

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：24403

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25660199

研究課題名(和文)人工照明下における植物個体間の生態的相互作用の解明とその応用に関する基礎的研究

研究課題名(英文)Fundamental study on ecological interactions between neighboring plants under artificial lighting

研究代表者

渋谷 俊夫 (Shibuya, Toshio)

大阪府立大学・生命環境科学研究科(系)・准教授

研究者番号：50316014

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、キュウリ実生個体群をR/FR比1.2のメタルハライドランプ(ML)照射下または、R/FR比10の蛍光灯(FL)照射下で育成し、光獲得の過程とその後の成長を評価した。ML照射下に比べて、FL照射下では初期の光獲得の優位性がその後も変化しにくく、初期に有意な個体ほどその後の成長は大きくなった。このことは、R/FR比の高い光照射下では個体間の光獲得競争が起こりにくく、その結果として、初期の光獲得の優位性がその後の成長に影響しやすくなることを意味する。光質が個体間の相互作用を通して、成長に影響することは、人工光で植物を育成するときの光源を選択する際に考慮すべきであろう。

研究成果の概要(英文)：Light competition and subsequent growth of dense plant stands were evaluated under light with different red:far-red ratios (R:FRs). The plant stands containing cucumber seedlings with different mutual shading degrees were prepared, and were grown under light with normal R:FR or high R:FR (= 11). Under normal R:FR light, differences in shading degree within individuals became non-significant within 2 days, whereas under high R:FR light, differences were preserved throughout the experimental period, indicating that the unequal competition for light exists between neighbors under high R:FR light. The initial shading degree and dry-matter accumulation of the seedlings during the experimental period were positively correlated under high R:FR light but not under normal R:FR light. The knowledge from this study that light quality affects plant growth by altering the competitive interactions among plants will provide guidance for optimizing the light conditions.

研究分野：生物環境調節学

キーワード：光環境応答 個体群生態学 避陰反応 苗生産

1. 研究開始当初の背景

植物個体間の生態的相互作用は個体群の発達過程に影響を及ぼし、そこには個体群内における光質の変化が大きく関与している。本研究は、個体群に照射される光の質が植物個体間の生態的相互作用に及ぼす影響を明らかにし、植物生理・生態学分野に工学的な新しい研究手法をもたらすとともに、人工照明下で植物の生産性を高めるための環境調節法に関する基礎知見を得ることを目的とする。

2. 研究の目的

植物個体群では、隣接した個体間において光獲得のための競争が起こっており、これによって個体群内の植物の成長は均一化されることが知られる。この現象には遠赤色光 (FR:波長 700-800 nm) に対する赤色光 (R:波長 600-700 nm) の比 (以下, R/FR 比) が関与している。植物葉の光透過率は R より FR の方が大きいことから、植物葉を透過した光の R/FR 比は低くなる。下層の植物は、R/FR 比の低下から他の植物に覆われたことを感知し、茎の伸長を促進させる。この反応は避陰反応と呼ばれる。しかし蛍光灯のように高い R/FR 比を持つ光照射下では、葉を透過した光の R/FR 比は避陰反応を起こすほど低下しないため、光獲得競争の過程が自然光下とは異なることが予想され、そのことが個体群内の植物の成長や、個体間の成長のばらつきに大きく影響すると考えられる。本研究では、R/FR 比の異なる光源下における植物の光獲得競争の過程を明らかにするとともに、初期の光獲得の優位性がその後の成長、さらにはバイオマス分配に及ぼす影響を調べた。

3. 研究の方法

子葉展開直後のキュウリ (*Cucumis Sativus* L., ‘北進’) 実生を、パーミキュライト培地を含む 8×8 セルの育苗トレイ (セル 25 mm 角) に移植し、個体群を作製した。育成開始時に、第 1 本葉の出葉方向と葉の重ね順を、乱数表を用いてランダムにした (図 1)。育成開始時の草高は 20 mm に揃えた。作製した個体群を、メタルハライドランプ (DR400-TR, 東芝ライテック(株); R/FR=1.2; 以下, ML) または 3 波長型白色蛍光灯 (FPL55EX-D, パナソニック(株); R/FR=10; 以下, FL) 照射下で 6 日間育成した。光源の分光スペクトル分布を図 2 に示す。共通の育成条件は、気温 27℃、相対湿度 55%、キャノピーにおける光合成有効量子束密度 (以下, PPFD) 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、明期 16 h d⁻¹ とした。灌水は培養液 (大塚ハウス A 処方, OAT アグリオ(株)) を用いて適宜行った。各個体における葉面積を、実験開始日の葉長と葉幅から推定し、試験終了日にはイメージスキャナーを用いて計測した。試験期間中における各個体の葉面積を、葉面積が指数関数的に増大すると仮定し、内挿によって推定した。育成期間中毎日、全葉面積に対し

て照射光が直接当たっている面積の割合を個体ごとに目視で求め、20% ごとく 5 段階にクラス分けを行った。各クラスにおける受光面積割合の平均値を、10%、30%、50%、70% および 90% とし、この値に各個体の推定葉面積、キャノピーにおける PPFD および明期時間を乗じることで個体あたりの日積算受光量を毎日求めた。試験終了時に、各個体のシュートおよび根部乾物重を測定した。試験開始時の乾物重も別個体を用いて測定し、試験期間中の乾物増加量を求めた。セルトレイの周縁部 2 列の植物は、測定の対象外とした。試験は 5 反復行い、反復ごとに異なる乱数表を用いて個体群を作製した。

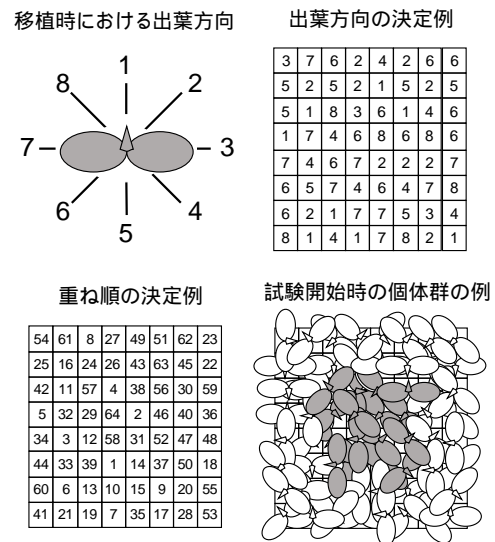


図 1 個体群の準備方法
塗りつぶし部分は測定対象個体

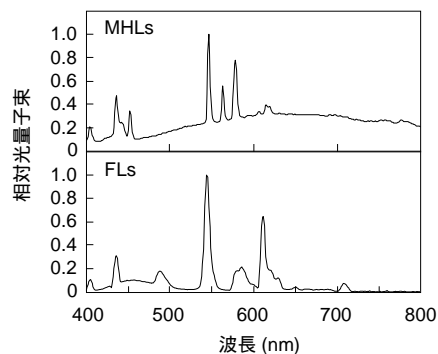


図 2 光源の分光スペクトル分布
最大値を 1 とした相対値で示す。

4. 研究成果

ML照射下では、初期の被陰率が小さいクラスの日積算受光量は経時的に低下し、初期の被陰率が大きいクラスの日積算受光量が増大する傾向が見られた (図 3)。その結果として育成開始 2 日目以降において、初期の被陰率 (光が直接照射されていない部分の割合) が異なるクラス間での日積算受光量の差がみ

られなくなった。一方、FL照射下では、初期の被陰率が異なるクラス間での日積算受光量の差は試験期間中続いた(図4)。このことから、ML照射下に比べFL照射下では光獲得競争が起こりにくいことが明らかとなった。すなわち、これは、FL照射下では、初期の光獲得の優位性が継続しやすいことを意味する。積算受光量の変動係数は、FL照射下においてMHL照射下よりも大きくなった(図4)。これは受光量のばらつきがFL照射下で大きくなったことを意味する。

ML照射下では、初期の受光量は期間積算受光量および乾物増加量に影響を及ぼさなかったが、FL照射下では、初期の受光面積が大きいほど期間積算受光量および乾物増加量は大きくなった(図5および図6)。これは、FL照射下では光獲得競争が起こりにくいことから、初期の受光面積の小さい個体は隣接個体に覆われ続け、その結果として、個体あたりの受光量が減少し、個体あたりの純光合成が抑制されたためと考えられる。FL照射下では初期の受光量が大きいほど、根部乾物重に対するシュート乾物重の比(S/R比)が小さくなった(図7)。FL照射下において初期受光量の小さい個体は、育成期間中に弱光条件が続いたことで、光獲得のために地上部を優先して成長させたためと考えられる。

以上、R/FR比の高い光照射下では個体間の光獲得競争が起こりにくく、その結果として、初期の光獲得の優位性がその後の成長やバイオマス分配に影響しやすくなることが明らかとなった。光質が個体間の相互作用を通して、成長に影響することは、人工光で植物を育成するときの光源を選択する際に考慮すべきであろう。

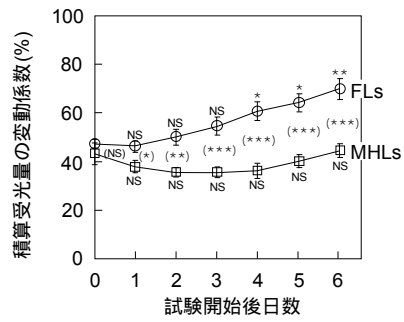


図4 積算受光量の変動係数の経時変化

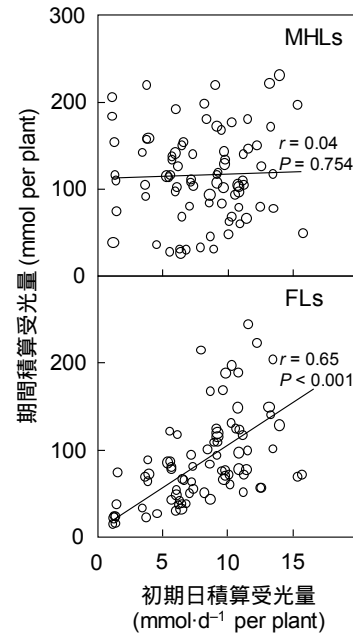


図5 初期受光量と期間積算受光量の関係

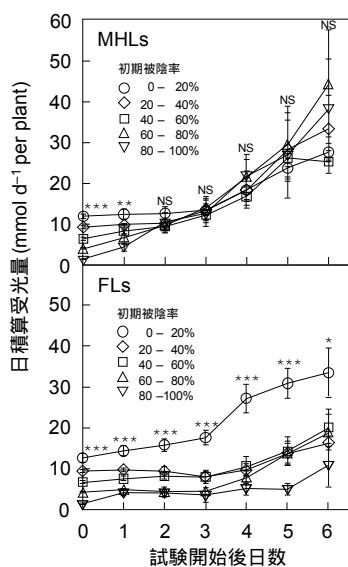


図3 日積算受光量の経時変化

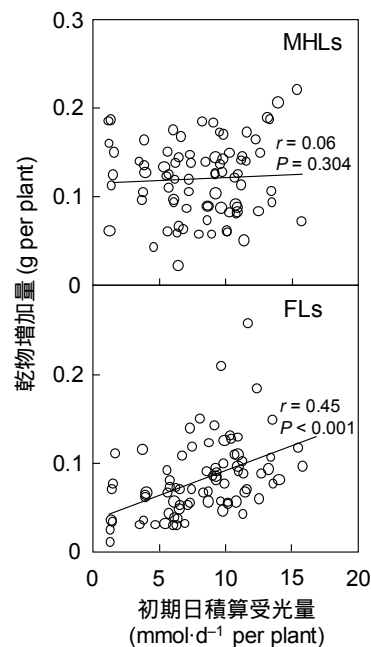


図6 初期受光量と乾物増加量の関係

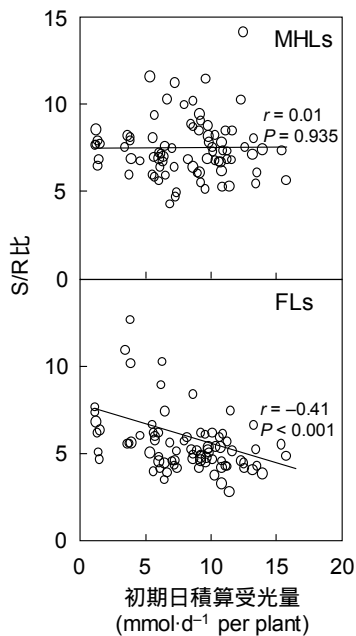


図7 初期受光量とシュート/根乾物重比 (S/R比) の関係

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計7件)

岸上早紀, 渋谷俊夫, 遠藤良輔, 北宅善昭. 照射光の赤色/遠赤色光比および飽差がキュウリ実生の伸長成長および展葉に及ぼす複合影響. 日本農業気象学会 2016年全国大会. 2016年3月16日. 岡山大学津島キャンパス(岡山県岡山市)

渋谷俊夫, 林 早紀, 遠藤良輔, 北宅善昭. 異なる赤色/遠赤色光比の光照射下におけるキュウリ実生の光合成および成長特性の評価. 日本農業気象学会 2016年全国大会. 2016年3月15日. 岡山大学津島キャンパス(岡山県岡山市)

Kishigami, S., Shibuya, T., Endo, R., Kitaya, Y. Light competition between neighboring cucumber plants is reduced by growing under illumination with a high red to far-red ratio. GreenSys 2015 -International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouse-. 2015年7月20日. University of Evora, Evora (Portugal)

岸上早紀, 渋谷俊夫, 遠藤良輔, 北宅善昭. 赤色/遠赤色光比の異なる光源かにおける植物の光獲得競争の評価. 日本農業気象学会 2015年全国大会. 2015年3月17日. 文部科学省研究交流センター(茨城県つくば市)

渋谷俊夫, 岸上早紀, 遠藤良輔, 北宅善昭. 高 R/FR 比の蛍光灯照射下では植物の光獲得競争が起きにくい. 日本生物環境工学会 2014年大会 2014年9月10日. 明治大学駿河台キャンパス(東京都)

渋谷俊夫. 植物生産における生理生態的トレードオフ. 植物工場先端技術センタ

ーセミナー(招待講演). 2013年12月6日. 愛媛大学樽味キャンパス(愛媛県松山市)

高橋修司・渋谷俊夫・遠藤良輔・北宅善昭. 照射光の赤色/遠赤色光比は植物個体群における成長の均一性に影響する. 日本生物環境工学会 2013年大会. 2013年9月4日. 香川大学幸町キャンパス(香川県高松市)

〔図書〕(計1件)

Kozai, T., Shibuya, T., He, D., Zobayed, S., Chun, C., 2015. Transplant production in closed systems, 405 (237–269). In: Kozai, T., G. Niu., and M. Takagaki (eds.). Plant factory, Academic Press.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渋谷 俊夫 (SHIBUYA Toshio)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・准教授
研究者番号: 50316014

(2) 研究分担者

遠藤 良輔 (ENDO Ryosuke)

大阪府立大学・生命環境科学研究科・助教
研究者番号: 10409146