

## 第2章 環境要素の計測技術

### 1. 環境計測と制御技術について

これまでの作物の環境管理技術は、長年にわたる栽培経験に基づく篤農技術を基礎として構築されてきた。最近の植物工場などにおける栽培は、栽培規模の拡大や新たな環境機器の開発などにより、これまでの篤農技術では対応しかねる状況となり、定量的なデータに基づく環境制御技術へと移行しつつある。そのためには、諸環境要素のセンサが不可欠であるとともに、これまで以上に厳しい生産目標に応じた制御技術の適用が求められるようになった。

そこで、植物工場における栽培、経営改善に関する研修資料として、①計測要素とセンサの選択、②センサの取り扱いに関する留意点などについて説明した。

### 2. 植物工場における計測要素と項目

作物の環境管理上計測が必要とされている環境要素は、日射束密度(人工光型では放射束密度)、気温、相対湿度(水蒸気飽差)、CO<sub>2</sub>濃度、風速であり、培地環境としては、培地温、pH、ECならびに溶存酸素濃度である。さらに、光熱費に関連して電力量、燃料、水量である。その他、外界の気象条件としては、日射束密度、気温、相対湿度、風向・風速、降水量などがある。

### 3. センサ選択のポイントと計測準備

#### 1) センサの選択方法

- ・精度が保証されていること: 管理者に代わって栽培環境を監視し、制御する重要な役目を果たすためには、十分信頼できるセンサを選択する必要がある、精度保証されているセンサを選択する。
- ・計測方法やセンサの形状が使用目的に適合すること: 計測方法については、連続測定が可能かどうか、記録や制御のための信号出力を利用できるかどうかなど使用目的に合致するセンサを選択する。
- ・大きな温湿度の変化と塵埃が多い環境に耐えられること: センサの設置場所は高温・多湿で、周期的な変化を伴い、かつ塵埃が多い、センサにとって極めて過酷な環境に耐えられることが必要となる。

#### 2) センサの取扱い方について

- ・校正作業: 信頼性のあるセンサにおいても、センサの検出面の汚れや劣化などによって必ず経年変化が生じるので、品質の高いデータを得るためには定期的な校正作業が必要である。とくに、相対湿度、CO<sub>2</sub>濃度、培養液や培地のpHやECの各センサにおいては不可欠である。
- ・センサの設置方法: 各センサは、計測目的に応じた設置方法にする必要がある。例えば、気温の計測においては、太陽光利用型においては、「放射除け」が不可欠であり、平均的な気温の計測であれば通風装置の設置が望まれるが、葉温の計測を目的とする場合は、「放射除け」も「通風装置」も不要となるなど様々な計測条件となる。その他、日射センサの設置方法とかCO<sub>2</sub>センサを使用する場合の設置方法についても注意が必要となる。

### 4. 制御技術

#### 1) フィードバック制御とフィードフォワード制御

これまで施設内環境要素の制御に用いられてきた制御方法は、フィードバック制御である。最近、天候の予測技術を用いるフィードフォワード制御が一部で試みられるようになった。

#### 2) 制御設定値

制御設定値は、作物の生育状態と環境要素との関係から管理者が決定することになるが、この設定値が管理者のノウハウとなっており、一般に紹介されている事例は少なく、自らデータを蓄積して設定している状況と推察される。また、研修資料の冒頭の図に示したように、植物が周辺環境に及ぼす影響をどのように考えるかなどの検討も必要と考える。

現在、規模の大きな施設においては、かなり高価な制御装置が使用されるようになったが、誘導雷対策としての避雷対策と雷害を受けた時の一時しのぎの制御への切り替えなどの対策が必要になると思われる。

### 5. これまでの実測結果に基づく今後の課題

栽培状態で床面積 1,000～2,500 m<sup>2</sup> 規模の太陽光型植物工場において、トマトをフルに栽培している施設内における環境計測の結果、生育促進、収量増と暖房コスト低減に関して以下の課題が残されていると考える。

- 1) 施設内の透過日射束密度と作物が受ける透過日射量の測定場所
- 2) 昼間の相対湿度(飽差)と葉温
- 3) 夜間の植被内気温分布の矯正法と地表伝熱量の有効な活用法
- 4) 昼夜間の植被内風速分布の調整

なお、上記課題に関連する計測結果については紙面の都合もあり、一部参考文献 1)～4)に紹介する。さらに、諸環境要素に関するデータを効果的に集積し、効果的なデータベースを構築するためには、諸環境要素の計測法とくに計測場所に関する取り決めやルール作りが極めて重要と考えているが、わが国における先駆けとして参考文献 5)があり、今後の見直し作業や方向づけの活動の参考に供したい。

(関山 哲夫=NPO 植物工場研究会)

#### 参考文献

- 1) 関山哲雄(2017): 太陽光型植物工場内の日射状態の計測と表示法,施設と園芸,日本農民新聞社,No176 冬,57-61.
- 2) 古在豊樹,関山哲雄(2016): 園芸施設内上部空間の昼間気温が下部空間の気温より高い原因について,農業電化,69 巻 4 号,農業電化協会,16-20
- 3) 関山哲雄,玉城 鉄(2015): 園芸施設における地表伝熱特性と床面被覆材の評価法,農業電化,68 巻 7 号,農業電化協会,6-10.
- 4) 玉城 鉄, 関山哲雄(2016): ハウス植被域における気温むらとトマト生育のばらつき状況について,農業電化,69 巻 2 号,農業電化協会,4-9.
- 5) 玉城 鉄, 関山哲雄(2016): ハウス植被域における気温むらとトマト生育のばらつき状況について,農業電化,69 巻 2 号,農業電化協会,4-9.