

光は農薬の代わりになるか？
～LEDによる草花の伸長制御～



青森県立名久井農業高等学校

園芸科学科 3年 荒谷優子

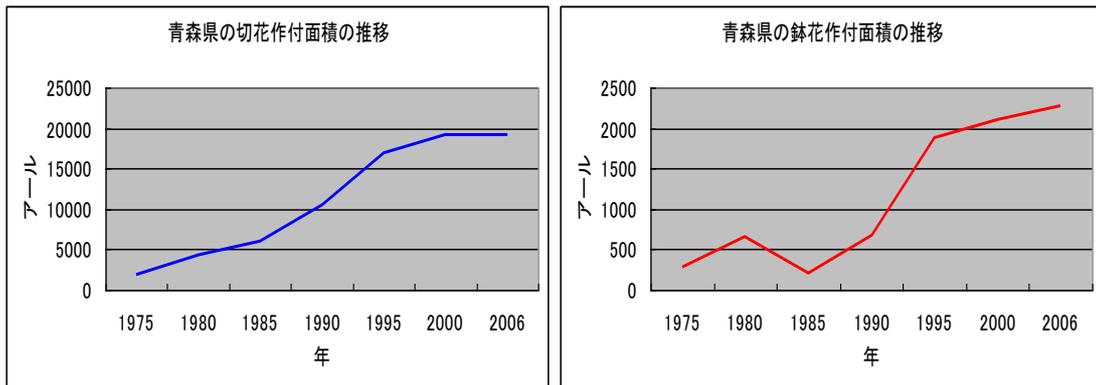
2年 逸見愛生

1 研究の背景

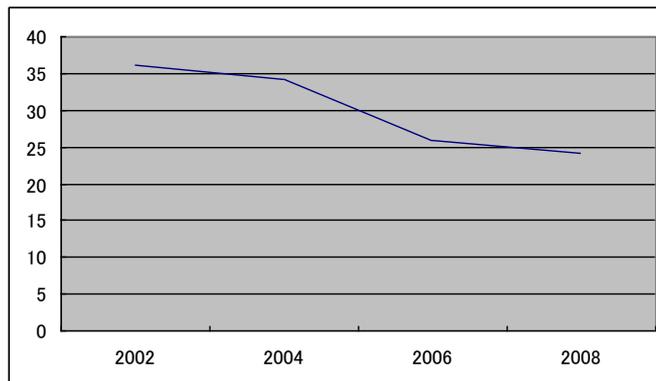
青森県で栽培される草花は寒暖の差が大きく、花の色彩が鮮やかで日持ちが良いと高い評価を得ている。そのためこの20年間で作付け面積は、切花で約190haと1.1倍、鉢花では約22haと7.8倍にも増えている。しかし、近年は不況により価格が下がり、平成20年度の生産額は県の花き栽培全体で24億2千万円と平成18年と比較して約4億円も減少している。そのため、より高品質の草花生産が求められている。しかし草花に求められる品質は、切花であれば茎が長いこと、花壇苗や鉢花であれば徒長していないことなど用途によって求められる品質は異なる。草花は品質によって価格が左右されるため、農家によってはジベレリンやわい化剤など薬剤を用いて草丈の伸長を制御することも多い。ところが環境に対する意識が高まっているため無農薬の花を求める消費者が多くなり農薬を使わない新しい伸長制御技術が求められている。

光は植物の生長に大きな影響を与えることがわかっている。そこで普及に伴い安価になってきたLEDを利用して草花の伸長を制御できないか研究に取り組むことにした。

青森県の花き栽培の推移



青森県の花き生産額の推移 (単位：億円)



2 研究の目的

- (1) 人工光が草花の生育に及ぼす影響を探る
- (2) 人工光を利用した草花生産技術の開発

3 研究の内容

(1) 実験の方法

ア 材料

- ・ ストック (角田交配) 10 株
- ・ なでしこ (品種: コーラル) 10 株
- ・ ひまわり (品種: ミラクルビーム) 10 株



イ 人工光の性質

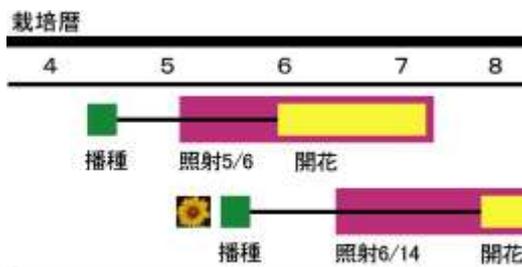
太陽光に加え光合成に利用される赤色と青色光をそれぞれ光量子量20ppfdで照射した区と一般的な太陽光だけで栽培する区を比較する。また赤色光では光量子量 200ppfd という強い赤色光区も設定する (ひまわりでは設定しなかった)。光量子量 (光合成有効光量子束密度) は植物が光合成に用いる波長 (400~700nm) の光量を意味し、単位は $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ である。太陽の光は常に変化するので下表の光量子量は α とあらわしている。各区の設定と波長など光の性質は次のとおり。

試験区		光の性質		
区	照射光	区	波長 (nm)	光量子量 (ppfd)
Control	太陽光だけ	太陽光	400~750	α
青色光	太陽光 + 青色光	青色光	450	20 + α
赤色光	太陽光 + 赤色光	赤色光	660	20 + α
強赤色光	太陽光 + 強い赤色光	強赤色光	660	200 + α

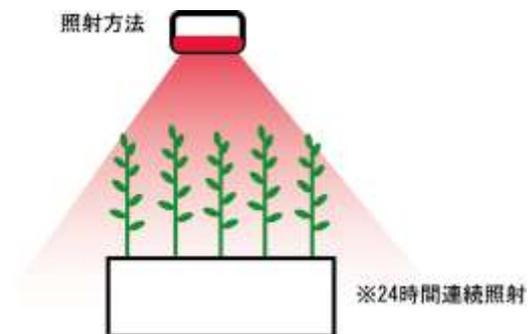
※光源はLEDを使用

ウ 方法

- ① 太陽光の入るガラス温室に光量子計で測定しながら LED を設置する。
- ② 照射開始は、発芽3週間後から (ストック、なでしこは5月6日、ひまわりは6月14日) とし、24時間連続照射した。気温は約15~25℃の常温で管理した。



※栽培はガラス温室、室温とする
照射は発芽3週間後からとする



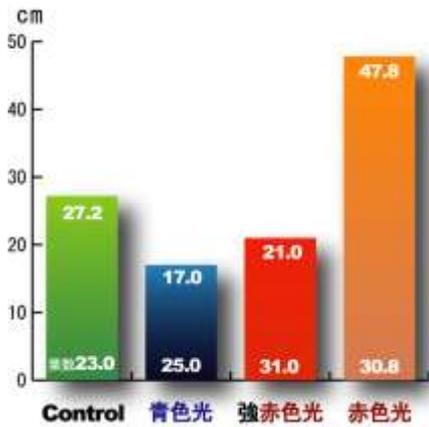
(2) 結果

① 草丈 (茎長)

<ストック>

赤色光を照射した区の草丈は、予想通り48.8cmとControlの約75%も伸長した。しか

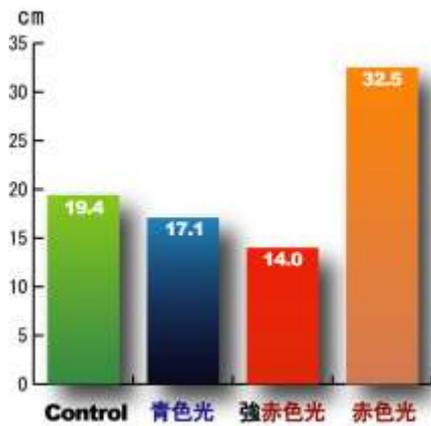
し株幅や葉の形態はほとんど変化がなかった。逆に青色光区と強赤色光区では、草丈が約30%も抑制された。青色光では葉の色も濃く葉も厚く茎もやや太かった。



左：Control 右：赤色光

<なでしこ>

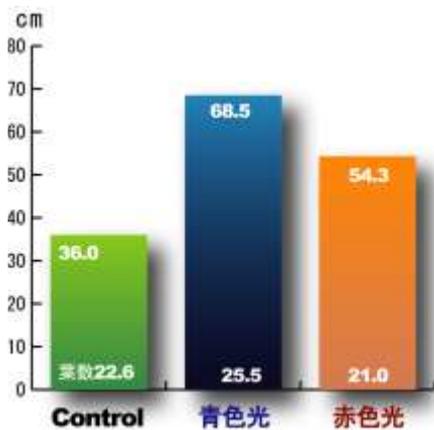
ストック同様、赤色光を照射した区の草丈は約70%も伸長した。また逆に青色光区と強赤色光区では、草丈が約30%抑制された。こちらも青色光では葉が濃くやや厚くなった。



左：Control 右：強赤色光

<ひまわり>

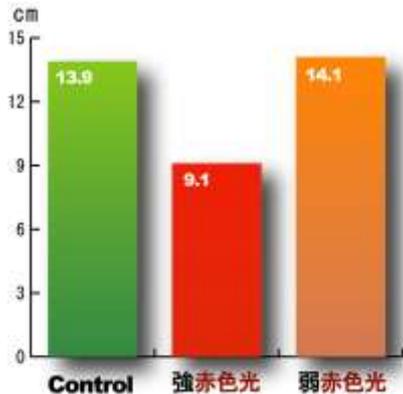
ところがひまわりは赤色光を照射した区で草丈が約50%伸長したが、青色光では草丈が約2倍とたいへん伸びることがわかった。葉の色はどの区もあまり変化が見られなかった。



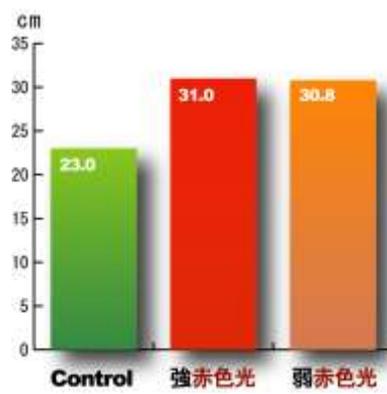
左：Control 中：赤色光 右：青色光

② 形態（株幅・葉数・葉の形状）

ストックの形態について調査した。株幅では弱赤色光区（20ppfd）と Control では変化がなかった。葉の色が濃いこと、株幅に大差がないことから徒長していないと考えられる。また赤色光の強弱にかかわらず下葉の枯死が少なく、最終的に Control よりも開花日の葉数は多くなった。光合成が盛んになったためだと思われる。

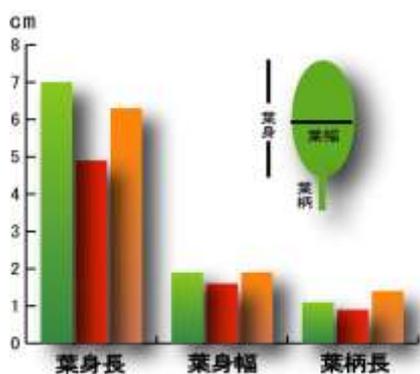


ストックの株幅



ストックの開花時の葉数

またわい化した強赤色光のストックは、葉身と葉柄も短くなった。おそらくわい化する際に草丈だけでなく葉などの器官も小型化させることで、全体の姿のバランスをとっているものと考えられる。



自分たちで配線した光実験温室

③ 照射開始から開花までの日数

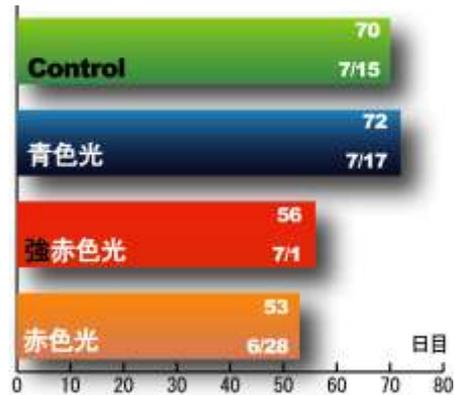
<ストック>

青色光と Control は大差がなかった。しかし強赤色光では開花までの日数は28日、赤色光では19日と Control の32日と比較するといずれも短かった。赤色光で花芽分化が促進されたものと考えられる。



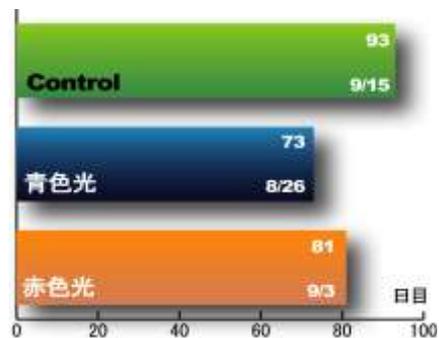
<なでしこ>

青色光と Control は大差がなかった。
しかし強赤色光では開花までの日数は
56日、赤色光では53日と Control の
70日と比較するといずれも約2週間開
花が早かった。赤色光で花芽分化が促
進されたものと考えられる。



<ひまわり>

Control の93日と比較して青色光は73
日、赤色光では81日といずれも開花が
早まった。なかでも青色光は Control より
約3週間も開花が早くなった。赤色光
および青色光がひまわりの花芽分化が促
進したと考えられる。



(3) 考察

ストックとなでしこでは赤色光の光量子量20 ppfdで伸長、200 ppfdでわい化した。またひまわりでは赤色光と青色光で伸長が促進された。そこでなぜ光の質や光量の強弱によって反応が変化するのか、またその場合、植物にとって光はどのような意味を持つのか考察してみた。



ア 太陽光には赤色光 (R : 600~700nm) と遠赤色光 (F R : 700~750nm) が含まれている。その光強度の比はR : F R = 1.1~1.2 : 1である。この光を受けて植物は光合成を行い、正常に生長する。この場合、光は光合成のためのエネルギーという意味を持っている。(上図)

イ しかし木陰では光合成に利用するため途中で葉が赤色光を吸収するので、届く光の比は赤色光より遠赤色光が大きくなる。この光を受けると植物は木陰にいると感じて、光を求めて伸

長を始めることがわかっている。このままでは光合成に必要な赤色光が足りないので栄養不足となるからである。光不足の中で急激に伸長するため、葉の葉緑素は少なくひよろひよろともやしのように徒長する。この場合、光は位置を示すシグナルという意味を持つと考えることができる。(上図)

本研究から考えたこと



ウ 今回の研究では太陽光に20 ppfdというやや弱い赤色光を加えると徒長せずに健全に伸長することがわかった。この光は太陽光よりRの比がやや多くなる。そこで私たちはこの光は光合成に必要な赤色光が微量であるが多くなるため、光合成がより盛んに行われ栄養分が多くなり、旺盛に生長したと考えている。つまり栄養剤のような効果である。この場合もアと同様に光は光合成のためのエネルギーという意味を持っている。(上図)

エ ところが200 ppfdと赤色光を10倍まで増やすとRの比が太陽光よりかなり大きくなる。植物は赤色光より遠赤色光が多いと木陰にいる感じがわかっている(イ)。それであればこのように過剰な赤色光を照射されると植物は逆にかかなりの日当たりにいると感じたと思われる。したがって植物は、これ以上光合成をするために光を求める必要がないと判断し、葉が小さくなり草丈の伸長も抑制されたと私たちは考えている。この場合はイと同様に光は、位置を示すシグナルという意味を持っていると考えられる。(上図)

オ 一般に青色光は光合成に使われるが赤色光のように伸長ではなく、茎や葉をしっかり作り植物の姿を整える作用があるといわれている。ストックとなでしこで草丈は伸長しなかったが、茎や葉が太くなったのはこのような効果のためだと思われる。しかしひまわりでは20 ppfdの赤色光を太陽光に加えると50%、青色光では約2倍も草丈が伸長した。これは赤色光を加えることで伸長したのはウと同様に赤色光が栄養剤のように働いたためだと考えられる。つまりこの場合の赤色光は、光合成のためのエネルギーという意味である。しかし青色光ではストックやなでしここと逆の反応を見せた。もし青色光がその植物の姿を作る効果があるとしたら、そもそもひまわりとは大きくなるようにプログラムされていたと考えることができ

る。青色光は本来のひまわりの姿を引き出したのかもしれない。しかし植物はいろいろな環境に適応して進化してきたのだから、植物によって反応や光に対する感受性が違うのは当然である。一般には赤色光が伸長に關係する光といわれているが、ひまわりでは赤色光以上に青色光が伸長に關係しているとも考えることもできる。

カ また赤色光は光の強弱に關係なく花芽分化を促進する効果があることがわかった。さらにひまわりでは伸長と同様に青色光でも花芽分化を促進することがわかった。この場合、光は花芽分化を促すという意味を持っている。以上、アからカまでまとめると次のような表になる。

光合成（伸長効果）	（弱）赤色光	強赤色光	青色光
ストック	○		
なでしこ	○		
ひまわり	○	-	○

光合成（形態形成効果）	（弱）赤色光	強赤色光	青色光
ストック			○
なでしこ			○
ひまわり		-	○

位置認識効果	（弱）赤色光	強赤色光	青色光
ストック		○	
なでしこ		○	
ひまわり		-	

花芽分化効果	（弱）赤色光	強赤色光	青色光
ストック	○	○	
なでしこ	○	○	
ひまわり	○	-	○

4 研究のまとめと発展性

切花は花瓶にいけるのが目的のため、茎は長い方が高品質となる。そのため草丈を伸長させるために植物ホルモンである「ジベレリン」を散布しているが、環境問題の關係から無農薬の切花を求める消費者が増えている。花壇苗では、徒長することによって時には市場価格が10分の1

にもなるほど品質に左右される商品である。特にパンジーなど春花壇用草花の育苗期間は、気温が上昇してくる時期のため徒長の危険性を抱えている。そこで農家はジベレリンの作用を阻害するわい化剤という農薬を用いて草丈の伸長を抑えて出荷する場合がある。しかしこちらも切り花同様に環境意識の高まりから農薬にかわる代替技術が求められている。そこで近年、遠赤色光抑制フィルムが開発された。これは太陽光に含まれている遠赤色光（600～700nm）と赤色光（700～800nm）の比率1：1.2より遠赤色光の比を小さくすると草丈の伸長が抑制されるという現象を応用した園芸資材である。ところがビニールハウス1棟分で約25万円と高価なうえ、耐久性がなく導入が進んでいない。

今回の研究でストック、なでしこでは太陽光に加える赤色光の強弱で草丈を制御できることがわかった。またひまわりでは青色光で徒長させずに伸長を促進できることがわかった。これは光だけで草花の伸長を制御できる環境に配慮したまったく新しい栽培技術になると思われる。さらに最近は机上や玄関に飾ることができるミニ鉢花が人気であるため、なでしこ JAPAN 応援用の新しい商品開発にもつながると思われる。



なでしこ



ストック

また品質に次いで大切なのが開花調節である。赤色光によって開花を自在に制御できるようになれば、必要な時期に合わせて出荷するうえで効果的な技術になると考えられる。また花数は変わらないため、わい化したストックは花のボリュームが出て鑑賞するうえで大変有利な特徴になることもわかった。この技術は地元の八戸市で開催された農業研修センターにおいて農家と農業技術指導者に紹介したことから注目され、県の農業改良普及センターからも視察に訪れている。



農業改良普及センター視察



光実験温室で栽培した苗を使った花植え講習

さらに私たちの光実験温室を使って実際に赤色光で徒長を抑えて栽培したなでしこを販売したところ、とても品質が良いと地域の方からたいへん評判であった。今後はさらに花の種類を増やしていきたい。



5 今後の課題

今回の研究を園芸技術まで高めるためには、よりたくさんの草花のデータが必要である。今後は、さまざまな草花を題材に草丈や開花期の制御に関わる情報を収集していきたい。そして環境に負荷をかけない新しい技術を開発して、生活を楽しくする園芸の発展に貢献していきたい。

6 参考文献

- (1) 青森県農林水産業統計（東北農政局発行）
- (2) 遠赤色光域抑制フィルム処理による徒長防止技術
（独）農業・食品産業技術総合研究機構）