(英文)：The growth and yield responses in wheat to the changes of light quality (the ratio between red and far red light, R:FR) within the canopy were studied to explore the possibilities for improving wheat yield potential by suppressing shade avoidance syndrome. The results of two field experiments showed that no significant effect on the growth and yield in wheat in response to the changes of R:FR which regulated by light control films or LED lights. Subsequently, the cultivar differences of 50 Japanese wheat cultivars on the growth and yield responses to the change of R:FR were examined by two pot experiments. The increase of tillers and decrease of plant height under high R:FR environment were observed in many cultivars. Though the average of all cultivars in the number of tillers and plant height were significantly different between treatments, there was no cultivars which showed clear responses to the changes of R:FR in both experiments.

研究分野：作物学

キーワード：光質 コムギ 群落内光環境 R:FR 物質生産

### 1. 研究開始当初の背景

作物の生育に不可欠な光は、光の量、質および日長の3要素に分けられる。作物が受ける光量は光合成による乾物生産と密接に関係し、日長は光周性により花芽形成を誘導する。光質(青色光、赤色光、遠赤色光などの光量子束密度や各波長の比率)も植物の避陰反応、概日リズムや形態形成に影響を及ぼすことが知られている。

赤色光は植物の光合成色素に吸収されるが、遠赤色光は透過されるため、葉面積指数(LAI)が高い作物群落ほど、群落内の赤色/遠赤色光比(R/FR比)は低下する。R/FR比の低下は、頂芽優勢の増強と腋芽の生育抑制などの避陰反応という生育応答をもたらす。コムギにおける避陰反応の意義は、分けつ出現、生育および有効化を介して最終的な穂数の決定に影響する点にある。

申請者が過去に実施した群落内の光環境と分けつ性に関する試験研究において、赤外線領域を遮蔽する特殊フィルムを用いてR/FR比を高めるとコムギの分けつ数が増加することを確認した。このことにより、避陰反応の抑制による分けつ数の増加と収量ポテンシャル向上の可能性の検証を思い至った。

### 2. 研究の目的

植物の避陰反応についてはその発現メカニズムや関与する遺伝子の同定など多くの植物生理学的、分子生物学的研究が行われてきたが、圃場での生産生態学的な視点から収量性と関連づけて研究されることはほとんどなかった。稈長で例えると、粗放的な栽培条件下では雑草との光の競合のために長稈品種が有利であるが、除草剤で雑草の発生をコントロールする現代の集約農業では、短稈性という形質が多収に有利である。避陰反応においても、乾物生産能力の高い現代の品種を用いた集約農業という条件下では、避陰反応の抑制が多収につながる可能性が考えられる。すなわち、避陰反応を抑制して最高分けつ数を増加させた場合、この増大したシンクキャパシティを満たすソース能力が現代のコムギ品種に備わっていれば、収量ポテンシャルを増加させる可能性がある。

以上の観点から、圃場条件下での光質制御がコムギの収量および収量構成要素に及ぼす影響を分けつ性を中心に明らかにし、コムギの避陰反応の抑制による収量ポテンシャル増大の可能性を探ることを目的とした。

当初、2回の圃場試験のみの計画であったが、1回目の圃場試験の結果、光質変化に対する有意な効果がみられなかったことから、27年および28年の11月から光質変化に対する反応の品種間差のポット試験を追加して実施した。

### 3. 研究の方法

#### (1)圃場試験

#### 光質の処理方法と光質測定システム

平成26年度前半に、圃場条件下でR/FR比を変化させる処理方法の検討と光質を測定するシステムの構築をおこなった。

#### 圃場試験

平成26年および27年の11月~6月に2回の圃場試験を実施した。両年とも条間25cmとし、株間は26年は3cm、27年は3cmと6cmでシードテープ加工したコムギ品種“さぬきの夢2009”を条播した。光質処理として、赤外線域を吸収する光質コントロールフィルム(メガクール、三菱樹脂アグリドーム社、以下、M)および厚さ0.07mmの透明農業用ポリフィルム(以下、P)を畝の中央1条を挟むように高さ30cm、長さ5mの屏風状に設置した。またLEDによる光質処理として、植物育成用660nmの赤色LED(以下、R)、波長730nmの遠赤色LED(以下、F)および植物育成用白色蛍光灯(以下、W)を地表面から10cmの高さで条間に設置し、コムギに対して水平に照射した。Rは4mの条に対してLEDを4本連続して設置し、FとWは1mの条に対して各1本を条間に設置した。いずれも高さは成長に合わせて40cmまで次第に高くした。照明は日の出1時間後から照射を開始し、日の入1時間前に消灯するようにタイマーで制御した。なお、27年の試験では赤色LEDによる光処理区のみを設けた。26年の試験では無処理の対照区(以下、C)を含めて処理区数は6、反復数は3、27年の試験では栽植密度と光質処理を各2処理で反復数は3とした。

約2週間ごとに反復区から3個体採取し、地上部乾物重と葉面積指数(LAI)を調査した。成熟期に反復区から中央1条を3m刈り取り、収量および収量構成要素を調査した。毎週、660nmと730nmの光量子量を同時に測定するセンサー(SK110, SKYE社)およびデータロガー(LI-1500, Li-Cor社)を用いて群落内地上部の光質(R/FR比)を測定した。また、各処理区あたり2反復区に対して、中央1条の株間に設置した2本の熱電対で地上10cmの高さの気温を測定した。

#### ガラス室でのポットによる品種比較試験

平成27年および28年の12月~6月にかけて、ガラス室内にて国内コムギ47~50品種を1/5000aワグネルポットに3個体生育させた。LEDによる赤色光照射区(以下、R)、遠赤色光照射区(以下、FR)、対照区(以下、C)の3処理区を設け、各処理区間をベニヤ板で隔離した。反復数は3とした。LED照明は日の出1時間後から照射を開始し、日の入1時間前に消灯するようにタイマーで制御した。第1葉展開時から出穂期までの期間中、茎数、葉齢及び草高を毎週調査した。実験期間中に各処理区の光スペクトルを計測し、R/FR比を記録した。

### 4. 研究成果

## (1)圃場試験

### 光質の処理方法と光質測定システム

光質の制御方法として、特定波長域の光を吸収する光質コントロールフィルムを利用する方法、およびLED等の光源による特定波長照射による用いる方法を用いた。圃場環境下で使用できる全天候型のLEDおよび蛍光灯照明装置の既製品の探索とカスタマイズを行った。完成した全天候型の赤色LED照明および対照区としての白色蛍光照明をダイズ試験で使用し、圃場環境下で高および低R/FR比条件が得られること、台風等の悪天候下でも浸水や破損せず、安定して使用できることを確認した。

光質の測定システムは、赤色660nmおよび遠赤色720nmの2つの単波長のみを測定するセンサーと光量子センサーをコンパクトにまとめてロッドの先端に固定し、そのロッドを群落内に挿入することで、群落内の任意の位置のPARとR:FRの瞬間値を測定・記録できるシステムを構築した。ダイズ群落で使用した結果、従来の波長別光エネルギー分析装置に比べて短時間で多点の測定が可能であることから、より信頼度の高い測定結果が得ることができた。

この光質測定システムを用いて、分枝数の多いダイズ品種“はつさやか”と少ない“サチユタカ”のダイズ2品種の群落内光環境(PAR, R/FR, 受光率)の経時変化と群落内の垂直方向における光環境の変化を調査した結果、品種による分枝数の多少とR/FRとの間に特定の関係はみられず、群落内R/FRの経時変化および垂直方向の変化は受光率によってほぼ決定されることを明らかにした。

### 圃場試験

2回の圃場試験の結果、いずれも光質変化による明確な効果はみられなかった。代表して平成26年の試験結果を以下に概略する。

R/FR比の低下開始時期は高R/FR処理のRとMで早く、低下開始時のR/FR比は高い傾向にあった。最大茎数はP(20本)、 $\alpha$ (19本)、F(19本)、R(18本)、M(17本)、W(15本)の順に多く、最大茎数の時期はC、R、Wが3月2日、PとMが3月10日、Fが3月16日であった。主茎葉齢はいずれも日数の経過に伴って直線的に増加し、Cが高く、Mが低く推移する傾向にあったが、主茎葉数はいずれも約11枚で処理間差はなかった。開花は4月19日のC、W、Fから開始し、続いてP、R、Mの順であった。開花期(50%開花)はC、F、Wが21日、Pが22日、Rが23日、Mが24日であった。開花期の地上部乾物重はC(1500 g m<sup>-2</sup>)が最も重く、続いてF(1323 g m<sup>-2</sup>)、M(1270 g m<sup>-2</sup>)、W(1223 g m<sup>-2</sup>)、P(1189 g m<sup>-2</sup>)、R(1184 g m<sup>-2</sup>)の順であった。いずれの処理区も4月6日に最大LAIに達し、 $R$ (10.5 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>)で最も高く、以下M(9.6 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>)、 $\alpha$ (8.8 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>)、P(7.6 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>)、W(7.3 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>)の順であった。

収量はMがF、W、R、Cに対して有意に低く、同様の傾向が地上部乾物重、全粒数、穂数および一穂粒数に認められた。熱電対で測定した気温は最高気温ではPが高くRとFで低いがその差は約0.8であった。また最低気温ではCが高くPとMで低いがその差は約0.5であった。なお、平均気温に有意な処理間差はなかった。

高R/FR比条件(遠赤外線吸収フィルムおよび赤色LED)は開花期を遅らせたが、個体あたりの茎数についてはいずれの処理も有意な効果はなかった。なお、収量および収量構成要素では穂数および一穂粒数は赤色LEDで高かったが、遠赤外線吸収フィルムが最も低かったことから、高R/FR比処理による収量への影響に一定の傾向はみられなかった。

平成27年の圃場試験は、播種間隔を26年と同じ3cmと倍の6cmの2種類に対して赤色LED区のみ光処理を行ったが、茎数、収量および収量構成要素に光質処理による有意な効果は認められなかった。

以上のように、2回の圃場試験のいずれも光質処理による茎数や収量に明確な効果は認められなかった。

### ガラス室でのポットによる品種比較試験

実測した各処理区のR/FR比はR、FR、Cそれぞれ約1.7、0.8、1.1であり、両年とも高および低R/FR環境が設定されていることを確認した。

2回の試験のいずれも最大茎数の全品種の平均値はRで増加、FRで減少、草高はRで減少、FRで増加するという避陰反応と同様のいずれも有意な形態反応がみられた。各品種の最大茎数と最大草高における対照区に対するR区およびFR区の相対値(R/CおよびFR/C)の頻度分布では、多くの品種でR区で茎数の増加と草高の低下、FR区で茎数の減少と草高が伸長が確認された。

光質変化に対する茎数、草高の反応の品種間差について、秋播性程度、育成年度との関係を検討したが、両年とも有意な相関関係は認められなかった。また、2回の試験のいずれにも供試した30品種を対象に最大茎数と最大草高におけるR/C、FR/Cの年次相関を調べたが、有意な関係は認められず、また、2回の試験のいずれにも光質変化に対して顕著に反応する品種はみつからなかった。

以上のように、2回の試験とも高R/FR比条件下で栽培すると多くの品種で茎数の増加と草高の低下、低R/FR比条件下で茎数の減少と草高の伸長という避陰反応と同様の有意な形態反応が認められた。しかし、光質変化に対して両年とも反応する特徴的な品種や反応の品種間差の要因については、対照区の形質、秋播性程度及び育成年度から特定することはできなかった。

今回の2回の試験において、全品種をまとめてみると光質変化に対する反応は有意であるが、品種による反応に年次相関がなかつ

た点については、供試した約 50 の国内品種の遺伝的変異が小さいことが関係している可能性が考えられた。したがって、本研究期間は終了したが、日本のコムギ・コアコレクション 96 品種を用いた同様の試験を平成 29 年 11 月から実施している。

<引用文献>

Masanori Toyota, Nobuyuki Tatewaki, Masahiro Morokuma and Akihito Kusutani, Tillering responses to high red: far-red ratio of four Japanese wheat cultivars, Plant Production Science, 17(4), 124-130, 2014. 査読有。  
DOI: 10.1626/pp.s.17.124

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

Masanori Toyota, Laaorthip Maitree and Kanchana Chomsang, Changes in radiation interception and R:FR over time and with canopy depth of two soybean cultivars with different branching characteristics, Plant Production Science, 20(2), 205-214, 2017. 査読有  
DOI: 10.1080/1343943X.2017.1294464.

[学会発表](計 4 件)

大嶋 諒, 窪村直樹, Stephen Ndung'u Gateri, Kanchana Chomsan, 豊田正範, R/FR 比の変化がコムギの茎数及び草高に及ぼす影響の品種間差, 日本作物学会四国支部第 53 回講演会, 2017 年 12 月, 徳島県立農林水産総合技術支援センター。

仁科太一, 上月佐織, 和佐一希, Kanchana Chomsan, Maitree Laaorthip, 豊田正範, LED による R/FR 比の変化がコムギの茎数変化に及ぼす影響と品種間差異, 日本作物学会四国支部第 53 回講演会, 2016 年 11 月, 高知大学農林海洋科学部。

小山田恵梨, 楓典子, 矢野瑞貴, Maitree Laaorthip, 豊田正範, LED 照明および光質コントロールフィルムによる R/FR 比の操作が圃場栽培したコムギの生育に及ぼす影響, 日本作物学会四国支部第 52 回講演会, 2015 年 11 月, 愛媛大学農学部。

Masanori Toyota, Distribution of radiation and red/ far red ratio within soybean canopy, International Symposium on Improvement of Soybean Yield Potential in the Monsoon Asia, Graduate School of Agriculture, Kyoto University. December, 2014.

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

豊田 正範 (TOYOTA, Masanori)  
香川大学・農学部・教授  
研究者番号: 30284350

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

( )

研究者番号:

(4) 研究協力者

( )