

青色光に見いだされた殺虫効果 —新たな害虫防除技術の可能性—

東北大学大学院農学研究科 ^{ほり}堀 ^{まさ}雅 ^{とし}敏

はじめに

害虫防除の現状としては、農薬を用いた化学的防除が主となっているが、環境への負荷の軽減やより高い安全性が求められる中、農薬への依存を低減させるための技術開発が求められている。物理的防除を採り入れることも、農薬低減のための重要な手段の一つである。物理的防除の中で光を利用した害虫防除は昔から広く行われており、予察灯による害虫の発生状況の把握のほか、黄色灯による夜行性蛾類の活動抑制、反射マルチ・シートによる害虫の忌避等、実用化されているものも多い。光の利用は、発光ダイオード (LED) の開発とその目覚ましい発展・普及により、近年、様々な産業分野で進み、農林水産業においても LED を中心とした光の利用技術の研究・開発が、現在、活発に行われている。

昆虫に対する光の作用に関しては昔から多くの研究があり、上述のように実用化されている技術も多いが、そのほぼすべてが行動制御に関するものである。光そのものの殺虫効果に関する研究例は、紫外線を除き、これまでにない。光の動物に対する殺傷作用は、紫外線の中でも波長の短い UVC (100 ~ 280 nm の波長の光) や UVB (280 ~ 315 nm) ではよく知られている。これらの紫外線は DNA に直接的な損傷を与えることで強い毒性を発揮する (PFEIFER, 1997)。一方、これらより波長が長い紫外線である UVA (315 ~ 400 nm) や可視光 (400 ~ 780 nm) は DNA に直接的な傷害を与えることはなく、UVC や UVB に比べると毒性は極めて低いと考えられている。光は波長が短いほど生物に対する毒性が高いことがよく知られていることから (CLARK, 1922)、可視光が昆虫を含む比較的複雑な動物に直接的な致死効果を示すとはこれまでに全く考えられてこなかった。

しかし、安全性が高いといわれていた可視光でも、短波長可視光といわれる比較的波長の短い、紫~青色の光 (以下、青色光: 400 ~ 500 nm) は、ヒトの網膜に傷害を与えることがわかってきた (KUSE et al., 2014)。可視光の動物に対する毒性に関しては未解明なことが多く、可視光の新たな利用技術を開発するうえで、また、可視

光の安全性を評価するうえで、それらを明らかにしていくことは極めて重要である。本稿では、筆者らが新たに発見した青色光の殺虫効果について、これまでに得られた知見 (Hori et al., 2014) を紹介するとともに、この知見に基づくクリーンで安全性の高い新たな害虫防除技術開発の可能性について述べる。

I 青色光のショウジョウバエに対する殺虫効果

1 蛹に対する殺虫効果

キイロショウジョウバエ (以下、ショウジョウバエ) はライフサイクルが短く、飼育も容易なため、代表的なモデル動物として、生物学の様々な研究で用いられている。そこで筆者らも、ショウジョウバエを用いて、可視光による蛹に対する致死効果を調査した。蛹化後 24 時間以内のショウジョウバエを 25°C の恒温条件で 7 日間連続的に、様々な波長の LED 光源下に置き、羽化せずに死亡した蛹の割合を調べることにより、殺虫効果を波長間で比較した。蛹に照射する光の強さは $3.0 \times 10^{18} \text{ photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ とした (測定器の受光角は全角で約 22°)。筆者のいる大学構内 (仙台) において、5 ~ 7 月の 14:00 ころに、晴天時の直射日光の青色光の総量 (400 ~ 500 nm) を調査したところ、 $7.5 \sim 9.0 \times 10^{18} \text{ photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ であった。したがって、蛹に照射した LED 光の強さは直射日光の青色光総量の 1/3 程度であった。各波長の殺虫効果を調査した結果、440 nm と 467 nm が特に高い効果を示し、死亡率はそれぞれ 73% と 95% に達した (図-1)。UVA である 378 nm での死亡率は約 40% で、前記 2 波長と比べると、その殺虫効果は明らかに劣っていた。さらに興味深いことに、456 nm は 440 nm と 467 nm の間の波長であるにもかかわらず、その殺虫効果はこれら 2 波長に比べて明らかに低く、死亡率は約 30% に止まった。また、紫外線に最も近い可視光であった 404 nm での死亡率は、光を照射しない全暗下の蛹と同程度であった。

次に、それぞれの波長について光強度と殺虫効果の関係を調査したところ、378 ~ 508 nm では、光強度が高くなると殺虫効果も高くなることが明らかになった (図-2)。467 nm では、 $2.0 \times 10^{18} \text{ photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の光強度でも死亡率は約 70% を示し、 $4.0 \times 10^{18} \text{ pho}$