

第4章 大規模施設の環境制御

1. 環境制御技術

植物の成育に影響をおよぼす環境要因の中で、とくに重要である光と温度に関して、温室（太陽光型植物工場）において実施される環境制御手法とその基礎について解説する。なお、CO₂制御に関しては省略する。

1) 環境要素と計測・制御

植物の生育に関与する地上部の環境要因として、光、温度、湿度、CO₂、気流速の5つが主要要因である。また、地下部に関しては、根圏温度や養水分である。作物生産においては、環境制御技術を活用して、これら要因を制御することで作物成育を調整し、生産性を高める。

2) 光（日射と長波放射）

可視光線のほかに、紫外線、赤外線を含めた波長帯を光（または光放射）と呼んでいる。光は便宜上、日射（短波放射）と長波放射の波長帯に大きく2分できる。

日射は植物の成育（光合成や光形態形成）に直接関与する光（光合成有効放射、植物の生理的有効放射）を含むが、それ以外に、熱的作用をもつ光（近赤外線）も含む。温室は構造材があり、被覆資材で覆うので、屋外の光環境と異なる。成育促進のためには、入射光量の低下を少なくすることが大事である。また、特定の被覆資材を利用することで、成育制御の目的で特定波長帯の透過を抑えたり、梨地資材利用により散乱光比率を高めることも可能である。温室内の光分布は、成育の均一性に影響する。温室の棟方位により異なり、東西棟に比べ、南北棟の方が光分布は均一である。

長波放射（遠赤外線）は、夜間の温室からの放射放熱、すなわち被覆資材の保温性に関係する。

3) 暖房

暖房が冬期の栽培を可能にする。施設園芸 4.3 万 ha の約 40% が加温設備を備えており、その 93% は石油に依存した燃油式暖房である。温風暖房方式と温湯（温水）暖房方式がある。石油以外に利用されているエネルギー源としては、比率は低いが LPG、電気がある。また、一部で再生可能エネルギーである木質バイオマス（木質ペレット、木質チップなど）、地下水などが利用される。

温風暖房は、温湯暖房に比べ熱効率が高く、装置設置が容易で安価であることから、施設園芸で多用されている。室温分布の均一化を図るために送風ダクトを用いることが多い。

温湯暖房では、温室内の谷下や周囲に設置した放熱管を利用する。フェンロー温室では、作業台車のレールを兼ねた放熱管を栽培ベッド間の床上に設置する方式が一般的である。暖房用ボイラーには、重油のほかに LPG や木質材を燃料とするタイプもある。LPG ボイラーを利用した施設では、燃焼ガスを CO₂ 施用に用いるところもある。ヒートポンプは効率（COP）が高く、暖房のみならず冷房や除湿運転も可能であり、また燃油価格の高騰もあり、近年導入が急速に伸びた。

暖房管理温度は作物によって異なる。時間帯により設定温度を変える変温管理は、果菜類などでは一般的である。省エネの観点から、成長点加温やイチゴのクラウン加温などの局所加温も取り入れられている。

4) 保温、被覆資材

暖房経費の削減や省エネの基本となるのが温室の保温性（断熱性）の向上であり、そのためには多層被覆や断熱性の高い被覆資材の利用がある。多層被覆方法としては、保温カーテン方式が一般的である。一部で固定 2 重や空気膜 2 重も利用されている。外張資材に関しては、長波放射（遠赤外線）の吸収率の高い資材ほどの保温性は高い。断熱性の高い内張資材としては、アルミを利用した反射性資材、中空構造資材などのほかに、比較的新しい資材として布団資材（多層高断熱資材）がある。

5) 暑熱対策（遮光、冷房）

昨今の猛暑や換気窓への目合いの細かい防虫ネットの設置により、夏期の暑熱対策が重要課題になっている。対処方法としては、換気の向上、遮光、冷房の3つである。

遮光は、内部遮光が一般的であるが、一部外部遮光もある。遮光資材には、日射に含まれる近赤外線（作物成長に不要）の反射を高めた資材がある。被覆面へ塗布する遮光剤があり、近赤外線の反射を高めた遮熱剤も利用される。

最も積極的な対策が冷房である。経済的に見合う昼間の冷房法は、水の気化冷却を利用した細霧冷房やパッド&ファン冷房である。夜間は、昼間に比べ冷房負荷が小さいので、ヒートポンプが利用できる。

(林 真紀夫＝東海大学)

参考文献

- 1) 施設園芸・植物工場ハンドブック(日本施設園芸協会企画・編集)、農文協、2016