

■ 光放射と生物 ■

目次

---

1.光放射と植物成育

---

2.光放射と昆虫

---

3.光放射による植物への影響

---

関連資料のご紹介

---



照度計算ソフト  
「ルミナスプランナーライト」



病害防除システム タフナレイ

1. 光放射と植物育成

(1) 植物育成への影響

光放射は植物の育成において、温度、湿度、気流条件、CO<sub>2</sub>、水分、養分などとともに不可欠な要素です。光放射は、その分光特性、強度、照射時間、明暗周期などが相互に関連し、光放射の作用の程度も、植物の種類や育成の段階によって異なります。このため、光放射と植物育成の関係は多様・複雑ですが、両者のかかわりは大別して二つの側面からとらえることができます。一つは、光放射がエネルギーとして植物に作用するもので、光合成と呼ばれています。もう一つは信号として植物に作用するもので、光形態形成と呼ばれています。

表1、図1に光放射の植物に対する主要な作用と放射照度及び分光特性を示します。

表1に示すように、光放射がエネルギーとしての作用をもつためには数100W/m<sup>2</sup>の放射照度が必要であるのに対し、信号としての作用のためにはその1/1000以下の量で作用を発現する場合があります。また、光放射の植物に対する作用を分光特性からみると、光合成に参与するのはPAR(光合成有効放射、Photosynthetically Active Radiation)と呼ばれる400~700nmの光放射であり、光形態形成には紫外放射及び短波長域の光放射(300~400nm)、赤色光(600~700nm)、遠赤色光(700~800nm)が関与しています。また葉色や果実の着色(サニーレタスの赤、イチゴの赤、ナスの紫など)には色素(アントシアニンなど)の働きが不可欠ですが、この色素の発現は近紫外放射(300~380nm)によって促進されます。したがって近紫外放射を含まない光放射環境の下では、色素の発現が促進されず着色が悪くなることがあります。

図1 植物の各種光反応の分光特性

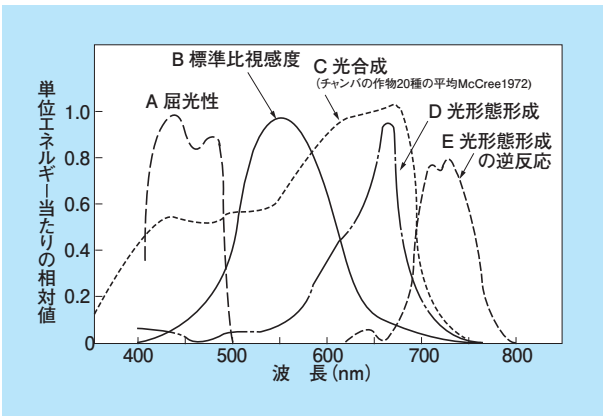


表1 光放射の植物に対する作用と放射照度<sup>1)</sup>

放射照度 (W/m <sup>2</sup> )	植物に対する作用		備考
	エネルギー的作用	信号的作用	
1,000			太陽光(6月、晴天、正午、100,000 lx)
100	光合成の飽和点 コムギ(20,000 lx)		太陽光(曇天、正午、1,000~10,000 lx)
10	光合成の補償点		
1		光周性 (花芽形成)	
10 <sup>-1</sup>			薄明末期(4 lx)
10 <sup>-2</sup>		花芽形成反応の限界 (0.1~1 lx)	
10 <sup>-3</sup>			満月 (最大値で0.2 lx)
10 <sup>-4</sup>		葉緑葉合成の下限(赤色光)	錐状体視覚の限界 (0.034~0.0034 cd/m <sup>2</sup> )
10 <sup>-5</sup>		屈光性のしきい値 (アベナ/青色光)	
10 <sup>-6</sup>		頂芽立上がりのしきい値 (インゲンマメ/赤色光)	
10 <sup>-7</sup>			桿状体視覚の限界 (3.4×10 <sup>5</sup> cd/m <sup>2</sup> )
10 <sup>-8</sup>			
10 <sup>-9</sup>		光形態形成のしきい値 (インゲンマメの胚軸、アベナ第一節間)	
10 <sup>-10</sup>			

(2) 光放射による植物育成

植物の育成にとって必要な光放射をはじめ、温度、水分、養分、二酸化炭素などの環境状態を最適育成条件に適合するように制御すれば、気候条件の悪い冬期などでも育成促進が図れ、年間を通じて安定した栽培を行うことが可能になります。当資料では、植物育成の支配的條件の一つである光放射環境のご提案をするための基礎データを紹介します。なお、植物が順調に育成できるようにするためには、温度、水、風、養分などの条件も最適なものにしなければならないことはいまでもありません。

(2)-1 光放射環境について

植物が育成するためには光合成が不可欠で、光合成促進のための照明方法には、

- (イ) 補光照明(自然光併用型)
- (ロ) 完全人工光型照明

の2種類の方法があり、それぞれに得失があります。(イ)は照明電力コストが少なくすみますが、天候に左右されやすいという問題があり、(ロ)は安定した生産ができますが、電力コストが課題です。そのため、栽培目的に応じて適切な照明方法を上手に使い分ける必要があります。

(2)-2 光合成に必要な光放射とは

光合成に必要な光放射は、図2の光合成感度に示すような波長特性を持っていますが、実用的には400nm~700nmの範囲にある光子束(光子感度)で評価されます。云い換えれば光合成は、光化学反応ですからクロロフィルに吸収される光子の量(400nm~700nmに含まれる光子量)即ち光合成有効光子束PPFで評価されます。単位照度当たりの光合成有効光子束密度は、表2のようになります。また、ランプごとに発光効率に差があり、単位入力電力で比較すると、パルック蛍光灯・マルチハロゲ

ン灯・高圧ナトリウム灯などが植物育成用光源として優れています(表3参照)。照射距離が近い場合はパルック蛍光灯が、照射距離が離れている場合は、配光制御が容易で高出力が得られるHID光源が適しています。

図2 光合成評価のための分光特性

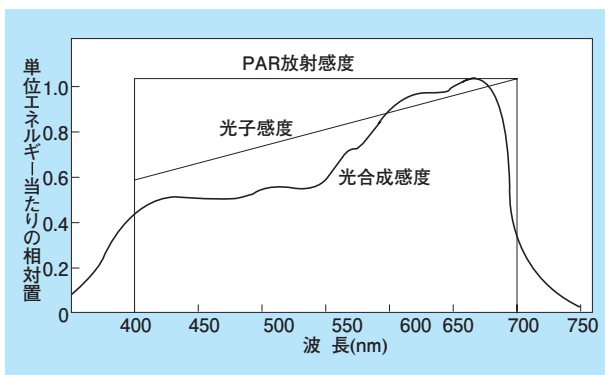


表2 各種光源ごとの照度値から光子の量への変換係数

		光子の量*
自然光(快晴)		0.018
白熱電球		0.019
蛍光灯	4波長域発光形(植物用FR-P)	0.016
	3波長域発光形(パルックEX-N)	0.014
	植物用(PG)	0.023
	白色(W)	0.013
	昼光色(D)	0.016
HIDランプ	マルチハロゲン灯SC形(Sタイプ)	0.014
	高圧ナトリウムランプ効率本位形	0.014
	高圧ナトリウムランプ演色改善形	0.017
	高圧ナトリウムランプ演色本位形(高演色形)	0.019
	水銀ランプ	0.012

\*光子の量...1 lx当たりの光子の量(400nm~700nm)  
単位:  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}\cdot\text{lx}^{-1}$

表3 植物育成からみた各種光源の特性評価<sup>2)</sup>

項目	ランプ*									
	ワット	Lw	D <sub>65</sub>	FL-FR-P	FL-D	FL-EX-N	FL-PG	HF-X	MF	NH
ランプ入力当たりの光合成有効光子束比	100	—	40	37	37	40	400	400	360	
形態形成指数(R/FR) (600-700nm)/(700-800nm)	0.63	1.08	1.0	7.44	10.6	20.6	3.47	3.11	4.06	
ランプ効率 (lm/W)	15	(93)	50	73	96	33	55	76	132	

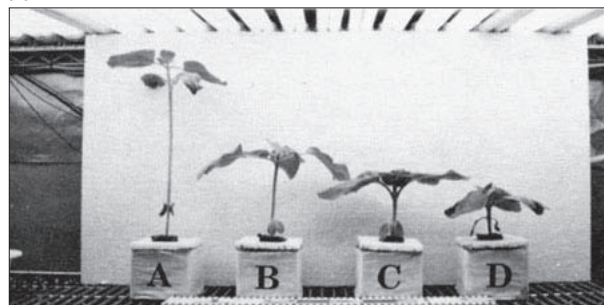
\* Lw:白熱電球, D<sub>65</sub>:標準昼光(6500K), FL-D:蛍光灯(昼光色), FL-EX-N:蛍光灯(3波長域発光形), FL-PG:蛍光灯(植物用), FL-FR-P:蛍光灯(植物用4波長域発光形), HF-X:水銀ランプ(蛍光形), MF:マルチハロゲン灯(蛍光形), NH:高圧ナトリウムランプ

\*\*  $\int_{400}^{700} P(\lambda) Q(\lambda) d\lambda / P_m$   
P(λ):光源の分光分布、Q(λ):光子感度、P<sub>m</sub>:ランプ入力

(2)-3 遠赤色光による植物の成長制御

植物の形状を左右する葉や茎の伸長は660nm(赤色光:Red)と730nm(遠赤色光:Far-Red)を中心とする二つの波長域に含まれる光子束比(R/FR比)と密接な関係があり、この値が大きいと葉面積や茎の背丈は小さくなる傾向があります<sup>3)</sup>。図3は、同一の蛍光灯本数の下で、ランプのR/FR比のみを変えたヒマワリの栽培試験<sup>4)</sup>で、それぞれのR/FR比はA:0.78、B:1.26(自然光の値は約1.10)、C:2.09、D:8.68(パルック蛍光灯)となっています。このようにR/FR比を変えることで、草高を大きく変えることができます。

図3



これらの研究成果に基づき、「現行の蛍光灯」の中でPPFが最も高いパルック蛍光灯をベースにしてFR蛍光体(700~800nmにエネルギーを放射する遠赤色蛍光体)を付加し、自然光に近いR/FR比(1.0)になるように開発した「4波長域発光形植物用蛍光灯」<sup>5)</sup>を採用することにより、光合成の促進と自然光の下での育成に近い環境が実現できます。

(2)-4 光合成有効光子束(PPF)

光はエネルギーを持つ一個の粒子(光子またはフォトンと呼ぶ)の集まりであるとみなされ、単位時間当たり放射される粒子の数を光子束と呼んでいます。400~700nmの波長域に含まれる光子束を、光合成有効光子束(PPF)と定義しています。現在の人工光源の中では、高圧ナトリウム灯、マルチハロゲン灯、パルック蛍光灯がPPF効率が高くなります。

PPF...Photosynthetic Photon Flux

(2)-5 R/FR比

R/FRの評価は、600~700nmと700~800nmの波長の光子束比が望ましいといわれています。白熱電球を除く人工光源は自然光に比べてR/FRが大きくなるため、植物の葉や茎の背丈が小さく育つ傾向になります。

(2)-6 新植物用蛍光灯(育成用FR)の育成効果

新しく開発された植物用蛍光灯(育成用FR)はこれまでの実験により、従来の植物用蛍光灯(育成用PG)やパルック蛍光灯に比べて顕著な育成効果があることを実証しています。

●新植物用蛍光灯とパルック蛍光灯の育成効果実験(同じランプ本数での各種植物の育成実験)

新植物用蛍光灯はPPFが大きいパルック蛍光灯に比べても、顕著な育成効果があることが確認されました。

(平成6年度照明学会全国大会などにて発表)

表4 新植物用蛍光灯(育成用FR)の育成効果(パルック蛍光灯を1.0とする。)

植物の種類	地上部生体重	葉の面積	植物の高さ
レタス	1.7	2.2	2.5
コウサイ(ハーブ)	1.8	2.0	2.1
シュンギク	1.1	1.5	1.3
コマツナ	1.4	1.4	1.8
ミツバ	1.0	1.3	1.8
ホウレンソウ	1.1	1.3	1.1

図4 育成比較写真



※この植物用蛍光灯は、大阪府立大学農学部様と松下電器産業(株)照明研究所との共同研究の成果に基づき開発されました。研究成果はこれまで、日本生物環境調節学会、照明学会をはじめとする関係学会で発表されています。

(3) インドアスペースの植栽に対する光放射環境

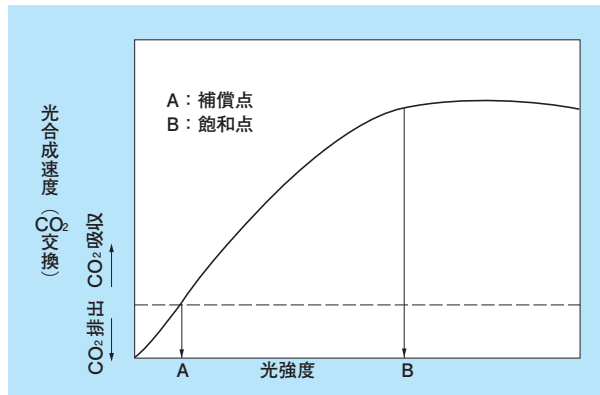
空間のアメニティの向上をはかる有効な手法の一つとして、インドアスペースへの植栽(以下、インドアグリーンナリーと記す)の設置がとりあげられるようになり、アトリウムをはじめとするビル・オフィス空間や地下空間での緑化が活発化しています。

(3)-1 光強度と光合成

光や温度、湿度への要求が高い植物と、高温多湿を嫌う人間やコンピュータとは、それぞれ求める最適環境が異なります。このため、両者がうまく共存できる環境の接点・領域の探索が、グリーンアメニティ構築の課題となります。その中で、光は植物の光合成のエネルギー源として、また茎・葉の伸長や花芽形成などの光形態形成の刺激源として重要な役割を果たしています。

光合成の活性は、通常、光合成速度として、単位葉面積、単位時間当たりのCO<sub>2</sub>吸収量で表されます。温度、CO<sub>2</sub>濃度を一定とした場合の、一般的な光強度と光合成速度の関係をみると、図5のようになります。光合成で吸収するCO<sub>2</sub>量と、呼吸で排出するCO<sub>2</sub>量が同一になる光強度の値を補償点と呼びます。この補償点より弱い光強度では、CO<sub>2</sub>の吸収量よりCO<sub>2</sub>の排出量の方が大きくなり、光合成量が負の値になります。こうした状態が長く続くと、植物体は活力が弱まり、場合によっては枯死します。また、光強度の増加とともに光合成速度は増加しますが、ある光強度で飽和状態になります。この状態を光飽和と呼び、光飽和になる点の光強度を飽和点と呼びます。補償点や飽和点は植物の種類によって異なります。得られる光強度が制約された室内で、旺盛な成育を期待しないまでも、活力を維持できる程度の成育を目的とするインドアグリーンナリーにおいては、必ずしも飽和点に近い光強度を確保する必要はありません。しかし、インドアグリーンナリーにおいても、補償点は必ず確保することはもちろんのことですが、補償点あるいはこれを幾分上回る程度の光強度では、植物を長期間成育させることは不可能になります。

図5 光強度と光合成速度



各種植物の光合成特性の測定結果、ならびにこれまでのいろいろな研究報告から、インドアグリーンナリーによく用いられる植物について、その必要とする光強度をとりまとめると、表5に示すようになります。ただし、ここに示す所要光強度はおおよその目安となる値であって、自然界の環境下と同様の成育を示すための値ではありません。花芽形成、葉や果実の色付き、落葉等の形態形成には、光強度のほかに、光質、光照射時間、温度条件等多くの要因が複雑に関与するため、光強度のみを充足させても形態形成が発現するとは限りません。

表5 代表的な植物の所要光強度<sup>①</sup>

	光強度 PPF(μmol/(m <sup>2</sup> ・s))			
	7~15 [500~1000 lx]	15~30 [1000~2000 lx]	30~70 [2000~5000 lx]	70~ [5000 lx~]
樹木		カシワバゴムノキ ドラセナ	インドゴムノキ ガジュマル デコラゴムノキ バキラ フィカス ベンジャミン ポインセチア ユーカリ ワイルドコーヒー	アラリア ヘンヨウボク カボック モジバアラリア
花木			アジサイ アザレア	サンタンカ ハイビスカス フクシア ブーゲンビリア
草花	セントポーリア シロガスリンソウ ディップエンバキア	アスパラガス アンズリウム (ペニウチウ) オオゴンカズラ (ポトス) キンチャクソウ スパティフィラム (ササウチウ) シマザゴアナナス ツツアアナナス ハラン ペペロミア マランタ モンステラ (ホウライショウ) ヤツデ	ベゴニア (メタリカ、レックス) ユッカ	パイナップル ベゴニア (センバフローレンス)
つる性植物	フィロデンドロン	ヒメカズラ	トケイソウ ヘデラ	ジャスミン
ヤシ/ソテツ	キレバテラヤシ テーブルヤシ	アレカヤシ カンノンチク ケンチヤシ シュロチク トックリヤシ	オオギヤシ シンノウヤシ ピロウ	ココヤシ ソテツ
シダ	コウモリラン (ピカクシダ) タマシダ	シマオオタニワタリ ホウライシダ ボストンタマシダ	ヘゴ	
サボテン 多肉植物		サンセベリア (チトセラン)		アロエ クジャクサボテン シャコバサボテン ハナキリン

※：〔 〕はマルチハロゲン灯またはパルック蛍光灯を使用光源とした場合の照度換算値。

### (3)-2 環境条件による影響

室内においては、年間を通じた光放射環境および環境温度のサイクルが自然界とは大きく異なる上、現実には植物の形態形成に合わせて環境条件を細かく制御することが困難になります。そのため、現段階では常緑植物以外の植物を、その季節的な形態の変化を楽しみながら室内で育成させることは困難であり、落葉樹では落葉が遅れたり、枯葉が枝に付いたまま落葉しないでいつまでも残ったり、花芽が形成しなかったり、果実は開花、結実しても肥大しなかったり、落果したりすることもあります。

### (3)-3 人工光の補光時間と計画移植

インドアグリーナリーの光環境は光強度が不足がちになるため、人工光で12~16時間程度の日長になるよう補光を実施することが望ましいといえます。

植物は光を受容しやすいように枝・葉を展開し、樹形を整えます。このため、建物の採光面や照明光源の位置が特定位置に固定されてしまう場合が多い、インドアグリーナリーの空間では植物体への光照射方向が偏りがちになり、樹形が自然の姿から崩れることもあり注意を要します。これらのことから、インドアグリーナリーの計画に際しては、樹木の定期的な入れかえや枯れた場合の対策も、計画当初から考えておく必要があります。

## 2. 光放射と昆虫

農業では害虫を人為的に防除することが生産性向上の為に不可欠なものであり、農業などが積極的に使用され、大きな効果を上げてきました。そして、害虫防除法のひとつに夜間照明を利用した方法があります。光放射を利用した害虫防除は、昆虫の光放射に対する反応を利用しているため、薬剤の残留毒性や耐性の心配もなく、環境に優しい防除法のひとつです。

この防除方法は、「黄色蛍光ランプと記すによる害虫の忌避」と「捕虫器用蛍光ランプによる害虫の捕獲」の2種類に分類されます。このふたつの防除方法は、照明器具を使う点では同じですが、光の利用の方法は根本的に異なっています。いずれの方法も夜行性の昆虫が対象であり、昼間活動する害虫に対しては照明の効果は期待出来ません。そのため、光放射を利用して害虫防除を行う場合、対象となる害虫の光に対する反応特性を前もって調査しておくことが重要です。

#### (a) 黄色蛍光ランプによる害虫の忌避

農業の長期・大量の利用に伴い、薬剤耐性のある害虫の出現が問題となってきています。そのため、天敵を温室内に放したり、フェロモンディスペンサーを利用して害虫の繁殖を抑制しようという、バイオロジカルコントロールの新しい試みがなされています。農業を使わない害虫防除法のひとつとして、黄色蛍光ランプによるヤガ類の防除があります。この防除法は、ナシやモモなどの果実を加害する吸汁性ヤガに関しては、既に実用化<sup>7)8)</sup>されています。

最近では、吸汁性ヤガの防除に加えて、青ジソのハスモンヨトウ、カーネーションのオオタバコガ、スイートコーンのアワノメイガなどのヤガ類の防除に黄色蛍光ランプが利用されはじめています。吸汁性ヤガでは黄色蛍光ランプを点灯し、成虫を明適応させ吸汁活動を抑えます。一方、花木や野菜のヤガ類では成虫そのものが被害を与えるのではなく、葉や蕾に産卵された卵が孵化しその幼虫が葉や蕾を食べて被害を与えます。そ

のため、黄色蛍光ランプを点灯し成虫を明適応させ、産卵を抑えるために使用する点が吸汁性ヤガの場合と異なります。

〈ヤガの明適応と暗適応とは〉

ヤガの複眼は昼間は「明適応」、夜間は「暗適応」しており、ヤガの果樹園への侵入・果実の吸汁、葉や蕾への産卵は暗適応時のみおこります。夜間照明を行うと、ヤガの複眼が明適応化して活動が抑制されます。この効果は黄色光で最も大きいことから、黄色蛍光ランプを果樹園に設置する吸汁性ヤガの防除法が実用化されています。なお、複眼の明適応化には白熱ランプ1lxで40分を要します<sup>7)</sup>。

〈活動抑制に必要な明るさ〉

ナシ園において吸汁性ヤガの被害を十分に防止するために必要な平均空間照度(補足参照)は1lx<sup>8)</sup>であり、栽培圃場内を少なくともこの照度以上に維持しなければなりません。この照度以下の所があれば、その部分の果実が被害を受ける可能性があります。ナシ園やモモ園では棚上灯・棚下灯などを設置して最低照度を確保し、光のベールで果樹園全体を覆います。

(補足)平均空間照度とは光源の方向に関係なく、受光部を垂直にした東西南北の4方向と上方水平面の計5方向の測定値の平均をいう。

#### (b) 黄色蛍光ランプによる防蛾照明の事例

栽培対象によって防蛾灯の配置設計基準は異なりますが、防蛾灯を設置することによって害虫による被害を軽減することができます。

〈ナシ〉

ナシの吸汁性ヤガの防除には、40W黄色蛍光灯を10a当たり7台使用します。その内訳は、棚下灯5台、棚上灯2台設置し、光のベールでナシ園全体を覆います<sup>9)</sup>。

〈カーネーション〉

カーネーションのオオタバコガの防除では、蕾に成虫の産卵を行わせないために、40W黄色蛍光灯を約9m間隔(施設の幅7.4m、取り付け高さ3.1mの場合)に設置すれば、防除効果が得られます<sup>10)</sup>。

〈バラ〉

バラのハスモンヨトウの防除では、葉に成虫の産卵を行わせないために、40W黄色蛍光灯を約14m間隔(施設の幅8.3m、取り付け高さ3.5mの場合)に設置すれば、防除効果が得られます<sup>11)</sup>。但し、器具の汚れによる照度低下を考慮すれば、所要照度を得るための事前の照度計算にもとづき、必要に応じて器具間隔を短くする必要があります。

〈青ジソ〉

青ジソのハスモンヨトウの防除では、葉に成虫の産卵を行わせないために、20W黄色蛍光灯を器具の長手方向3m、器具の幅方向3.6m間隔(取り付け高さ1.5m)に設置すれば、害虫防除と開花抑制効果が得られます<sup>12)</sup>。但し、青ジソの開花抑制は種子の違いにより所要照度に差が生じる可能性があり、予備実験が必要と考えられます。

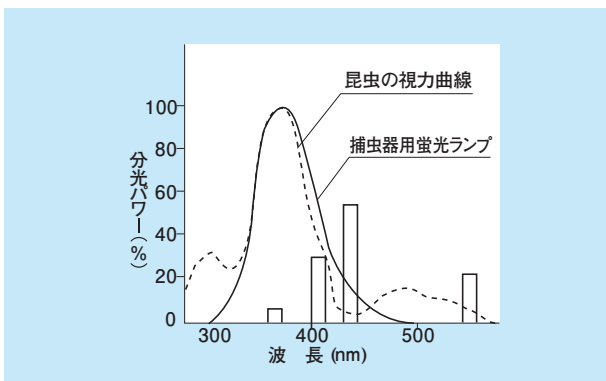
〈スイートコーン〉

スイートコーン(露地未熟トウモロコシ)のアワノメイガを防除する場合、スイートコーンは草丈が高いため、防除時期である雄穂の抽出開花期において、薬剤を効率的かつ的確に散布することは困難になっています。その為、アワノメイガの被害軽減のためには、40W黄色蛍光灯を垂直に設置高さは地上3mとし、約8~10m間隔で1灯、10a当たりおよそ10灯設置する必要があります<sup>13)</sup>。

(c) 捕虫器用蛍光ランプによる害虫の捕獲

生物が照明などの外的な刺激を受けると、能動的に体を一定の位置、または方向に保とうとする性質があります。刺激に対応して移動を起こすものを走性といい、昆虫の場合には多くのものが光に反応して走性を示します。光源の方向に進むものを正の走光性、光に対し忌避するものを負の走光性といいます。昆虫の走光性の波長特性については多くの研究がありますが、図6に示す分光特性が昆虫視力の代表例です。この昆虫視力に近い分光特性をもつ光源が「捕虫器用蛍光ランプ」であり、同じく図6に示します。

図6 昆虫の視力と捕虫器用蛍光ランプの分光特性

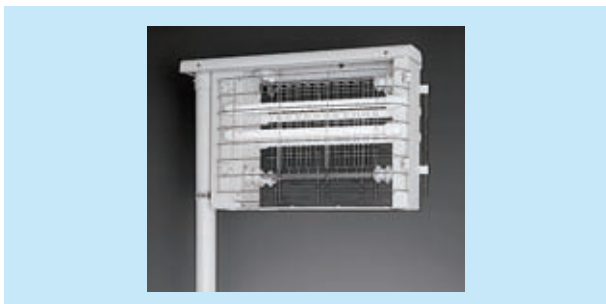


捕虫器用蛍光ランプは、「誘虫灯」と「電撃殺虫器(図7)」に使用されます。

<誘虫灯>農業試験場などでは、昆虫による被害発生の事前予測を行うため、ランプ周辺に集まってくる夜行性の昆虫をできるだけ傷をつけないように捕獲し、昆虫の種類別の発生数の季節的な推移を調査するために点灯します。

<電撃殺虫器>ランプ周辺に集まってきた昆虫はその周辺を飛び回ります。その時、ランプ近くに設置された高圧の電撃格子(6,800~10,000V)に昆虫が触れると感電死してしまいます。この電撃殺虫器は店舗周辺や駐車場など昆虫が飛来するのを好まない場所に設置されます。なお、電撃殺虫器を圃場などに設置した場合、光によって害虫を引き寄せるため、電撃殺虫器の周辺では逆に農作物の被害を受ける場合があります。設置場所の選定には細心の注意が必要になります。

図7 電撃殺虫器



(d) 光源の誘虫性

現在一般に使用されている光源は、いずれも人間の視覚を助ける目的で開発されたものであって、光束、輝度、演色性などで光源の照明特性を示します。人間の目に光として感じるのは、380nm~780nmの波長に限られるので、光源の照明特性もこの波長範囲のなかで考えられています。一方、昆虫の視感度特性を考える場合、人間の目に感じない紫外放射が特に重要になります。

光源が放射する電磁波を単位波長域ごとに数値化したもの

が、光源の分光放射パワーになります。光源の種類が決まれば、その分光放射パワーが定まり、一定照度における放射照度の値も決まります。昆虫に対する光放射の作用を定量的に評価するには、昆虫の分光視感度と光源の分光放射パワーで行うべきであって、照度、輝度などの人間の視覚の測光量で評価するのは適切ではありません。

昆虫の誘虫性を検討する場合、それぞれの光源によって得られる同一光束の下での昆虫への影響度を求めれば、光源そのものが持つ特性を定量化できます。換言すれば、それぞれの光源に同じ光束を与えた場合に昆虫の視力に作用する効果はどの程度かを知ることができます。

昆虫の誘虫性は次式で求められます。

$$I = \frac{\int_{250}^{580} P(\lambda) R(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} P(\lambda) V(\lambda) d\lambda}$$

- I ; 単位光束のもつ誘虫性
- P (λ) ; 光源の分光パワー分布
- R (λ) ; 昆虫の視力の波長特性(Bickfordのデータ)
- V (λ) ; 標準分光視感効率(標準比視感度)

<低誘虫照明器具ムシベール>

昆虫を寄りにくくするためには、図6の昆虫の視力曲線に沿った光を出来るだけカットする必要があります。従来より、380nm以下の光(紫外線のみ)をカットした照明器具はありますが、それだけでは虫の低減効果は十分とは言えません。一方、青色光をカットし過ぎると、光束が低下する上、黄色っぽい色になるため見た目の印象が良くありません。

当社の低誘虫照明器具ムシベールは、従来の紫外線カットの器具に比べて虫の低減効果を向上させながら、黄色っぽさを感じない領域として、410nm以下の光をカットする特許カバーを採用しています。

図8 低誘虫照明器具ムシベールの特長

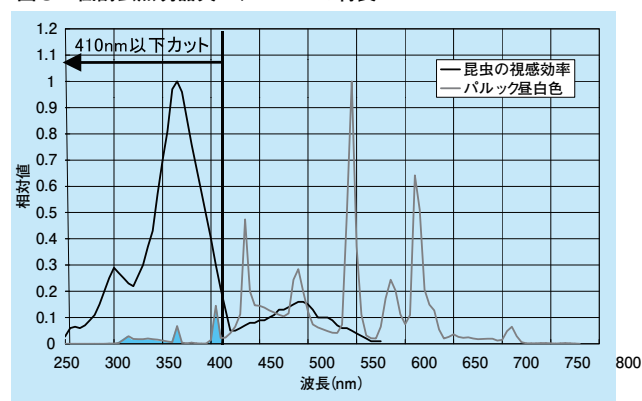


表6に各種の光源に同じ光束を与えたときの誘虫性を示します。白熱ランプ単体の誘虫性を基準(100)として各ランプで、ランプ単体の場合とムシベールを使用した場合の誘虫性を相対値で示しています。ランプにより傾向は異なりますが、ムシベールを使用する事で誘虫性を大幅に低減する事ができます。

表6 各種ランプの誘虫指数

ランプの種類	ランプ単体	ムシベール (410nmカット)
黄色蛍光灯 (半導体工場用)	14	14
パナゴールド(高圧ナトリウムランプ)	36	22
イエローガード	39	-
低誘虫性蛍光灯	62	55
グリーンガード	74	-
白熱電球	100	72
パルック蛍光灯 電球色	134	70
白色蛍光灯	153	80
パルック蛍光灯 昼白色	171	118
パルック蛍光灯 昼光色	182	140
マルチハロゲン灯SC型 (メタルハライドランプ)	377	86
蛍光水銀灯	609	56
捕虫器用蛍光灯	131000	-

### 3. 光放射による植物への影響

#### (1) ライトアップや道路照明の影響

植物育成の場合は積極的に光放射を利用しますが、ライトアップや道路照明は人間のための照明であり、樹木への照明光や道路周辺への光のもれが植物に与える影響への配慮はされていません。植物の種類によってはマイナスの影響を生じる場合があります。そのためライトアップによく使用される「スダジイ(ブナ科シノキ属)」「ケヤキ(ニレ科ケヤキ属)」「イチョウ(イチョウ科イチョウ属)」の3樹種について、ライトアップによる影響を明らかにすることを目的とした実験を行いました。また、稲については照明学会の調査報告書や和歌山県農業試験場の試験結果の概要を紹介します。それぞれの詳しいデータに関しては、原文をご参照ください。

##### (a) スダジイ・ケヤキ・イチョウに対するライトアップの影響<sup>14)</sup>

新葉の展開期から成葉期(1994年4月7日～7月6日)の4ヶ月間、マルチハロゲン灯を使用した照明実験を行いました。一般に、ライトアップによる葉の被照面は2,000 lx(28 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>・s)を越える場合は少ないため、実験では1,000 lx(14 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>・s)区(中照度区)、2,000 lx(28 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>・s)区(高照度区)、5,000 lx(70 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>・s)区(超高照度区)、非照明区(自然光のみの対照区)の4照度区を設定しました。(日没から午後10時まで点灯)試験結果の概要はつぎのようになりました。

- (i) 外見上はいずれの樹種にも光の照射による障害は特に見られなかった。
- (ii) 照度の高い試験区では、非照明の対象区と比較し枝葉の伸長度に低い部分が見られた。現地で撮影した写真から、外部形態的には照度の高い試験区で主枝の周辺に側枝が成長し、非照明区と比較して枝葉が密になる傾向が観察された。
- (iii) 内部形態的には、葉の内部の柵状組織層が増加し厚みが増している傾向が照度の高い試験区で観察され、光合成がより活発に行われていると推測された。

これらの実験結果から、ライトアップによる葉の被照面照度が1,000 lx以下(通常のライトアップ照度の範囲)と想定すれば、光による障害は特に認められませんでした。また、局所的に5,000 lxレベルの照射が行われたとしても外部・内部形態に及ぼす基本的な障害はなく、むしろ枝葉の成長の充実・葉の内部組織形成を促進する効果が働くものと思われました。

なお、ライトアップを年間スパンで見た紅葉・落葉現象等の樹木の生体リズムに及ぼす影響や、通常行われるより長い時間連続的に照明された場合の影響等を明らかにすることは今後

の課題であります。

#### (b) 稲に対する照明光の影響

稲は短日性植物であり、照明光が稲に当たると出穂が遅れるなどの影響が出ます。この影響については既に研究報告がされており、その概要を次にまとめます。

##### (i) 照明学会「農作物に対する夜間照明の影響」研究調査委員会報告書<sup>15)</sup>

- ・水稲は短日性植物であり、一般に夜間照明によって出穂遅延が生じる。
- ・一方、品種によっては初期夜間照明によって、却って出穂が早まる例もある。
- ・水稲の品種によっては出穂遅延の小さいものから大きいものまである。
- ・夜間照明の影響は気象条件によっても大きく左右される。
- ・出穂遅延は1～5 lxの間でも認められるが登熟歩合は登熟期が比較的高温の年には10 lx以上、低温の年には5 lx程度で低下が見られる。
- ・光源の種類の違いについては、同一照度の場合、蛍光ランプ、水銀蛍光ランプ、白熱電球の間に大きな差はないが、低圧ナトリウムランプではやや出穂遅延が少ない傾向にある。
- ・水稲の品種によっては40～50 lxの照明でも正常に稔実する系統もある。

なお、コシヒカリの水銀ランプでの実験では、2 lxで出穂遅延日数2日(無照明に対する収量比率109%)、10 lxでは4日(同90%)、40 lxでは26日(同15%)と報告されており、照明光による出穂遅延程度が大きいと言えます。

##### (ii) 和歌山県技術資料No.42<sup>16)</sup>

水銀灯による夜間照明が水稲の育成、収量に及ぼす影響は次のとおりです。

- ・夜間照明によって出穂遅延、成熟遅延を生じる。
- ・品種によって出穂遅延の程度は異なる。キヌヒカリ、コシヒカリは低い照度で出穂遅延を示し、5 lx以上の照度で出穂遅延は顕著になる。ミネアサヒは比較的高い照度値においても出穂遅延は小さい。
- ・収量及び収量構成要素への影響は、登熟歩合と干粒重の低下によるもので、収量は減少する。その照度は品種により異なるが10～15 lxからである。
- ・日没から22時までの照明条件下における出穂遅延は、終夜照明より1～5 lx高い照度から始まる。
- ・夜間照明による出穂遅延は年次変動があり、移植後の気温が低く推移する年には大きくなる。

以上のふたつの報告書から、照度は5 lx程度以下に抑えることが望ましいと言えます。また、光の影響をできるだけ避けるには、照明器具の位置や光のカットなどへの配慮を行い、出来るだけ照度が低くなるようにしなければなりません。

(2) 紫外線照射によるイチゴうどんこ病害防除

近年、健康や環境に対する意識の高まりから、無農薬・減農薬野菜を購入する人が増えてきています。国レベルでも、改正農薬取締法(平成14年2月改正)、ポジティブリスト(農薬基準)の導入(平成18年5月導入)やIPM(Integrated Pest Management(総合的病害虫・雑草管理)の略)政策などが進められています。タフナレイは、ある特定の波長域の紫外線(UV-B)を照射することで、いちごが本来持っている免疫機能(抵抗性)を活性化させ、うどんこ病の発生を抑制します。自然の力を活用するため、有害成分の発生や病原菌の耐性進行などの副作用がない、安全な防除法です。これらの効果は、2006年度に兵庫県農林水産技術総合センターにおいて、イチゴうどんこ病の発病果率が大幅に減少することが実証されました。

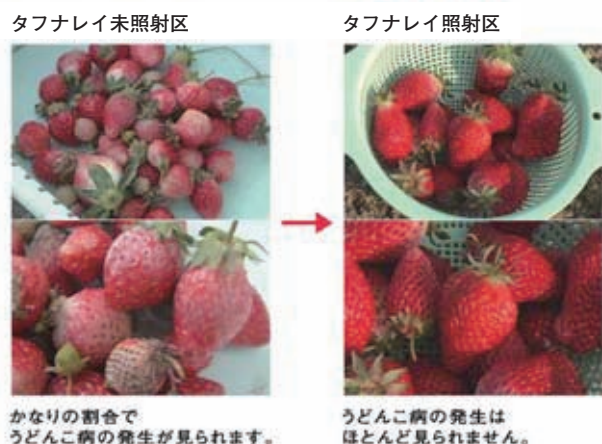
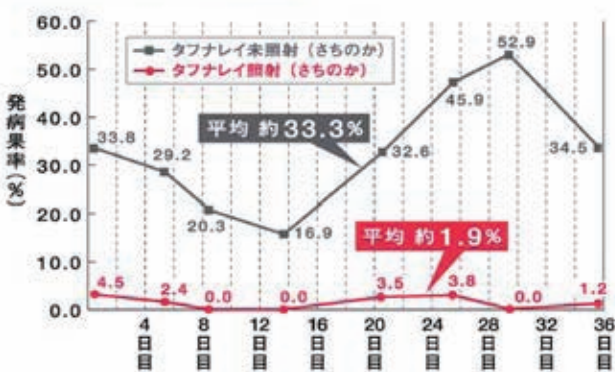


図9 うどんこ病の発病率の比較



試験期間を通じて、タフナレイ照射区域は未照射区域に比べてうどんこ病の発病率が大幅に抑えられています。

[タフナレイの標準的な配置条件]

- ・ 1反(10a)あたり30台設置
- ・ 取付高さ(敵面~器具取付部): 2m
- ・ 取付ピッチ: 5m
- ・ 取付方向: 敵に並行

[点灯条件]

- ・ 6時間/日点灯 (9時~15時)
- ・ 8ヶ月/年点灯 (10月~5月)

[参考文献]

- 1) 稲田勝美:光と植物育成(養賢堂)(1984)  
稲田勝美:作物の光合成に及ぼす光質の影響、農業及び園芸、55-6(1980)811
- 2) 洞口公俊・村上克介:植物育成用光源とその応用、JCIE Journal、11-1、p14-18 (1994)
- 3) Morgan, D.C. and Smith, H.:Linear relationship between phytochrome photoequilibrium and growth in plants under simulated natural radiation, Nature, 262,p210-212 (1976)
- 4) 村上克介・洞口公俊・柴田治男・森田政明・相賀一郎:植物栽培用人工光源の開発に関する考察、生物環境調節30-4,p135-141(1992)
- 5) 洞口公俊・村上克介・森田政明・柴田治男・高橋睦夫:4波長域発光形植物栽培用蛍光灯ランプ、National Tech. Rep.38-6.p627-634(1992)
- 6) 洞口公俊:インドアグリーナリーの光放射環境照、明学会誌79-4 (1995) P.P.11-15
- 7) 野村健一・大矢慎吾・渡部一郎・河村広巳:電燈照明による吸蛾類の防除、第1報、照明の効果解析とそれに及ぼす各種光条件の影響について、応動昆、Vol.9,No.3,p.p.179-186(1965)
- 8) 内田正人・福田博年・宇田川英夫:ナンを加害する果実吸蛾類の生態と防除に関する研究、鳥取果試研報、No.8、p.p.1-29、1978
- 9) 内田正人:果樹園に於ける防蛾施設的设计法、農業および園芸、No.58 Vol.11 (1983) 1387~1390
- 10) 向阪信一・板倉二郎・八瀬順也・九村俊幸:黄色蛍光灯によるカーネーションのオオタバコガの防除、平成8年照明学会全国大会、No.191
- 11) 河野哲・八瀬純也:物理的防除の特性と利用技術-昆虫の色覚の利用、植物防疫、Vol.50.No.11,1996
- 12) 向阪信一・田中寛:黄色蛍光灯による青ジソに飛来するハスモンヨトウの防除、平成7年度照明学会全国大会、No.166
- 13) 那波邦彦・向阪信一:黄色蛍光灯によるスイートコーンのアワノメイガの被害軽減、日本応用動物昆虫学会中国支部会報第37号、19-24 (1995)
- 14) 真野克彦・福田耕三・向阪信一・洞口公俊・岡田俊也・染郷正孝:樹木のライトアップに関する影響に関する照明実験(スタジイ、ケヤキ、イチヨウの3樹種について)、平成8年度照明学会全国大会(1996年4月) No.192
- 15) 照明学会「農作物に対する夜間照明の影響」研究調査委員会報告書(昭和60年3月) P15,P20
- 16) 和歌山県技術資料No.42「水稲-10」(平成5年3月1日) P4

図10 タフナレイ(20形)

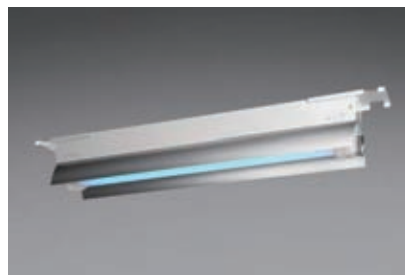


図11 タフナレイの配置例

