

第5章 環境制御による植物機能制御

1. 環境制御の目的

1) 制御する環境要素

施設栽培において、制御できる主な環境要素、その方法、アクチュエータ(作動機器)は以下のようなものだと考える。

表1 環境要素とその制御方法、アクチュエータ

環境要素	制御方法	アクチュエータ
気温	換気、暖房、冷房、気化冷却	換気窓、換気扇、温風暖房機、ボイラー、ヒートポンプ、細霧ノズル
湿度	加湿、除湿、	細霧ノズル、除湿機、換気窓
CO ₂ 濃度	CO ₂ 施用	電磁弁(生ガス)、CO ₂ 発生機
光	遮光、補光、電照、シェード	遮光カーテン、補光ランプ、電照ランプ、シェードカーテン
土壌水分	灌水	灌水チューブ、頭上散水ノズル
土壌養分	施肥	液肥混入器

これらの環境要素は、すべて植物の機能を制御するために調節される。換言すれば、環境制御は植物の活動の制御にほかならない。

2) 制御される植物機能

作物栽培に関連の強い生理機能には、以下のようなものがある。

- ・光合成と呼吸 : 作物生産の基盤
- ・蒸散と水分収支 : 細胞肥大と水ストレス
- ・転流 : 果菜類の収量と品質
- ・発達 : 開花や収穫時期
- ・養分吸収 : 無機栄養分の欠乏と過剰
- ・成長 : 葉面積や果実の肥大

以上のような機能は、いずれもおかれた環境に直接あるいは間接的に影響を受ける。

- ・光合成 : 光合成有効放射、空気の CO₂ 濃度、気温
- ・蒸散 : 空気湿度、葉温、受光強度、土壌水分
- ・転流 : 気温
- ・発達 : 気温
- ・養分吸収 : 土壌養分濃度、土壌水分

また、環境によって影響を受けた生理機能が植物体内の状況を作り出し、それが別の生理機能に影響を与えることは珍しくない。

- ・蒸散 : 水分収支に影響し、それが多くの生理機能、特に光合成や養分吸収に影響する。
- ・光合成 : 糖の生産を通して成長に影響する。

以上のように、環境制御は、環境要素(気温や湿度など)を通して植物の生理機能を制御することであり、その目的を明確に持たずに制御することは無意味であるどころか害になることもある。

2. 植物生理機能の制御の実際

1) 光合成の制御

光合成速度は、ある値に制御するというよりも、与えられた環境の中でいかに大きくするかが求められる生理機能である。施設園芸において、光合成有効放射束密度(PPFD)は制御が難しく、CO₂ 濃度はコストの点から限られた範囲でしか制御でき

ない。したがって、計測された PPF_D と CO₂ 濃度を所与のものとして、光合成速度を最大にする気温に制御することが合理的だと考える¹⁾。なお、以下で説明する気孔閉鎖を引き起すような条件下では、光合成速度が大きく低下するので注意する。

受光光合成有効放射が絶対的に不足する時には、補光を行う。その際は、補光にかかるコストと光合成速度の増大分の割合に十分注意して補光強度(ランプ出力、ランプ数、補光条件)を決定すること。

2) 蒸散の制御

蒸散速度は光合成速度と異なり、大きいほど望ましい、ということにはならない。

蒸散は葉と空気の水蒸気濃度差に比例して行われる物理的な現象ともいえる²⁾。したがって、空気湿度が低い時(飽差が大きい時)に大きくなる。蒸散は葉と空気の水蒸気の移動に関するコンダクタンスにも比例する。つまり、葉内と葉から離れた場所まで水蒸気が輸送されやすいと大きくなる。具体的には、気孔が大きく開いていて葉面付近に風が吹いているとコンダクタンスが大きくなる。また、蒸散は吸水の原動力なので、蒸散速度が小さいと吸水速度も小さくなり、同時に吸収される養分が不足することもあるので、ある程度大きく保つことが望ましい。

一方、気孔のコンダクタンスは葉の水分状態に影響される³⁾。気孔は、水ストレスになると閉まってコンダクタンスが小さくなり、その結果蒸散速度は小さくなる。葉が水ストレスになるかどうかは蒸散速度の絶対値ではなく、蒸散速度と吸水速度のバランスで決まる。したがって、非常に空気湿度が低下して蒸散速度が大きい場合以外にも土壌水分が不足するような場合は蒸散により水ストレスになりやすい。

以上のようなことを考慮して、土壌(培地)水分率を灌水で、および空気水蒸気濃度を加湿または除湿で調節して蒸散速度を制御する。

3) 成長の制御

成長とは、植物の量的な増大のことで、場所によっては収量に直結する。成長速度を持続的に大きく保つためには、光合成によって成長部位(成長点、拡大中の器官など)に炭水化物が運ばれることと分化した組織を肥大させるために必要な水の供給が保たれることが重要である。

したがって、光合成、転流、水収支などに気を配る必要がある。転流を含む多くの植物生理機能は温度に強い影響を受け、光合成も転流もその例を出ない。適当な温度条件下で、光合成産物が成長部に運ばれてそこに十分な水が供給されると、その組織や器官の肥大(拡大)速度は大きいものとなる。環境条件的には、光合成に関するもの、夜間でも温度や水管理が重要となる。

4) 発達の制御

発達とは、植物が質的に変化する現象で、成長と対をなす語である。たとえば、発芽、開花、成熟、展葉などがある。

発達は、温度と極めて強い関係を示すことがわかっている。一般に基底温度といわれる温度以下では発達現象は見られず、それ以上では線形的に発達速度が増大する。しかし、あまり高い温度になると生理的に高温障害となり、発達速度は急速に低下する⁴⁾。

この関係を利用すると、温度を知るだけで播種から発芽までの時間、開花から収穫までの時間、花房開花の間隔などを極めて正確に予測できる。この性質を利用して、気温制御を通して発達の制御を行い、栽培管理を合理化することが可能となる。

温室制御的には気温は日平均気温を制御するのが最も合理的で、自動化も可能である。光合成速度などの他の生理機能も温度に影響を受けるのでそれらに考慮しつつ、暖房や冷房を人工的に行う場合は、コストについても留意する必要があるだろう。

(狩野 敦=株式会社ダブルエム)

参考文献

- 1) 狩野敦、「光合成速度を最大化する環境制御装置の実用化」施設と園芸 161号、2013
- 2) 狩野敦、「湿度環境とその制御 その1 蒸散と光合成に及ぼす影響」施設と園芸 183号、2018
- 3) 狩野敦、「湿度環境とその制御 その2 植物の水分状態と湿度の制御」施設と園芸 184号、2019
- 4) 狩野敦、「栽培管理における温度と発達 その1 熟時間と積算温度」施設と園芸 181号、2018

以上すべて <http://www.agripres.co.jp/se/>