

栽培施設自動化の現状と将来

静岡大学農学部生物生産科学科
狩野敦

1. 自動化の歴史

施設園芸においては、自動化は避けては通れない道である。現在では、雨よけ施設等を除けば、人力のみで管理できるような施設からの生産が十分な収益を挙げる例はほとんどない。ある程度以上の規模の施設を円滑に管理・運営していくためには、自動化が必要である。

日本における栽培施設における本格的自動化は、1960年代より換気扇と暖房機が普及することで始まったと考えられる。どちらも内部的な改良は施されたものの、ほとんど同じ機能を持って現在に至っている。温室やハウスの暖房装置は、厳密には自動化装置とは言えないかも知れないが、「自動的」に気温を制御する装置であるので、ここでは自動化装置とする。

換気扇は、安価で簡単な構造であったため、ある程度普及した。しかし、換気能力が窓換気に比べて著しく劣る、室内温度むらが大きい、吸気口付近での風速が大きすぎるなどの理由で、換気の主流にはなり得なかったが、天窓を備えることのできない小型ビニールハウスでは、依然として利用されている。

その後、天窓開閉器が電子回路やサーモスタットと組み合わせられて自動化されたが、当初は、センサが本体内に内蔵されており、正確な制御ができなかった。現在では、サーミスタセンサを使って温室内の任意の位置にセンサを設置でき、通風することが可能となった。ただし、センサへの通風は、通常行われておらず、気温の測定誤差の大きな原因となっている。

1970年代の後半になり、電子回路やコンピュータの利用が一般化してくるにつれ、それまで手動あるいは電動で行っていた天窓、側窓および保温カーテンの開閉を自動的に行う装置が普及し始めた。現在では、新築される200坪以上のビニールハウスや温室においては、暖房、内部カーテン、天窓開閉の制御を自動的に行うのが普通である。

1980年代になると、養液栽培システムが普及し始めた。養液栽培における養液調製と灌液を手動で行う例はほとんどなく、ほぼすべてが自動化されている。

1983年以後に栽培者の持つ知識（ノウハウ）をコンピュータに移植しようとする試みがなされたが、成功していない。エキスパートシステム、ニューラルネットワーク等の研究例は数多く発表されたが、実用化した例はない。

いわゆる複合環境制御は、1985年以後、大規模温室を中心に普及している。これらの装置の特徴は、コンピュータを用いているため自動制御に加えてデータの収集ができることである。しかし、このハードウェアに対して栽培者はとまどっているのが現状である。どのような設定をするのが最も良いのかなどにまだ答えはない。

1990年代の前半より、環境調節の自動化以外にも栽培作業の自動化の試みが始まった。具体的には、接ぎ木や挿し木等の作業を人間の手を介さずに、機械に行わせようとするものである。ただし、これらの自動化は、個々の栽培者の負担を軽減すると言うよりは、苗の大量生産業者のためのものである。

では、これからの自動化とはどのようなものであろうか。私は、今までのような装置中心の考え方でいる限り、現状を超えることはできないと思う。栽培者は、メーカに対して「努力することなく収量と品質が向上するような装置」の発売を期待してはならない。現状では、「自動的に決められた動作を行う」という意味での自動化は、ほぼ限界に達している。

2.自動化の現状

施設内で、自動化の対象となるものには、気温、湿度、光強度、土壌水分、CO₂濃度などがある。これらは、それぞれ、暖房機、加湿・除湿機、遮光カーテン・補光ランプ、灌水ポンプ、CO₂発生器などの制御によって自動化される。

気温制御の自動化は、前述のように最も古くから行われてきた。しかし、温室やハウスなどの栽培施設は、元来、冬期の栽培を可能にするという目的で普及してきたために、暖房の方が換気や冷房よりも複雑な制御を行う場合が多い。栽培者も、例えば、夜間の最低気温（大抵は、暖房設定気温付近の値）を気にすることが多く、日中の気温変化に気を使うことは余り多くない。冷房に関しては、欧米ではパッド・アンド・ファン方式の冷房が実用化されている。日本においては、まだ例は少ないが、自然光併用型野菜工場などで導入されている例がある。

湿度制御の自動化は、最近試行錯誤的に導入される例が多くなっている。通常、地上2～4m付近のノズルから水を細かい霧にして噴霧する事によって加湿を行う。この場合、噴霧された水の蒸発速度よりも噴霧速度の方が大きいと、作物や床の上に散水されることになり、噴霧量をいくら大きくしてもその割に湿度が高くないで、その他の問題（病害、土壌の過湿など）が発生しやすくなる。除湿には、ヒートポンプ（冷房機）を用いる場合と低外気温下で暖房しながら換気を行う方法が実用化されている。

遮光カーテンによる光強度の調節を自動的に行う例は、ほとんど見かけない。これは、現在市販されているカーテンの自動開閉器が、手動かタイマーによる自動運転を行うよう

になっているため、光強度を目安にして制御を行うためには、いわゆる複合環境制御システムの一部に取り入れなければならない。一方、補光ランプの制御は、タイマーのみで行うため、制御システムは簡便だが、ランニングコストが大きく、その効果がはっきりしないので普及していない。

灌水を灌水チューブを用いて行うことは、以前より行われてきたが、灌水すべき量を自動的に決定する技術は、養液栽培においてのみ開発され、実用化された。しかし、制御の目的は、かけ流し式灌液法での培養液の節約が主で、培地内水分量の調節による成長制御は困難であると考えられている。

CO₂は、現在の所、温室などの環境で連続計測できるセンサがないので、タイマー等でCO₂発生器や純ガスポンペのバルブをON/OFFする方法で施用されている。温室メロン栽培のようにCO₂施用を活用している例は少なく、一般には、その効果が認識されていない。

3. 自動化の最先端

自動化の将来像を考える前に、まず、現在日本で実用化されているものの中で最も進んだ複合環境制御システムだと考えられる、温室メロン環境制御システムについて述べる。以下にその仕様を略記する。ここで、「進んだ」という意味は、他の実用化されている制御システムに比べて生産のために考慮している項目が多い、ということである。

制御項目：気温（2点/棟）、湿度、CO₂濃度、ボイラー湯温

制御対象：天窗、側窓、内部・外部保温カーテン、CO₂発生器またはCO₂純ガスバルブ、冷房機（ない場合もある）、ボイラー、温水循環ポンプ

制御方式：LAN型または中央管理型

以上の仕様は、他の複合環境制御装置と似ているかも知れない。しかし、温室メロン環境制御装置の開発における事情は、通常の場合とは異なっていた。

まず、自動化以前における栽培者の技術水準が極めて高かったことが挙げられる。種々の書籍で紹介されているように、温室メロン栽培では、以前は1作ごとにワラを敷き、その上に土をおいて隔離ベッドを作り、灌水はホースではなくジョウロを用いて行っていた。ジョウロを用いたのは、灌水量を正確に制御・把握するためと1株毎の灌水量を等しくするためである。温室の換気窓は多いときで1日に十数回も開度を調節し、室内気温を調節し、気温むらを小さくする必要があった。したがって、雨が降りそうでも換気窓を閉めておくことはできず、温室メロン農家は、自宅をトタン屋根にして夜間の降雨を屋根をたたく雨音で検知し、温室の窓を閉めに走る、という生活をしてきた。それほど、温室内の環境を緻密に制御する必要があり、それをなんとかして実現していたのである。

したがって、自動化に対して求めたものは、一般的な気温制御の自動化ではなく、それらを通しての温室メロンの生長制御であった。したがって、気温の制御も1日を8から10の時間帯に分け、なおかつその中でなだらかな気温変化をもたらすような制御を実現している。省エネルギーのためのボイラー温水温度の制御、太陽光を最大限に利用するための日の出・日の入り時刻の推定、換気窓からの風の吹き込みを防ぐための風上側の換気窓の閉鎖などの機能が必然的に制御システムに組み込まれた。すなわち、温室メロン栽培者は、環境制御システム導入以前に、すでに手動でこのような高度な環境管理を行っていたのである。自動化は、それをプログラムに組み込んで実行させたに過ぎない。

次に、環境制御システムの開発方法が異なったことが挙げられる。一般的に、このような環境制御システムを開発する際には、栽培者との面談や情報交換を通して、何をどのように制御するかをシステム開発者が把握する。このシステム開発者が、それを実現するためにハードウェアとソフトウェアの設計や組立を行う。したがって、システム開発者は、栽培作物についての知識をほとんど持つことはなく、その必要性もなかった。

しかし、温室メロン環境制御システムの開発においては、システム開発者は栽培者の行う管理行動の意味をその植物生理的影響を含めて完全に理解し、栽培者の希望を実現するためではなく、システム開発者自身が栽培者とほとんど同化してシステムを完成させた。このような方法で開発された温室メロン環境制御システムは、その後も改良を加えられ、さらに高度なものとなり、その機能のほとんどが栽培に活用されている。

なぜ温室メロンにおいてのみ、このような高度な複合環境制御システムが実用化されているのかというと、もちろん、そこにその必要性和需要が存在していたためである。しかし、それよりも重要なことは、温室メロンの栽培者が自動化以前に高い技術を蓄積していた、ということである。彼らは、数十年も前から自分たちの研究所や独自の品種を持ち、技術改良に努めてきた。また、年間30～50作という栽培回数の多さも技術発展を加速する大きな要因だったといえよう。

反対に、なぜその他の作物において温室メロンのような高度な環境制御システムが普及しないのかといえば、やはり技術力の相対的低さに原因があるだろう。上で述べたように自動化技術の高さは自動化以前の技術に比例するものだからである。作物ごとに、「名人」と言われる栽培者が存在することは確かであるが、総合的な技術力（環境の変化を通じて植物の生長や成熟を制御する能力）においては、温室メロン栽培者の足元にも及ばないといってもいいだろう。わずかに、養液栽培システムの開発過程の一部に温室メロン環境制御システムの開発過程と似たものが認められるのみである。

4. 自動化の将来

以前、人工知能の研究が盛んであった時、「現在の栽培技術、とくに経験の後に獲得される篤農技術は、今までのような数値的な表現をすることができない。したがって、曖昧

な情報処理に適した人工知能の利用が妥当である。」と言われた。その後、人工知能の園芸学への応用研究は画像処理以外の分野では下火になってしまったが、その理由について深く検討されたことはなかった。

それ以外にもいろいろな新技術が環境制御システムに導入されては普及することなく消えていった。私は、これらの失敗の最も大きな原因は、施設栽培をシステムとして理解せず、気温の制御や灌水量の決定という部分（パーツ）で理解したことにあると考えている。施設作物栽培というのは、変化する気象条件下で施設の構造や栽培者の管理などが独特な環境システムを作りだし、作物の生長を制御していくものである。そこでは、栽培者のすべての行動が有機的に作物に影響しあう。

例えば、除草は、害虫密度や病害の可能性を低下させるだけでなく、湿度、気温、土壌水分などにも影響を与えるかも知れない。薬剤散布には病害虫を防ぐだけでなく、加湿効果があることは言うまでもない。気温と湿度は互いに密接な関係がある。したがって、気温を上昇させて生育を調節しようとしても実際には湿度の変化によって生育が調節されている、ということはよくある。

農業技術開発における最も大きな問題点は、この「栽培はシステムである」という考え方の欠如だといっても過言ではないと思う。ここでいう、「システム」とは、構成要因の間に相互依存的連関が存在する状態のことを言う。つまり、システム内においては、ある構成要素を変化させれば、それ以外の要素も自動的に変化してしまう、ということを示している。システム内の係数は、温室の形状、周囲の状況（山がある、田に囲まれている、など）、土壌の種類などによって大きく異なる。したがって、同じシステムは、2つ存在しないと考えるべきなのである。例えば、昨年までペーパーポットで育苗していた栽培者が、今年はプラグシートで育苗をしたとする。もし、プラグシートでの育苗が失敗した場合、「この栽培者の作り出すシステム内においてはペーパーポット育苗のほうがプラグシート育苗よりも適していた」、ということの一例を示したに過ぎない。それが、しばしば、「ペーパーポットのほうが、プラグシートよりも良い。」などと誤って解釈されてしまう。

同様のことが、施肥量や灌水量にも言える。施肥量や灌水量の最適値とは、管理者の作り出すシステムの中で決定されるべきものであって、どのシステム内においても最適となるようなユニバーサル（普遍的）な値は存在しない。

このような考え方は、多くの研究者にも欠如していると言わざるを得ない。現在、多くの最適値探索試験（どの値が最も適しているかを検討する試験）は、実験区間の比較として行われている。しかし、そのデータは、その実験者の作り出した独特な栽培環境システム下のものでしかない。したがって、他人の出したあらゆるデータは自分にとっては単なる参考に過ぎず、予断や誤解を与える可能性も高い。ただし、私は、ここで、比較試験の有用性を否定しているわけではない。

以上のことから分かるように、ある栽培者が初めて栽培を始めるときからその作物生産のための最適な値で制御を行うことができる自動制御装置というものが存在し得ないことは明らかである。最適な値というのは、栽培者自身が自分の作り出している独自の施設環境システム内で発見すべきものだからである。もっと広く言えば、技術開発・改良は、栽培者自身が行うべきものであり、他から与えられたり、すでにある技術の真似をして取り入れたりするものではない。では、研究者は何のために存在するかと言えば、栽培者の研究の補完的役割を担っているに過ぎない。もちろん、その重要性は高い。

この考え方に基づいて、将来の自動化装置について考えてみる。

栽培者が収量や品質を最高にするために設定気温や灌水量などの最適値を求めようとす。これは、すでに一種の研究である。もちろん、試験場や大学における研究とは異なり、実験区をいくつも設定したり、面倒な調査や化学分析をすることもできない。したがって、栽培者はどうやってこの「研究」を日常管理の中に取り入れていくかについて考える必要がある。自動化装置はこの時にこそ栽培者の手助けをすべきである。

現在の気温制御（天窓開閉装置、暖房機など）は、与えられた設定値に対して、気温をできるだけ近づけようとする制御を行う。しかし、実際の気温がどのように制御されたのかは分からない。データ収集機能のある複合環境制御温室などの場合は、10分ごとのデータが記録されることが多いが、記録されたデータは主に制御の異常を発見するために用いられ、栽培技術にフィードバック（feed back）される例は少ない。ここで、もし、日平均気温だけでも栽培者に容易に提供されるようになっていけば、栽培者はそれを毎日記録することにより、全栽培期間における温度情報を得ることになる。この温度情報と自分が観察した植物の生長や変化を総合的に考察することにより、自分の行った温度管理に対する改善点を見つけることができよう。その結果、次作では、前作よりも温度環境管理においては技術的に向上していることになる。ここでは、温度管理についてのみの例を挙げたが、同様のことがその他の環境管理にも言える。

以上述べたように、今後の自動化装置と栽培者の関係は、その装置自体が高い機能を持ち、それを栽培者が利用する、という形態をとることにはならないであろう。これからさらに発展するためには、栽培者の技術改良（研究）の助力となるようなデータを供給し、栽培者の意図を実現するようなものとなる必要がある。このためには、栽培者が自分自身で自分の技術を改良していくという意志を持ち、適切な方法で少しずつ技術革新を実現していく環境を持たなければならない。

農業が従来のような経験や知識を重視する産業から、工業のような技術開発力の強さを重視する産業に変化するためには、生産者、研究者、装置開発メーカーのいずれもが、考え方を新たにする必要があろう。

재배시설 자동화의 현황과 미래
Roles of Environment Control : Now and the Future

시즈오카대학 농학부 생물생산과학과
狩野 敦(카노 아쯔시)

1. 자동화의 역사

시설원예에 있어서 자동화는 피해서 갈 수 없는 길이다. 현재 비가림시설 등을 제외하면 인력만으로 관리할 수 있도록 되어 있는 시설에서의 생산이 충분한 이익을 올린 예는 거의 없다. 어느정도 이상의 규모의 시설을 원활하게 관리·운영하기 위해서는 자동화가 필요하다.

일본에서의 시설원예 자동화는 1960년대부터 환기팬과 난방기가 보급됨으로서 시작되었다고 생각된다. 둘다 내부적인 개량을 되어 졌으나 거의 같은 기능을 갖고 현재에 이르고 있다. 온실이나 하우스의 난방장치는 엄밀히 말하여 자동화 장치라 말할 수 없을 지 모르겠으나 「자동적」으로 기온을 제어하는 장치이기 때문에 여기에서는 자동화장치라 하겠다.

환기팬은 가격이 저렴하고 간단한 구조였기 때문에 어느 정도 보급되었다. 그러나 환기능력이 창환기에 비하여 현저히 떨어지고, 실내온도의 불균일이 크고, 흡기구부근에서의 풍속이 너무 크다는 등의 이유에서 환기의 주류가 될 수 없었으나 천창을 설치할 수 없는 소형 비닐하우스에서는 여전히 이용되고 있다.

그 후 천창개폐기가 전자회로나 서모스탯과 조합되어 자동화되었으나 그 당시는 센서가 본체내에 내장되어 있어서 정확한 제어를 할 수 없었다. 현재는 서미스터 센서를 사용해서 온실내 임의의 위치에 설치할 수 있고 통풍하는 일이 가능해졌다. 단, 센서에의 통풍은 하지 않고 있어서 기온의 측정오차의 큰 원인이 되고 있다.

1970년대 후반에 이르러 전자회로나 컴퓨터의 이용이 일반화됨에 따라서 그때까지 수동 또는 전동으로 행하고 있던 천창, 측창 및 보온커튼의 개폐를 자동으로 하는 장치가 보급되기 시작하였다. 현재 신축되는 200평이상의 비닐하우스나 온실에서는 난방, 내부커튼, 천창개폐의 제어를 자동으로 하는 것이 일반적이다.

1980년대가 되면서 양액재배시스템이 보급되기 시작하였다. 양액재배에서의 양액조제와 관액을 수동으로 하는 예는 거의 없으며 대부분 자동화되고 있다.

1983년 이후에 재배자가 갖고 있는 지식(노하우)을 컴퓨터에 이식하려고 하는 시도가 이루어졌으나 성공하지는 못하였다. 전문가시스템, 신경망회로 등의 연구례도 많이 발표되었으나 실용화된 사례는 없다.

이른바 복합환경제어는 1985년 이후 대규모온실을 중심으로 보급하고 있다. 이들 장치의 특징은 컴퓨터를 사용하고 있기 때문에 자동제어에 부가시켜서 데이터수집을 할 수 있는 것이다. 그러나 이러한 하드웨어에 대해서 재배자는 당혹스러워 하고 있는 것이 현상이다. 어떠한 설정을 하는 것이 가장 좋은가에 등에 해답은 아직 없다.

1990년대 전반부터 환경조절의 자동화이외에도 재배작업의 자동화가 시도되기 시작되었다. 구체적으로 접목이나 삽목 등의 작업을 수작업에 의존하지 않고 기계로 이루어지도록 하는 것이다. 단, 이들 자동화는 재배자 개인의 부담을 경감한다고 말하기보다는 묘의 대량생산업자를 위한 것이다.

그러면 앞으로의 자동화는 어떠한 것일까. 필자는 지금까지와 같은 장치중심의 사고방식으로 있는 한 현상상을 탈피하는 일은 불가능하다고 생각한다. 재배자는 업체에 대해서 「노력하는 일없이 수량과 품질이 향상되게 하는 장치」의 판매를 기대해서는 안된다. 현상에서는 「자동적으로 정하여진 동작을 한다」라는 의미에서의 자동화는 거의 한계에 도달하고 있다.

2. 자동화의 현황

시설내에서 자동화 대상이 되는 것으로는 기온, 습도, 광강도, 토양수분, CO₂농도 등이 있다. 이것들은 각각 난방기, 가온·제습기, 차광커튼·보광램프, 관수펌프, CO₂발생기 등의 제어에 의해서 자동화된다.

기온제어의 자동화는 전술한 바와 같이 아주 오래전부터 행하여져 왔다. 그러나 온실이나 하우스 등의 재배시설은 원래 동절기재배를 가능하게 할 목적으로 보급되어 왔기 때문에 난방쪽이 환기나 냉방보다도 복잡한 제어를 할 경우가 많다. 예를 들어 재배자도 야간의 최저기온(보통은 난방 설정기온 부근의 값)에는 신경을 많이 쓰나 주간 기온변화에 신경쓰는 일은 적다. 냉방에 관해서 구미에서는 패드 앤드 팬방식의 냉방이 실용화되고 있다. 일본에서는 아직까지 사례는 적으나 자연광 병용형 채소공장 등에서 도입된 예가 있다.

습도제어의 자동화는 최근 시행착오적으로 도입되는 예가 많아 지고 있다. 보통은 지상 2~4m 부근의 노즐로부터 물을 세무화(細霧化)하여 분무함으로써 가습을 한다. 이런 경우 분무된 물의 증발속도보다도 분무속도쪽이 크면 작물이

나 바닥위에 살수되어 저서 분무량을 아무리 크게 하여도 그에 비해 습도가 높아지지 않아서 그 외의 문제(병해, 토양습도 등)가 발생하기 쉬워진다. 제습에는 히트펌프(냉방기)를 사용하는 경우와 낮은 외기온하에서 냉방하면서 환기하는 방법이 실용화되고 있다.

차광커튼에 의한 광강도의 조절을 자동으로 하는 예는 거의 보이지 않는다. 이것은 현재 시판되고 있는 커튼의 자동개폐기가 수동이거나 타이머에 의한 자동운전을 하도록 되어 있기 때문에 광강도를 고려해서 제어를 하기 위해서는 이른바 복합환경제어시스템의 일부에 넣지 않으면 안된다. 보광램프의 제어는 타이머만으로 하기 때문에 제어시스템은 간단하나 가동비용이 크고 그 효과가 확실하지 않기 때문에 보급되지 않고 있다.

관수튜브를 사용하여 관수하는 것은 이전부터 행하여져 왔으나 관수해야 할 양을 자동으로 결정하는 기술은 양액재배에서만 개발되어 실용화되었다. 그러나 제어목적은 홀러버림식 관액법에서의 배양액절약이 주된 것이며 배지내 수분량조절에 의한 생장제어는 곤란하다고 생각되고 있다.

CO₂는 현재상황에서 온실 등의 환경에서 연속계측할 수 있는 센서가 없기 때문에 타이머 등으로 CO₂발생기나 액화가스통의 밸브를 ON/OFF하는 방법에 의해 시용되고 있다. 온실멜론재배처럼 CO₂시용을 활용하고 있는 예는 드물며 일반적으로 그 효과가 인식되지 않고 있다.

3. 자동화의 최첨단

우선, 자동화의 미래상을 생각하기 이전에 현재 일본에서 실용화된 것중에서 가장 앞선 복합환경제어시스템이라 생각되는 온실멜론 환경제어시스템에 대해서 기술한다. 이하에 그 사양을 간략히 나타낸다. 여기에서 「앞섰다」고 하는 의미는 다른 실용화되어 있는 제어시스템에 비하여 생산을 위해 고려하고 있는 항목이 많다는 것을 뜻한다.

제어항목 : 기온(2점/동), 습도, CO₂농도, 보일러 탕온

제어대상 : 천창, 측창, 내부·외부 보온커튼, CO₂발생기 또는 CO₂액화가스 밸브, 냉방기(없는 경우도 있다), 보일러, 온수 순환펌프

제어방식 : LAN형 또는 중앙관리형

이상의 사양은 다른 복합환경제어장치와 비슷할 지 모른다. 그러나 온실멜론 환경제어장치의 개발에 있어서 사정은 보통 때와는 달랐다.

먼저, 자동화 이전단계부터 재배자의 기술수준이 매우 높았다는 것을 들 수 있다. 여러 서적에서 소개된 바와 같이 온실멜론재배에서는 이전에는 1작기마다 짚을 깔고 그 위에 흙을 얹어 격리베드를 만들고 관수는 호스가 아니라 물뿌리개를 사용하여 행하였다. 물뿌리개를 사용한 것은 관수량을 정확히 제어·파악하기 위한 것과 1주마다 관수량을 같도록 하기 위한 때문이다. 온실의 환기창은 많을 때에 1일에 십몇회나 개도를 조절하여 실내기온을 조절하고 기온 불균일을 작게 할 필요가 있었다. 따라서 비가 내릴 것 같아도 환기창을 닫아 두는 일은 할 수가 없어서 온실멜론 농가는 자택을 양철지붕으로하고 야간의 강우를 지붕때리는 빗소리로 감지하여 온실의 창을 닫으러 뛰어가는 생활을 하고 있었다. 이럴 정도로 온실내 환경을 치밀하게 제어할 필요가 있었고 이것을 어떻게 해서든 실현하고 있던 것이다.

따라서 자동화에 대해서 요구했던 것은 일반적인 기온제어의 자동화가 아니라 자동화를 통한 온실멜론의 생장제어였다. 기온제어도 1일을 8에서 10의 시간대 별로 나누어 거기에 온화한 기온변화를 가져 오도록 제어를 실현하고 있다. 생에너지를 위한 보일러 온수온도의 제어, 태양광을 최대한으로 이용하기 위한 일출·일몰시각의 추정, 환기창으로부터 바람이 들어오는 것을 막기 위한 바람 윗쪽의 환기창폐쇄 등의 기능이 필연적으로 제어시스템에 넣어졌다. 즉, 온실멜론 재배자는 환경제어시스템 도입이전에 이미 수동으로 이와 같은 고도의 재배관리를 하고 있던 것이다. 자동화는 이것을 프로그램에 집어 넣어서 실행시킨 것에 불과하다.

다음으로, 환경제어시스템의 개발방법이 달랐던 점을 들 수 있다. 일반적으로 이와 같은 환경제어시스템을 개발할 때는 재배자와의 면담이나 정보교환을 통해서 무엇을 어떻게 제어할 것인가를 시스템 개발자가 파악한다. 시스템 개발자가 그것을 실현하기 위해서 하드웨어나 소프트웨어의 설계나 조립을 한다. 따라서 시스템 개발자는 재배작물에 대한 지식을 거의 갖고 있지 않아도 되고 그 필요성도 없었다.

그러나 온실멜론 환경제어시스템의 개발에 있어서는, 시스템 개발자는 재배자가 행한 관리행동의 의미를 식물생리적 영향을 포함해서 완전히 이해하여 재배자의 요구를 실현시키기 위한 것이 아니라 시스템 개발자 자신이 재배자로 거의 동화되어 시스템을 완성시켰다. 이러한 방법으로 개발된 온실멜론 환경제어시스템은 그 후도 개량을 거듭하여 더욱 더 고도화되었고 그 기능의 대부분이 재배에 활용되고 있다.

왜 온실멜론에서만 이와 같은 고도의 복합환경제어시스템이 실용화되고 있는가 하면 물론 거기에는 필요성과 수요가 따르고 있었기 때문이다. 그러나 그것보다 중요한 것은 온실멜론의 재배자가 자동화이전에 높은 기술수준을 축적하고

있었다는 점이다. 그들은 수십년전부터 자신들의 연구소나 독자적인 품종을 갖고 기술개발에 힘을 기울어 왔다. 또한 연간 30~50작의 많은 재배회수도 기술 발전을 가속시킨 큰 요인이었다고 말할 수 있을 것이다.

반대로 왜 그 외의 작물에서 온실멜론과 같은 고도의 환경제어시스템이 보급되지 않는가를 말한다면 역시 기술력이 상대적으로 낮다는데 원인이 있을 것이다. 위에서 서술한 바와 같이 자동화기술의 척도는 자동화 이전의 기술에 비례하는 것이기 때문이다. 작물마다 「명인」이라고 불리어지는 재배자가 존재하는 것은 확실하나 종합적인 기술력(환경의 변화를 통해서 식물의 생장이나 성숙을 제어하는 능력)에 있어서는 온실멜론 재배자의 발밑에도 못미친다고 해도 좋을 것이다. 겨우 양액재배시스템의 개발과정의 일부에 온실멜론 환경제어시스템의 개발과정과 비슷한 점이 눈에 띄어 질 뿐이다.

4. 자동화의 장래.

이전, 인공지능의 연구가 한창이었을 때 「현재의 재배기술, 특히 경험후에 얻어지는 독농기술은 지금까지의 것과 같이 수치적인 표현을 하는 일은 불가능하다. 따라서 애매한 정보처리에 적합한 인공지능 이용이 타당하다」고 말하여 졌다. 그후 인공지능의 원예학에의 응용연구는 영상처리이외의 분야에서 시들해져 버렸는데 그 이유에 대해서 깊게 검토된 적은 없었다.

이외에도 여러가지 신기술이 환경제어시스템에 도입되서는 보급되는 일 없이 사라져 갔다. 필자는 이들 실패의 가장 큰 원인은 시설재배를 시스템으로 이해하지 않고 기온제어나 관수량 결정이라고 부분(part)적으로 이해한 것에 있다고 생각한다. 시설작물재배란 변화하는 기상조건하에서 시설의 구조나 재배자의 관리 등이 독특한 환경시스템을 만들어 내어 작물의 생장을 제어해 가는 것이다. 거기에는 재배자의 모든 행동이 유기적으로 작물에 영향을 준다.

예를 들어 잡초는 해충밀도나 병해의 가능성을 저하시킬 뿐만 아니라 습도, 기온, 토양수분 등에도 영향을 줄지 모른다. 약제살포에는 병해충 방지뿐만 아니라 가습효과가 있는 것은 말할 필요도 없다. 기온과 습도는 상호간에 밀접한 관계가 있다. 따라서 기온을 상승시켜서 생육을 조절하려고 해도 실제로는 습도의 변화에 따라서 생육이 조절되고 있다고 하는 일은 흔히 있다.

농업기술 개발에 있어서 가장 중요한 문제점은 「재배는 시스템이다」라는 인식의 결여라 해도 과언은 아니라고 생각한다. 여기에서 말하는 「시스템」이란 구성요인간에 상호의존적인 관련이 존재하는 상태의 것을 말한다. 즉 시스템내에서는 어떤 구성요소를 변화시키면 그 이외의 요소도 자동적으로 변화해 버린다는 것을 시사하고 있다. 시스템내 계수는 온실의 형상, 주위상황(산이 있다, 발

으로 둘러싸여 있다 등), 토양종류 등에 따라 크게 다르다. 따라서 같은 시스템은 2개가 존재하지는 않는다고 생각해야만 할 것이다. 예를 들어 작년까지 종이 포트에 육묘했던 재배자가 금년은 플러그시트로 육묘를 하였다고 하자. 만약 플러그시트에서 육묘가 실패한 경우 「이 재배자가 만들어내는 시스템내에서는 종이 포트 육묘쪽이 플러그시트 육묘보다도 적합하였다」라는 일례를 보인 것에 불과하다. 이것이 종종 「종이포트쪽이 플러그시트보다도 좋다」 등으로 잘못 해석되어 버린다.

유사한 일을 시비량이나 관수량에서도 할 수 있다. 시비량이나 관수량의 최적치란 관리자가 만들어내는 시스템 속에서 결정되어져야만 하는 것이지 어떠한 시스템내에서도 최적치 되는 것과 같은 보편적인 값은 존재하지 않는다.

이런 인식은 많은 연구자에게도 결여되고 있다고 말하지 않을 수 없다. 현재, 많은 최적치 탐색시험(어떤 값이 가장 적합한 것인가를 검토하는 시험)은 실험구 사이의 비교로서 행하여지고 있다. 그러나 그 데이터는 실험자가 만들어 낸 독특한 재배환경시스템하의 것밖에 안된다. 따라서 타인이 제시한 모든 데이터는 자신에게 있어서는 단지 참고하는데 지나지 않아 예단(豫斷)이나 오해를 제공할 가능성도 높다. 단, 필자는 여기에서 비교시험의 유용성을 부정하고 있는 것은 아니다.

이상에서 알 수 있는 바와 같이 어떤 재배자가 처음으로 재배를 시작할 때부터 작물생산을 위한 최적의 값으로 제어할 수 있는 자동제어장치란 것이 존재할 수 없다는 사실은 분명하다. 최적치라는 것은 재배자 자신이 만들어내는 독자적인 시설환경시스템내에서 발견해야만 하는 것이기 때문이다. 좀더 넓은 의미에서 말하면 기술개발·개량은 재배자 자신이 해야 하는 것이지 다른데서 제공된다든지 이미 있는 기술을 모방해서 얻는다든지 하는 것이 아니다. 그럼, 연구자는 무엇 때문에 존재하는가라고 하면 재배자의 연구의 보완적인 역할을 담당하는 것에 불과하다. 물론 그 중요성은 높다.

이러한 인식에 근거하여 장래의 자동화장치에 대해서 생각해 본다.

재배자가 수량이나 품질을 최고로 하기 위하여 설정조건이나 관수량 등의 최적치를 찾으려고 한다. 이것은 이미 일종의 연구이다. 물론 시험장이나 대학에서의 연구와는 달리 실험구를 몇 개씩이나 설정한다거나 귀찮은 조사나 화학분석을 하는 일도 불가능하다. 따라서 재배자는 어떻게 해서 이 「연구」를 일상적인 관리속에 넣고 갈 것인가에 대해 생각할 필요가 있다. 이때야 말로 자동화장치가 재배자에게 도움을 주어야 할 시기이다.

현재의 기온제어(천창개폐장치, 난방기 등)는 주어진 설정치에 대해서 기온을

될 수 있는 한 근접되도록 하는 제어를 한다. 그러나 실제기온이 어떻게 제어됐는가는 알 수가 없다. 데이터수집기능이 있는 복합환경제어온실 등의 경우는 10분마다 데이터가 기록되는 것이 많은데 기록된 데이터는 주로 제어의 이상을 발견하기 위해 사용되어서 재배기술로 피드백되는 예는 적다. 여기서 만약 일평균 기온만이라도 재배자에게 용이하게 제공되도록 되어 있으면 재배자는 그것을 매일 기록함으로써 전재배기간에서의 온도정보를 얻는 일이 된다. 이러한 온도정보와 자신이 관찰한 식물의 생장이나 변화를 종합적으로 고찰함으로써 자신이 행하였던 온도관리에 대한 개선점을 발견할 수 있을 것이다. 그 결과 다음 작기에서는 앞의 작기보다도 온도환경관리에 있어서는 기술적으로 향상되어 있는 것이 된다. 여기서는 온도관리에 대해서만 예를 들었으나 유사한 일을 그외의 환경관리에서도 할 수 있다.

이상 서술한 바와 같이 금후의 자동화장치와 재배자의 관계는 자동화장치 자체가 높은 기능을 갖고 그것을 재배자가 이용하는 형태를 취하는 방향으로 되지 않을 것이다. 앞으로 더욱 더 발전하기 위해서는 재배자의 기술개량(연구)에 도움이 되도록 데이터를 공급하고 재배자의 의도가 실현되도록 하는 장치일 필요가 있다. 이를 위해서는 재배자가 자기 힘으로 자신의 기술을 개량해 나간다는 의지를 갖고 적절한 방법으로 조금씩 기술혁신을 실현해 가는 환경을 갖고 있지 않으면 안된다.

농업이 종래와 같은 경험이나 지식을 중시하는 산업에서 공업과 같이 기술개발력의 우위를 중시하는 산업으로 변화하기 위해서는 생산자, 연구자, 장치개발업체 모두가 인식을 새롭게 할 필요가 있을 것이다.