赤・青混合光とキュウリ，ピーマン，ハツカダイコンの生育¹⁾

堀 口 郁 夫*

北海道大学農学部*

1971 年 12 月 14 日受付

I. ま え が き

光質と作物の生育の関係を明らかにするため，さきに行なったトマト，大豆の実験^(1,2)に引き続いて，赤・青の単色光蛍光灯を組合わせて，赤・青色光の混合割合を変え，キュウリ，ピーマン，ハツカダイコンの生育との関係について実験を行なった．赤・青の単色光は，他の単色光より緑色植物の光合成，光成形などの光反応に高い活性があることが知られている．しかし，自然界においては，これらの単色光は単独に存在するものでなく，他の単色光の部分を含む連続スペクトル(太陽光)として存在し植物に作用している．したがって当然，植物に作用する光の反応は，単色光だけの反応でなく，他の単色光が混合した場合の反応も存在していると考えられる．そのため著者は，まず植物に高い活性を示す赤・青混合光についての実験を行なった．

トマトを用いた実験では，赤と青の単色光を組合わせた場合，赤または青の単色光だけの照射の場合より，赤色光が全照射量の 80~88% のとき，トマトの草丈，生体重，乾物重などが最大になることが明らかとなった．一方，大豆については草丈の伸長は，赤色光 100% の場合に最大となったが，生体重，乾物重はトマトの場合と同様に，赤色光の照射割合が 78~100% のとき最大となった．この 2 つの作物の反応の相違から他の作物においても，赤・青混合光に対する反応が異なることが予想されたので，今回はキュウリ，ピーマン，ハツカダイコンを用いて実験を行なった．

II. 実験方法

1. 実験方法の概要：実験は，つぎの 3 種類について行なった．

- 1) 全光量を一定にし，赤・青色光混合割合を種々変えた場合のキュウリ，ピーマン，ハツカダイコンの生育．
- 2) 赤色光のみを一定にし，青色光の光量を変えて，赤色光に混合した場合のキュウリの生育．
- 3) 赤色光が 98% の(R30-B0)と 55% の(R15-B15)の 2 種類の混合光について，全光量を変えて照射した場合のキュウリの生育の相違．

実験に使用したグロースキャビネットは，40 W の蛍光管 30 本をとりつけた幅 1.5 m，奥行 1.5 m，高さ 1.8 m のもので，赤・青蛍光管の混合割合を種々変えることによって光質を変え，その光源下でキュウリ，ピーマン，ハツカダイコンを生育させた．なお，これら作物の品種はつぎのとおりである．

キュウリ：加賀青長節成．ピーマン：緑王．
ハツカダイコン：コメット．

2. 照射光源

- 1) 全光量を一定にし，赤・青色光混合割合を変えた場合

実験に使用した蛍光管は，三菱カラー ドランプで，Table 1 に示した 7 種類の混合光源下で，キュウリ，ピーマン，ハツカダイコンを栽培した．混合光源の波長分布は Fig. 1 のとおりである．

Fig. 1 の波長分布より赤色部(0.6~0.7 μ)，緑色部(0.5~0.6 μ)，青色部(0.4~0.5 μ)の割合を求めて示したのが Table 1 である．なお，全照射強度は，キャビネット中央のポット上面で測定した結果，0.020~0.025 ly/min であった．

- 2) 赤色光のみを一定にし，青色光の光量を変えて赤色光に混合した場合

赤色光に対し青色光がどのように作用するかを明らかにするため，一定量の赤色光に種々の割合の青色光を混

¹⁾ Ikuro HORIGUCHI*: The Effects of Mixture of Red and Blue Lights on the Growth of Cucumber, Spanish-paprika and Radish Plants.

* Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo.

Fig.1 The distributions of spectral flux obtained by combining red and blue light.

合してキュウリの生育について実験を行なった。この実験の場合の光源は Table 2 に示した4種類の混合光である。

3) (R 30-B 0), (R 15-B 15)の混合光の照射強度を変えた場合

キュウリの生育は、後に述べるごとく(R 30-B 0)の場合が最高の生育(草丈, 生体重, 乾物重等)を示した。また, (R 15-B 15)は, 草丈, 生体重, 乾物重などの生育が悪く, ことに草丈の伸長が最低であった。この2種類

の混合光に対し光量を変えた場合, 生育状態がどのように変化するかを観察するため, (R 30-B 0)の混合光に対しては, 0.023 ly/min と 0.034 ly/min の強度, (R 15-B 15)の混合光に対しては, 0.024 ly/min と 0.030 ly/min の強度の光源の下でキュウリを生育させ, 草丈, 生体重, 乾物重等の調査を行なった。

3. 処理方法

1) キュウリ, ピーマン

28°C の暗所で発芽させた後, 栽培用蛍光灯(東芝FLR

Table 1 The percentage of red, green and blue light range obtained by combining red and blue fluorescent lamps.

Name	Number of fl. lamp tube Red : Blue	Red region (0.6~0.7 μ)	Green region (0.5~0.6 μ)	Blue region (0.4~0.5 μ)
R 30-B 0	30 : 0	98%	2%	0%
R 26-B 4	26 : 4	87	5	8
R 23-B 7	23 : 7	83	6	11
R 15-B 15	15 : 15	55	12	33
R 10-B 20	10 : 20	37	22	41
R 5-B 25	5 : 25	20	22	58
R 0-B 30	0 : 30	8	31	62

Table 2 The percentage of red, green and blue light range obtained by adding constant numbers of red fl. lamp tubes to variable numbers of blue fl. lamp tubes.

Name	Number of fl. lamp tube Red : Blue	Red region (0.6~0.7 μ)	Green region (0.5~0.6 μ)	Blue region (0.4~1.5 μ)	Intensity ly/min
R 15-B 0	15 : 0	97%	3%	0%	0.011
R 15-B 5	15 : 5	70	7	23	0.016
R 15-B 10	15 : 10	63	10	27	0.019
R 15-B 15	15 : 15	55	12	33	0.025

40 S-BR/a) と昼光色蛍光灯 (東芝 FL-40 S.D) を 1:1 の割合で照射したキャビネット内で、本葉 2 枚が展開するまで生育させ、その後、赤・青混合光源のキャビネットに移した。キャビネット内に入れた期間 (処理期間) は、キュウリは、1) の実験では 17 日間、2) の実験では 20 日間、3) の実験では 16 日間で、ピーマンの場合は 24 日間である。処理期間中の条件は下記のとおりである。

明期 18 時間 28.0 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C

暗期 6 時間 20.0 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C

2) ハツカダイコン

キュウリ、ピーマンの育苗に用いた栽培用蛍光灯と昼光色蛍光灯が 1:1 の割合でとりつけられているキャビネットでは、発芽から本葉が 2 枚展開するまで生育させた後、赤・青混合光源のキャビネットに入れて処理を開始した。処理期間は 30 日間で、処理中の条件は下記のとおりである。

明期 16 時間 25.0 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C

暗期 8 時間 17.0 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C

各作物とも、処理中は、1/5000 a ワグネルポットに 1 個体ずつ栽植し、処理後の生育調査は草丈、生体重、乾物重などについて行ない、10 個体の平均値を求めた。培養土としてはパーミキュライトを用い、肥料は大塚化学の澱耕用液肥を用いた。

III. 実験結果および考察

1. 全光量を一定にし、赤・青混合割合を変えた場合

Fig. 1 の波長分布曲線よりもとめた赤色部 (0.6~0.7 μ) の割合と、草丈、生体重、乾物重の関係を示したのが Fig. 2, 3, 4 である。

これらの図によると、キュウリ、ピーマンがほぼ同じような生育曲線を示している。すなわち、最大の草丈、生体重、乾物重は赤色光が 98% の (R 30-B 0) の区にあらわれ、赤色光が約 50% 程度までは赤色光の割合にほぼ比例して草丈、生体重、乾物重とも減少している。さらに赤色光の割合が少なくなり、青色光の割合が多くなると、草丈は再び高くなるが、生体重、乾物重の場合はほぼ一定の値を示し、波長の相違による差は少ない。

一方、ハツカダイコンは、赤色光の割合が 83%, 87% の混合光の区が、他の混合光の区と比較して生体重、乾物重が大である。

キュウリ、ピーマン、ハツカダイコンの反応をトマト、大豆の場合^(1,2)と比較すると、ハツカダイコンの生体重、乾物重はトマト、大豆の場合と同じような反応を示し、赤色光の割合が 83~87% 付近に生育に対する最大の効果があり、これよりも赤色部の割合が多くても少なくても、生体重、乾物重は低下する。そして、赤色部の割合が約 50% より少なくなると、その効果はほぼ一

Fig. 2 Relationship between the growth of cucumber and the ratio of red light range.

Treatment period is 17 days after two leaves stage. The temperature of day time (18 hr) is $28.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ and that of night time (6 hr) is $20.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

定である。これに反して、キュウリ、ピーマンは全く異なった反応を示している。とくに、草丈に対する反応は Fig. 2, 3 にみられるような V 型を示し、赤色部の割合が約 50% 付近で最低を示す。また、生体重、乾物重についてはトマトの場合、最大値は赤色部の割合が 80~88% のときであったが、キュウリ、ピーマンの最大値は赤色光のみのときにあらわれた。

2. 赤色光のみを一定にし、青色光の光量を変えて赤光に混合した場合

赤・青混合光源において、赤色部の割合が約 50% 以上含まれる混合光源の照射を受けたキュウリ、ピーマンの生育状態は、赤色部の割合の減少にほぼ比例して草丈、

Fig. 3 Relationship between the growth of spanish-paprika and the ratio of red light range.

Treatment period is 24 days after two leaves stage. The temperature of day time (18 hr) is $28.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ and that of night time (6 hr) is $20.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

生体重、乾物重などが減少した。そのため赤色光を一定の量にし、青色光の光量を変えて加えた場合のキュウリの反応について実験を行なった。その結果は Fig. 5 に示したとおりである。

赤・青混合光源は、光の混合による干渉のため赤色部の光量は厳密には一定にならないが、(R 15-B 0)と(R 15-B 5)を比較すると、青色光を加えた(R 15-B 5)の方が全般的に生育が劣っている。この傾向は草丈においてとくに著しい。さらに、青色光を多く加えた(R 15-B 10)では、草丈はさらに短くなる。しかし、(R 15-B 15)の場合には、(R 15-B 15)、(R 15-B 10)より草丈の伸長がみられ、これは全光量の増加の影響があるものと思われる。一方、生体重、乾物重は(R 15-B 0)と(R 15-B 5)を比較すると、(R 15-B 5)の方がわずかに重量は軽い、さらに青色光が多い(R 15-B 10)。(R 15-B 15)は光量に

Fig. 4 Relationship between the growth of radish and the ratio of red light range.

Treatment period is 30 days after two leaves stage. The temperature of day time (16 hr) is $25.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ and that of night time (8 hr) is $17.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

比例して増加している。この実験結果より、①キュウリの草丈の伸長において赤・青色光の混合による相互作用が存在する。②生体重、乾物重についてはこの相互作用は明らかに現われないが、効果は草丈より著しくないと推定される。したがって、1)の実験において、最高の生育状態を示した赤色部の割合から、青色部が多くなるにつれ草丈、生体重、乾物重が急速に減少するのは、赤色光と青色光の単独の効果のほかに、混合による相互作用の効果も加わっているものと考えられる。しかし、赤色部の割合が約50%以下になると、こんどは青色光の効果が強く現われ、キュウリの伸長がふたたび著しくなるものと推定される。

3. (R 30-B 0), (R 15-B 15)の混合光の光強度を変えた場合

グロースキャビネット内での実験は、蛍光管による光が自然光に比較して著しく弱い場合である。したがって、より強い光をうけた場合の作物のうける反応を知るため(R 15-B 15)と(R 30-B 0)の2種の混合光について、光量を変えてキュウリの生育状態の比較を行なった。その結果を Fig. 6 に示した。

Fig. 5 The effect of blue light added to red light on cucumber.

Treatment period is 20 days after two leaves stage. The temperature of day time (18 hr) is $28.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ and that of night time (6 hr) is $20.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

Fig. 6 Comparison of cucumber grown under different light intensities.

Treatment period is 16 days after two leaves stage. The temperature of day time (18 hr) is $28.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ and that of night time (6 hr) is $20.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

Black column: dry matter
White column: plant height

実験の結果は、トマトの場合と同様に、草丈について伸長の不良な(R 15-B 15)は、光量の増加による草丈の増加が著しいが、伸長の良好な(R 30-B 0)の場合は、光の強弱による草丈の差は少ない。このことにより Fig. 1, 2, 3 に示した赤・青混合光の混合割合による草丈の伸長差は、光量が強い場合はほとんどなくなることが予測される⁽³⁾。これに対して生体重、乾物重は、(R 30-B 0)、(R 15-B 15)とも光量をまずにつれて増加している。光合成の光飽和は、強い光量を要するため、光量が増加するほど生産量が多くなるものと思われる。

以上の実験結果から、作物に対する赤・青混合光源の照射による効果は、一般的に赤色部の割合の多い混合光の場合、草丈、生体重、乾物重などの生育がよい。キュウリ、ピーマンなどは、赤色光のみの場合、草丈、生体重、乾物重がともに最高を示すが、ハツカダイコン、トマトは赤色光にわずかの青色光を加えた場合に最高の生育状態を示した。

IV. あとがき

赤・青混合光が作物の生育におよぼす影響について、著者は今までに、トマト⁽¹⁾、大豆⁽²⁾、キュウリ、ピーマン、ハツカダイコンの5種類について実験を行ってきた。その結果、これらの作物は赤色部の割合が多い混合光で草丈、生体重、乾物重などの生育状態がよいが、最大の生育はキュウリ、ピーマンの草丈、生体重、乾物重および大豆の草丈の場合は赤色光のみのとき最大値を示し、トマトの草丈、生体重、乾物重、大豆およびハツカダイコンの生体重、乾物重などは、赤色光にわずかに青色光を加えた混合光で最大値を示した。また、赤色部の割合が約50%以下の混合光では、キュウリ、ピーマンの草丈を除いては光質の相違による生育差は非常に小さい。

Summary

The effects of various combinations of red and blue fluorescent lamps for the growth of cucumber, spanish-paprika and radish plants were examined. When all radiant energies were kept constant, the maximum growth of cucumber and spanish-paprika plants appeared under the maximum intensity of red light range (R30-B0). However, the fresh weight and dry matter of radish had the maximum value, when the ratio of red light range was 83—87%. Except the plant heights of cucumber and spanish-paprika, there was no difference in fresh weight and dry matter at red light range less than fifty percents of all visible region.

Secondly, in order to investigate the effect of blue light, red light was kept constant and blue light was added to it. The plant height of cucumber was remarkably reduced by adding blue light.

When two different intensities of lights in R30-B0 and R15-B15, respectively, were irradiated to cucumber, the plants showed similar height in high light intensity (0.034 ly/min) and low light intensity (0.023 ly/min) under R30-B0. In the case of R15-B15, the plant height of cucumber irradiated with high light intensity (0.030 ly/min) was taller than that of low light intensity (0.024 ly/min).

(Received December 14, 1971)

文 献

- (1) 堀口郁夫 1969 単色光蛍光灯の組合わせとトマトの生育. 生物環境調節 6: 18-21.
- (2) 堀口郁夫 1970 光質の相違による大豆の生育. 生物環境調節 8: 21-24.
- (3) SZEICZ, G. 1966 Field measurements of energy in the 0.4~0.7 micron range. In "Light as ecological factor" (Ed. by BAINBRIDGE, R. *et al.*) pp. 41-51. Blackwell Scientific Publications, Oxford.