

会誌

第 53 号 (平成 7 年 3 月 30 日刊行)

目 次

一般講演

1. 細霧冷房のキュウリ生育への影響	1
野菜・茶業試験場 佐藤恵一・島 嘉輝・中島武彦	
2. 栽培床への塩類集積による苗の成育障害	5
中部電力(株) 岩尾憲三	
3. 高CO ₂ 濃度で生存可能な藻類の増殖特性	9
中部電力(株) 鈴村素弘・岩尾憲三	
4. レタス群落内部への補光シミュレーション	13
(株)メイテック 柴田孝信	
中部電力(株) 岩尾憲三	
名城大学 高野泰吉	
5. 高温に伴う成葉SDS可溶タンパクの変動	17
野菜・茶業試験場 大前 英	
6. 台風26号のカキへの影響	21
岐阜県農業総合研究センター 松村博行・野口裕史	
7. 窒素少量分肥施用による養液栽培トマトの生育制御	25
野菜・茶業試験場 細井徳夫	

シンポジウム

1. 葉緑素蛍光でみたキュウリの高温障害発生機構	31
野菜・茶業試験場 李智軍・小田雅行	
2. 高地温による植物の生育障害	37
三重大学 橋昌司・杜永臣	

特別講演

1. ヨーロッパにおける施設栽培の現状と動向	43
元静岡農業試験場 岩崎正男	

日本農業気象学会東海支部規約

第1章 総 則

第1条（名称）：本会は日本農業気象学会東海支部とする。

第2条（目的）：本会は農業気象に関する研究をすすめ、その知識の普及をはかり、また地方的問題の解決にも努力するとともに農業気象学同好者の親睦をはかることを目的とする。

第3条（事務局）：原則として支部長の所属する機関におく。

第2章 事 業

第4条（事業）：本会は第2条の目的を達成するために次の事業を行う。

- (1) 総会（運営に関する基本的事項、その他重要な会務の審議、および報告）年1回。
- (2) 例会（研究発表、講演、談話会、見学等）年2回。
- (3) 会誌の発行。
- (4) その他必要と認める事業。

第5条（事業年度）：本会の事業年度は毎年4月1日に始まり翌年3月31日に終わる。

第3章 会 則

第6条（会員）：本会の会員は、愛知・岐阜・三重・静岡の4県における日本農業気象学会会員ならびに、農業気象に関心を有する者をもって組織する。本会への入会を希望するものは、氏名・住所・職業・勤務先を記入の上、本会事務局に申し込むものとする。

第4章 役 員

第7条（役員）：本会に次の役員をおく。

支 部 長	1 名	評 議 員	4 名（各県1名）
会計監査	1 名	幹 事	各県若干名

第8条（任務）：

- (1) 支部長は支部の会務を総理し支部を代表する。支部長に事故ある時または欠けたときは支部長があらかじめ指名した評議員または幹事がその職務を代行する。
- (2) 評議員は各県の会務のとりまとめを行う。
- (3) 評議員及び幹事は幹事会を構成し重要な会務を評議決定する。
- (4) 会計監査は本会の会計を監査する。
- (5) 幹事は支部長の命令を受け本会の事務を執行する。

第9条（選出）：

- (1) 支部長は評議員の合議により選出される。
- (2) 評議員は、愛知、岐阜、三重、静岡の各県毎1名を選挙等により決める。支部長に選出されたときには補充する。
- (3) 会計監査は支部長が会員の中から1名を委嘱する。
- (4) 幹事は支部長が会員の中から委嘱する。

第10条（任務）：役職の任務は2年とし、重任を妨げない。

第11条（解任）：役員が東海地域を離れ、またはその職場を退いた場合には自然解任となる。

第5章 顧 問

第12条（顧問）：本会に顧問をおくことができる。顧問は幹事会で承認し、支部長が委嘱する。

第6章 会 議

第13条（会議）：本会には総会と幹事会をおく。

- (1)（総会）：年1回開催し支部長が招集する。但し臨時に招集することができる。
- (2)（幹事会）：必要に応じ支部長が役員を招集する。

第7章 会 計

第14条（会計年度）：本会の会計年度は事業年度と同じとする。

第15条（経費）：本会の経費は会員の会費及び寄付金などによる。

第16条（会費）：支部年会費は次のとおり前納とする。

正会員 1,000円

第17条（決算）：会計の決算は会計年度終了後速やかに監査を経てその後最初に行われる総会に報告しなければならない。

第8章 そ の 他

第18条：その他は本部会則に準ずる。

第19条（会則の改正）：この会則の改正は総会の決議により行う。

細霧冷房のキュウリ生育への影響

佐藤恵一・島嘉輝・中島武彦
野菜・茶業試験場

Effects of Mist-Cooling on Growth of Cucumber

Keiichi Sato, Yoshiteru Shima and Takehiko Nakashima
National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea

1. はじめに

筆者らは、葉濡れを起こさないような細霧冷房装置を開発するため、和紙を用いて濡れの量を推定する試験を行い¹⁾、噴霧した水滴全てを気化させる噴霧法の可能性を指摘した²⁾。さらに、安価で簡易な噴霧システムも検討中である。

これらの研究で開発した細霧冷房装置の用途は、高温障害などの問題の解決手段に限定されるものではなく、新しい作型を開発する手段としての可能性も有している。今後の実験では、開発した細霧冷房装置を用いて新しい作型を開発することを考える。

今回の実験では、細霧冷房の加湿器としての可能性を検討する。栽培品目としてキュウリを選び、夏期のガラス温室内での栽培の可能性、病害の発生や、収量、品質への影響等を調査する。

作成した細霧冷房装置は、ノズル個数が少數であるため水平方向の温度・湿度むらが生じやすい。その生育への影響を評価するため、ノズル個数と生育むらの発生程度との関係を数値化して調べる必要がある。その手段として、節間長を指標とする解析を試みる。

2. 材料および方法

(1) 試験区の設定

加湿を主目的に細霧冷房を用いている事例は少なく利用事例の調査が困難なため、試験場の温室を用いて新たに試験区を設定し、細霧冷房の加湿器としての実用可能性を検証する試験を行った。乾燥しやすいガラス温室内を高湿

度状態に維持することが可能であるか、夏作のキュウリに必要とされる湿度環境をガラス温室内で提供可能か否かを、試験的に検討しつつ、温室内環境とキュウリ収量、生育との関係を調査した。

五連棟温室内に細霧冷房区と無処理区を設けた。細霧冷房区の細霧噴霧量は約 7g/m³である。1993年4月～7月の試験では谷部に仕切り板を設置しないで試験区の設定を行ったが、細霧冷房区と対照区の温度・湿度差は小さかったため、1994年4月～7月の試験では谷部に仕切り板を設置して試験区を設定した。細霧冷房区では明確な湿度の目標値の設定は行わず、好天日には朝から夕方まで細霧冷房が常時作動している状態にした。

(2) 栽培品目と調査項目

両年の試験とも、キュウリ‘れんせい’をロックウールキューブに播種し、ロックウール栽培装置に定植して行った。

1993年の試験においては、5月13日に播種、6月1日に定植し、6月22日から7月31日まで収量調査を行った。1994年の試験では、4月19日に播種、5月10日に定植し、6月3日から7月10日まで収量調査を行った。

1993年の実験では、温室内気温、湿度等の測定は収穫期のみ測定したが、1994年の実験では播種後から片付けまでの期間中、温室内気温・湿度等の測定を行った。

1994年の実験では、収穫終了後に全個体の全節の節間長の測定を行い、生育むらの程度を調

査した。

3. 結果および考察

測定した気象、生育、収量の各データを有機的に解析するためのツールを VISUAL-BASIC を用いて作成し、生育、収量や曲がり果発生率の日変動と気象環境の日変動を比較した。

図 1 に 1993 年の、株当たりの収量、曲がり果の割合（本数）の長期変動と気象条件の長期変動を示した。図 2 には 1994 年における結果を示した。1993 年の実験では、温室内気象の測定が収穫期に限られたため、施設生産部に設置されている気象観測施設が測定・記録した外気の温度・湿度、日射の長期変動データとの比較を示した。

図 2 に示されるように、1994 年の実験では収量は細霧冷房区の方が低く推移した。特に収量がピークを迎える時期の差は大きく、細霧冷房の収量が無処理区の 50% 程度になる場合もあった。

1994 年の栽培実験で認められた細霧冷房区と無処理区の収量差の要因を、肉眼では観察不能な微少な濡れの存在に帰することも可能である。しかしながら、同じ噴霧量で 1993 年の実験では両区に目立った収量差は認められない。また、和紙と電子天秤を用いた実験¹⁾から、濡れの水量はノズルの高さから 1.5m 下方では好天日では、ほぼ 0g であることを確かめている。すなわち、1994 年の収量差は植物体の濡れによるものではなく、仕切り板の設置によって生じた大きな湿度差に起因していると考えられる。

曲がり果の発生率は、1994 年の実験では両区の間に際だった差は認められなかった。しかしながら、発生率は 0% ~50% の間を大きく変動し、その変動

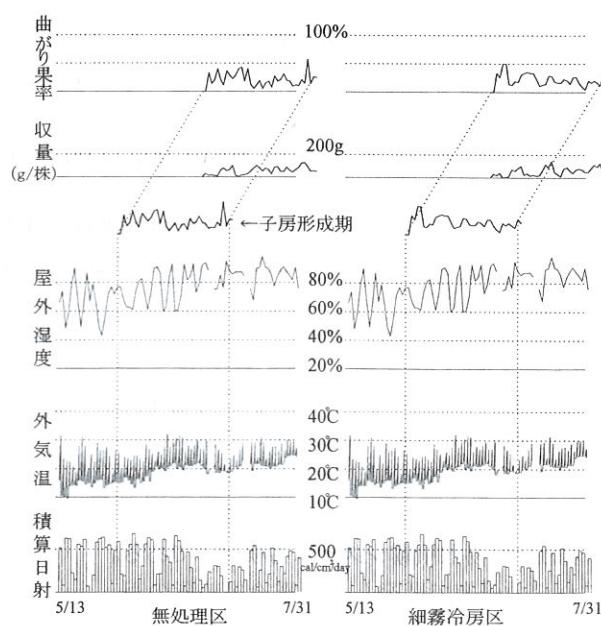


図 1 キュウリ収量と温室内環境の関係(1993)

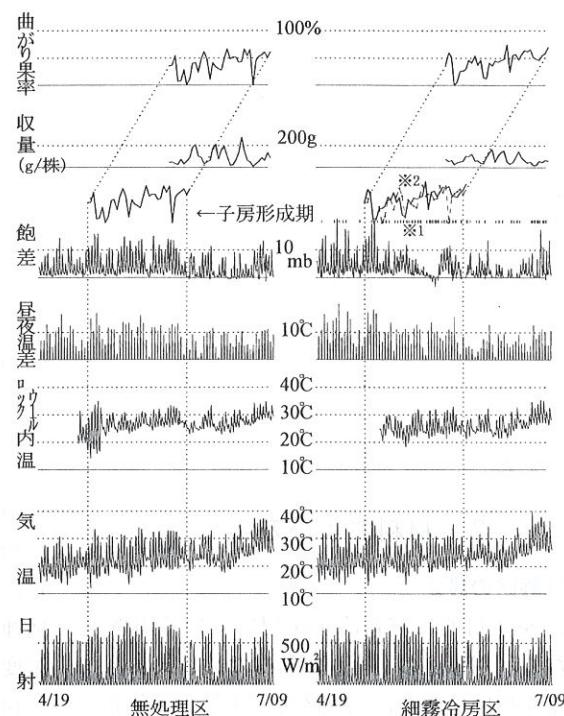


図 2 キュウリ収量と温室内慣用の関係(1994)

の傾向は細霧冷房区も無処理区も同じであった。1993年の試験では発生率変動の幅はやや小さく、両区の曲がり果発生率はほぼ同じ傾向で推移した。1994年の実験で両区の湿度差が特に大きかった日を図2上の縦線※1で示した。曲がり果の発生と、子房が形成される時期の関係を調べるため、約28日前の気象状態との相関を図2に示すように比較した。

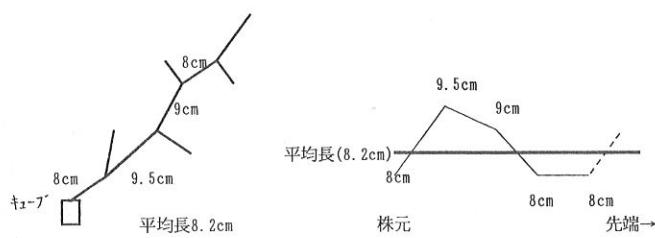


図3 各節間長の伸びの図示化

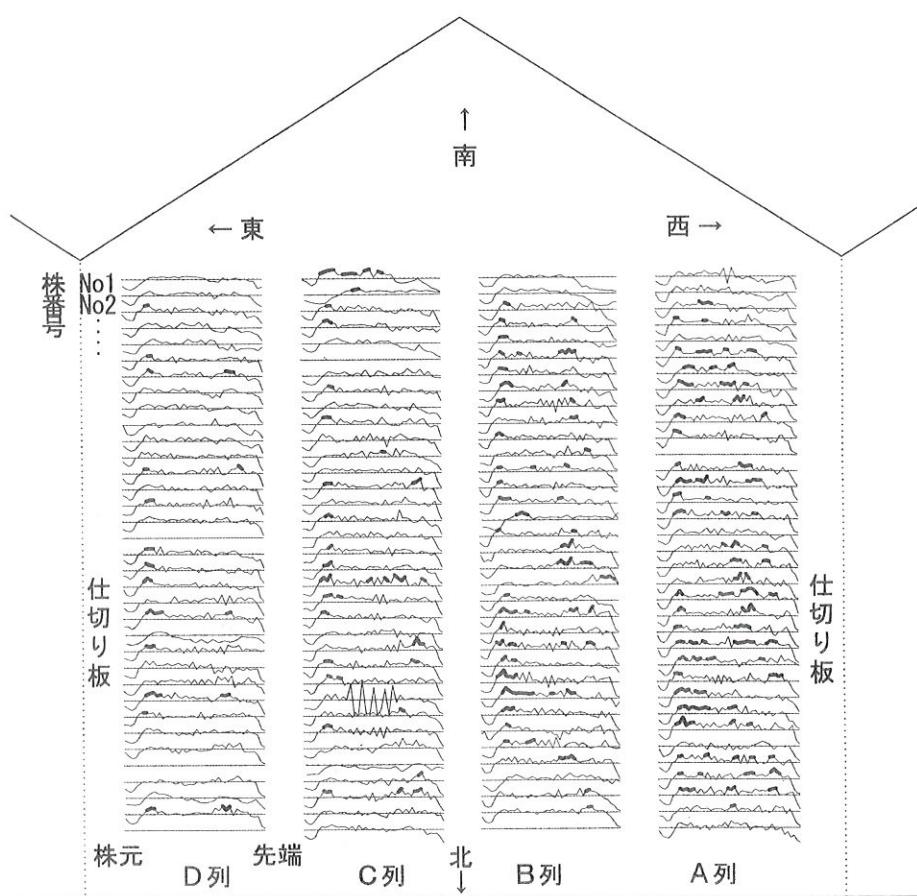


図4 キュウリの節間長の温室内分布（1994, 無処理区）

さらに、曲がり果発生率の違いを明確にするため図上の※2に示すように、無処理区と細霧冷房区の曲がり果率の変動を重ねて表示した（無処理区は細い線）。この図に示されるように、両区の湿度差が際だった時期でも曲がり果の発生率には大きな差は見られず、曲がり率が高い場合も低い場合もある。

曲がり果の発生率は1993年、1994年ともに両区の間に顕著な差が認められなかったことから、曲がり果の発生率と湿度の高低の相関は低いと推定された。果実の曲がりは、収穫時期の約28日前の、子房が形成されている時期に始まるため、曲がりの少なかった収穫日の28日前の気温、根域温や日射量等との関係を考察したが、現段階のデータ量では明確な特徴を指摘することは不可能である。

図3に節間長の伸びを図示化する手順を示した。全個体の全節間長の平均値を求め、その平均長と各節との差を図に示すようにグラフ化した。これを、全個体について、温室内の位置関係が明確になるように示したのが図4である。収穫終了まで摘心を行っていないので、各個体の節数は異なり全長も異なるが、この図では左端が株元、右端が先端となるようにスケーリングした。このため、各節が分化した時期の気象状態が推定可能であり、両者の相関関係の考察が容易になった。節間長の伸びが旺盛な部位を明示するため、節の長さが2節以上連続して10.5cm以上であった節を黒線で強調した。

図4に示されるように、東西方向に生育むらが存在することが確認された。西側のA列の茎の伸びが生育期間全般を通じて著しかった。

A列と同じスラブ上に栽植されて反対方向に振り分けられたB列よりも伸びが著しいため、A列の伸びの原因は根域の条件差ではなく、気象条件の差にあると考えられる。温度や湿度については水平方向のむらは少ないため、仕切り板によって生じた光条件の違いの影響である可能性が高い。A列と西側仕切板の距離は約1m弱であり、D列と東側仕切板の距離は2.5m

程度である。さらに、西側の隣接室では仕切板に沿って遮光カーテンが使われているが、東側の隣接室では遮光カーテンは使われなかった。

このため、A列のキュウリは午後の比較的早い時間に直達光を遮断され、茎は光条件の劣化を回復するために伸長したと考えられる。

スラブの上流部と下流部を比較しても、顕著な差は認められない。しかしながら、スポット的に茎の伸長が著しい領域が存在しているのが認められ、茎の伸びが旺盛な個体付近の5~7個体も同じような旺盛な伸びを示す傾向にある。これが、水分の含水率や養分濃度のむらによるスポットであるかは不明である。南北間の生育差は東西間に比較して小さい。

節間長の温室内分布図の作成によって温室内環境、特に光条件のむらの存在を確かめられることがわかった。しかし、茎の長さは、光、温度、湿度、養分吸収等に複合的に影響されるため節間長分布の調査だけでは、温度、湿度、養液濃度や水分量のむらを推定するのは難しい。節間長以外の他の指標をもとにした温室内分布図を作成し、併用することにより、より明確な解析が可能となると考えられる。

細霧冷房を加湿器として用い、ガラス温室内を高湿度状態に維持することは可能であると判明した。しかし、曲がり果の発生率は高湿度状態でも低下しないため、細霧冷房がガラス室における夏作キュウリ栽培の曲がり果率低下に寄与する可能性は低いと推定される。

参考文献

- 1) 佐藤恵一・島嘉輝・中島武彦(1994): 細霧冷房と葉濡れ.日本生物環境調節学会第32回集会講演要旨, 160-161.
- 2) 佐藤恵一・島地英夫(1993): 細霧冷房による温室内の気温制御. 農氣東海誌. 51, 6-10.

栽培床への塩類集積による苗の成育障害

－計画生産の阻害要因の解明と対策－

岩 尾 憲 三

中部電力（株）電気利用技術研究所

Effects of Salts Accumulated on Surface of Cultivation Bed on Growth of Lettuce Seedlings
- A Factor Impeding Scheduled Production and Its Countermeasure -

Kenzo Iwao

Electrotechnology Applications R & D Center, the Chubu Electric Power Co., Inc.

1. はじめに

植物工場の特長として、一般的に次のような特性が挙げられている。

- (1) 天候や季節に影響されない。
 - (2) 閉鎖系のため、無農薬栽培ができる。
 - (3) 一定品質で、計画生産が可能である。
- 数年間に亘るレタスの実証栽培を通じて、(1)と(2)の特性は確認することができた。(3)については変動する気象条件下での露地栽培や施設栽培に比べて高い再現性が認められたが、「工場」という観点からは不十分な成績であると考えられた。但し、その原因は解明できないまま推移した。

観察を継続した結果、栽培床に析出した塩類に子葉が確率的に接觸して枯死することで、苗の成長速度が鈍化することが主な原因であることがわかった。この現象は水耕栽培全般に共通する問題であるため、その検証と対策を含めて報告する。

2. 装置および方法

供試した植物工場¹⁾の主要施設は制御装置、チーリング・ユニット、育苗装置、成育装置およびその光源と栽培床から構成されている（図

1) 光源は蛍光灯で、容量は1灯当たり110 W、2.4 m長である。栽培方式はNFTとした。育苗装置は3段、成育装置は2段とし、多段化を図っている。

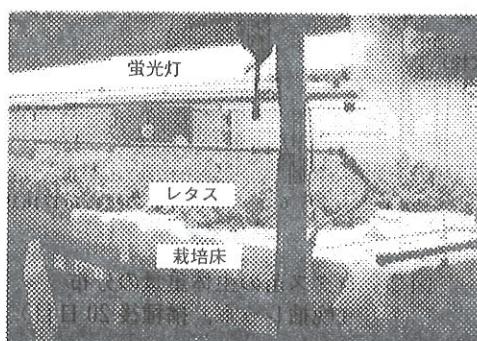


図1 人工光型植物工場の構成

供試レタス（レッドファイアW、ほか）は水中で2日間、バブリングしながら発芽させた。幼苗100株を毎日スポンジ（ウレタンフォーム）に植え付け、これを発泡スチロール製の栽培床に等間隔で空けた穴に設置し、水耕栽培で播種後30日目に収穫した。栽培床表面の光強度は12 klx ($192\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) であった。

3. 結果および考察

(1) レタスの栽培試験

毎日、播種する群を一ロットとみなすと各ロットの成育途中の苗の生体重量は成育不良の場合も含めて正規分布に従うことがわかった²⁾（図2）。さらに、各ロットの収穫物の中からサンプリングした20株の平均重量（茎葉部）は75g/株から115g/株の間でロット毎に変動していることがわかった（図3）。同一ロット内の変動係数 σ/m も図4に示すとおり、概ね8%から30%の間で変動しながら推移した。この変動は健全株と成育不良株の混在比率と対応していることが観察から示唆された。

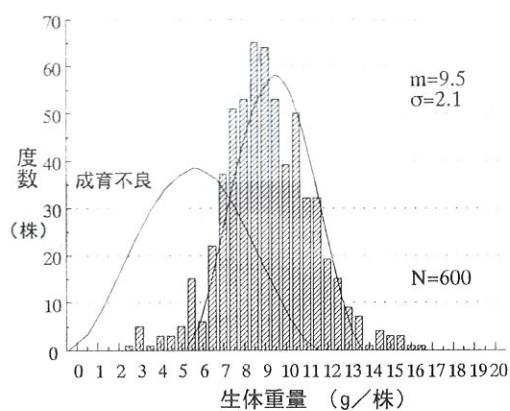


図2 レタス苗の生体重量の分布
(晩抽レッド、播種後20日目)

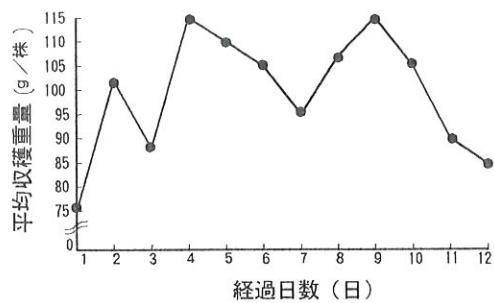


図3 レタス収穫重量の変動の推移
(レッドファイアW)

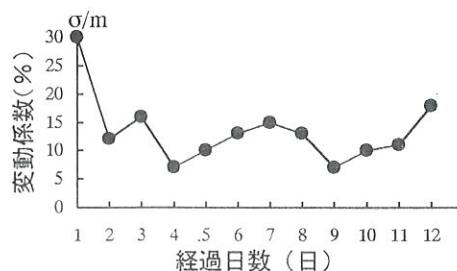


図4 レタスの収穫重量の変動係数の推移
(レッドファイアW)

(2) 幼苗のバラツキの確認試験

栽培の出発点である各種子の資質に本質的なバラツキが存在すると考えられたため、発芽直後の幼苗の成長のバラツキを画像計測によって調査した。水中発芽3日目で定植直前の幼苗の細線化画像は図5に示すとおりで、子葉長、胚軸長、根長を合わせた全長を成長量とした。

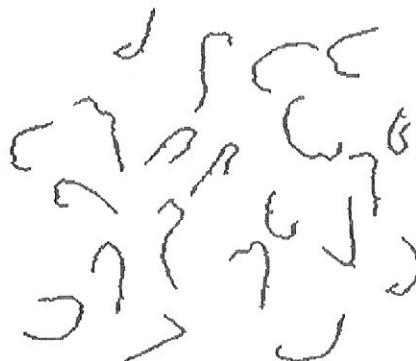


図5 レタス幼苗の細線化画像
(水中発芽3日目、レッドファイアW)

20, 25, 27°Cの各温度別に行った3回の計測を通じて、幼苗の成長の再現性は非常に高いことがわかった（図6）。

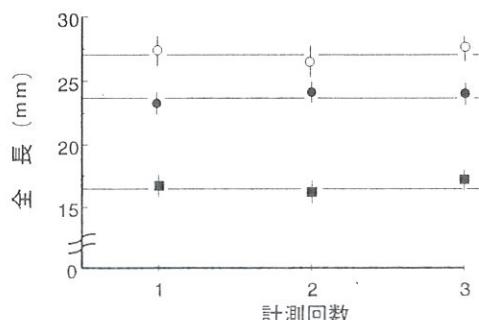


図6 水中発芽3日目の発芽温度別のレタス幼苗の全長(レッドファイアW)
(■: 17°C, ●: 23°C, ○: 27°C)

(3) 収穫重量の変動の原因推定

幼苗段階の成長の再現性が高く、バラツキも小さいことから、収穫重量の変動は成育の途中で発生していると結論された。しかし、同一の栽培者が、一定の環境条件で、同一種子群を用いて栽培しているにもかかわらず発生しているため、その原因は解明できないまま推移した。

約2年間にわたって観察を続けた結果、幼苗の子葉が支持材のスポンジ(ウレタンフォーム)の表面に析出する養液中の塩に接触後、枯死してその後の成育が鈍化することが主な原因であると推測された。

(4) 子葉切除試験³⁾

上述の仮説を検証するため、子葉を切除して成育の鈍化の再現を試みた。レタスの幼苗を各々20株供試し、播種後8日目、10日目、15日目に子葉1葉と2葉を切除した。収穫重量に及ぼす影響は図7に示すとおりで、子葉の障害は成育の初期ほど、また1葉よりも2葉の方がその後の成育を鈍化させることがわかった。なお、播種後15日目以降は子葉切除の影響はみられなかった。

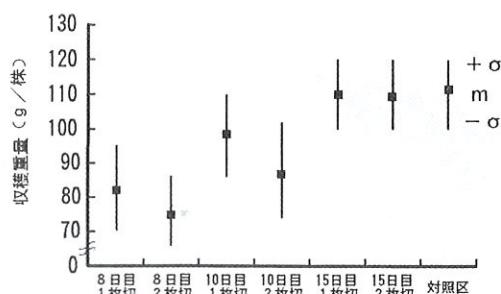


図7 対照区と処理区の播種後30日の収穫重量の比較

子葉は確率的にウレタンフォームの表面に接触することから、播種後8日に切除した子葉1枚区、2枚区および無処理区の収穫重量データを1:1:1で混合した結果、 $m - \sigma$, m , $m + \sigma$ はそれぞれ75, 95, 115g/株となった。また、 σ/m は21%となり、実栽培での高いバラツキが再現された。

(5) 植え付け方法の比較試験

子葉障害の発生を検証する試験として、ウレタンフォームへの植え付けを深植えした場合と浅植えした場合の2区を設定し、各々20株を比較した。その結果、深植えの区の子葉はほとんど1葉、もしくは2葉に障害が発生し、成育も不良になった。一方、浅植えの区では子葉がウレタンフォームに届かず、子葉の障害は発生しなかった。また、成育不良も発生しなかった。

(6) ウレタンフォーム被覆試験

ウレタンフォームの表面に析出した塩の顕微鏡写真を図8に示した。



図8 ウレタンフォーム表面に析出した塩

このような塩の集積と析出は養液がウレタンフォームの表面まで毛細管現象で上昇し、蒸散し続けることによって生じるため、表面を何らかの方法で覆えば防止できると思われた。そこで、ビニルフィルムを樹脂の接着剤で貼付した(図9)。接着剤の毒性も合わせて検討したが、接着剤による成育不良はみられなかった。また、ウレタンフォームと子葉の接触は遮断されるため、子葉の障害とそれによる収穫重量の低下はみられず、変動係数 σ/m は9%まで改善された。

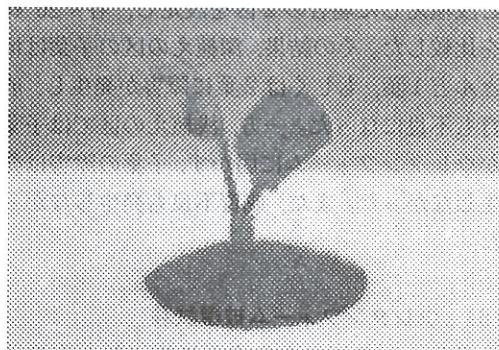


図9 表面をビニル被覆したウレタンフォームの例

4. まとめ

植物工場の実用化を進めるためには、施設(ハードウェア)の改良だけでなく、今回報告したような作物の成育上の問題点とその対策を含めた運用ノウハウや品質管理手法²⁾(ソフ

トウェア)の確立が急務であると結論された。

参考文献

- 1) 谷村泰宏・池田 彰・江崎謙治・河相好孝・中山繁樹・岩尾憲三・蔭山裕之(1991): 蛍光ランプを用いた人工光型植物工場の研究(その1)栽培システムの諸元ならびに性能試験結果. 生物環境調節, 29, 81-88.
- 2) 岩尾憲三(1994): 植物工場への品質管理手法の導入. 日本植物工場学会平成6年度大会学術講演要旨集, 35-36.
- 3) 加藤 徹・塚田元尚・酒井俊昭・西谷國宏・刀茂 弘(1988): リーフレタスの特性と生理、生態(農文協編), 野菜園芸大百科7 レタス・セルリー, 35-38, 農文協, 東京.

高 CO₂ 濃度で生存可能な藻類の増殖特性

鈴村素弘・岩尾憲三
中部電力（株）電気利用技術研究所

Growth Characteristics of Microalgae Strains Under Enriched CO₂ Condition

Motohiro Suzumura and Kenzo Iwao

Electrotechnology Applications R&D Center Chubu Electric Power Co., Inc.

1. はじめに

地球温暖化の要因の一つとして考えられるCO₂を微細藻類によって吸収、固定する方法が関心を集めようになってきた。微細藻類は光合成能力が高く¹⁾、様々な特性を持った種があるため、効率的にCO₂を固定することができ、増殖した藻体は、飼料、肥料、燃料に用いることも可能である^{2,3)}。

微細藻類はその藻体の乾物重のうち50%程度が炭素からできており、人工的に大量培養する場合、CO₂の供給法が増殖量および培養コストに大きな影響を及ぼす。11~16%程度のCO₂を含む火力発電所排ガスを直接利用して微細藻類を培養することができれば、大幅にコストを下げることが可能である。しかし、5%以上の高CO₂濃度の空気を通気した場合、一般の微細藻類の成育は阻害されてしまう⁴⁾。そこで、高CO₂濃度で生存可能な微細藻類を選抜・分離し、その成育特性について調査を行い、排ガスを利用した大量培養の可能性を検討した。

2. 材料および方法

(1) 高CO₂濃度で生存可能な藻類の選抜および分離

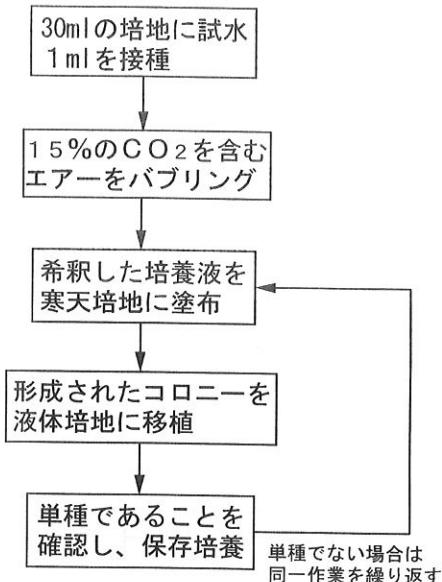
県内各地の池、沼、水田でサンプリングした試水を50mlのC培地(pH7.5)に1ml接種し、エアーベースで15%のCO₂を含む空気を50ml/min通気した。1週間培養後、5000倍に希釈した培養液を、寒天培地にコンラージ

棒で塗布し、形成されたコロニーを液体培地に移して培養を行った(表1)。培養条件は温度25°C、照明条件3klx、12時間明期、12時間暗期とした。

(2) 温度および照度が分離株の増殖に及ぼす影響の検討

分離された藻類の増殖比を測定し、値の高かった3株(表2)を用いて温度および照度が増殖に及ぼす影響を測定した。増殖比は685nmの波長の吸光度を用いて測定した⁵⁾。温度試験は20、25、30、35°Cの4区を設定し、35°Cで増殖比のピークが観察された株については、40、45°Cを設定した。照明条件は5klx、

表1 分離培養操作手順



12時間明期、12時間暗期とした。照度試験は、5、10、15、20klx の4区を設定し、温度はT-9株およびT-17株

が30°C、N-3株が35°Cとした。

(3) ガス組成が分離株の増殖に及ぼす影響の検討

バブリングするガス中のCO₂およびO₂濃度が分離株の増殖に及ぼす影響について調査した。ガス組成はエアー、15% CO₂+2% O₂(N₂ベース)、15% CO₂(エアーベース)の3種類を用いた。調査項目は増殖比および培地pHとした。

3. 結果および考察

(1) 高CO₂濃度で生存可能な藻類の選抜および分離

図1に分離されたT-9株(*Chlamydomonas*)の形態を示したが、選抜分離された株はほとんどが緑藻類であり、バブリング前にサンプル水中に観察されたラン藻や珪藻は分離されなかった。これは、緑藻が他の藻類と比較して高CO₂濃度に耐性がある⁶⁾ことと、分離に寒天培地を用いたため細胞壁を持たないラン藻類は、コロニーを形成できなかったことが原因と考えられる。

(2) 温度および照度が分離株の増殖に及ぼす影響

図2に温度が分離株の増殖に及ぼす影響を

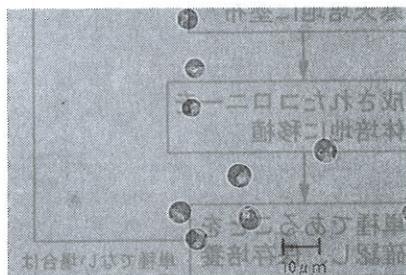


図1 T-9株(*Chlamydomonas* SP.)の形態

表2 分離株の採取地と形態の特性

株番号	採取地	体制分化	細胞の形態	属名
T-9 株	名古屋市内(貯水)	単細胞	球形 (4~7μm)	<i>Chlamydomonas</i>
T-17 株	美浜町(貯水)	単細胞	球形 (2~5μm)	<i>Chlorella</i>
N-3 株	名古屋市内(用水)	単細胞	球形 (2~5μm)	<i>Chlorella</i>

示した。T-9株およびT-17株は30°Cで増殖比が最も高く、19倍となった。N-3株については35°Cで32倍となり、高温で高い増殖比を示した。

図3に照度が分離株の増殖に及ぼす影響を示した。T-9株およびT-17株は、15klxで38倍の増殖比となり、N-3株は20klxで34倍の増殖比を示し、最適照度は20klx以上であることがわかった。

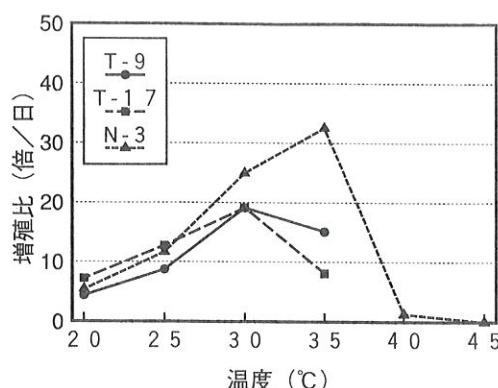


図2 温度が分離株の増殖に及ぼす影響

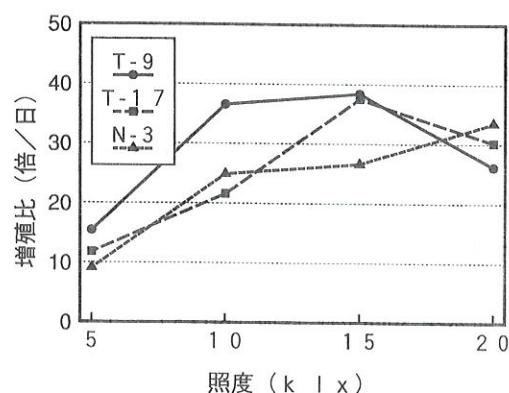


図3 照度が分離株の増殖に及ぼす影響

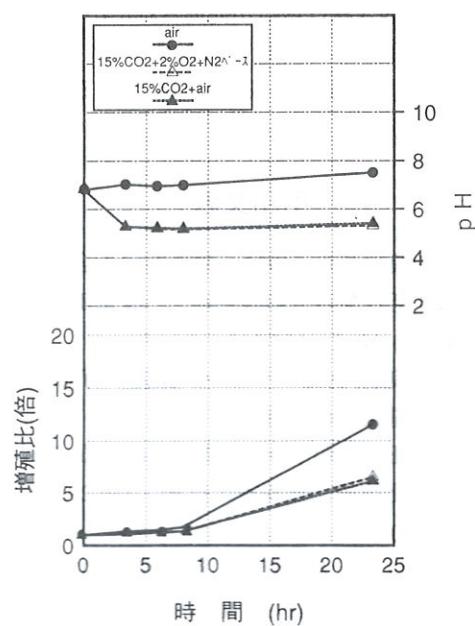


図4 ガス組成がT-9株の増殖に及ぼす影響

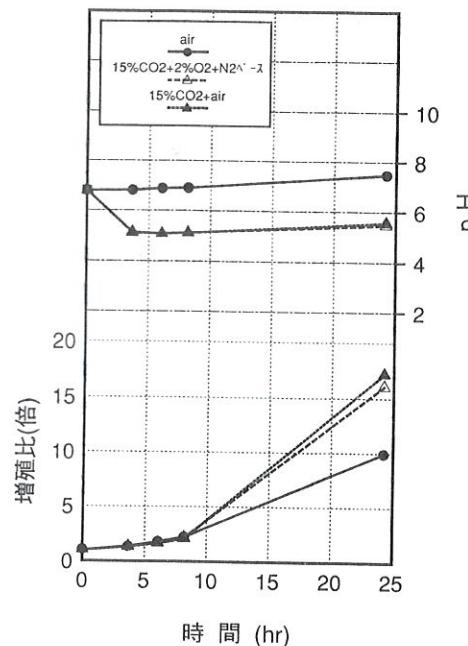


図6 ガス組成がT-9株の増殖に及ぼす影響

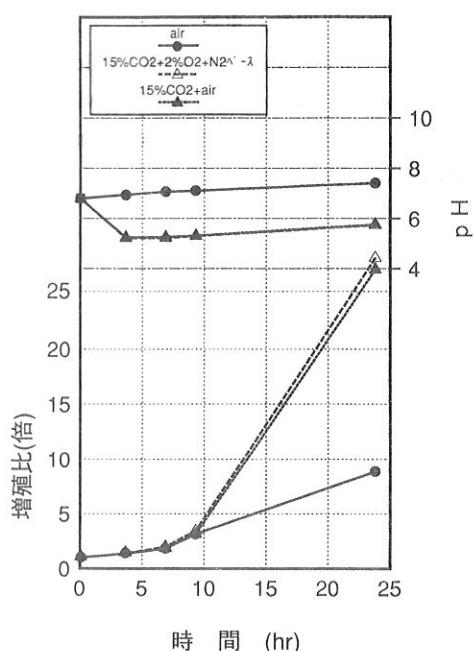


図5 ガス組成がT-17株の増殖に及ぼす影響

(3) ガス組成が分離株の増殖に及ぼす影響

ガス組成がT-9株の増殖に及ぼす影響について図4に示した。15%のCO₂を含むガスで培養した区は、エアーを用いた区と比較して増殖比が低下した。T-17株(図5)およびN-3株(図6)は、15%のCO₂を含むガスで培養した区での増殖比がエアーを用いた区での増殖比より高かった。O₂濃度は増殖に影響を及ぼさなかった。pHは15%のCO₂を含んだ区では、培養開始3時間後には5.2程度に低下した。

以上のように選抜された株においても、増殖に適したガス組成が異なったのは、培地の酸性化に対する耐性と、利用できる培地中のCO₂の形態の影響によるものと考えられる。緑藻類は株によって適正なpHが異なり、その範囲はpH3.5~10と極めて広い⁶⁾。今回の試験においても各株の増殖に適した培地のpHの違いが影響したと推測される。また、培地のpHの変化は培地中のCO₂の形態にも影響を与える

る。pH 5 前後では遊離 CO₂ 濃度が高く、 HCO₃⁻はほとんど存在しなくなり、 pH 7 以上になると遊離 CO₂ 濃度が低下し HCO₃⁻濃度が高くなる。緑藻類は主に遊離 CO₂ を吸収し光合成に利用しているが、 Carbonic anhydrase の含有量や細胞内での存在位置の影響によって HCO₃⁻を利用する株も存在する⁷⁾。T-9 株は遊離 CO₂ より HCO₃⁻を効率的に利用することができたため、エアーでの培養で増殖比が高かったと考えられる。

今回の試験で高 CO₂ 条件下で増殖する株が選抜されたため、今後は増殖した藻体の回収および利用方法について検討するとともに、各株の生理的特性について調査する必要があると考える。

4. 摘要

- (1) 15%の CO₂ を含むエアーをバブリングして培養した結果、 *Chlamydomonas* 等の緑藻が分離され、 ラン藻や珪藻は確認されなかった。
- (2) 分離された藻類の中で増殖比の高かった 3 株の培養特性を調べた結果、 温度は 30~35°C、 照度は 15~20klx で増殖比が高くなったが、 株によって温度では 5°C、 照度では 5 klx 以上の違いがあることが明らかになった。
- (3) バブリングガス中の CO₂ および O₂ 濃度が増殖に及ぼす影響については、 15%の CO₂ を

含んだ区は、 エアーを用いた区と比較して T-17 および N-3 株は増殖が促進されたが、 T-9 株は増殖が低下し、 選抜された株においても高濃度の CO₂ によって成育が抑制される株があることが明らかになった。

引用文献

- 1) 植田良平ほか, 1993 : 微細藻の光合成に及ぼす活性酸素の影響評価. 三菱重工技法. Vol.30, No.2, 115-119.
- 2) 渡辺良朋, 1993 : クロレラ藻体の有効利用. 農業電化. 46, 11, 7-11.
- 3) 根来正明ほか, 1992 : 微細藻による CO₂ の固定化技術. 三菱重工技法. Vol.29, No.4, 304-309.
- 4) 渡辺良朋・大村直也・斎木博, 1992 : 微生物による CO₂ 固定. 電力中央研究所報告.
- 5) 鈴村素弘・岩尾憲三, 1994 : 吸光度を用いたクロレラの増殖率の測定と成育特性の調査. 農氣東海誌, 52, 17-20.
- 6) 武知芳郎, 1971 : クロレラーその基礎と応用-. 学習研究社, 東京.
- 7) Ohhama,T.and S.Miyachi, 1988 : Chlorella.In *Micro-algal biotechnology*, Ed. Borowitzka, M. and Lesley, J.B. pp4-21. Cambridge University Press, New York.

レタス群落内部への補光シミュレーション

柴田孝信・岩尾憲三*・高野泰吉**

(株)メイテック・*中部電力(株)電気利用技術研究所・**名城大学農学部

Simulation of Supplemental Lighting into Lettuce Community Grown in A Plant Factory

Takanobu Shibata, Kenzo Iwao* and Taikichi Takano**

Meitec Co., Inc.

*Electrotechnology Applications R&D Center, Chubu Electric Power Co., Inc.

**Faculty of Agriculture, Meijo University

1. はじめに

作物の収量や形態は、栽植密度により変化する。その場合の大きな要因として、光環境の変化がある。群落内部の光環境は、群落外に比べてかなり異なる^{5, 7, 10, 12, 15)}。入射光が葉層を通過する場合、それぞれの波長別に Lambert-Beer の法則が成り立ち、光量は対数的に減衰される^{10, 12)}。群落内部は、植物葉の分光透過、吸収、反射特性^{5, 8)}により、相対的に赤外部の光が増加し、可視部の光が減少する^{5, 9, 10, 15)}。可視部の中では相対的に緑色部の光が増加する。

温度や湿度または化学的な物質と同様に、光によっても植物の成長制御が可能である^{11, 13)}。本研究の目的は、人工光型植物工場における、群落内部への光質制御による、増収と品質向上およびスペーシング軽減化に対する知見を得ることである。そこで、蛍光灯を光源としたレタス群落の光量と光質の空間的分布について検討を行い、レタス群落内部の光環境、特に光質を入射光と同等にすることが可能なシミュレーションを試みた。

補光とは、一般的に、植物の生育に必要な太陽光の量を補うための人工光による照明と定義されている⁵⁾。本論文における補光とは、主となる照明に対して光質を改善（制御）するための光の補足をいう。

2. 材料および方法

(1) 供試材料

栽培光源に3波長型蛍光灯⁴⁾（110W）を用いた人工光型植物工場で水耕栽培する非結球レタス(*Lactuca sativa* L. cv. Red-fire-W)を供試した。白色の発泡スチロール製の栽培床に0.6m²当たり96株を定植して群落を形成した。

(2) 群落内の光環境の測定

群落直上、群落内の上方の部位である上葉の陰および栽培プレート上の下葉の陰の3地点の光の波長別光量子を1nmごとに測定(ライカ社製 LI-1800)し、群落内部への到達光の特性（量：PPFD、質：R:FR 比、R:B 比）の変化を調査した。

R:FR 比は光質反応にとって重要な指標であり、ファイトクロムを光受容体とした光平衡反応による光形態形成、特に伸長成長に影響を与える^{1, 5, 11, 13, 14, 15)}。R:FR 比の計算は式(1)の2通り行い、R:FR₂を主な指標とした^{14, 15)}。R:B 比の計算を式(2)に示す。

$$\left[\begin{array}{l} R:FR_1 = \frac{\sum_{\lambda=600}^{700} I}{\sum_{\lambda=800}^{800} I} \\ R:FR_2 = \frac{\sum_{\lambda=665}^{735} I}{\sum_{\lambda=735}^{775} I} \end{array} \right] \quad \text{----- (1)}$$

$$R:FR = \frac{\sum_{\lambda=400}^{700} I}{\sum_{\lambda=400}^{500} I} \quad (2)$$

ただし,

R:FR : 赤色(R)光と遠赤色(FR)光の比

R:B : 赤色(R)光と青色(B)光の比

I : 入射光および到達光($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{nm}^{-1}$) λ : 波長(nm)

(3) 補光シミュレーション

群落内部から蛍光ランプにより補光することを想定した(図1)。

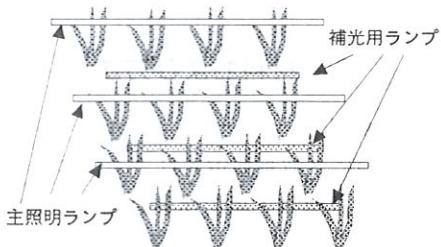


図1 群落内部からの補光のイメージ

3種類のカラード蛍光灯を用いて補光シミュレーションを行った。400nmから800nmの波長域を100nmごとに4つに分けて、群落内部の各波長域の組成割合を群落入射光の組成と同等にするための、カラード蛍光灯の群落内部との光量子束比(補光係数と呼んだ)を式(3)から求めた。市販されている青色光(National FL40SBF), 緑色光(Fl40SGF), 赤色光(Fl40SRF)を放射するカラード蛍光灯の分光特性を計算に使用した(図2)。

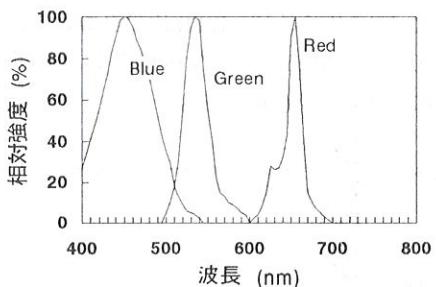


図2 カラード蛍光灯の分光特性

$$\left[\begin{array}{l} \frac{\sum_{\lambda=400}^{500} I_0}{\sum_{\lambda=400}^{800} I_0} = \frac{\sum_{\lambda=400}^{500} (bB + gG + rR + nI)}{\sum_{\lambda=400}^{800} (bB + gG + rR + nI)} \\ \frac{\sum_{\lambda=500}^{600} I_0}{\sum_{\lambda=400}^{800} I_0} = \frac{\sum_{\lambda=500}^{600} (bB + gG + rR + nI)}{\sum_{\lambda=400}^{800} (bB + gG + rR + nI)} \\ \frac{\sum_{\lambda=600}^{700} I_0}{\sum_{\lambda=400}^{800} I_0} = \frac{\sum_{\lambda=600}^{700} (bB + gG + rR + nI)}{\sum_{\lambda=400}^{800} (bB + gG + rR + nI)} \\ \frac{\sum_{\lambda=700}^{800} I_0}{\sum_{\lambda=400}^{800} I_0} = \frac{\sum_{\lambda=700}^{800} (bB + gG + rR + nI)}{\sum_{\lambda=400}^{800} (bB + gG + rR + nI)} \end{array} \right] \quad (3)$$

ただし,

 I_0 : 入射光($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{nm}^{-1}$)I : 群落到達光($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{nm}^{-1}$)

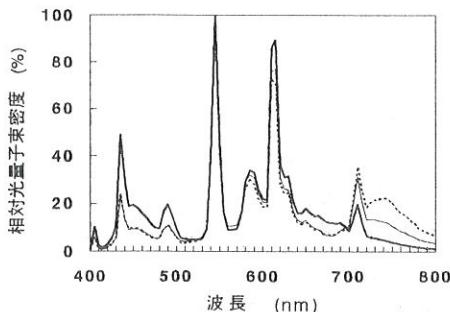
n : 群落到達光に対する重み係数

 B, G, R : カラード蛍光灯($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{nm}^{-1}$) b, g, r : カラード蛍光灯に対する重み係数

3. 結果および考察

(1) レタス群落内部の光環境

群落直上, 上葉の陰, 下葉の陰の入射光のスペクトル特性を図3に示した。群落内部ではB光とR光の割合が減少し, FR光の割合が増加した。B光とR光の減少する割合は上葉の陰も下葉の陰も大差なかっが, FR光が増加する割合は入射光が群落を通過する距離が長いほど大きくなかった。

図3 群落内部到達光の波長別光量子束密度
群落直上(—), 上葉の陰(---), 下葉の陰(……)

群落直上, 上葉の陰, 下葉の陰の入射光の

PPFD の変化を図 4 に示した。群落直上に対し
て、上葉の陰で 20%、下葉の陰で 10%まで低
下した。

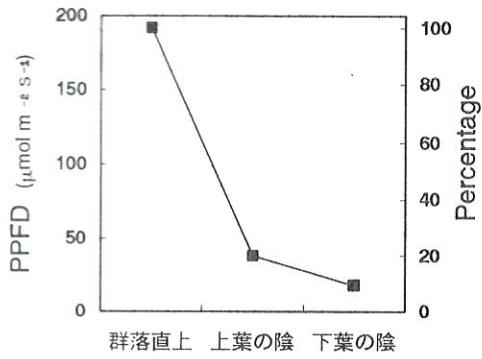


図4 群落内部のPPFDの変化

群落上部、上葉の陰、下葉の陰の入射光の R:FR 比の変化を図 5 に示した。蛍光灯環境下では 2 つの R:FR 比はかなり異なる数値を示した。太陽光下であれば両者の差は少なくなると思われる¹⁴⁾。R:FR 比は上葉の陰と下葉の陰で、それぞれ 0.8 と 0.5 であった。R:FR 比は葉冠からの距離の関数で表すことが可能である¹⁵⁾。上葉以外の葉は、低い R:FR 比と少ない光量の光環境下にあった。

村上ら(1992)は、FR 光を付加することでレタスの生育が促進されることを報告している。これは、上位葉に下位葉の光環境を与えていくものと考えられる。筆者らが村上ら(1992)の試験と同程度の R:FR 比環境でレタスを栽培した結果、播種後 20 日目において明らかな徒長を示し、商品価値を失った（柴田ら、未発表）。特に、苗生産においては、継続的に R:FR 比が 1 以下となるような光環境は品質面において不利であると考える。3 波長型蛍光灯のように R 光に富み高い R:FR 比を有する光源を用いた場合、わい化した良質苗が生産できるが、密植状態により、弱光下や低い R:FR 比環境では徒長生長を示すことになると考える。

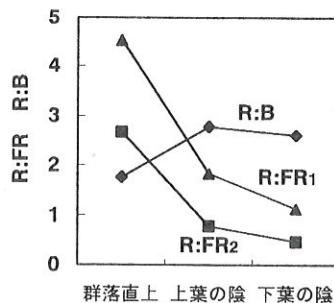


図5 群落内部のR:FR, R:Bの変化

(2) 群落内部からの補光シミュレーション

計算結果を式(4)に示した。カラード蛍光灯の補光係数は、群落深部の PPFD に対して青色光が 0.59、緑色光が 0.65、赤色光が 0.9 となつた。

$$\frac{b}{n} = 0.59$$

$$\frac{g}{n} = 0.65$$

$$\frac{r}{n} = 0.90$$

式(4)の補光係数で補光した場合の群落内部の色別組成を図6に示した。補光の意図通り、群落上部の光環境を近似することができた。補光した場合のR:FR比は7.7と群落上部のものより高い値を示した。これはR蛍光灯が650nmにピークを有する分光特性を有するためである。補光した群落深部の分光分布特性を図7に示した。100nmごとの組成比では群落上部と同等の分光特性となるが、スペクトルのピークは異なっている。R光のピークが補光する前の610nmから650nmに変わっていることが大きな特徴であり、これによりR:FR比が高くなった。

一般的に、光合成に有効な放射は B 光と R 光にあることがわかっている²⁾。植物の下位葉へも十分な光の量と質が与えられることは有効³⁾であると考える。R 光および B 光を付加することで、気孔を開かせ、伸長生長を抑制し、光合成を促進させることができると考える（未発表）。同時に、赤色系リーフレタス

などではアントシアニン合成が促進されることが予想される^{8, 18)}。また、人工光型植物工場において、照明開始と終了時に光質を変化させてTwilight効果^{9, 11, 15)}を与えることも可能であると考える。

樹冠に覆われた林地などでは、地上部の植物の受ける光は樹冠部とかなり異なり、その結果、生育する種も異なる。下位葉を上位葉の光環境にすることで、葉形などの外観や栄養成分などの内部的な品質が異なることも予想される。

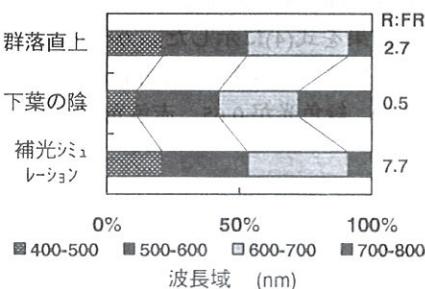
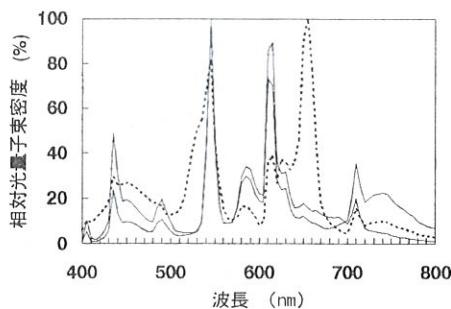


図6 波長域別の分光組成

図7 波長別補光シミュレーション結果
群落直上(—), 上葉の陰(—), 補光シミュレーション(···)

本試験では、3種類のカラード蛍光灯を用いて、4つの波長域を入射光と同等にすることを試みたが、R:FR比に限っていえば、赤色光のみを補光することも可能である⁸⁾。

4.まとめ

群落内部からの補光により、群落内部の光環境を効率良く制御できる可能性が示唆された。LEDの様な、小さくて発熱の少ない栽培光源が実用化¹⁷⁾されれば、群落の内部からの照明が現実的になると考える。

本研究は、実際に補光した場合の植物の変化を確認していない。引き続き、補光の実証を行う予定である。

引用文献

- Ballaré, C.L. et al., 1990: *Science*, 247, 329-332.
- Hall, D.O. and Rao, K.K., 1994: *Photosynthesis*, Cambridge UP, Cambridge, 211pp.
- 林 真紀夫ほか, 1994 : 植物工場誌, 5/6, 1-7.
- 池田 彰ほか, 1992 : 生物環境調節, 30, 9-15.
- 稻田勝美編, 1984 : “光と植物生育”, pp.29-88, 養賢堂, 東京.
- 石井征亞ほか, 1994 : 植物工場学会平成6年度大会講演要旨集, pp.21-22.
- 伊藤綾子・宇田川武俊, 1971 : 農業気象, 26, 187-195.
- 岩尾憲三・柴田孝信, 1994 : “植物工場工学”, 矢野経済研究所, 名古屋, 302 pp.
- Kasperbauer, M.J., 1971: *Plant Physiol.*, 47, 775-778.
- 玖村敦彦, 1969 : 日作紀, 38, 408-418.
- Moe, R. and Heins, R., 1990: *Acta Hort.*, 272, 81-88.
- Monsi, M. und Saeki, T., 1953: *Japan. J. Bot.*, 14, 22-52.
- 村上克介ほか, 1992 : 生物環境調節, 30, 23-28.
- 村上克介, 1994 : 光の測定法. “植物生産における人工照明技術の基礎と応用”, pp.13-23, 植物工場学会, 沼津.
- Smith, H., 1993: In *Photomorphogenesis in Plants*, pp.377-416, Kluwer Academic Pub., Dordrecht.
- Smith, H. et al., 1990: *Plant Cell Environ.*, 13, 73-78.
- 高辻正基・山中正宣, 1994 : 植物工場誌, 6, 184-190.
- 安田 齊, 1980 : “花色の生理・生化学”, 内田老鶴圃, 東京, 286 pp.

高温に伴う成葉 SDS 可溶タンパクの変動

大前 英

農林水産省野菜・茶業試験場

Changes in the Electrophoretic Patterns of the SDS Soluble Proteins of Tea Leaves following high Temperature

Hide Omae

National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea

1. はじめに

94年の夏は、各地の茶園で高温・干ばつの被害が発生した。被害のひどい茶園では、新芽の褐変、落葉等を引き起こし、被害が中程度の茶園においては、生育遅延、生育不良等の症状が現われる等、被害の態様は多様であった。図1に御前崎の茶園における被害の状況を示した。また、図2に御前崎気象観測地点における94年及び平年5月～9月期の降水量を、図3に平均気温、最高及び最低極温を示した。94年の5～9月期の降水量は総じて平年より少なかった。平均気温は平年より高めに推移し、特に8月上旬の最高極温は35°Cを上回った。この時期から被害は深刻化した。

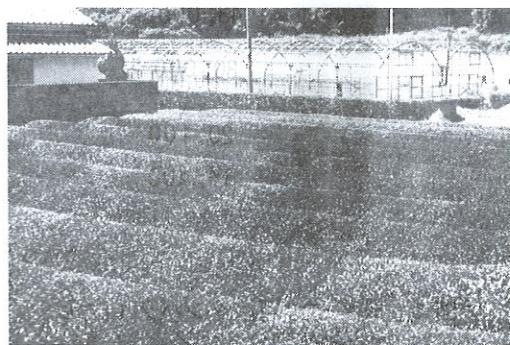


図1 茶園における高温・干ばつの被害
(御前崎、1994年8月14日)

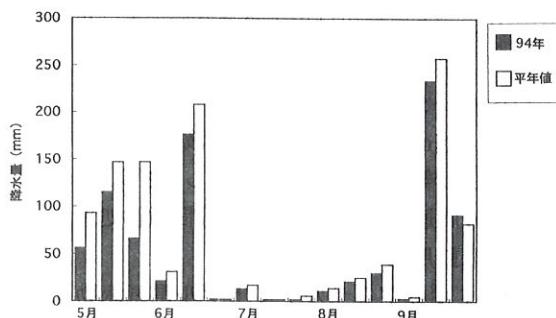


図2 御前崎における5月～9月期の降水量
(94年及び平年値)

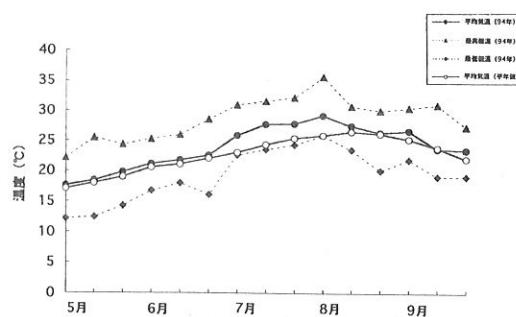


図3 御前崎における5月～9月期の降水量
(94年及び平年値)、最高および最低極温 (94年)

このような多様な被害を樹木の生理面から把握するためには、茶樹の高温・乾燥ストレスに対する応答を明らかにする必要がある。

本稿では、高温における代謝について、茶の成葉を材料とし、電気泳動と光合成活性によって調べいくつかの知見を得たので報告する。

2. 材料および方法

25°C、14時間日長、16,000lx 人工環境下で生育させた2年生茶品種‘やぶきた’4号黒ビニールポット苗を用いた。上記材料を各種の温度処理をした後、成葉を採取し、抽出材料とした。

また8月中旬、静岡県掛川市～菊川町の被害のあった茶園をまわって成葉を採取した。

採取した葉は、葉縁に褐変等の症状がみられる障害葉およびその近くの無障害葉である。

タンパク質抽出は以下の通り行った。生葉重1gの成葉を10%グリセロール、2.5% (W/V) SDS及び5% (V/V) 2-メルカプトエタノールを含む62.5mM トリス・塩酸緩衝液 (pH6.8) 中で乳鉢、乳棒を用いて磨碎・抽出し、23°C、7,500xgで5分間遠心した。上清を2分間煮沸処理し、電気泳動用試料とした。

SDSポリアクリラミドゲル電気泳動は、Laemmli (1970) の方法を改良して行った。2次元電気泳動は Hirano (1982) の方法に従い、O'Farrell (1975) の方法を改良して行った。泳動後のゲルはクマシーアプリリアントブルーで染色し、タンパクを発色させた。

光合成活性は、酸素電極法によってO₂放出および吸収速度を測定した。成葉をリーフパンチで1cm 2打ち抜き、これを水に浮かべて1時間予備照射後、葉片を切断して、リン酸緩衝液 (pH7.0) を入れた反応ベッセルに入れ、25°C、60,000lx の条件下で、重炭酸ナトリウムを加えたときのO₂放出速度を求めた。

3. 結果および考察

42°C、1日の高温処理を行うことにより、1次元電気泳動では約70kDバンドに変化がみられた(図4)。2次元電気泳動によって分離能を高めたところ、そのバンドが数個のスポット

からなり、高温処理によって新たなスポットが出現することが判明した(図5)。

約70kDのバンドの発現条件を明らかにするため、処理時間、温度を変えて1次元電気泳動によりみたところ、約70kDのバンドの変化は、35°C以上1日処理(図6)、40°C条件下で12時間以上処理(図7)で現われた。

また、約70kDのバンドの変化は、茶園より採取した障害葉および無障害葉いずれにおいても、1次元電気泳動により確認された(図8)。

成葉の光合成活性は、20°C～35°Cにかけては緩やかな低下にとどまるが、35°C～37°Cにかけて著しく低下した(図9)。この値は御前崎において被害の進んだ8月上旬の最高極温(35.8°C)とほぼ近似する。ただ御前崎における気温は、気象台の観測地点における値であり、実際の被害茶園における気温とのずれを考慮する必要がある。

また、この光合成活性測定の結果は、25°C、14時間日長、16,000lx 人工環境下で生育した茶品種‘やぶきた’4号黒ビニールポット苗が、38°C、14時間日長の条件に移された後、6日間で枯死する(未発表)といった観察結果とも一致した。

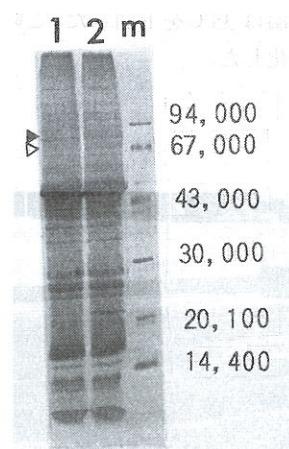


図4 成葉 SDS 可溶タンパク 1次元
電気泳動パターン
1: 20°C 1日処理, 2: 42°C 1日処理, m: 分子量マーカー,
▲は新しく出現したタンパク質

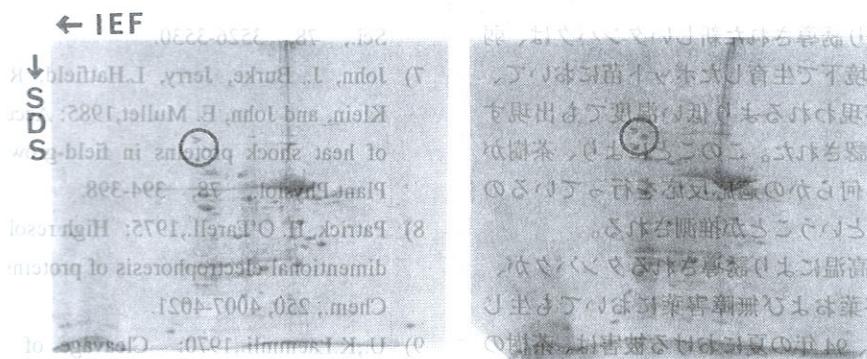


図5 成葉 SDS 可溶タンパクの2次元電気泳動パターン

左: 対照、右: 38°C 1日処理

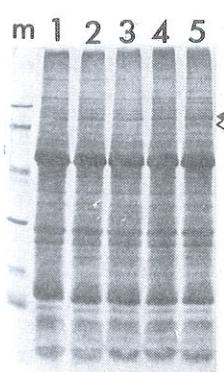


図6 異なる温度条件下での成葉 SDS 可溶タンパクの電気泳動パターン

処理は1日行った。
1: 20°C、2: 25°C、3: 30°C、4: 35°C、
5: 40°C、m: 分子量マーカー

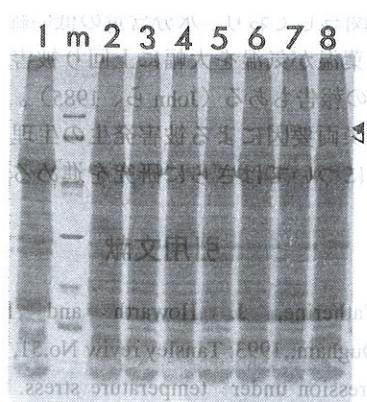


図8 圃場から採取した成葉の SDS 可溶タンパクの電気泳動パターン

1: コントロール (20°C 1日)、2~5, 7, 8: 高温障害を受けた成葉、6: 無障害葉、m: 分子量マーカー

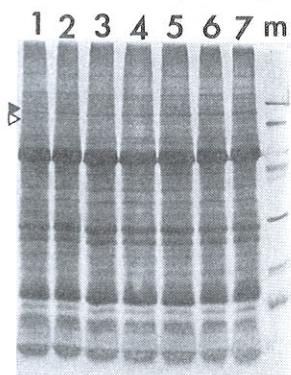


図7 40°C処理時間を変えた場合の SDS 可溶タンパクの電気泳動パターン

1: 0hr、2: 1hr、3: 3hr、4: 6hr、5: 12hr、
6: 24hr、7: 48hr、m: 分子量マーカー

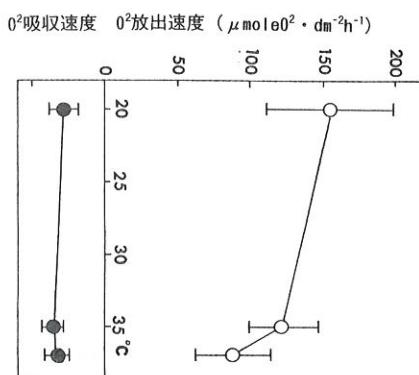


図9 異なる温度条件下での光合成活性
○印: O₂放出速度、●印: O₂吸収速度

高温により誘導された新しいタンパクは、弱照明人工環境下で生育したポット苗において、高温障害が現われるより低い温度でも出現することが確認された。このことにより、茶樹が高温に対し何らかの適応反応を行っているのではないかということが推測される。

さらに、高温により誘導されるタンパクが、茶園の障害葉および無障害葉においても生じたことから、94年の夏における被害は、茶樹の適応反応以上の高温に見舞われたために生じたと考えられる。

高温における植物の被害は乾燥条件とも密接に関与しており、水分含量の低い綿葉においては葉温が気温を大幅に上回り被害を助長するとの報告もある(Johnら、1985)。高温および乾燥両要因による被害発生の生理的メカニズムについてはさらに研究を進める必要がある。

引用文献

- 1) Catherine, J. Howarth and Helen J. Ougham., 1993: Tansley review No.51, Gene expression under temperature stress. *New Phytol.*, 125, 1-26.
- 2) C., Howarth., 1989: Heat shock proteins in Sorghum bicolor and Pennisetum americanum I.genotypic and developmental variation during seed germination. *Plant, Cell and Environment.*, 12, 471-477.
- 3) Hirano, H., 1982: Varietal differences of leaf protein profiles in mulberry. *Phytochemistry.*, 21, 1513-1518.
- 4) Janice, A.K., Ronald, T. N., Virginia G., and Joe, L.K., 1990: Regulation of the heat shock response in soybean seedlings. *Plant Physiol.*, 94, 988-99.
- 5) Janice, A. K. and Joe L. K., 1985: Presence of heat shock mRNAs in field grown soybeans. *Plant Physiol.*, 79, 672-678.
- 6) Joe, L.K., C.Y.Lin, and Y.M.Chen., 1981: Heat shock proteins of higher plants. *Proc. Natl. Acad.* Sci., 78, 3526-3530.
- 7) John, J. Burke, Jerry, L.Hatfield, Robert ,R. Klein, and John, E. Mullet, 1985: Accumulation of heat shock proteins in field-grown cotton. *Plant Physiol.*, 78, 394-398.
- 8) Patrick, H. O'Farell., 1975: High resolution two dimensional electrophoresis of proteins. *J. Biol. Chem.*, 250, 4007-4021.
- 9) U.,K.Laemmli., 1970: Cleavage of structural proteins during the assembly of the head bacteriophage T4., *Nature*, 227, 680-685.

台風26号のカキへの影響

松村博行・野口裕史
岐阜県農業総合技術センター

Effects of the Typhoon No.26 to Persimmon cv. Kaki

Hiroyuki Matumura and Yuji Noguti
Gifu Prefectural Agricultural Research Center

1. はじめに

平成5年度の夏期は冷夏、寡日照でモモ、ナシ、ブドウ等では、果実肥大不良、糖度低下、花芽形成不良等の被害が発生し、その翌年への影響が心配された。カキに対しては前報で報告したとおり、被害というよりは豊作というべき状態であった。これに対して、平成6年は、高温、降水量不足と前年の全く逆の気象条件であった。このため、夏季に灌水しないと枯死する程であり、カキ、ミカンの肥大は著しく抑制されたが、モモは稀にみる高糖度であった。

しかし、それ以上に大きな被害をもたらしたのが、9月29日に通過した、台風26号であった。昭和34年の伊勢湾台風及び昭和36年の第2室戸台風以来の岐阜県への被害をもたらした。それは、多くのカキを出荷したのに農家の手取金額が例年の10%程度に落ち込んだ事例が報告されている事からも並の被害ではないことが理解されよう。本報告では、カキの被害を肥大抑制、落葉の機構の面から調査した結果を報告する。

最近、数年同じように暖冬と春冷えで春先の生育が抑制されたが萌芽以降は高温が続き着蕾数が多くなり、そのまま生理落果が少なく、着果が多い状態で夏の旱魃を迎えた（表1, 2, 3）。

2. 台風26号と果実肥大

(1) 果実肥大経過

図1に示すように、萌芽は遅れたが、開花は早くなり、その後の果実肥大は平年並に進んだが、9月29日以降急に肥大（果実赤道部の果周）はおとろえ、平年ならびに小玉であった平成5年でも認められた11月になってからの果実肥大はほとんど認められずに最終的には稀にみる小玉生産

表1 品種別生育相（岐阜農総研）

品種	年度	萌芽	展葉	開花	収穫	落葉
富有	6年	4/6	4/24	5/22	11/20	12/2
	平年	3/28	4/16	5/28	11/24	11/28
西村	6年	3/31	4/12	5/17	9/25	11/25
	平年	3/24	4/13	5/24	9/30	11/22

表2 品種別着蕾数（岐阜農総研）

品種	年度	母枝数	新梢数	着蕾数	1本当り着蕾数
富有	6年	469	1613	656	3.6
	平年	400	1600	800	3.2
西村	6年	166	528	429	2.8
	平年	300	900	200	0.3

表3 品種別、年次別落果率
(岐阜農総研) %

品種	平成4年	5年	6年
富有	16.2	28.0	15.2
伊豆	54.3	38.6	12.0
西村早生	6.1	2.8	4.0

の年となった。これは村雲（岐阜農試、昭和47年）らが葉を失った枝の果実はそれ以降の果実肥大が葉のある枝よりもとることを報告しているし、筆者は平成3年に摘葉処理した場合に、葉がなくなると約30日後から肥大が抑制され、果色が早く赤くなることを調査している。以上のように台風による落葉が岐阜産の富有の小玉生産の原因と考えられるが、表4に示すように極端な小玉（平年の逆の階級構成）となっていることから、それ以外の原因を考えられるので以下の調査を急速実施した。

表4 岐阜市農協選果場の階級出荷実績(%)

年度	3L	2L	L	M	S	2S
平成6年	1	5	19	28	32	15
平成5年	10	18	29	24	16	3
平年	15	35	24	20	5	1

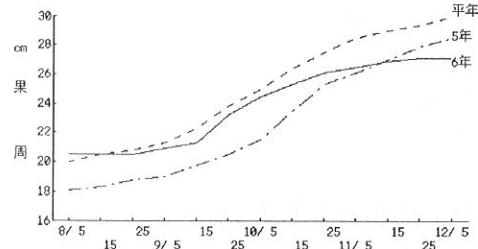
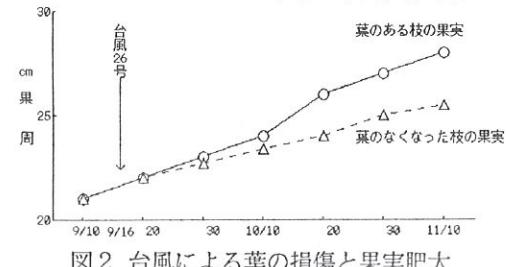


図1 果周の年度別推移(富有、岐阜農総研)

図2 台風による葉の損傷と果実肥大
(昭和47年 岐阜農試)

(2) 材料及び方法

11月26日に岐阜市及び本巣郡の台風被害で果実の肥大が抑制された「富有」の果実のついた枝を普及員にサンプリングを依頼して採集したまた、岐阜農総研の圃場内から母枝、新梢が30cm以上あり樹齢が16年生(果実肥大が旺盛な年代)の、平年ならば果周30cmに達すると思われるが、本年は果周20cm程度である果実のついた枝を収集した。これに対する対照となる「富有」(台風26号の強風に遭遇していない、葉も果実も健全で大果となったもの)を和歌山県果樹試験場紅北分場に依頼して送付してもらった。これらの果実が枝についている部分(果梗部)を外観で調査したところ、表5に示すように小果となった物は100%果梗部に裂傷が認められ、甚しい物は、果梗部の50%以上が離れていた。次に、果実が着生した枝に、UNIVERSAL社製マイクロポンプWDP-1型を用いて、基部から先端に向かって水を送り、通過する水量を調査し(図4)、同様に果梗部の水の通過量も調査した。

(3) 結果及び考察

長さ3cmの新梢を水が通過する時間は太さにより左右された。また、産地別の通過量に差は認められなかった(表6)。しかし、果梗部の水の通過は極めて少なく、産地、果実の大きさにかかわらず、新梢を通過する程度に水の通過は認められなかった。ただし、長さ1cmにして、圧力を10分以上かけ続けると、大果のついた果梗部は、

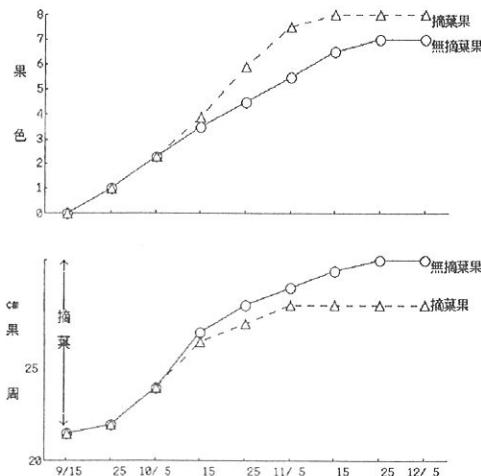


図3 摘葉処理が果実肥大及び果色進行に及ぼす影響(平成3年、岐阜農総研、富有)

表5 果梗部の裂傷の有無と果実重

産地	階級	裂傷		
		50%以上	あり	なし
岐阜市	L	0%	10%	90%
	2S	10	90	0
本巣郡	L	0	0	100
	2S	10	90	0
農総研	L	0	10	90
	2S	0	75	25
和歌山紅北	3L	0	0	100

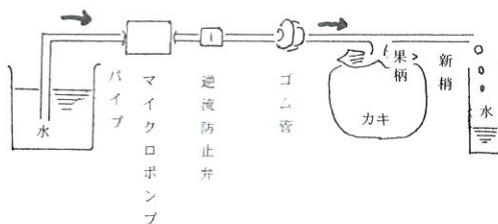


図4 枝の水の通過測定装置

水を送り込む切口と反対側の切口が漏れてきたが、小果のついた果梗は20分以上圧力をかけても反対側の切口は湿ってこなかった(表7)。これらの調査から、台風26号により果梗部への裂傷をうけた果実は、例えば果梗断面積の50%以上が裂けた場合は、水及び養分の供給が十分でないために枯死に至るものが多いが、結がった部分の水等の供給で枯死をまぬがれる果実も存在すること。また、裂傷が軽い果梗部でも水の通過は全く認められないこと。及び、新梢部の水の通過はスムーズであるが、果梗部のそれは極めて少ないこと、等が判明した。

表9 葉の引っ張り強度 (平成6年12月3日岐阜農総研)

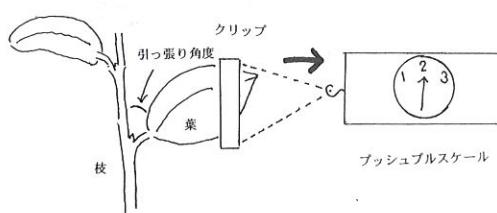


図5 葉の引っ張り強度調査法

表10 風速・風向と落葉 (10月5日)

風速	風向	落葉率	破れ葉率
12.0m/s	葉と風向が平行	100%	0%
12.0	葉を押さえろ	0	0
8.0	葉と風向が平行	100	0
8.0	葉を押さえろ	0	0
4.0	葉と風向が平行	100	0
4.0	葉を押さえろ	0	0
2.0	葉と風向が平行	0	0
2.0	葉を押さえろ	0	0

樹の下部の枝は風になびいて動きやすいが、上部の枝は直立していて、風に対して、なびくことは少なく、抵抗が大きくて、葉が破れたり、ふっとんだりするものと考えられた。枝がクッションの役目をすると落葉は少なく風に対して、抵抗する形になると葉が吹きとばされるのであり、風は地面とほぼ並行に吹くとすると上部の枝は風による揚力と地面からの抵抗により葉にちぎれの力が働きやすいが、下部の枝は揚力と風とのバランスで上下に枝を動かしクッションとなり力を分散してしまうので落葉しないと考えられる。

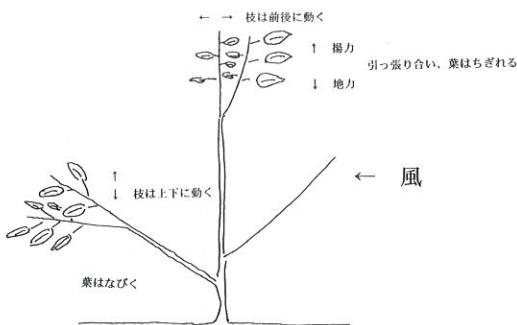


図6 風と枝葉の動き

区	葉色	C値	引張り角度	葉の破れ	葉の離脱
抑制栽培	緑	20	30°	2.3~3.0	3.0~4.0
			90	2.3~3.0	0.7~3.0
			180	2.3~3.0	0.3~0.5
露地	紅	40	30°	0.7~3.0	0.7~1.0
			90	0.7~3.0	0.3~0.7
			180	0.7~3.0	0.2

4. 台風26号と落果

伊勢湾台風でもカキは落果が少なかったと記録されていて、筆者も昭和45年以降の台風では枝の折損は認めるが落果はあまり認めなかっただけでなく、台風26号は伊勢湾台風と同じ9月下旬に襲来したが、落果が少なかったのは「松本早生富有」が少なかったと考えられる。勿論、「西村早生」は昭和40年代に増えたので記録はない。強風による落果は収穫期と関係がありそこで収穫期が近づくと離層形成の準備段階になり果梗部は老化していくし、果実は急速に大きくなる。一方、風は均一に吹かず、部分的に吹くため、枝は複雑な動きを行い、バランスを崩した部分で「枝ごとの吹きとび」「果梗からの離脱」等が発生する。また、太枝と小枝のぶつかり合いによる枝ごとの折損による落果も認められる。

表11 品種別落果程度

(平成6年9月30日岐阜農総研)

品種	収穫期	落果率
松本早生	10月下旬	30%
富有	11月中旬	10
西村早生	9月下旬	0

5. 最後に

台風26号は大きな被害を与えましたが、12月2日の東海支部研究会で被害の実態報告した折り、内田先生から親切な御指導をいただき最近調査したデータや、古いデータを整理し、また急遽調査を実施してある程度、問題点を整理できました。これらを県の果樹振興に活かすように努めたいと考えております。

窒素少量分肥施用による養液栽培トマトの生育制御

細井徳夫

野菜・茶業試験場 施設生産部

Growth control of tomato community by regulating nitrogen fertilizer
Norio Hosoi

National Research Institute of Vegetable Ornamental Plants and Tea

1. はじめに

作物は一般に窒素量が多いと、生長がよく葉面積量が増加し、さらに多窒素であれば過繁茂や徒長の原因となる。作物群が徒長や過繁茂の状態になると、純光合成量は減少し、収量と品質が低下し、軟弱で病虫害も多発す。そこで、徒長や過繁茂の防止と施設内環境に適合した作物群の適正葉面積量の確保と維持を目標に毎日供与すべき窒素の適正量を検討した。

さらに、地上部環境が一定であれば地下部の塩(養分)が高濃度あると作物の吸水量は減少し、それが淡いと増加する関係がある。この性質を利用し、窒素以外の養分の濃淡を活用したトマト個体群の生育調節の可能性を検討した。すなわち、毎日の窒素供与量と培養液の塩濃度を調節し、トマト個体群の葉面積量と草勢の制御を試み以下の結果を得たので報告する。

2. 材料および方法

実験 1 少量分肥された窒素供与量がトマト個体群に及ぼす影響

(1) 育苗法

表 1 個体当たりの窒素量

季節	花房段位	1	2	3	4	5
暖候期 (4~10) ¹⁾	5 ²⁾	5	10	20	30	30~40
寒候期 (11~3)		5	10	15	20	20~25

¹⁾ 栽培月

²⁾ 個体当たり窒素供与量 (mg/Day)

① トマト品種サターンをバーミキュライト上に播種し、2葉期まで養成した。

② 施設生産部・温室内の養液栽培装置(竹原農研製・せせらぎ式)栽培籠に2葉期の幼苗をウレタンマットで固定して、湛水した栽培器に並べ養液栽培を用い育苗した。

③ 大塚化学(株)の養液栽培用肥料大塚1号改(大塚1号から窒素を除去し CaCl_2 を加えたもの)を用い EC(電気伝導度)を機器により 0.7mS/cm、pH 5 に調整した。

④ 大塚2号 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ を用い、窒素を成分として1個体あたり 5 mg 程度毎日供与し、陽光下のもとで育苗した。

(2) 栽培法

① 200m² 温室内のせせらぎ式養液栽培装置6槽に、1992年8月20日播種、第1花房開花期の苗をそれぞれ124個体定植し、以後窒素供与量を表2に示す6段階に変えて栽培した。

② 大塚1号改の溶液を用い、ECを第1~3花房期:0.7~1.5(mS/cm)、第3~5花房期:1.5~1.7、第5花房期以後:1.7~2.0 の範囲に機器により調節した。

③ 培養液の pH は 5~6 に保ち、各花房の開花期にホルモン処理をした。 CaCl_2 の 0.3% 溶液を毎週1回幼果に散布し、尻腐れ病を予防した。

実験 2. 窒素少量分肥栽培

されたトマト群落に及ぼす溶液濃度の影響

(1) 品種と育苗法

① 品種サターンをバーミキュライト上に 1994 年 2 月 15 日に播種し、3 葉期に栽培鉢に移植し、陽光下のもとで個体当たり 1 ~ 5 mg を毎日供与し、前実験とほぼ同様に第 1 花房の開花期までは湛水養液栽培を用い育苗した。

この条件で生育の揃った第 1 花房開花期の老熟苗を季節を問わず簡単に養成できた。
② 施設栽培部の 200m² 温室内的せせらぎ式養液栽培装置各 1 槽につき、第 1 花房開花期の苗を 3 月 15 ~ 25 日に 124 個体を定植した。

(2) 栽培管理法

① 果房当たり 3 果を継続的に確保し、表 1 の窒素供与量で健全な第 5 花房開花期の個体を養成した。また、大塚 1 号改の溶液を用い、EC を第 1 ~ 3 花房開花期:0.7 ~ 1.5(mS/cm)、第 3 ~ 5 花房開花期:1.5 ~ 1.7 の範囲に調節した。
② 第 5 花房開花期以後の窒素供与はケミカルポンプ、電磁弁、タイマーを組合せ自作機器により、個体あたり 30mg の窒素を毎日供与した。この養成個体を第 5 ~ 8 花房開花期にかけて、大塚 1 号改の溶液を用

い、自動 EC 調節器により 6 槽の EC を 1 ~ 6(mS/cm) の 6 水準に変えて栽培管理した。

③ 培養液の pH は 5 ~ 6 に保ち、各花房の開花期にはホルモン処理をした。0.3% の CaCl₂ 溶液を毎週 1 回幼果に散布し、尻腐れ病を予防した。

表 2 トマトの生育形質に及ぼす窒素供与量の影響

	窒素量 (mg/Day)	茎長 (m)	葉数	花段数	花段数 ¹⁾ (収穫)	葉面積 (個体)	LAI (m ²)
	1.07	2.62	36.5	10.2	5.3	0.215	0.79
① 品種サターンをバーミキュライト上に 1994 年 2 月 15 日に播種し、3 葉期に栽培鉢に移植し、陽光下のもとで個体当たり 1 ~ 5 mg を毎日供与し、前実験とほぼ同様に第 1 花房の開花期までは湛水養液栽培を用い育苗した。	2.14	2.66	37.0	10.2	5.4	0.275	1.02
	3.12	2.65	37.4	10.3	5.3	0.364	1.35
	4.32	2.70	37.9	10.4	5.2	0.460	1.71
	5.35	2.73	38.1	10.4	5.2	0.524	1.98
	6.42	2.72	37.6	10.3	5.1	0.586	2.18

¹⁾ 収穫後の果房段数 電気伝導度(EC):2 mS/cm

播種日:1992.8.20. 調査日:1993.3.15~20.

3. 結果と考察

実験 1.

① 生育の特徴

窒素が毎日 4.28mg 供与された個体の茎長と各花房の開花日、収穫日を図 1 に示した。8 月に播種し 10 月に定植した 124 個体の生育は、茎長、各花房の開花日等の個体間差がほとんどなく、各果房の収穫開始日も翌年 3 月までほぼ同調し、欠株なく生育した。さらに、茎長、各花房の開花期、収穫期は定植後毎日の窒素供与量を 6 水準に変えたが、窒素処理区間に差異はほとんどなかった。

各窒素区の生育形質の調査結果を表 2 に示す。茎長は播種 8 月後の 3 月末に 2.62 ~ 2.73m に達し、窒素 6.42mg 区が 1.07mg より 10cm 程度長い。主茎の葉数は 36 ~ 38 枚であり、窒素 5.35mg 区が 1.07mg 区より 1.5 枚多かった。花房段数は 10.2 から 10.4 と窒素区間で差がなく、

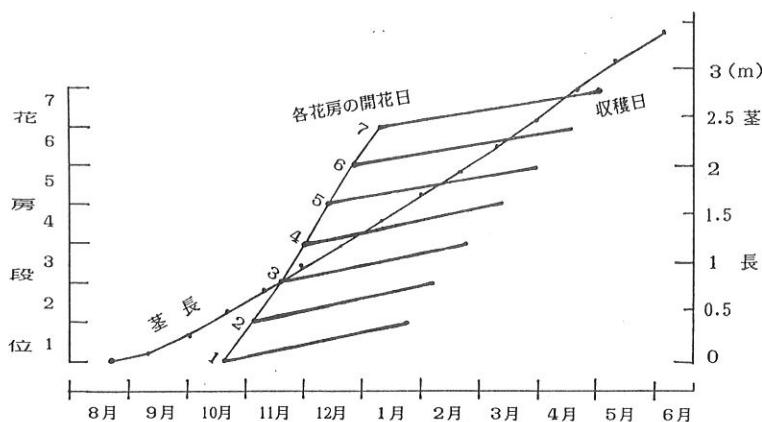


図 1 窒素が少量分肥された個体 (4 号槽) の茎長及び開花期と収穫期

表 3 トマト個体群の収量と糖度に及ぼす窒素供与量の影響

窒素量 1)	花房段位別収量					収量 果実数	収量 2)/ 個体(Kg)	収量 3)/ 10a(t)
	1	2	3	4	5			
1.07 (Brix)	41.3 (5.5)	31.2 (5.9)	29.1 (7.1)	19.2 (6.7)	16.8 (6.3)	106.7 10.4 ⁴⁾	1.11	4.17
2.14 (Brix)	46.0 (5.4)	40.9 (6.1)	36.4 (6.9)	28.5 (6.8)	27.4 (6.4)	117.0 12.3	1.44	5.37
3.12 (Brix)	53.7 (5.3)	45.5 (5.9)	42.8 (7.2)	33.2 (6.7)	31.8 (6.5)	127.5 13.1	1.67	6.21
4.23 (Brix)	62.7 (5.2)	57.1 (6.0)	43.9 (7.1)	37.9 (6.8)	33.6 (6.7)	127.8 14.8	1.89	7.05
5.35 (Brix)	64.5 (5.2)	64.3 (5.9)	43.5 (7.0)	42.5 (6.6)	34.7 (6.5)	132.2 15.2	2.01	7.48
6.42 (Brix)	60.3 (5.0)	67.1 (5.6)	49.8 (6.4)	44.4 (6.6)	39.7 (6.0)	131.0 16.1	2.11	7.83

¹⁾個体当たり窒素供与量(mg/plant/Day) ²⁾個体当たり収量(Kg)³⁾10a 当り収量(3720 個体/10a) ⁴⁾個体あたり収穫果実数

収穫された果房段数は窒素 1.07mg 区の 5.3 は 6.42mg 区の 5.1 よりやや優った。

3月末の個体あたり葉面積は窒素 1.07mg 区 0.215m²、窒素 6.42mg 区 0.586m²であり、個体群葉面積(LAI)は 0.8~2.78 と 2 倍以上の大差が認められた。

すなわち、毎日の供与窒素量が 1.07mg から 6.42mg と異なる条件にて、茎長、主茎の葉数、花房段数に大差が無いことから、これらの分化や伸長・伸展等の生育さらに花房や葉の配置も差異が無いことを示す。窒素処理区間の収穫果段数に大きな差がないことは、果実生育の速さにも差異がないことを示す。

一方、窒素処理間の個体当たり葉面積に大差が存在し、主茎の葉数に差異が無いことは、窒素処理間の一葉当たりの葉面積に差異があることを示す。

② 収量の特徴

供与窒素の最も多い分配先である果実の収量と収量形質の調査結果を表 3 に示した。各窒素区の

果房別収量を比較すると窒素 6.42mg 区の第一果房を除き窒素供与量が多いほど果房当たりの収量が多く、窒素処理区間の収量差は果房段位が上位になるほど顕著で、窒素 1.07mg 区の第 5 果房の収量は窒素 6.42mg の 1/2 以下であった。

10 a 当たり収量は、窒素 6.4mg 区のみ最低気温が 10°C に制御された施設における冬期 5 段栽培の標準収量を得た。生育初期から窒素欠乏様相を示したその他の窒素区では明かに少収であった。

窒素が相対的に多く供与された区程一果重は重く、個体当たりの果実数も増加した。供与

表 4 トマトの生育形質に及ぼす培養液濃度の影響

培養液 ¹⁾ 濃度(EC)	茎長 (m)	葉数	花段数	果段数 ²⁾ (収穫)	葉面積 (個体)	LAI (m ²)	調査日:1994.10.20~11.10.	
							(個体)	
1	5.32	74.0	22.2	16.0	0.772	2.87		
2	5.43	73.2	22.4	16.5	0.781	2.90		
3	5.33	74.8	22.3	16.6	0.662	2.48		
4	5.28	73.4	22.4	16.4	0.623	2.32		
5	5.27	72.6	22.8	15.9	0.601	2.23		
6	5.25	72.4	22.4	16.2	0.566	2.10		

播種日、移植日:1994.2.15、4.15~4.30. 調査日:1994.10.20~11.10.

¹⁾電気伝導度(EC):(mS/cm)²⁾収穫後の果房段数

表 5 トマトの収量と糖度に及ぼす培養液濃度の影響

培養液 ¹⁾ 濃度(EC)	月別収量						収量 ^{2)/} 個体(Kg)	収量 ^{3)/} 10a(t)
	7	8	9	10	11	12		
1 (Brix)	146.6 (4.6)	103.7 (4.8)	96.8 (5.0)	80.6 (5.5)	61.5 (6.3)	6.4 (7.0)	4.26	15.8
2 (Brix)	146.9 (4.6)	106.4 (5.0)	92.4 (5.4)	86.5 (5.9)	67.5 (6.8)	39.7 (7.4)	4.35	16.2
3 (Brix)	139.2 (4.5)	118.3 (5.0)	95.8 (5.5)	84.3 (5.8)	52.4 (7.0)	32.7 (7.5)	4.21	15.7
4 (Brix)	144.7 (4.6)	110.8 (4.9)	97.3 (5.3)	81.3 (6.2)	53.0 (6.9)	28.9 (7.5)	4.16	15.4
5 (Brix)	140.6 (4.4)	107.0 (5.1)	73.0 (5.7)	67.7 (6.0)	32.4 (7.1)	20.5 (7.8)	3.56	13.2
6 (Brix)	125.7 (4.6)	97.1 (5.1)	68.4 (5.6)	55.6 (6.2)	22.6 (7.2)	16.5 (8.1)	3.11	11.6

¹⁾電気伝導度(EC):(mS/cm)²⁾個体収量(Kg)³⁾10a 当り収量(3720 個体/10a)

窒素量の差異による個体当たりの果実数の変異幅は、1 果重の変化幅に比較して大きい。

収穫された完熟果実の糖度(Brix)は、第 1、第 2 果房では多窒素区ほど低い傾向が認められたが、第 4、第 5 果房に至ると 6 以上でかつ窒素処理区間の果実糖度の差はほとんど無い。

以上のごとく、窒素が 6.42mg 每日供与された個体は、1 月末の第 1 果房の収穫期に果実へ陽光の直達が困難なほど下位葉は繁茂した。しかし、第 4・5 果房の収穫期の 3 月に至ると上位葉ほど 1 葉あたりの葉面積は減少し、果実へ陽光が直達した。すなわち、この 6.42mg 区の窒素不足は、第 4 花房開花期以後に展開する葉面積および花房当たり花数と着果数の減少として認められた。

窒素不足による上位葉の葉面積の縮小と花房あたりの花数と着果数の減少は、供与窒素が少ない処理区ほど初期から顕著に認めた。しかし、第 4 果房収穫期以後、花房あたりの花数・着果数および葉面積は、各窒素区の供与窒素水準に比例した数値を保ち、ほぼ定常状態で生育のみ進行し、各処理区 124 個体の生育は、茎長、開花日等の個体間差異は極めて小さい。

実験 2.

① 生育の特徴

窒素を個体当たり 30mg 供与し、窒素以外の

塩濃度(EC)を 1 ~ 6 と変えて栽培したトマトの生育形質の調査結果を表 4 に示した。EC が 1 ~ 6 の培地条件にて、主茎の最長は EC : 2 の 5.43m、最短は EC : 6 の 5.25m で 23cm の差、主茎上の最多葉数は EC : 3 の 74.8、最少は EC : 6 の 72.4 で、2.2 葉の差が認められた。開花花段数の最大は EC : 5 の 22.8、最少は EC : 1 の 22.2 で 0.6 段位の差異を認めた。収穫した果段数の最大は EC : 3 の 16.6、最少は 15.9 で 0.7 段の差を認めた。

主茎長、葉数、花段数及び収穫果段数は、窒素以外の塩類の濃度差による変動幅がいずれも 0.5%以下と小さく、これら生育の速さに関わる形質に培養液濃度の及ぼす効果は小さい。

高さ 2 m の個体群において主茎上の生葉数が 25 に調節された個体の葉面積は、最大が EC : 2 区の 0.781m²、最少は EC : 6 区の 0.566m² であり、EC が 2 を超えると培養液濃度が高いほど抑制された。すなわち、トマト個体群の葉面積は、培養液濃度が EC で 1 ~ 6 と変わると LAI:2.9 から 2.1 に約 4 割程度可変した。

培養液濃度(EC)が 3, 5 であるトマト個体群の生産構造を図 2 に示した。

EC 3 区の個体群は EC 5 区と比較し、床面からの高さ 0 から 200cm の各層において生葉重が重く、上層から相対照度の低下率が大きい。EC 3 の個体群では、新葉の伸長・展開がほぼ終わ

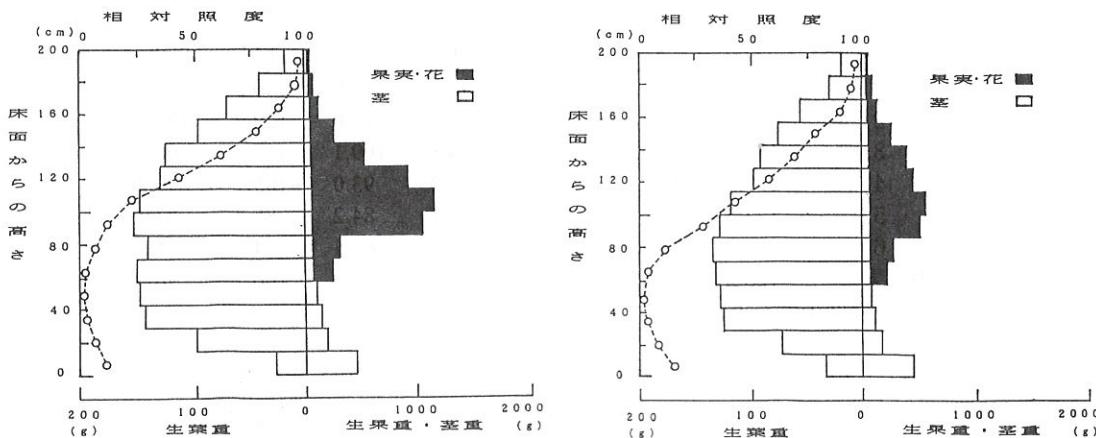


図2 電気伝導度(EC)が3(左図,LAI:2.48)と5(右図,LAI:2.10)の培養液で栽培した生産構造
播種日、調査日:1994.2.14, 10.20~11.10,

る栽培面からの高さ140~150cm層の生葉重が、高さ40~55cm層に至る各層の生葉重とほぼ等しく、新規に展開する葉面積重と古葉の除去量が長期間均衡することを示す。しかし、EC5の個体群では、床面面からの高さ140~50cm層の生葉重は、比較的一定であるが、床面からの高さ120から200cmの各層の新規に展開する葉面積重がやや抑制傾向にあり、古葉の除去量を満たさず、この個体群の葉面積は減少傾向であることを示す。また、EC5の個体群の果実重はEC3区と比較し、上層から軽く、葉面積重より区間の差異は大きく、各層の果実重はEC3区の1/2以下である。

収量と果実糖度(Brix)を表5に示した。7月収穫果実は、果実生育後半の培養液濃度は6水準に異なっているが、収量・糖度に培養液濃度の影響は認められない。開花時からECが異なる条件で生育した9月以後に収穫した果実は、培養液のECが高いと糖度が上がり収量は減少し。トマトの生育進化と施設環境の変化に伴い月別収量は順次減少を示すが、12月収量の比較ではEC1区の124個体収量36.4kgに比しEC6区は16.5kgであり、各EC区の7~12月までの10aあたり収量は16tから11tと標準養液栽培と比較し低い。

一方、果実糖度は、トマトの生育進化と施設環境の変化に伴い順次上昇し、かつ、高いEC区の果実糖度は相対的に低いEC区と比較し明らかに高い。

一果重の月別変化を表6に示した。7月収穫の果実は、生育後半の培養液のECが1~6と異なる条件で生育した。この果実の一果重は培養液濃度の影響が小さい。一方、トマトの生育進化と施設環境の変化に伴い月別の1果重は9月まで急激に減少し、10月以後増重に転じた。しかし、10月以後1果重の増重率は培養液濃度で異なり、ECが低いほど速やかに増重した。培養液のEC差による平均一果重を比較するとEC1区の111.8gが最も重く、EC6区は75.6g小さく軽い。すなわち、培養液のECは一果重に大きな影響を及ぼし、幼果からECが高いと果実は小玉化した。一果重に及ぼす培養液ECの1~6の濃度効果は、トマトの生育進化や施設環境の変化に伴う効果より大きい。

4. まとめ

① 窓素供与量と生育の特徴

茎長、葉数、開花日と収穫日は窓素供与量の異なる処理区間に差異はなく、窓素が毎日少量供与された個体は窓素欠乏による生育や果実

表 6 培養液濃度がトマトの一果重に及ぼす影響

培養液 ¹⁾ 濃度(EC)	月別一果重(g)						平均 一果重
	7	8	9	10	11	12	
1	127.7	110.5	83.6	91.3	117.0	140.5	111.8
2	127.1	113.8	87.0	88.5	113.0	129.2	109.8
3	132.4	110.3	84.0	88.3	109.1	111.6	106.0
4	129.5	107.2	81.9	79.2	93.0	105.7	99.4
5	127.3	93.1	68.6	65.1	84.2	85.3	87.3
6	128.9	84.3	59.4	54.8	61.4	64.2	75.6
月平均果重	128.8	103.2	77.4	77.9	96.2	106.1	98.3

¹⁾電気伝導度(EC):(mS/cm)

の熟期の遅延が無く、根部は極めて健全で活性があり、冬期では夜間に葉からの溢出液は多かった。一方、毎日供与する窒素が少量であるほど早期から花房当りの花数および一葉当りの葉面積の減少効果が顕著に現れた。

② 窒素供与量と果実および収量の特徴

毎日供与する窒素量の制限による果房当りの果実重の減少は、一果重の減少、果数の減少の順序性が認められた。毎日供与する窒素量を制限すると 10a 当り 3720 の個体群では、一葉当りの葉面積の減少および花房当りの花数の減少とともに果房あたり果実重の減少が認められ、その果実重が 330g 程度まで一果重の減少で対応する。さらに窒素不足が継続するとトマト個体は一葉当りの葉面積の減少と花房当りの花数の減少に同調して果数および一果重の減少により対応した。

果実の糖度は毎日供与する窒素量と反比例する。しかし、花房当りの花数や果房当りの果数の減少、一葉当りの葉面積の減少をともなうほど供与窒素量を制限すると、果実糖度の上昇は止まる。

③ 培養液濃度と生育の特徴

第 5 果房開花期から 30mg の窒素を毎日供与し、窒素以外の塩類を用い培養液の EC を 1 ~ 6 と変えて栽培したトマトは、培養液濃度の異なる処理区間に茎長、養数、開花日と収穫日の差異はほとんど無かった。一方、培養液の濃度(EC)が上がると新しく伸長・展開する葉から一葉当りの葉面積が速やかに減少傾向を示し、EC

3 以下では再増加を示すが、EC 5 以上の処理区では一葉当りの葉面積は僅かであるが減少を続け 12 月の LAI は 2.90(EC2)~2.10(EC6) と培養液濃度により LAI に 1.38 倍の差異が発生した。EC 5 以上の処理区では新しく展張する花房の花が弱小となり、やがて花数も減少した。

④ 培養液濃度と果実および収量の特徴

培養液濃度の異なる処理区間 7 月の収量、一果重に大きな差異はない。一方、12 月収量は最大 39.7(EC2)~最少 16.5(EC6)kg と培養液により 2.40 倍、一果重は 140.5(EC1)~64.2 g (EC6) で 2.18 倍の差異が発生し、培養液濃度の上昇による一果重の減少がそれらの月収量に大きく反映した。培養液濃度の上昇による一果重や月収量の変化幅は LAI の変化幅より著しく大きい。また、果実の糖度は培養液の EC と比例し、月別収量と反比例した。

以上のごとく、毎日施用する窒素量の調節により、トマトの生長速度を変えず、窒素以外の培養液濃度(EC1~3 の範囲)に関わらずに、施設環境の変化に対応した個体群の葉面積や草勢(花房あたりの花数・果数、一果重)制御の可能性が示唆された。

葉緑素蛍光でみたキュウリの高温障害発生機構

*李智軍・小田雅行

野菜・茶業試験場

The mechanism of occurrence of high temperature injury
to cucumber seedlings as detected by chlorophyll fluorescence

*Zhijun Li and Masayuki Oda

National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea

1. はじめに

キュウリは温度の変化に対して敏感に反応し、生育の適温は18°C~30°Cとされている^{1), 2)}。30°C以上になると、根の活力が低下し、40°C以上の高温条件下ではしおれ現象が起これり、50°C~60°Cになると数時間で枯死する³⁾。近年、温度に対する敏感性が異なる品種が育成され、作型の開発と施設の利用により、周年栽培が実現されている。しかし、それでも、低温期の施設栽培やトンネル栽培、高温期の露地栽培などで高温障害が発生し、キュウリの生産に大きな影響を与えていたのが実状である。高温障害の発生は温度だけでなく、他の環境要因や植物自体の高温耐性と密接な関係があると考えられている。したがって、高温障害の発生機構の解明は、キュウリの実際栽培における高温障害対策の確立、高温耐性の検定および高温耐性品種の育成に不可欠である。

高温障害の検出法としては、高温条件下での生育阻害、可視的な症状あるいは生存率などによって判明する基本的な方法のほかに、生理的な検出・評価方法としてE C法、TT C還元力法、光合成速度の低下などがある。特に最近は、葉緑素蛍光法が光合成の生理学的研究および各種ストレスの検出によく用いられている。葉のクロロフィルaから放射される蛍光強度が光合成の電子伝達系に関与しているため、その測定によって光合成器官の阻

害あるいはダメージを直接かつ正確に検出できる^{4), 5), 6)}。その蛍光パターンの変化からは、さらに多くの光合成能に関わる情報が得られる。一方、葉緑素蛍光法は非破壊で迅速に測定できる利点があるので、各種環境ストレスの生理的な機構解明や耐性の検定などに応用されようとしている。キュウリの高温障害について、葉緑素蛍光法で行った研究がいくつかある^{7), 8), 9), 10), 11)}が、高温に対するキュウリの生態反応、高温障害の発生機構などについての研究は少ない。そこで、高温障害の発生と他の環境要因との関係および高温障害の発生機構を明らかにする目的で葉緑素蛍光の変化を指標として行ったこれまでの研究をとりまとめた。

2. キュウリの高温障害の発生

キュウリの高温障害の発生は、供試した苗の生育前歴の環境条件や生育ステージによってかなり異なっている。青木ら¹⁰⁾の研究によると、本葉2~3枚のキュウリ苗を38°Cの高温で10分間処理すると、葉緑素蛍光強度(Fv/Fm)が低下した。これに対して、草間ら¹¹⁾は、高温によるキュウリの葉緑素蛍光強度の低下が45°C(20分間)以上で起こることを報告した。なお、空気飽差が大きい場合(4.4±0.3kPa)には、本葉が3枚展開した苗を44°Cで3時間処理しても、葉緑素蛍光強度はほとんど低下しなかったが、46°Cでは明らかに低下し、その時の

*現在：三重大学生物資源学部

葉温は約 42°C であった⁹⁾。一般的には、葉の蒸散によって葉温が気温より低くなる。その影響を除くためにキュウリの葉をビニールフィルムで包んで 35°C から 50°C までのウォーターバスに入れて 10 分間高温処理したところ、図 1 に示したように、葉温が約 40°C を越えると、蛍光強度が低下し始め、光合成器官に高温障害が発生した。45°C に達すると、蛍光強度が著しく低下した。高温障害はもちろん生育ステージおよび高温処理時間の長さの影響を受けるが、この試験の範囲では、葉緑素蛍光強度の低下で見たキュウリの高温障害は、葉温が 40°C～45°C に達すると現れることが明らかになった。

圃場条件下では、キュウリの高温障害の発生は展開したばかりの若葉あるいは生長点から始まる場合が多い。葉緑素蛍光でみた光合成器官の高温耐性の葉位による差を図 2 に示した。高温耐性が一番強いのは十分展開した成熟葉（下位葉）であり、展開中あるいは展開したばかりの若葉（上位葉）はかなり弱く、老葉は成熟葉に比べて高温耐性が少し弱い傾向が認められた。これは、高温障害が比較的上位葉から発生する現象と一致する。正確には、キュウリの高温障害は生長点から 2～3 番目の展開中の若葉から発生する場合が多い。

それだけでなく、水ストレスを受けた苗では、

高温障害の発生葉位が通常の発生順位と逆転した。その原因は、強光による障害、蒸散による葉温

の低下および高温耐性の獲得の相違など、各環境要因

の相互作用によると考えら

れた。

2. 高温障害の発生と環境要因

(1) 温度

多くの場合、高温障害は急激な温度の上昇によって

表 1 生育温度の異なるキュウリ苗の初期生長と葉緑素蛍光強度に及ぼす高温処理の影響(Aoki et al., 1988 より)

生育温度 (°C)	高温処理 (°C) ^z	蛍光強度 (%)	初期生長 (%) ^y
低温区 20/15	42	61.0 ± 0.7	91.0 ± 0.0
	45	18.5 ± 1.6	72.1 ± 1.1
	48	11.2 ± 1.0	50.5 ± 3.0
高温区 26/21	42	90.0 ± 1.4	102.5 ± 2.7
	45	22.8 ± 2.6	81.5 ± 0.5
	48	14.4 ± 1.6	58.6 ± 3.1

^zそれぞれの温度で 5 分間処理した。

^y高温処理後、光強度 400 μmole·m⁻²·s⁻¹ (14 時間), 26/21°C (昼温/夜温) の条件下で 3 日間生育させた。

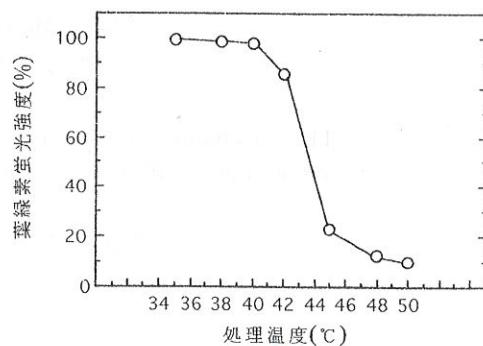


図 1 高温処理によるキュウリ葉の葉緑素蛍光強度の低下
キュウリ葉をビニールフィルムで包んで 35°C～50°C のウォーターバスにいれて 10 分間高温処理した。蛍光強度は処理前に対する相対値で示した。

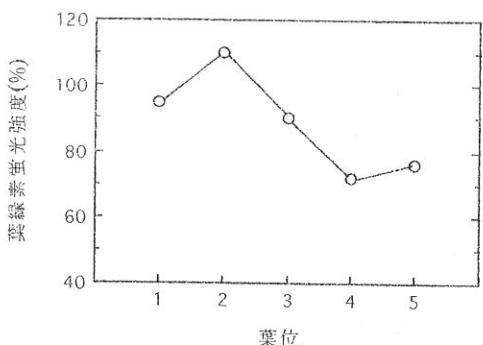


図 2 キュウリ葉の高温耐性の葉位間差
キュウリ葉は 45°C のウォーターバスで 10 分間高温処理した。蛍光強度は処理前に対する相対値で示した。

起こる。温度は高温障害を起こす直接の要因であるが、植物の前歴温度は、高温障害の発生に大きな影響を及ぼすことが古くから知られている。表1は前歴温度が高温による蛍光強度(Fr)の低下に及ぼす影響を示したものであり、キュウリを相対的に高い(26°C 昼/21°C夜)環境温度下で生育させると、高温処理による Fr の低下は低温区(20°C昼/15°C夜)で育った苗のそれよりも小さかった⁷⁾。生育中の気温が高くなると、葉の光合成器官の高温耐性も顕著に強くなった(図3)。高温下での高温耐性の増強、すなわち高温馴化のメカニズムについては、高温に強い蛋白質の合成、チラコイド膜内外のプロトン勾配の増大、膜表面の電荷の変化の面から研究され、チラコイド膜の組成と構造、膜内外の環境条件、保護物質の合成あるいは蓄積が関与していると考えられている^{12, 13, 14, 15, 16, 17)}。

(2) 水分

空気中の水分(湿度)と土壤水分のいずれも葉の蒸散に密接な関係がある。低湿度(54±8%RH)条件下では、46°Cで3時間高温処理しても、キュウリの葉緑素蛍光強度が低下しなかったのに対して、高湿度(97±3%)下では、処理直後に明らかに低下し、その後の回復は対照の70%にとどまった(図4)。低湿度条件で高温障害を受けなかったのは、蒸散速度が大きく、葉温が気温よりも低くなかったことが原因であった。同じように、土壤水分が少ないと、根からの水分供給が不足して、蒸散速度が低下し、葉温が高くなって高温障害が発生しやすくなったり。高湿度下では、蒸散速度が小さくなり、葉温はほとんど気温と同じになるので、蒸散による冷却効果や水ストレスなどの影響を排除できる。そのようにして、高温ストレスと水ストレスを分けてそれぞれの影響を調べた結果、図5に示したように、水ストレスを受けたキュウリの苗は、水ストレスを受けなかったものより、葉の光合成器官の高温耐性が強かった。葉位による

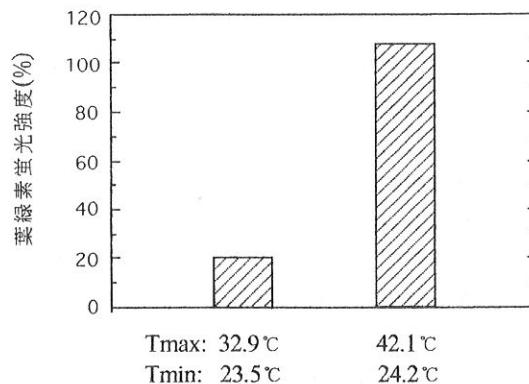


図3 生育前歴の温度がキュウリ葉の高温耐性に及ぼす影響 T_{max} と T_{min} はそれぞれ高温処理前6日間の平均最高気温と平均最低気温。高温処理は図2を参照、蛍光強度は処理前に対する相対値で示した。

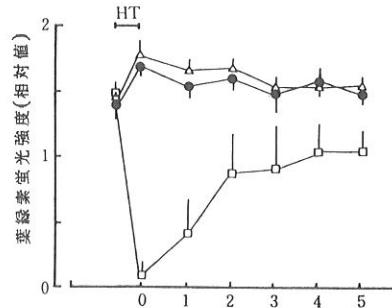


図4 空気湿度がキュウリ葉の高温障害に及ぼす影響(小田ら, 1993より) ●: 対照, 気温 25°C, 水蒸気飽差, 0.8kPa; △: 低湿度区, 4.8 kPa, 46°C, 3h; □: 高湿度区, 0.3kPa, 46°C, 3h。

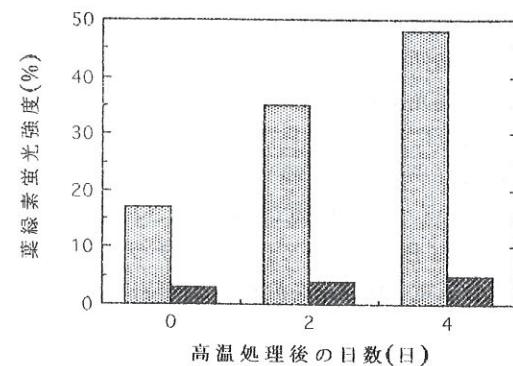


図5 高温による葉緑素蛍光強度の低下に及ぼす水ストレスの影響本葉が3枚展開した苗を湿度100%RH、強度 $126 \pm 32 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ および46°Cのグロースチャンバーで2時間高温処理した。蛍光強度は処理前に対する相対値で示した。水ストレスは高温処理前に灌水を8日間中断して与えた。

□: 対照, ■: 水ストレス。

差をみると、若葉は、高温耐性の獲得が成熟葉と老葉より早いばかりでなく、さらに強い高温耐性が誘導された。しかし、その一方で、水ストレスの増強とともに生育の抑制および代謝機能の低下とともに高温あるいは高温と水ストレスによる障害からの回復能力の低下が予想できる。このように、水の要因はさまざまな生理過程に関連して高温障害の発生に影響を与えるものであり、それらの影響による最終的な結果の解析は容易ではない。さらに詳しい研究が必要と思われる。

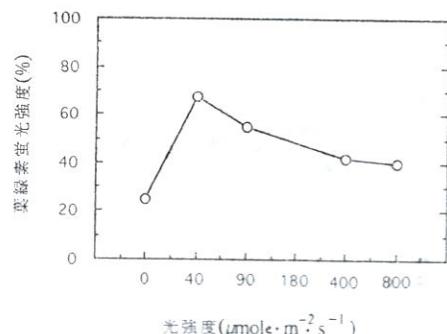


図6 高温処理による葉緑素蛍光(Fr)の低下と光強度(青木ら, 1990より)

(3) 光

夏期には高温が強光を伴うのが普通である。高温遭遇時の光条件が高温による蛍光強度の低下に及ぼす影響を図6に示した。暗黒および強光条件下で高温に遭遇した葉では、Frの低下が弱光より大きかった。また、Frの回復は、暗下に比べて明下で大きかった⁸⁾。光合成器官(チラコイド膜)に対する弱光の保護作用はいくつかの植物で明らかにされている^{6), 13)}。すなわち、明下では電子がチラコイド膜の光合成電子伝達系を流れると同時に、PQ プールによるチラコイド膜内外のプロトン勾配の形成が促進され、この ΔpH の増大が熱に対するチラコイド膜の安定性を高くしたためと考えられる。強光では、光化学抑止や光酸化などにより、高温障害をさらに大きくするほか、葉温の上昇をもたらす場合も少なくない。高温によりチラコイド膜の構造が変化し、チ

ラコイド膜から少量のタンパク質が放出されることを Volger ら¹²⁾が報告している。その他には、青木ら⁸⁾は、弱光で葉緑素蛍光強度の回復がタンパク質合成阻害剤で抑制されたことから、高温障害の回復は弱光での葉緑体のタンパク質合成が関与するとした。

(4) 各環境要因の相互作用

栽培の現場では、温度、光、水分などの要因が相互に影響し合っている。夏期は、高温に強光や乾燥がともなっている。施設内では高温高湿に遭遇する場合が少くない。前に述べたように、キュウリの高温障害は多くの場合に、生長点からの2~3番目の展開したばかりの若葉から発生し始める。その原因は次のように解釈ができる。正常に生育したキュウリでは、生長点とその近くの若葉は光合成器官の高温耐性が最も弱いが、生長点から2~3番目の葉の方が強光を受け易いので、高温障害が最も発生しやすい部位になる。このほか、水ストレスを受けて育ったキュウリでは、若葉の光合成器官は比較的強い高温耐性を獲得したので、老葉よりは水ストレスを受けにくく、その結果として障害の発生順位が逆になったと考えることもできる。

3. 光合成器官における 高温障害の発生機構

葉緑素蛍光は、主に葉のアンテナ・クロロフィルaから放出され、その相対的な強度($F_v/F_m, F_v/F_0$)は、光化学系IIにおける主な電子受容体 Q_A の酸化還元状態に左右され、 Q_A を通る光合成の電子伝達活性を反映しているとされている^{16, 18)}。したがって、高温による葉緑素蛍光強度の低下は、直接にチラコイド膜の構造の物理的および化学的变化に関連する光合成機能への阻害あるいは障害を示している。しかし、葉緑素蛍光強度は光合成器官における各反応および生理的な変化、例えば酸素発生系の反応、光リン酸化、 H^+ の電気

化学ポテンシャル(ΔpH)および炭素代謝などの影響を受けている。成熟葉を45°Cの高温で2分間処理すると、 Fv/Fm はほとんど低下しなかったが、Mピークが小さくなつた(図7)。Walker¹⁹⁾は、このMピークが炭素代謝に関連していることを明らかにした。これらのことによって、高温遭遇時には、キュウリの炭素代謝が電子伝達系よりも先に高温の影響を受けることが分かった。これまでの報告からみると、葉緑素蛍光のパターンについては、初期の速い反応の段階と光合成の電子伝達系との関係が理論的に明らかにされている¹⁸⁾。しかし、Mピークの現れ方には、チラコイド膜での高エネルギーの蓄積、つまり ΔpH の形成、光リン酸化反応、炭素代謝および膜の透過性の変化等が関与するために、かなり複雑である^{17, 18, 19)}。今も、Mピークの変化と炭素代謝の関係は不明な点が多い。一方、水ストレスを受けたキュウリの葉は、高温耐性が誘導されると同時に葉緑素蛍光のMピークが大きくなつたが、生育前歴の温度が高い場合には、かえつてMピークが小さくなつた(図8)。これは、高温に反応して獲得した高温耐性は水ストレスによるそれと根本的に異なることを示唆している。そのほかに、光リン酸化反応は光合成の電子伝達系より、高温、乾燥および低温などのストレスに敏感に反応していることが明らかにされている^{14, 20, 21, 22)}。高温による炭素代謝や光リン酸化反応の阻害は、チラコイド膜内外の ΔpH を増大させ、それがチラコイド膜のストレス耐性を高める。既に述べたように、弱光は ΔpH の勾配を大きくして、高温による葉緑素蛍光強度の低下を緩和した。このように、高温障害の発生は、各要因の相互作用のもとで、さまざまな生化学反応を通じて現れるものと考えられる。

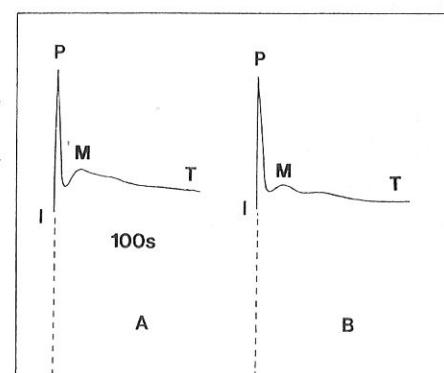


図7 高温処理による葉緑素蛍光パターンの変化 A:45°Cで2分間処理する前(対照),B:処理後。

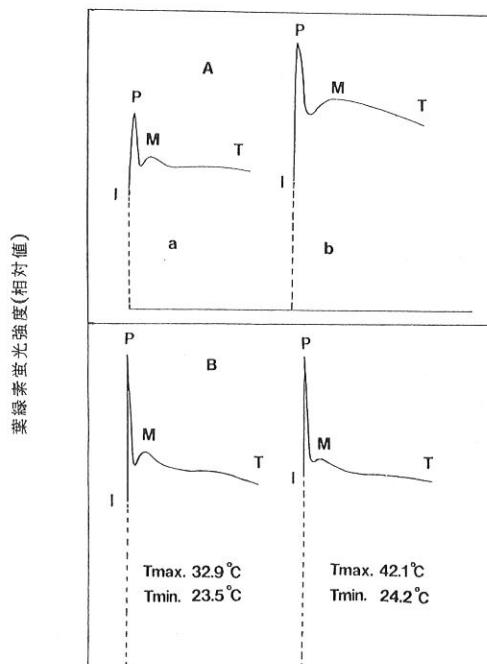


図8 異なる生育前歴の環境条件と葉緑素蛍光パターン A:a,十分に灌水,b:灌水を6日間中断した。B:TmaxとTminはそれぞれ測定前6日間の平均最高気温と平均最低気温である。

引用文献

- 1) Mas Yamaguchi (高橋和彦ら), 1985: 世界の野菜, 養賢堂, p316.
- 2) 本多藤雄, 1986: 果菜の上手なつくり方, 家の光協会, p8.
- 3) 藤枝国光, 1973: キュウリ栽培全書, 農業図書株式会社, p9.
- 4) Smillie, R.M. and S.E.Hetherington, 1990: Screening for stress tolerance by chlorophyll fluorescence. Measurement Techniques in Plant Science. Academic Press, Inc., p229-256.
- 5) Ogren, E., 1990: Evaluation of Chlorophyll fluorescence as a probe for drought stress in willow leaves. *Plant Physiol.*, 93:1280-1285.
- 6) Powles, S. B., 1984: Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 35:15-44.
- 7) Aoki S., M. Oda and M. Nagalka, 1988: Culling and heat sensitivities in cucumber seedlings measured by chlorophyll fluorescence. *Bull. Natl. Res. Inst. Veg., Ornam. Plants & Tea*, A, 2:81-92.
- 8) 青木 智・長岡正昭, 1990: キュウリ葉における高温ストレスと光の相互作用. 野菜・茶葉試験場生理生態部研究年報, 46-47.
- 9) 小田雅行・李智軍・辻 顕光・市村一雄・佐々木英和, 1993: 高温時の空気湿度と土壤水分がキュウリの葉緑素蛍光発生に及ぼす影響. 園学雑誌, 62:399-405.
- 10) 青木 智, 1988: キュウリ苗の温度ストレス耐性の簡易検定法, 非破壊・迅速定量法. 今月の農業, 10:30-35.
- 11) 草間豊子・長江啓一, 1993: 野菜苗の高温・低温処理がクロロフィル蛍光強度に及ぼす影響. 園学雑誌, 62 別 1, 230-231.
- 12) Volger, H. and K. A. Santarius, 1981: Release of membrane proteins in relation to heat injury of spinach chloroplasts. *Physiol. Plant.* 51:195-200.
- 13) Schreiber, U. and A.B. Joseph, 1977: Heat-induced changes of chlorophyll fluorescence in intact leaves correlated with damage of the photosynthetic apparatus. *Planta*, 136:233-238.
- 14) Yordanov, I., V. Goltsev, T. Stoyanova and P. Venedikov, 1987: High-temperature damage and acclimation of the photosynthetic apparatus, *Planta*, 179:471-477.
- 15) Goltsev, V., I. Yordanov and O. Popov, 1987: High-temperature damage and acclimation of the photosynthetic apparatus. II. Effect of mono and divalent cations and pH on the temperature sensitivity of some functional characteristics of chloroplasts isolated from heat-acclimated and non-acclimated bean plants. *Planta*, 170:478-488.
- 16) Krause, G.H. and E. Weis, 1991: Chlorophyll fluorescence and Photosynthesis :The basics. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 43:313-349.
- 17) Santarius, K.A and M. Muller, 1979: Investigations on heat resistance of spinach leaves. *Planta*, 146:529-538.
- 18) Walker, D., 1987: The use of the oxygen electrode and fluorescence probes in simple measurements of photosynthesis. University of Sheffield print unit, p20-27.
- 19) Walker, D. A., 1981: Secondary fluorescence kinetics of spinach leaves in relation to the onset of photosynthetic carbon assimilation. *Planta*, 153:273-278.
- 20) Ranny, T. G., 1994: Heat tolerance of five taxa of firch (*Betula*): Physiological responses to supraoptimal leaf temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 119:243-248.
- 21) Santarius, K. A., 1973: The protective effect of sugars on chloroplast membranes during temperature and water stress and its relationship to frost, desiccation and heat resistance. *Planta*, 113:105-114.
- 22) Santarius, K. A. and G. H. Krause, 1975: Relative thermostability of the chloroplast envelope. *Planta*, 127:285-299.

高地温による植物の生育障害

橋 昌司・杜 永臣

三重大学生物資源学部

はじめに

植物には固有の適温範囲があり、その範囲を越える低温や高温にさらされると、植物は種々の程度の低温障害や高温障害を受ける。植物がストレスとして感じる温度は植物の種類によって異なり、寒地植物と好熱性植物の間には20~30°Cの違いがある。また、植物の高温耐性は生育条件によって変化するとともに、1日の時刻によっても変動し、夜間には耐性が小さくなることが知られている。

農業の実際場面で作物が高温ストレスを受けるケースとしてはいろいろな場面が考えられるが、いずれにしても、わが国は先進的な施設園芸が行われている国としては最も緯度の低い地域に存在するので、施設園芸作物は、夏季高温時には高温ストレスを受ける危険性を常にはらんでいるといえる。

本稿では、私達の研究室で行っているキュウリの根の高温障害の生理的機作を中心に解説する。

1. 地温の高まり

鉢栽培や養液栽培の培地のように資材によって地下と隔離されている培地では、直射光の照射や放熱の制限によって蓄熱し、地温が気温より著しく高くなる場合がある。黒色ボリ鉢の南側の地温は夏季には50°C以上に達することがある。(図1)。ロックウール培地でも日中は35°Cに達することが珍しくない。しかも、通常の土壤栽培では、土中深くになると比較的温度が低いので、高温期に根系が大きくなつておれば根全体が高温にさらされることは少ないが、根域が制限されている鉢

栽培や養液栽培では、根全体が高温にさらされるために、高温の被害が大きく現れる。

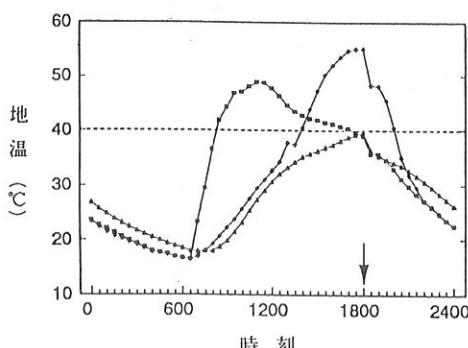


図1 直射日光にさらされた鉢内の地温の日変化
(MacDonald, 1991). 鉢サイズは7.5
↓で灌水 ■:東側 ◆:西側 ▲:中央

2. 高地温と高気温

一般に、地温が高いときには気温も高いので、根も茎葉も同じように高温にさらされるのが普通である。この場合、高温による生育不良は主として高地温によるのか、あるいは高気温によるのかという問題が生じる。

根は葉より概して高温に敏感であるとされている。この理由として、根はヒートショックタンパクの生成量が少ないことを挙げる者もあるが、根が高温に敏感である理由は必ずしも明らかにされていない。それはともかく、根は高温に敏感である上に、葉のように蒸散冷却によって体温を下げる機能がないので、地温が気温と同じ程度に高温である場合には、根が葉より大きな高温障害を受ける可能性が高い。この問題についての実験的研究は多くないが、Kuroyanagi Paulsen(1988)は、高温による出穂期以降のコムギの生育抑制（老化促

進)は、主として高地温の作用によるものであることを明らかにしている(図2)。また、地温を下げるこことによって、夏季の高温による野菜や花卉の生育不良がかなり軽減されることが幾つかの研究によって示されている。私達も、高温による葉の無機養分濃度の低下はもっぱら高地温の作用であり、高気温はまったく関与していないことを認めている。これらのことから、根の高温障害が高温期の生育不良の主要な要因になっている場合が少ないと考えられる。

勿論、このことは高気温による障害の重要性を軽視するものではない。花卉高温に特に敏感で、高気温によるトマト果実の減収程度の品種間差異が主として花卉の高温耐性の違いによっているというように花卉器の高温障害は大きな問題である。

3. 地温の高温限界

生育が阻害される高温側の限界地温は当然作物の種類によって異なり、果菜類では約30°C、葉菜類では約25°Cを越えると生育減退が起こると考えて良い。しかし、同じ果菜でも種類によって根の高温耐性が異なり、トマトやイチゴの根は高温に敏感である。例えば、夏季のトマトの養液栽培では地温は22°Cまで低いほど収量が増加し、30°C以上の高温になると尻腐症の発生が多くなる。これに対して、キュウリの根は高温耐性が比較的大きく、結実前であれば35°Cに2~3週間遭遇しても生育は抑制されない。しかし、結実期には28°Cまで冷却する必要がある。これは、長時間の高温遭遇による根の生育阻害と、果実肥大期には根への光合成産物の供給量が少なくなるために根の高温耐性が小さくなることによっていると考えられる。なお、トマトの養液育苗において、夜間だけの培地冷却では根傷みが増えて却って生育が悪化したという報告があるが、夜間の冷却温度を変えてさらに追試する価値はあろう。

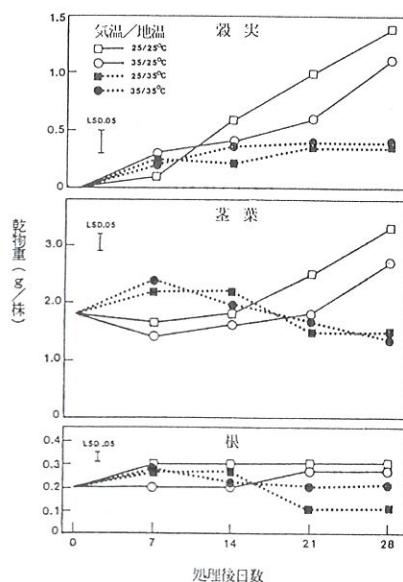


図2 コムギの生長に及ぼす高気温と高地温の影響 (Kuroyanagi & Paulsen, 1988)。出穂後10日目から28日間温度処理した。乾物重の減少は枯死による。

ホウレンソウの根は25°Cまでよく耐える。水耕栽培では地温が25°Cを越えると疫病など病害が多発するという理由で20°C前後まで冷却する場合が多いが、病害発生の恐れがないところでは25°Cを冷却目標温度にしている。

4. 高地温による生育障害の機作

根は、水や無機養分の吸収、サイトカイニンやアブシジン酸などの植物ホルモンの合成などを通じて、植物の生育に重要な役割を果たしている。したがって、高地温による植物全体の生育不良は、根の生育の阻害と単位重量当たりのこれらの根の働きの減退の結果であろう。エタノールやアセトアルデヒドなど代謝異常によって根で生成した生育阻害因子による茎葉や果実の生育の抑制も考えられる。しかし、高根温による生育抑制の生理的機作

についてはあまり研究が行われておらず、詳しいことは今後の研究に待たなければならぬ。ここでは、主として私達がキュウリについて調べた研究の結果を中心に述べる。

(1)根の生長

高根音による植物の生長の減退はまず根において起こる。キュウリの根の生長は 32°C で正常であるが 35°C では徐々に減退する。トマトの根は高温に敏感で、分離根の生長は 28°C で最大になり、33°C 以上になると著しく抑制される (Janes, 1982)。また、「愛知ファースト」の分離根の生長は 28°C で最大になり 31°C では抑制されるのに対して、「東光 K 号」では 25°C が適温で 28°C でも抑制される (図 3)。この結果は、品種によって根の高温耐性程度が異なることを示すものとして興味深い。

(2)養水分吸収と葉の無機栄養

短時間の高温遭遇の場合には、根の吸水量はある程度までは地温が高いほど多い。これは、高温によって水の粘性が小さくなること、膜の水透過性が一時的に高まるためであると考えられる。しかし、高温遭遇時間が長くなると根の吸水能力は減退する。加えて、根は葉より高根温による生長抑制が大きいために茎葉/根の比率が大きくなる。これらの結果、日射が強いときには葉が萎れる。

一方、養分吸収も高地温によって大きく阻害され、高温にさらされる時間が長くなると阻害程度が大きくなる。(図 4)。葉の養分含有率(特にカルシウム)の低下程度と、葉面積の減少度の間に正の相関が認められる。トマトでも、地温が高いと根の木部出液中のカルシウム濃度が顕著に低下する。

(3)葉の光合成

キュウリでは、35°Cまでの高温では少なくとも 10 日間の間には、葉の光合成に対する高地温の影響は現れない。また、38°Cでも 5 日

後には 25°C 区と違ひがないが、10 日後には著しく低下する。高地温による葉の光合成の抑制には、気孔開度やクロロフィル濃度の低下が関係していると考えられるが、クロロプラスチドに損傷が起こっている可能性もある。そ

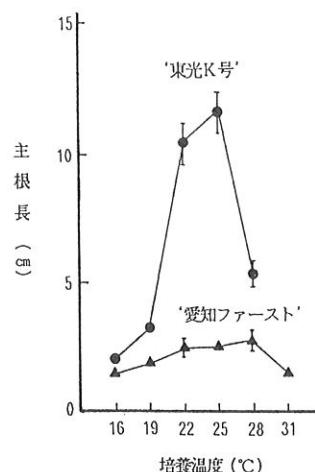


図3 トマト分離根の生長に及ぼす温度の影響
(橘・杜,未発表)

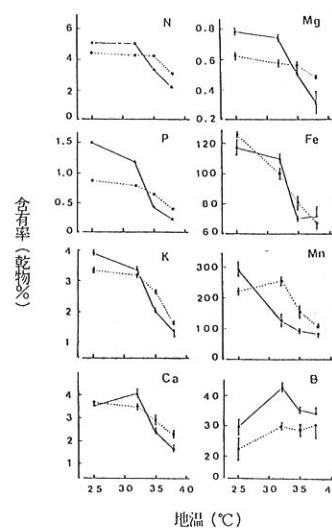


図4 キュウリの葉の無機養分含有率に及ぼす地温の影響(Du & Tachibana, 1994).
●:8日後, ▲:16日後

れはともかく、高地温の影響が光合成に及ぶ以前にすでに生長抑制がみられることから、光合成の低下は高根温による生長抑制の第一義的な原因とは考えにくい。

(4)光合成産物の根への転流と代謝

光合成産物の根への転流は、少なくとも38°Cまでの範囲では、高温によって阻害されることなく、むしろ僅かながら促進される。しかし、高温下では根の呼吸が著しく昇進するため、根への光合成産物の蓄積量はむしろ少なくなる。

キュウリの主な転流糖はスタキオースやラフィノースである。高地温下で生育した根にラフィノースが多量に蓄積するという事実は、転流糖の同化・利用が高温によって阻害されることを示唆する(図5)。事実、高地温下で生育した根では細胞壁の構成成分であるペクチンの濃度が低くなる。トマトでも33°C以上の高温で根の糖濃度が著しく高くなる。また、高地温下で生育しているリンゴでは、根や茎葉にエタノールやアセトアルデヒドが異常に蓄積する(Gurら, 1972)。このように、根に転流した糖の同化・利用の阻害や炭水化合物代謝の異常が、高温による根の生長抑制の原因の一つであると考えられる。

(5)根の呼吸

一般に、根の呼吸はある温度までは温度が高いほど大きい。しかしキュウリでは、高温によって増大するのはATPの生産を伴わないシアン耐性呼吸であって、酸化的リン酸化と共に役しているチトクロム呼吸は著しく低下する。このように、高根温下では根の呼吸は高まるが、ATP生産の観点からは浪費が起こっているといえる。チトクロム系呼吸が高温に敏感である理由は不明であるが、ミトコンドリア内膜または内膜に組み込まれている電子伝達系の特性が関係しているのではないかと思われる。

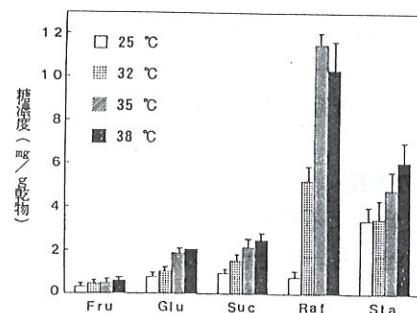


図5 種々の地温で6日間生育したキュウリの根の糖濃度(Du & Tachibana, 1994)。Fru:フラクトース, Glu:グルコース, Suc:スクロース, Raf:ラフィノース, Sta:スタキオース

(6)サイトカイニン

植物ホルモンの一種であるサイトカイニンは主として根で合成され、水とともに茎葉や果実に移動し、細胞分裂や細胞の肥大などへの影響を通してそれらの器官の生長や発育に影響を及ぼす。葉のサイトカイニン濃度が低下すると、葉が小さくなり、老化が促進されて葉が黄化するなどの現象が起こる。これらの現象は、高地温に遭遇したキュウリでしばしばみられる現象である。

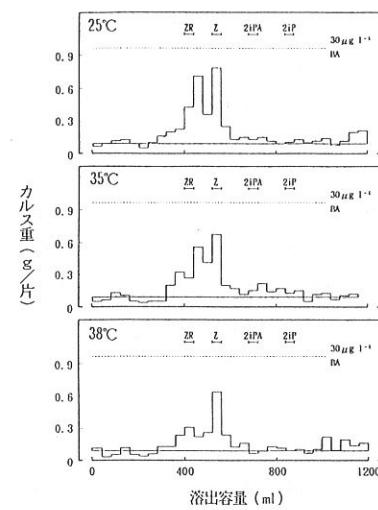


図6 種々の地温で10日間生育したキュウリ葉のサイトカイニン濃度(橋・杜, 1995)。

インゲン根では、2分間40°C以上の高温に遭わせただけで、その後に採取した出液水のサイトカイニン濃度が顕著に低下する(Itaiら, 1973)。出液量も著しく減少するので、サイトカイニンの茎葉への供給量はさらに少ないとなる。キュウリでも、38°Cの地温で生育すると根や葉のサイトカイニン濃度が顕著に低下する(図6)。35°Cでも10日間遭遇した後では有意に低下する。38°Cでは葉のタンパク分解酵素の活性化とタンパク濃度の低下が起こるが、これにはサイトカイニン濃度の低下が関係していると考えられる。このように、高地温による葉面積の減少やクロロシスの発生に、根のサイトカイニン合成の阻害がある。

しかし、根だけを高温にさらした場合の根と茎葉のABA濃度の変化については調べられていない。そこで、私達はキュウリを材料にして高地温と植物体のABA濃度の関係を調べた。その結果、35°C以上の高地温で5日間生育した根のABA濃度は、25°Cで生育した根のそれの50%に低下した。ところが、10日後には、35°Cでは根のABA濃度には変化が見られなかったが、38°Cでは著しく高まつた。葉のABA濃度は、5日後にはほとんど

密接に関係していると考えられる。

(7)アブシジン酸(ABA)

ABAは、水不足、低温、高温、NaCl過剰、養分不足、根域の酸素不足など、各種の環境ストレスによって合成が刺激されて体内濃度が高まるという特徴がある。DaieとCampbell(1983)は種々の気温で生育したトマトの茎葉のABA濃度を調べ、低温や高温によってABA濃度が高まることを認めている。Itaiら(1973)も、根を47.5°Cの培養液に2分間漬けるだけで出液水のABA濃度が著しく増大することを認めている。このようなことから、高地温は植物体のABA濃度を高めると考えられてきた。

変化がなかったが、10日後には35°Cと38°Cともに顕著に高くなった。

この結果は、ABA濃度の低下が一つの原因になって根の水吸収が抑制されたために、葉で水ストレスによるABA蓄積が起ったと解釈された。そこで、根にABAを与えれば10日後における葉のABA濃度の高まりは起こらないと考え、 10^{-7} Mおよび 3×10^{-7} MのABAを培養液に与えたところ、予期した通り、外生ABAの添加によって最初の5日目の根のABA濃度の低下が補われ、それとともに、10日後における葉と根のABAの異常蓄積がみられなくなり(図7)，それとともに、生長に対する高地温の悪影響が僅かではあるが有意に軽減された。また、根の水および養分吸収に対する外生ABAの影響を調べたところ、25°Cでは培地へのABA添加の影響はほとんどみられなかったが、38°CではABA添加によって出液と養分吸収が明らかに促進された。

以上の結果から、高温遭遇による根のABA濃度の低下は、根における吸水や養分吸収の減退を介して高地温による生育抑制に直接関与していると推察される。また、長時間の高地温によって葉や根に高濃度に蓄積したABAは、その後の葉や根の生育に阻害的に

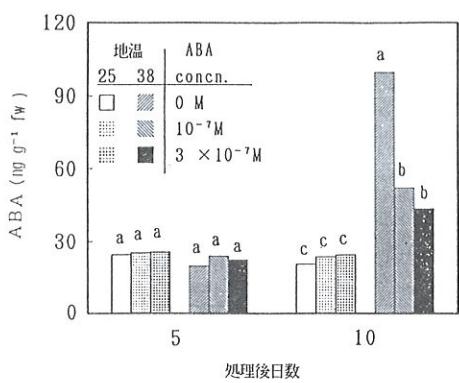


図7 25°Cと38°Cの地温で生育したキュウリの葉のABA濃度に及ぼす根へのABA処理の影響(Du & Tachibana, 1994)。温度処理と同時に天然型ABAを培養液に添加した。

作用すると思われる。

おわりに

根域の高温は気温にかかわらず植物の生長を著しき抑制するので、実際植物においては、気温とともに地温についても常に注意することが大切である。また、根域を冷却するだけで、夏季高温時の植物の生長がかなり改善さ

れるという事実は、施設園芸における夏季の高温障害の対策を考える上で、参考になると思われる。一方、根の高温障害の生理的機構についてはなお不明の点が多く、今後、高温に対する根の感受性に品種間差異があることを利用するなどして、種々の面からさらに研究を深めていく必要がある。

ヨーロッパにおける施設栽培の現状と動向

岩崎 正男
元静岡県農業試験場

1. はじめに

最近、わが国の施設栽培業界においては、トマトの受粉作業にマルハナバチを利用する技術がヨーロッパから導入され、さらに天敵など生物農薬の技術導入も予想されている。これまで注目してきたロックウール栽培による地上部と根圏部の同時制御をはじめ、栽培管理の合理化や省力化技術に加えて、新たな昆虫利用技術までを必要技術とする時代を迎えようとしている。

この時点にあって、これまでのオランダを中心としたヨーロッパにおける施設栽培の技術発展過程をスライドを用いて報告する。

2. 1974年頃の施設栽培技術

この当時は複合気象環境制御がアナログからデジタル制御システムに切り替えられた頃であった。また、栽培床はピート主体の土耕によるもので、RW栽培システムは開発中であり、まだ実用化には至っていなかった。

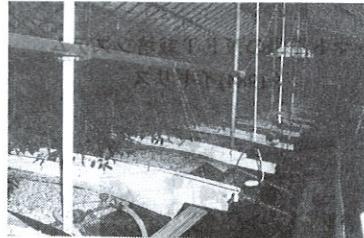
そしてNFT栽培システムもイギリスにおいてまだ開発中の時代であった。

3. その後の進展状況

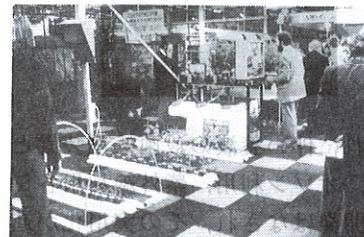
(1) NFT栽培システムの進展

イギリスのリトルハンプトンにある王立作物試験場で開発試験中であったこのシステムは、1981年に普及に移されて、トマトなどの果菜類で実用化が始められた。

しかし、施設費のかさむことなどから、その後少しづつ実用化が進んでいたRW栽培システムに取って代えられ、果菜類での普及はほとんど進展せずに終わってしまった。



試験中のNFT栽培システム
(1979)イギリス



NTV会場におけるRW栽培システムの展示
(1979)オランダ

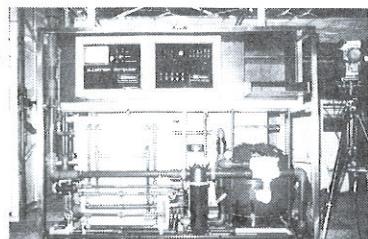
しかしながら、NFT栽培システムの考え方とは、その後スウェーデンにおける葉菜類の植物工場栽培に応用されたのを始め、イギリスやベルギーのサラダ栽培など葉菜類栽培において実用化されている。

(2) RW栽培システムの進展

1984年頃よりオランダを中心に実用化がはじまり、1986年頃にはトマト栽培ではかなりの普及率に達した。現在、このシステムはトマト、キュウリ、パプリカ、ナス、メロンなどの果菜類では100%に近い普及率に達しており、完全なRW栽培時代を迎えている。1990年頃からは、それまでのかけ流し式から、循環への切り替えが一部で行われるようにな



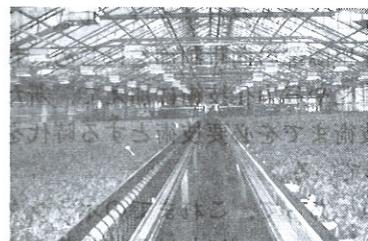
トマト農場のNFT栽培システム
(1984)イギリス



NTV会場で最初に見たRW栽培の養液給液装置 (1984)オランダ



トマト農場のRW栽培システム
(1984)オランダ



NFT栽培システム応用のレタス栽培植物工場
(1987)スウェーデン

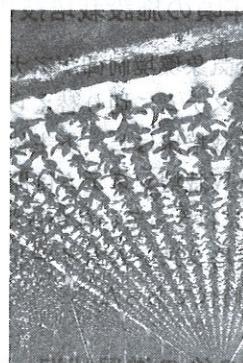
り、これに伴い養液の殺菌処理装置として高熱利用、オゾン利用、紫外線利用各システムなどの開発はなされ、その実用化が進められている。

(3) 苗生産システムの進展

RW栽培の普及が進むのに連れて、苗生産においてもRW培地を使用して大型苗生産システムに切り替えられた。このシステムは干満式の底面苗床栽培によるもので、多量の苗生産が計画的に行われるようになった。

4. 給液システム技術の進展

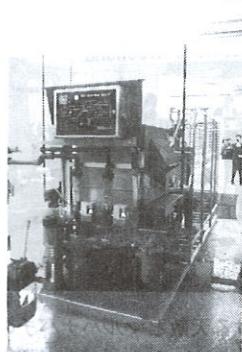
養液の給液システムはRW栽培の普及年次が進むと共に、養液組成の質的改善や混合技術の自動化が進み、一段と進歩を見せて作物ごとに作られた給液ソフトによる安定した各作物の栽培を可能にしている。



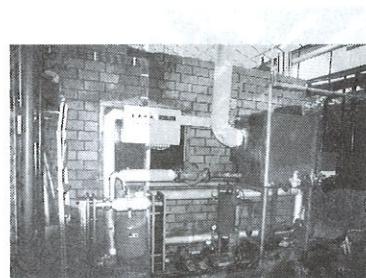
NFT栽培システムによるサラダナ
農場 (1981)イギリス



循環式を採用したパブリカRW栽培
農場 (1990)オランダ



パブリカ農場に初めて設置された高熱殺菌処理装置（1990年）オランダ



ナス農業の最新高熱殺菌処理装置
(1994年) オランダ

5. 天敵利用技術の進展

1970年代からオランダのコパート社やイギリスのバンティング社ではキュウリやトマト栽培の傍ら、チリカブリダニやエンカルシアなどの天敵利用技術を育成していた。

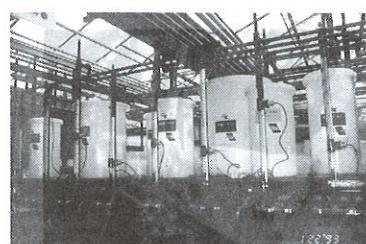
1984年頃からのRW栽培技術の普及に伴い、土壌の消毒がほとんど不要になり、これに対する農薬使用回数や量も激減した。このため、農薬防除と平行して進められていた頃に比較して、より天敵が使用し易くなり、天敵利用効率が次第に向上去していくようになった。

たまたまこの頃から新しい害虫が始めたため、これに対する新天敵の育成がはじめられ、現在のような複数天敵使用の時代をもたらした。

1988年以降においてはトマトの受粉作業用に、従来の電気振動法に代わりマルハナバチが利用されるようになった。

この技術の利用時には、農薬使用を避けるため天敵利用の必要度が増し、このため天敵利用技術はさらに促進された。

現在は天敵昆蟲に微生物利用技術も同時に行われ、これらを含めた生物農薬利用による総合防除計画が政府の規制のもとに実施され、必要時に一部の化学農薬の使用が認められる他はほとんど生物農薬による害虫対応が行われている。また、苗生産の一部では天窓に防虫網を張り、外からの施設内に害虫の進入す



最新の養液給液装置の給液部
(1993年) オランダ

るのを未然に防ぐ方法なども指導されている。

6. マルハナバチの利用技術開発と普及

1988年にベルギーのDr.Rolando de Jongheにより開発されたマルハナバチ利用によるトマトの受粉技術は、短期間のうちに欧州のみならず世界の施設栽培に普及した。

この技術開発は、先述のようRW栽培が普及し、さらに天敵利用技術が普及していたことにより、施設内のハチの生息、あるいはその活動に安定した環境が得られた環境の中で極めて順調に行われた。

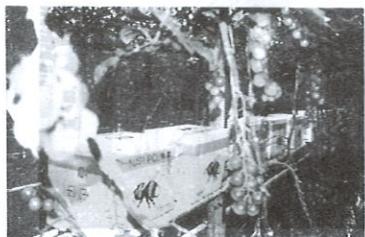
このため、オランダを始めRW栽培がすでに普及し、天敵利用技術も行われていたヨーロッパ各国においては、すこぶる短期間に新技術として導入され、さらに世界各国に普及し、日本にも3年前から導入されている。



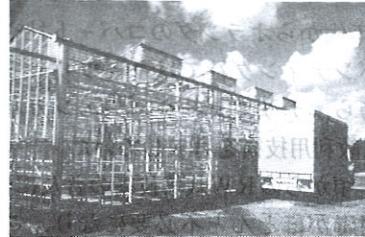
トマト農場における天敵の放飼
(1987) イギリス



NTV会場における天敵とマルハナバチの展示
(1991) オランダ



ミニトマト農場に設置されたマルハナバチの巣箱
(1994年) オランダ



侵入害虫を防ぐため天窓に取り付けられた
防虫網 (1994年) オランダ

おわりに

1979年の冬、最初の視察時に訪れたオランダのN T V（毎年開催される世界最大の施設園芸展示会）会場において、施設栽培に関するすべての新技術が見られた事に感銘を受けてから、この会場における年次的新技術の展示内容を得るため1984年以来連続して訪れ、施設栽培の時代的発達過程を総合的に知ることができた。

また、この約15年間はオランダを中心としたヨーロッパの施設栽培が一大躍進を遂げた時代であった。特に野菜栽培では従来の土利用からR W栽培に大転換し、コンピュータ制御システムによる栽培や、作業管理面の省力自動化、昆虫を主とした生物農薬による減農薬、マルハナバチ利用による自然交配技術の成功など、日本の施設栽培から見れば超近代

的技術とも考えられる時代を築きあげた時であった。

このような時代的観点から筆者なりの知見をもとに現状と動向を報告したが、今後の我が国の施設栽培の発展を考える上において、少しでも参考になれば幸である。

支 部 報 告

○ 平成 6 年度総会

平 6 年度総会を 8 月 5 日に三重大学にて開催し、平成 5 年度の事業及び会計報告が了承され、平成 6 年度の事業計画と予算が承認された。

○ 平成 6 年度シンポジウム

総会後、「高温による野菜の生育障害」を課題としたシンポジウムを開催した。三重大学の橋昌司氏、野菜・茶業試験場の李智軍氏が話題提供を行い、野菜茶試の倉田勇氏の司会で総合討論を行った。

○ 見学会

野菜・茶業試験場（花のアメニティ施設）、ニチグリ（2.7ha の水耕栽培農場）を見学した。

○ 平成 6 年度研究発表会

12 月 2 日愛知県農業総合試験場にて、研究発表 8 題と特別講演 1 題からなる研究発表会を開催した。

平成 6 年・7 年度役員

支部長	倉田 勇
顧 問	江幡 守衛 城山 桃夫 中川 行夫 長戸 一雄 山本 良三 竹園 尊
本部評議員	清沢 秀樹 此本 晴夫 島地 英夫 高野 泰吉
会計監査	林 悟朗
庶務幹事	島地 英夫
会計幹事	細井 徳夫
編集幹事	島地 英夫 道山 弘康
幹 事	
愛知県	林 悟朗 石川 雅士 岩尾 憲三 高野 泰吉 島地 英夫 細井 徳夫
岐阜県	桑原 輝夫 松村 博行 堀内 孝次 石井 征亞
静岡県	此本 晴夫 鈴木 義彦 谷口 哲微 渡辺 利通
三重県	清沢 秀樹 西口 郁夫 大和 陽一 浦野 慎一

日本農業気象学会東海支部投稿規定

寄稿論文は、所属機関名、著者名、本文、文献の順に記載する。印刷 4 頁（400 字詰原稿用紙 20 枚、但し図及び表を含む）までは支部で負担します。超過頁のあるときは 1 頁 4,000 円の割合で負担願います。

図は黒で明りょうに書いて下さい。

文献を記載される場合は著者名の姓のアルファベット順とし、次のように書いて下さい。

雑誌の場合 著者名,年号 : 表題,雑誌名,巻(号),頁.

単行本の場合 著者名,年号 : 書名,発行所,頁.

原稿は報告後 1 ヶ月以内に下記編集係宛に送付下さい。

期日内に到着しない論文があると発行期日に差し支えますので十分注意して下さい。なお、著者校正ができませんから、原稿用紙に特に明りょうに書いて下さい。

別刷は 50 部支部で負担します。

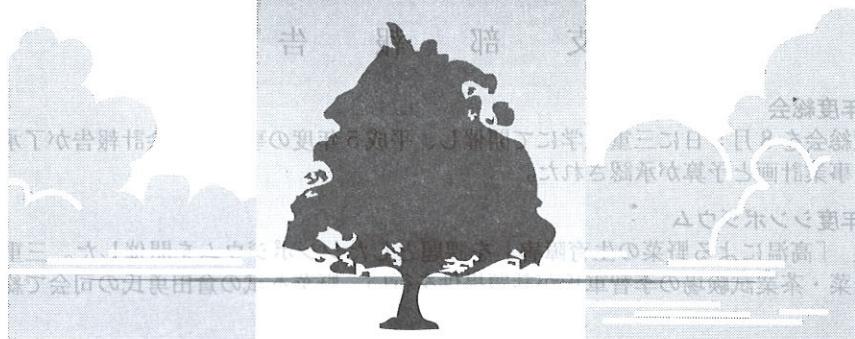
原稿送付先 〒470-23 愛知県知多郡武豊町字南中根 45

野菜・茶業試験場施設生産部

日本農業気象学会東海支部 編集幹事 島地英夫

道山弘康

トータルで考えれば、品質、省力、収益とすべてにランクUP!



デンマークの最新技術

エアクイーン

- 1- 温度と湿度が均一に
- 2- そよ風供給で育成(光合成促進)
- 3- 病気発生の抑制効果大
- 4- 低騒音
- 5- 取り付けが簡単
- 6- ランニングコストの安さと耐久性
- 7- メンテナンス不要

自然に優しく作物に嬉しい蜂交配

ハニートーン

バイオベスト社が世界で初めて開発した、ハチを用いた交配によりホルモン処理の作業から解放されるのは勿論、空同果、奇形果の減少、上級品多収穫、食味の向上や脱農薬への第一歩と市場、消費者にも注目期待されています。

ロックウール栽培システム

グロダン

グロダンは長年の製造実績、100種以上の品揃えにより常に均一な品質のものをお届けできます。ほとんどの作物について日本の気候と作付け体系にあった栽培ソフトが出来ていますのでコンピューターが正確にコントロールしてくれます。

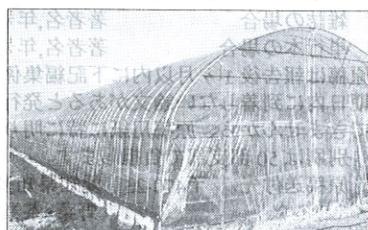
東海物産株式会社 本社 TEL(0593)26-3931



MKV

- 虫害が少なくなります。
- 病害を大幅に抑えます。
- 病虫害の抑制効果があるので、少農薬栽培が期待できます。
- 增收が期待できます。

紫外線カットの特許製品「カットエース」は、ほぼ完全に紫外線をカットするので、病害の抑制効果があります。



防霧の紫外線カット農ビ

カットエース キリナイン®

防霧の汚れない紫外線カット農ビ

カットエースクリーン キリナイン®

汚れない紫外線カット農ビ

カットエースクリーン® カットエーストンネル用

ペタつかない紫外線カット農ビ

三菱化学MKV株式会社

名古屋支店 〒450 名古屋市中村区名駅3-28-12 大名古屋ビル ☎052(565)3622

おねがい!「農ビと農ボリを仕分けして、資源回収に協力しよう!」農家の皆様が、農ビと農ボリを仕分けしやすい様に農業用ビニールには、統一マーク(農ビ)をブルー系でプリントしております。

パソコンを利用して計測と制御を!

パソコン用の小形信号入出力装置

グリーンキット80



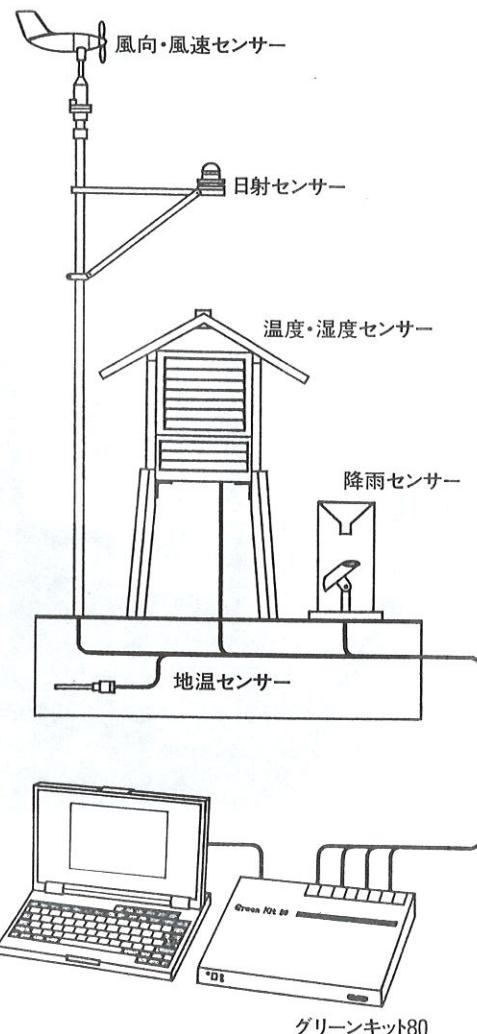
Green Kit80は電圧・抵抗・温度等の各種センサーからのアナログ信号や、スイッチ・リレー等のデジタル信号をパソコンに入力し、CRT画面に表示したり、記録し、同時に制御もできる、パソコン用の信号入出力装置です。電話回線による遠隔通信も可能です。

入力ユニットは機能にあわせて自由に選択できます。

- 電圧入力 ● 白金測温抵抗体入力 ● 接点パルス入力 ● 風向センサー入力 ● 風速センサー入力 ● 接点出力 ● サイリスタ出力

強力なサポートソフトウェア DL/200

ワープロ感覚で誰にも簡単に短時間で目的にあった計測、制御、記録システムが構築できます。



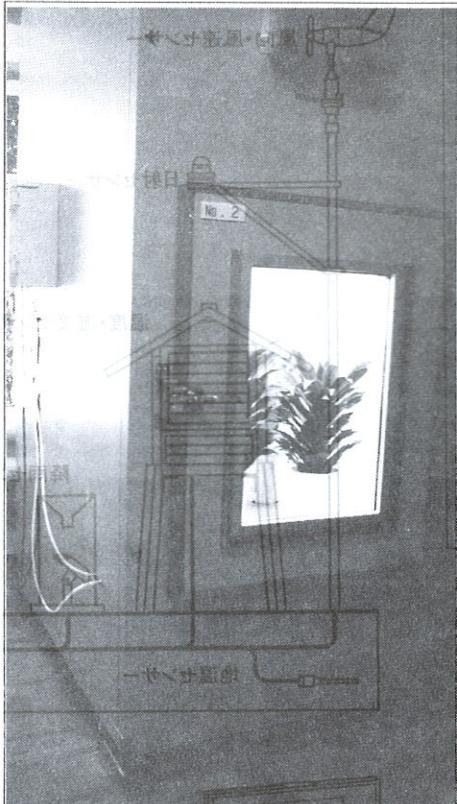
グリーンキット80

ESD

環境計測と制御の
株式会社 **イー・エス・ディ**

〒112 東京都文京区後楽1-7-12 林友ビル
TEL.03-3818-2761(代) FAX.03-3818-2764

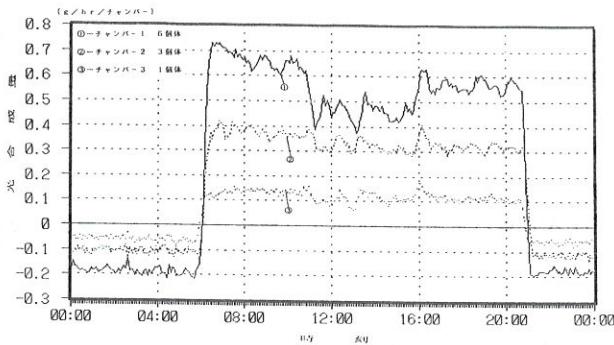
ファイトロン



当社が開発したファイトロンは、コンピュータを用いて温度、湿度、CO₂濃度などの各種環境エレメントの測定・制御・データ処理を行っています。

ランニングコストは、チラーエニットを使用した冷却システムをPID制御することによって非常に低く抑えられています。

また、この制御システムでは、ユーザーがきわめて簡単に制御・データ処理方法等の変更ができます。これらのデータは、通信によって他のコンピュータでも利用することができます。



本システムを利用した光合成量測定例

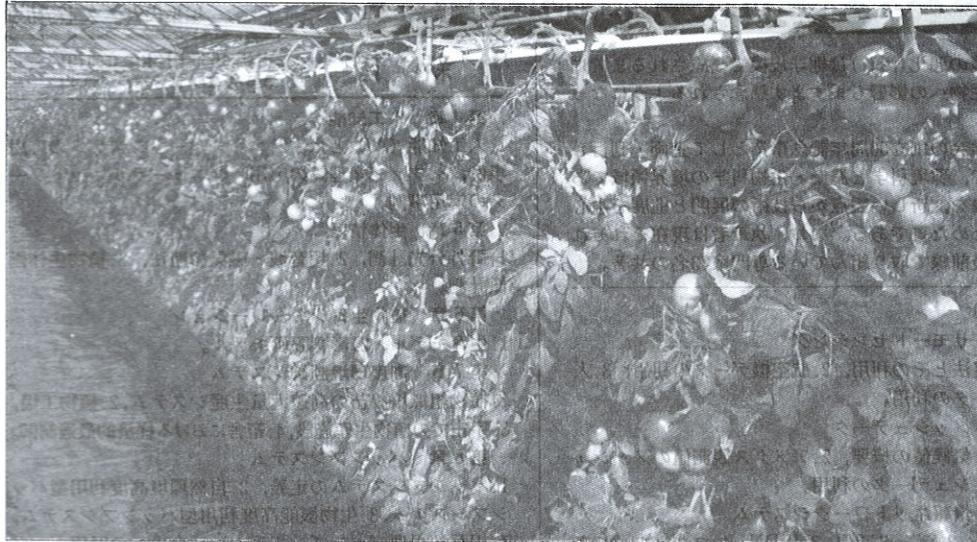


株式
会社 **山本産業**

本社・〒438静岡県磐田郡豊田町弥藤太島532番地
TEL(0538)32-9211㈹ FAX(0538)35-1407

■支店/豊川(0538)4-7701 ■営業所/静岡(054)259-6181・大東(0537)72-5252

M Hydroponics



トマト栽培革命

GFMプラント
(トマト専用NFT)



- トマト・トリプル栽培システム
- ★栽培技術の大幅簡略化(花房3段摘化による年4作方式)
- ★立体2段栽培により、2倍の植付け株数を実現
(6~7本/坪から12~16本/坪へ)
- ★収量倍増(定植15株/坪で44.2t/10a)
- ★根を上部にした吊り下げ栽培のため、誘引作業がない
- ★年間を通じての作付体系をローテーション化できる

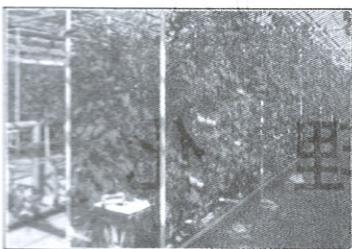


いちごの水耕多段栽培!! 「ハートベリー」

GFMプラント
(いちご専用NFT)



- ★夜冷装置・山上げ処理が不要!!
- ★作業がラクで省力・省エネ化!!
- ★周年栽培が実現!!
- ★高品質いちご生産!!
- ★画期的な収量・高収益!!



GFMプラント セカ
(果菜用NFT)



GFMプラント レン
(葉菜用NFT)



GFMプラント エヌ
(果菜・葉菜用DFT)



株式会社 M式水耕研究所

愛知県海部郡十四山村坂中地1丁目37 〒490-14
開東営業所/千葉県船橋市東船橋3丁目45番2号101 〒273

新しい農業気象・環境の科学

日本農業気象学会編

編集代表 久保祐雄

近年環境の悪化(汚れ)は地球規模で憂慮されるまでに広がり、生物への影響もますます懸念されるようになってきた。

本書は学会の創立50周年記念事業として企画・刊行されたもので、環境科学と農業・生物科学の境界領域である農業気象を、新しい観点から技術の展開と進展を中心取りまとめた書である。なお、執筆者は現在それぞれの課題の最前線で取り組んでいる専門家23名の共著。

[目次概略]

第1章 リモートセンシング

- 1.地上測定法とその利用、2.航空機データの利用、3.人工衛星データの利用。

第2章 メッシュデータ

- 1.メッシュ気候値の概要、2.アメダス観測値のメッシュ化、3.メッシュデータの利用。

第3章 情報ネットワークシステム

- 1.はじめに、2.データ通信、3.ISDN、4.ローカルエリアネットワーク(LAN)、5.ネットワークの具体例、6.農業分野での応用例。

発行所 〒113-91 東京都文京区本郷5-30-15 養賢堂
振替東京 2-25700 電話(03)3814-0911

新刊

定価 4635円(本体4500円)
A5判 330頁・送料380円

第4章 人工知能

- 1.人工知能(AI)とは、2.エキスパートシステムの応用事例、3.ファジイ理論の応用、4.ニューラルネットワークの応用事例。

第5章 生体情報

- 1.野外分光計測、2.超音波・磁気診断法、3.植物生体画像計測。

第6章 植物生育シミュレーション

- 1.生育モデル、2.影響評価モデル。

第7章 高度環境制御システム

- 1.植物組織培養苗の高速大量生産システム、2.植物工場、3.宇宙での植物生産施設、4.畜舎における経済的最適制御。

第8章 パッシブシステム

- 1.パッシブシステムの定義、2.自然環境高度利用型パッシブシステム、3.生物機能高度利用型パッシブシステム、4.相互利用型パッシブシステム、5.今後への展望。

第9章 環境にかかる問題

- 1.防風施設による砂漠化防止、2.熱帯多雨林生態系の炭素動態のシミュレーション、3.赤外放射活性気体(温室効果気体)、4.酸性雨、5.オゾン層の破壊。

巻末に索引を掲載。

取扱品

NK式人工気象器及クリンベンチ	日本医化器
気象計器	太田・佐藤計器
照度計	東芝測定器
マイクロ冷却遠心器及オートクレーブ	久保田・トミー精工
植物培養管及テッショカルチャー	イワキ・コーニング
低温フリーザー及恒温器	サンヨー
その他別製品製作販売	

(株)みづほ理化

〒468 名古屋市天白区元八事1-33

TEL 052-831-8800

FAX 052-834-4117

発行所：愛知県知多郡武豊町字南中根 野菜・茶業試験場施設生産部内

日本農業気象学会東海支部

郵便振替口座 00840-4-26195