

日本農業気象学会東海支部

会員登録申請書

会

誌

第 52 号 (平成6年3月30日刊行)

目 次

一般講演

1. 植物工場における光合成環境について	1
(株)メイティック　柴田 孝信	
中部電力(株) 岩尾 憲三	
名城大学 高野 泰吉	
2. 植物工場のファジィ制御	5
中部電力(株) 岩尾 憲三	
3. ファジィ推論習得のための教材作成	9
愛知県立農業大学校 上林 義幸	
中部電力(株) 岩尾 憲三	
4. トマトの体内水分の日変化に及ぼす土壤水分の影響	13
広島県立農業技術センター 房尾 一宏	
中部電力(株) 岩尾 憲三	
5. 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	17
中部電力(株) 鈴村 素弘・岩尾 憲三	
6. 花きセル苗の発芽に及ぼす生長調節物質の処理と環境要因の影響	21
岐阜大学 遠藤 弘志	
7. 1段トマトの閉鎖式養液栽培装置の開発	27
野菜・茶葉試験場 中島 武彦・佐藤 恵一・島 嘉輝	
8. 冷夏、日照不足のカキに対する影響	31
岐阜県農業総合研究センター 松村 博行・新川 猛	

シンポジウム

1. 光・温度に対する植物の反応	35
名城大学 高野 泰吉	
2. DIFによる生育調節	39
野菜・茶葉試験場 濱本 浩	

日本農業気象学会東海支部

日本農業気象学会東海支部規約

- この会は日本農業気象学会規程中、支部についての規程に基づき日本農業気象学会東海支部と称する。
- この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し併せて農業気象学同好者の親睦をはかることを目的とする。
- この会の事務所は、支部長が所属する機関内におく。
- この会の会員は、三重・愛知・岐阜・静岡の4県における日本農業気象学会会員ならびに、農業気象同好会者をもって組織する。この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、本会事務所に申し込むものとする。
- この会はつぎの事業をおこなう。
 - 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
 - 例会（研究発表、講演、談話会、見学等）年2回
 - 会誌の発行
- 前条の事業をおこなうために支部会費として年間1,000円を徴収する。ただし見学その他のために要する実費についてはその都度別に徴収する。
- この会の事業および会計年度は毎年4月に始まり、翌年3月に終る。
- この会につぎの役員をおく。
 - 支部長 1名 幹事 業務若干名
 - 役員は総会で会員中からその互選によって選出し、その任期は2ヶ年とする。ただし、重任を妨げない
 - 本部評議委員、本部幹事は支部役員より互選する。
 - 幹事の中から庶務会計幹事、編集幹事、会計監査各1名を互選する。

本規約は昭和58年度より施行するものとする。

平成5年・6年度役員

支部長	倉田 勇	志忠 志忠	幸 大 韶 輝
顧問	江幡 守衛	小沢 行雄	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 征亜
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	濱本 浩 浦野 慎一

植物工場における光合成環境について

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

Effect of Vertical Blast on Photosynthesis of Lettuce Grown in 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

植物工場における最適な光合成環境を確立するためには温度、湿度、風、照明等の諸要因を最適化する必要がある。筆者らは、葉面境界層の拡散抵抗の減少、効率的な養分吸収およびチップバーンの発生防止¹⁾を目的として、人工光型植物工場に作物の鉛直上方から送風する垂直送風装置を試作した。垂直送風することにより、レタスの収量が増加（1.3倍）したこととチップバーンの発生を抑制（85%低下）できたことを報告した²⁾。

蒸散速度を高めて養分吸収を促進することを目的に、相対湿度を75%から60%に下げたところ、収量が減少することが明らかになった。同時に、生育が劣る時ほど葉色が赤くなる傾向がみられ、アントシアニンの発現が生育不良の指標になることが示唆された。

本研究は、十分な光合成を持つ環境条件を明らかにすることを目的として、相対湿度、照明時間、垂直送風の環境条件と気孔開度の関係を調査した。併せて、葉色と光合成速度の関係についても調査した。

2. 材料および方法

(1) 供試材料

供試材料として、非結球レタス (*Lactuca sativa* L. cv. Red-fire-W) を用いた。

(2) 垂直送風装置²⁾

垂直送風装置の外観（一部）を図1に、その構造を図2に示した。本装置はシロッコファン、ヘッダーパイプ、送風パイプから主に構成される。ファンにより送り出された空気（植物体周辺と同じ栽培室の空気）はヘッダーパイプから各送風パイプに分岐される。3.2m²の栽培床に対して54の送风口を設けた。

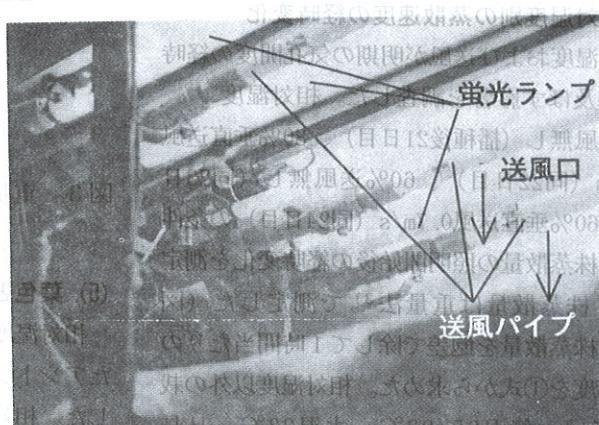


図1 蛍光灯の間隙に設置した垂直送風バルブ

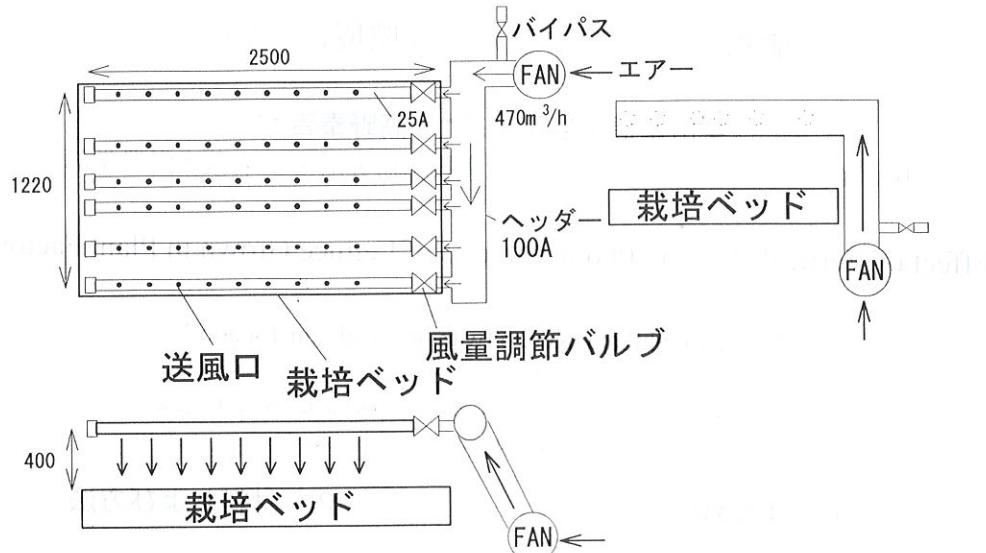


図2 人工光型植物工場に設置した垂直送風装置の構造

(3) 相対湿度および送風と気孔開度の関係

異なる相対湿度環境下の送風が気孔開度に及ぼす影響を調査するために、相対湿度60%と80%環境下で垂直送風をした場合としない場合の気孔開度を調べた。気孔開度の指標として、播種後20日目の2株の本葉第5葉と第6葉の気孔コンダクタンスをライカー社製光合成蒸散測定装置LI-6200により測定した。相対湿度以外の栽培環境は、気温25/23°C、水温23°C、日長16hr、光強度 $220 \mu E \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$ とした。

(4) 相対湿度別の蒸散速度の経時変化

相対湿度および送風が初期の気孔開度の経時変化に及ぼす影響を調査した。相対湿度80%送風無し（播種後21日目）、80%垂直送風0.7m/s（同22日目）、60%送風無し（同23日目）、60%垂直送風0.7m/s（同24日目）の条件下での株蒸散量の照明開始後の経時変化を測定した。株蒸散量は重量法³⁾で測定した（図3）。株蒸散量を飽差で除して1時間当たりの蒸散速度を①式から求めた。相対湿度以外の栽培環境は、気温25/23°C、水温23°C、日長16hr、光強度 $280 \mu E \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}$ とした。

$$\text{蒸散速度} =$$

$$\frac{\text{蒸散量}(g)}{\text{地上部生体重}(g)} / \text{時間}(h) / \text{飽差} \\ (\text{mmHg}) \quad [g \cdot g^{-1} \cdot h^{-1} \cdot \text{mmHg}^{-1}] \quad ①$$

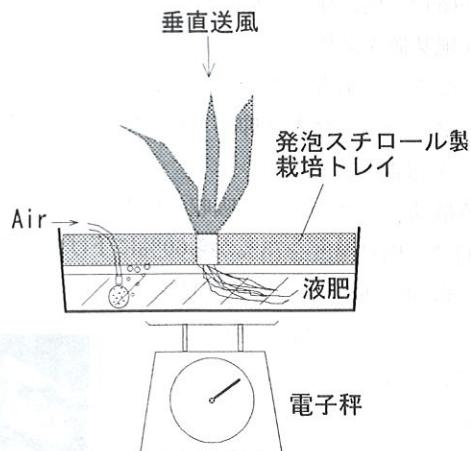


図3 重量法による蒸散量測定装置

(5) 葉色と光合成速度の関係

相対湿度60%環境下での垂直送風時に見られたアントシアン発現と光合成速度の関係を調査した。相対湿度60%、垂直送風0.7m/sで栽培した播種後20日目のレタス3株の中から、葉の大

きさに大差ない、葉色が緑色のもの3葉、半分位赤いもの3葉、ほとんど赤いもの3葉の光合成速度をLI-6200で測定した。目視による葉の赤色の程度を“赤色度”と仮称した。赤色度0は緑色、赤色度50は半分位赤いもの、赤色度100はほとんど赤いものとした。

3. 結果および考察

(1) 相対湿度および送風と気孔開度の関係

気孔コンダクタンスは、80%無送風>80%垂直送風>60%無送風>60%垂直送風の順に小さかった(図4)。気孔開度は80%無送風で最も大きく、60%垂直送風で最も小さくなつた。相対湿度80%の時の気孔コンダクタンスを100とすると、無送風環境下の相対湿度60%の相対値は70であった。送風することによる気孔コンダクタンスの相対低下率は、相対湿度60%で37、相対湿度80%で20であった。矢吹³⁾は、最適な相対湿度は風速により異なるが、0.5m/s程度の風速では75%位であると報告している。本試験の結果は矢吹の報告とほぼ一致しているが、矢吹の結果では無送風時には相対湿度80%と65%の光合成速度が同じである。本試験では相対湿度60%垂直送風の気孔コンダクタンスは、暗期

の場合と大差なく、ほとんど気孔が閉じていると考えられる。相対湿度80%の垂直送風時と60%無送風時の気孔コンダクタンスがほぼ同じであつた。

(2) 相対湿度別の蒸散速度の経時変化

図5に、相対湿度と送風が照明開始後の蒸散速度に及ぼす影響を示した。相対湿度60%送風区のみ照明開始後8時間で蒸散速度が低下その後回復しなかつた。相対湿度80%の方が相対湿度60%の場合よりも蒸散速度が大きく、相対湿度60%環境下では水ストレスによって80%の場合よりも気孔が閉じていることがわかつた。相対湿度60%環境下では、送風の効果が相対湿度80%環境下で送風した場合に比べ逆になつた。これは、高湿度環境下では送風により気孔が閉じる影響よりも拡散抵抗の低下による効果の方が上回ることで蒸散が活発に行なわれるこことを示している。

相対湿度が低い場合に送風を行うと蒸散速度に振動現象が認められた。水ストレスによるものと考えられ、矢吹⁴⁾の報告と一致するものである。振動が少ないということは水ストレスを受けていないと考えられる。

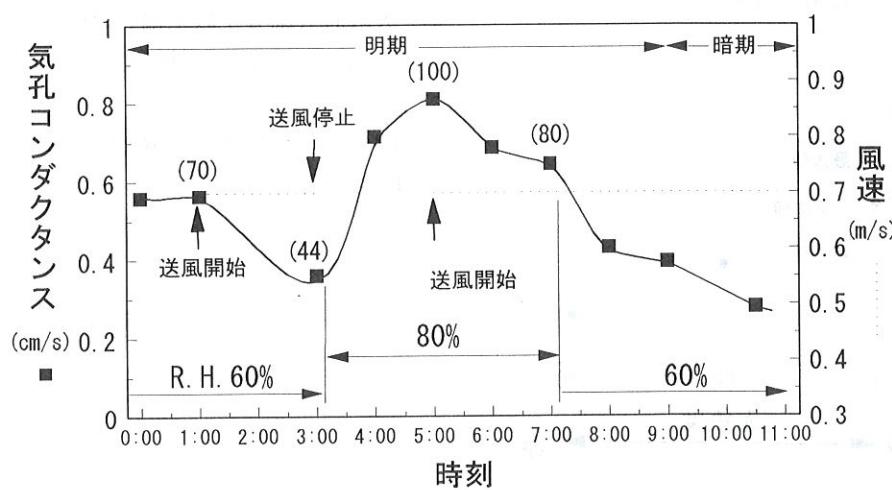


図4 相対湿度および垂直送風と気孔コンダクタンスの関係

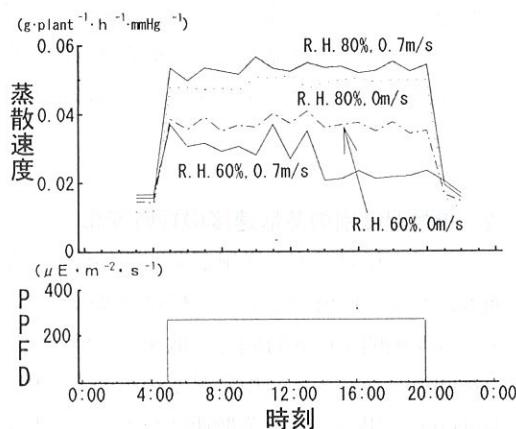


図5 相対湿度と垂直送風が照明開始後の株の蒸散速度に及ぼす影響

(3) 葉色と光合成速度の関係

レタスの葉色と光合成速度の関係を図6に示した。葉色が赤い葉ほど光合成速度が低いことがわかった。水ストレスは同一個体の各部位ではほとんど同じであり、葉色により気孔の開閉状態に差異が生じていることはないと考えられる。緑色の葉が赤色に変わっていくので、葉色が赤いほど気孔の数が少なくなることはない。このことから、アントシアン発現により気孔の開度が小さくなっているか、光合成能力が低下しているものと判断される。その原因としては、クロロフィル含量の低下、色素による遮光効果による光環境の変化等が考えられた。

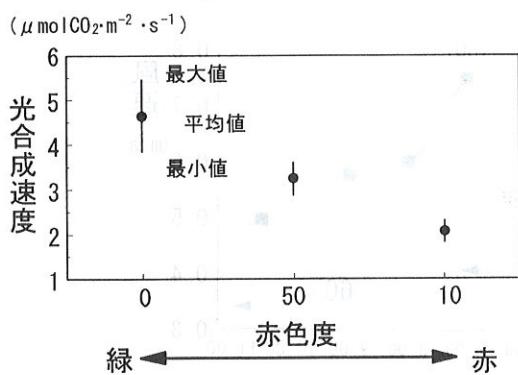


図6 レタス個葉の葉色と光合成速度の関係

4. まとめ

(1) 垂直送風がチップバーンの発生を抑制することは相対湿度が低くても同じ効果があることを認めた。送風による水ストレスによって気孔が閉じるマイナス効果と、拡散抵抗の低下による二酸化炭素の取り込みのプラス効果のバランスが重要であることがわかった。

(2) 旺盛な発育が阻害された場合に葉色が赤くなるといわれている⁵⁾。成長期にはアントシアニン発現を抑え、出荷前にアントシアニン発現を促進させる環境調節が考えられる。アントシアニン発現を色彩画像処理でモニターすることにより、非破壊で生育の良否を自動診断できる可能性が示唆された。

引用文献

- 1) 後藤ほか(1989) : 植物工場におけるサラダ菜のチップバーン抑制法. 生物環境調節学会27回大会講演要旨, 26-27.
- 2) 柴田ほか (1993) : 垂直送風装置の開発. 植物工場学会平成5年度大会講演要旨, 24-25.
- 3) 矢吹萬壽(1990) : 風と光合成－葉面境界層と植物の環境対応－. 農文協、東京.
- 4) 大阪府大園芸学教室編(1986) : 園芸学実験・実習. 養賢堂、東京.
- 5) 加藤 徹ほか(1988) : リーフレタスの特性と生理、生態(農文協編). 213-214、農文協、東京.

植物工場のファジイ制御

岩尾憲三

中部電力(株)電気利用技術研究所

Fuzzy Control of A Plant Factory

Kenzo Iwao

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

1. はじめに

近年、様々な分野にファジイ制御が普及している。その主な理由は、非線形の特性を持つ対象や入・出力関係に「あいまいさ」を伴う対象も制御できること、またAIの一手法としてコンピュータに専門家のノウハウや推論を教え込むことが容易なためである。このような特長は、常に「あいまいさ」を伴う栽培の環境調節のほか、作物の成長や品質の評価などにも非常に適していると思われる。筆者らは、新しいタイプの農業として注目されている「植物工場」への応用を試みているが、本稿ではそのうち、栽培室の気温と湿度の調節に適用した結果を中心報告する。

2. 装置および方法

(1) 植物工場

図1に筆者らが使用している植物工場の一部を示した。同施設は制御装置、チーリング・ユニット、育苗装置、成育装置から構成されている。光源は蛍光灯で容量は1灯当り110W、2.4m長である。栽培床の表面における照度は20klxで、栽培方式はNFTである。養液の主成分は大塚ハウス1号と2号を主とした標準処方でECは1.3mS/cm、pHは5.5に調整している。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。

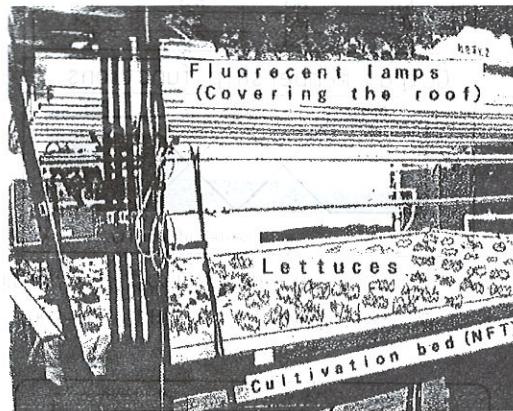


図1 蛍光灯を光源とし、NFTと組み合わせた人工光型植物工場。写真は成育装置の下段を示す。蛍光灯(110W)は上段の栽培床の底部に設置されている。

(2) 環境調節

栽培室の気温と相対湿度は図2に示すファジイ制御系により調節した。この制御系は入力部、推論部および出力部の3つの部分から構成されている。入力部は制御目標値との偏差と制御量の変化率の2つの要素とした。制御ルール・テーブルは筆者らのこれまでの経験に基づいて決定した(図2)。

ハードウェアの構成は図3に示すとおりで、ハイブリッド・レコーダ(横河電機、HR2300)にて測定した気温と相対湿度をRS-232Cを介してパソコンへ取り込み、図2に示したファジイ制御系の出力に応じて加湿器、冷房装置およびヒーターを制御した。なお、冷房装置は除湿器を兼ねている。

3. 結果および検討

(1) 環境調節

図4に栽培室の気温と相対湿度の制御状態およびそのチューニング過程を示した。チューニングは、図2に示したメンバーシップ関数を構成するファジィ集合の幅、即ち感度を変化させて行った。チューニング段階を図4の(a)から(b)に進めることにより制御成績は改善されたが、ハンチングの発生が大きな問題になった。アクチュエータが頻繁に作動し、種々のチューニングを行ったが、いっこうに解消できなかつた。このハンチングは穏やかな脈動という現象として、既に図4の(a)に現われているため、制御系から発生するアーチファクトであると判断された。しかし、その原因は解明できなかつた。

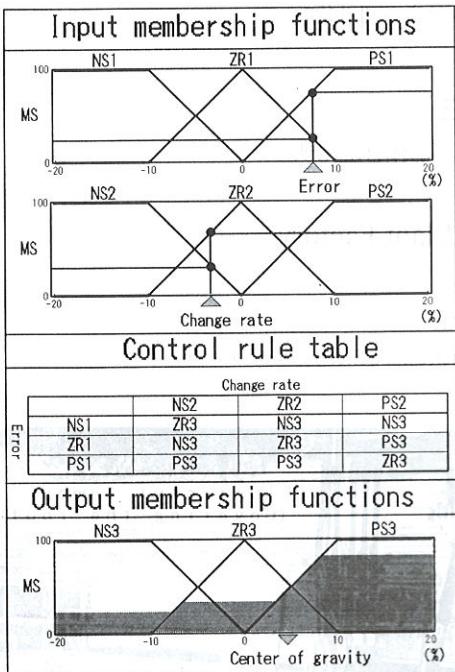


図2 栽培室の気温と相対湿度のファジィ制御系 (MSは所属度を示す。但し、0~100)

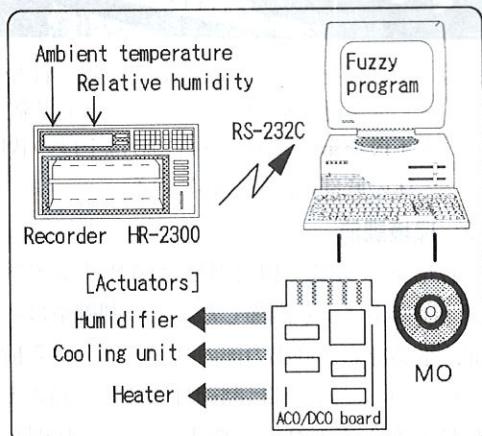


図3 栽培室の気温と相対湿度を調節するファジィ制御系のハードウェア構成

(3) 作物の成長計測

主としてレタス類の栽培を行っているが、その成長はパソコンを利用した画像処理装置を開発し、展葉面積を指標として計測を行っている。ちなみに、生体重と展葉面積の相関係数Rは幼苗の段階で $R = 0.99$ 以上であった。

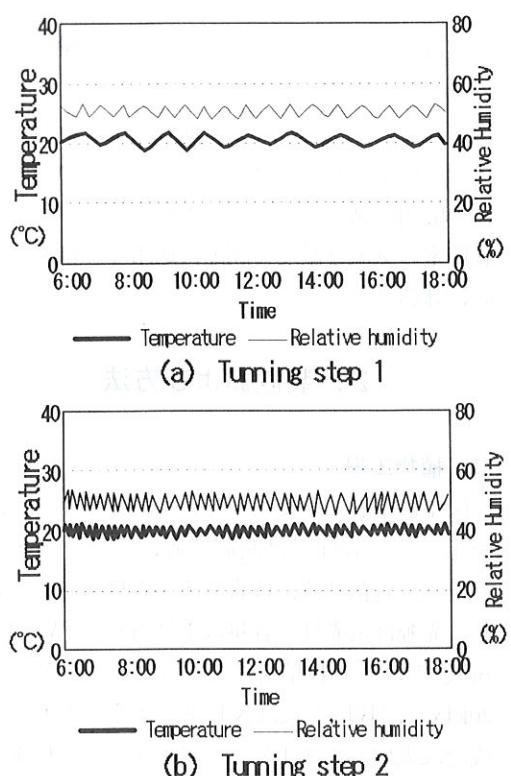


図4 栽培室の気温と相対湿度の制御結果。
チューニングを行ってもハンチングは解消しなかつた。

(2) ファジィ制御シミュレータの開発

そこで、ファジィ制御系のパラメータのチューニングをパソコン上で現場での制御に先行して行うシミュレータを開発した。図5にそのソフトの主メニューを示した。

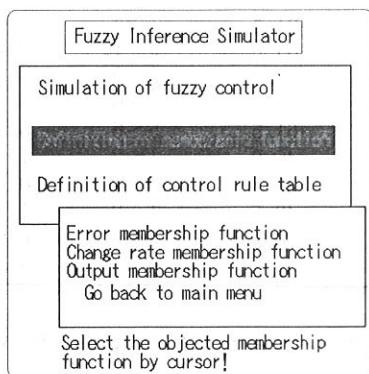


図5 ファジィ制御シミュレータの主メニュー
(CRTにて)

図6に定義されたメンバーシップ関数(a)ならびに入・出力関係の静特性(b)と動特性(c)を示した。動特性は目標値を11°Cから20°Cに変更した場合の応答を示した。目標値の上下でハンチングがみられた。この例でのメンバーシップ関数の特徴はZR集合の幅が広いことである。

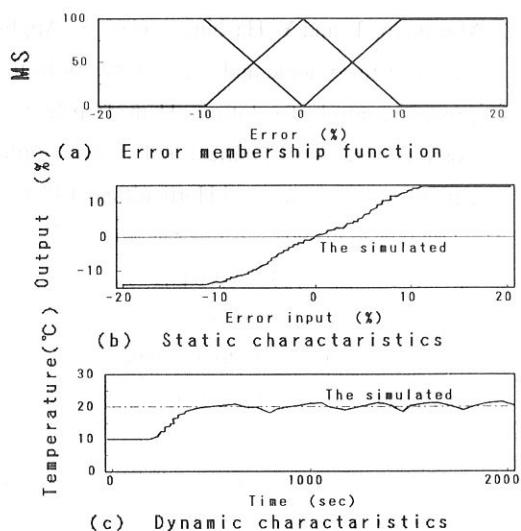


図6 入力メンバーシップ関数のZR集合の幅を広くした場合の入・出力の静特性と動特性

図7は逆にZR集合の幅を狭めた場合の入・出力の静特性と動特性である。制御域が狭くなるとともに動特性のハンチングは小さくなつたが、その消失はみられなかった。

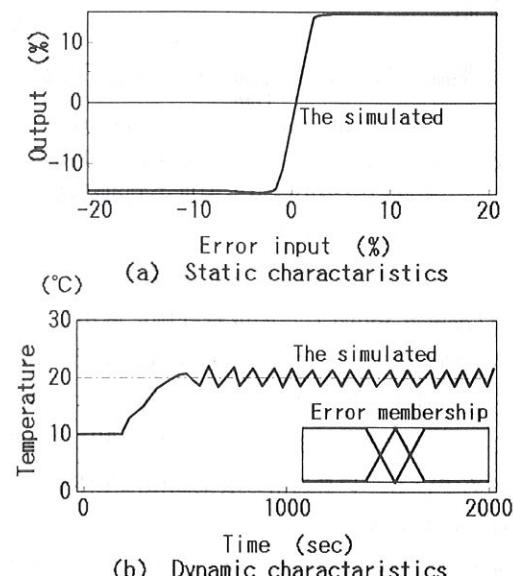


図7 入力メンバーシップ関数のZR集合の幅を狭めた場合の静特性と動特性

種々の試行錯誤の結果、図8に示すように変化率のZR集合を台形化することにより、動特性のハンチングが消失することが判明した。

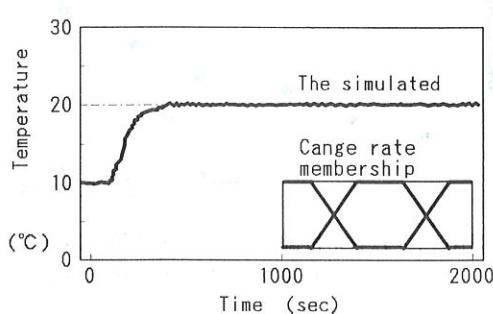


図8 入力メンバーシップ関数のZR集合を台形化することにより動特性のハンチングが消失。

以上の結果を実際の栽培室の制御系に適用した結果、図9に示すように現場での制御量のハンチングも消失した。

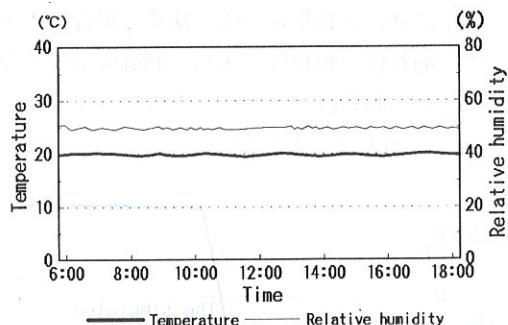


図9 最終的なチューニング結果により得られた栽培室での気温と湿度の制御成績（ハーモニシングの消失）

さらに、このファジィ推論をレタス苗 (*Lactuca Sativa L.*) の成長評価に適用した。入力値は図10に示すように標準成長量との偏差と成長速度の2変数とした。図10に示す成長カーブは前述の2.3で述べた画像計測によって求めている。レタス苗の展葉面積は生体重と同様に指数曲線に沿って増加するため、その成長速度は成長曲線を対数変換し、その勾配から求めた。指数组合せの相関係数は0.95以上である。

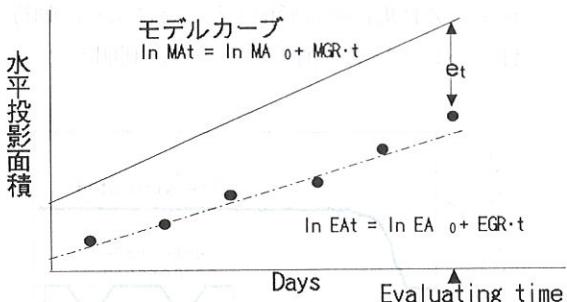


図10 ファジィ推論によるレタス苗の成長評価 縦軸は対数値である。入力値は成長量の偏差と成長速度とした。

ちなみに、表1はレタス苗、10例について成長評価を行った例である。評価は0から10点で示した。表に示すとおり筆者らの主観評価と比較した結果、両者は良く一致することが認められた。言い換えれば、筆者らの成長評価手法をパソコンに覚え込ませることに成功した。

表1 ファジィ推論によるレタス苗の成長評価の一例 (*評価は0~10点で示した)

サンプル	収量 (g)	主観評価 (点)*	ファジイ
			評価 (点)*
1	67.8	7~8	7.5
2	84.5	9~10	9.7
3	87.9	8~9	8.2
4	64.2	5~6	5.3
5	61.5	5~6	5.1
6	45.0	1~2	1.9
7	36.7	0~1	0.0
8	43.5	1~2	1.5
9	76.8	7~8	6.8
10	91.3	9~10	9.4

以上で述べてきたように、経験と勘が支配的な農業分野にファジィ推論が適用できれば、この分野の発展に大きく貢献するものと期待している。

参考文献

- 岩尾憲三ら(1991)：蛍光ランプを用いた人工光型植物工場の研究（その2）画像計測による野菜の成育監視技術の開発. 生物環境調節, 29:89-93.
- Morimoto, T. and Y. Hashimoto (1991) : Application of fuzzy logic and neural network to the process control of solution pH in deep hydroponic culture. Mathematical and control applications in agriculture and Horticulture, 147-152
- 寺野寿郎ら(1990)：ファジイ理論によるカーネーション苗の判別. 第6回ファジイシステムシンポジウム, 287-290.
- 大下誠一ら(1991)：透過光画像による農作物品質のファジイ評価－玄米の胴割れ判定への適用－. 植物工場, 3:17-23.
- 柴田孝信ら(1993)：植物工場における野菜の生育監視システムの開発. 植物工場 5:11-18.

ファジイ推論習得のための教材作成

上林 義幸*・岩尾 憲三**

*愛知県立農業大学校

**中部電力(株) 電気利用技術研究所

An educational instrument for mastering the Fuzzy inference

Yoshiyuki Uebayashi* and Kenzo Iwao**

*Aichi Agricultural College

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

1. はじめに

「ファジイ」という言葉は、今日では一般社会でも頻繁に聞かれるようになった。ファジイ推論は、その特質からあいまいな事象を扱う農業の各場面での定量化に、非常に適していると考えられ、今後農業でのパソコン利用の普及に伴い、大いに活用されることが予想される。このことから、今後農業後継者が農業へのパソコン活用を考える際、ファジイ推論について理解を深めておく事は、非常に意義あることと思われる。そこで、果樹栽培における実例をとおして、ファジイ推論法を簡単に理解するための教材を作成した。

2. 方 法

実例として、果実の品質評価を取り上げた。現在の果実は等級と階級により評価されているが、階級が重さ(大きさ)により機械的に分けられるのに対し、等級は評価の対象となる要因が多く複雑なうえ、評価者の主観により評価される場合が多い。そこで、温州ミカンについて、糖度と着色という2つの評価要因をとりあげ、この2変数による等級評価を、ファジイ推論により行う過程を教材として作成した。

3. 結果および考察

(1) 従来の評価における問題提起

従来の評価における、温州ミカンの秀品の糖度と着色の基準は次のとおりである。

- ・糖度12%以上で完全着色のもの、これにより次のような問題が生じる。
- ・糖度12.0%は秀品だが、11.9%は秀品にならない
- ・糖度は高いが着色の悪いもの、または逆のものは評価があいまいになる
- ・「完全着色」というのは、非常にあいまいな基準である

(2) クリスピ集合とファジイ集合の理解

糖度を例にとると、従来は図1のような柔軟性にかける評価を行っていたことになる(クリスピ集合)。しかし、本来的には糖度に対する

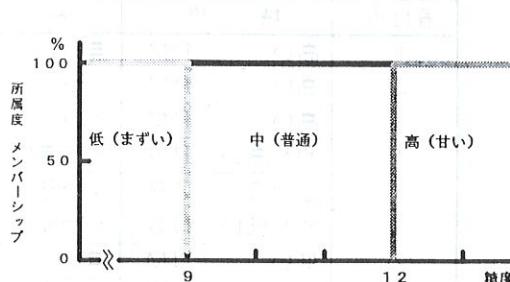


図1 従来評価による糖度の感じ方(クリスピ集合)

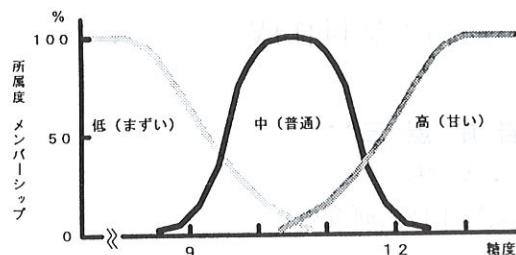


図2 糖度の感じ方のファジィ集合（メンバーシップ関数）

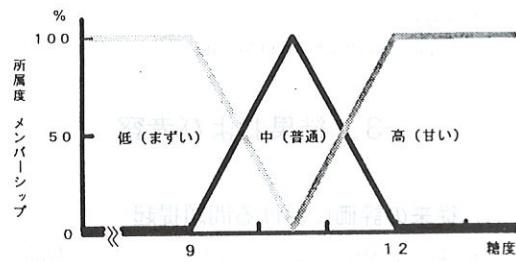


図3 ファジィ集合の三角形表示

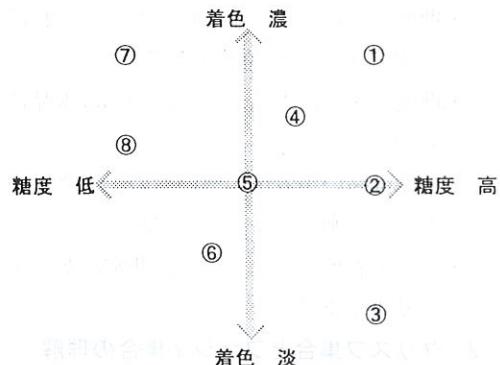


図4 糖度と着色の関係

人の感じ方は、個人差も大きく“あいまい”である。これを図で表現すると図2のように表される（ファジィ集合）。この図2を関数として三角形表示したのが図3である。

着色は実際には評価者の目視により判断されているが、ここではオレンジ類用カラーチャート（農水省果樹試験場製）により数値化する。このカラーチャートは果皮色を14段階にランクづけしており、0から13に向かって、緑→黄→橙となり、温州ミカンの場合は0から8程度までの範囲で用いられる。しかし、この評価については人間の目視で行われるため、糖度と同様に非常に“あいまい”である。このことから着色についても糖度と同様のメンバーシップ関数が定義できる。

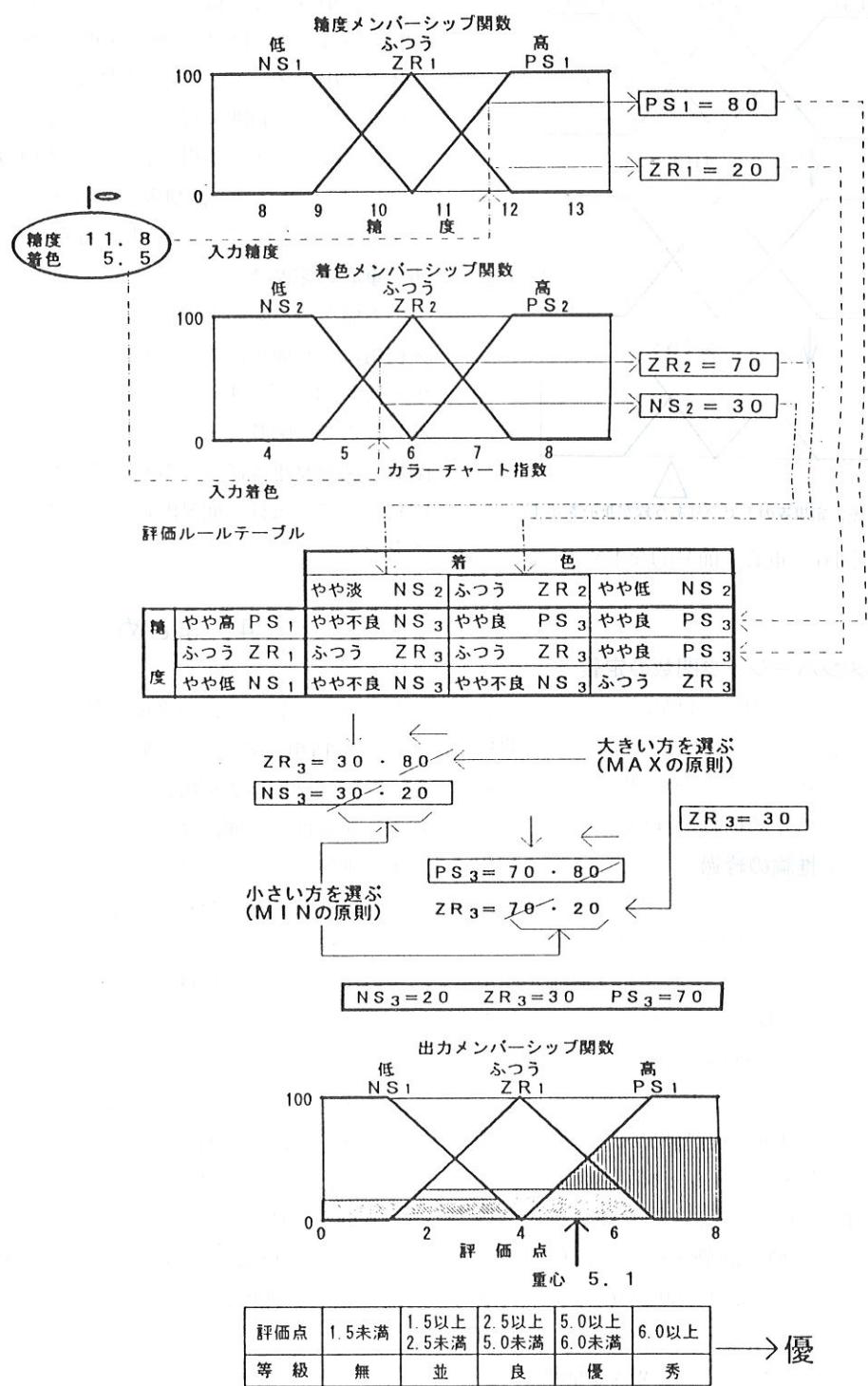
(3) 評価ルールの決定

次に、糖度と着色から評価する際のルールを決める。ルールの表記は、P（正の評価）、N（負の評価）と、M（程度が中）、S（程度が小）の組合せで示し、ZRは普通（ゼロ）を示す。ここで、PはPositive、NはNegative、MはMidium、SはSmallを意味する。

図4のように8個の着目点を設定し、評価ルールを決めると表1のようになる。このルールは評価者の主観により決定してよく、例えば糖度を重視した評価をする事も可能である。

表1 評価ルールの検討

着目点	糖 度	着 色	評価(良否と程度)	糖度重視の評価
①	高い PM	濃い PM	良 PM	
②	高い PM	ふつう ZR	やや良 PS	良 PM
③	高い PM	淡い NM	ふつう ZR	やや良 PS
④	やや高い PS	やや濃い PS	やや良 PS	
⑤	ふつう ZR	ふつう ZR	ふつう ZR	
⑥	やや低い NS	やや淡い NS	やや不良 NS	
⑦	低い NM	濃い PM	ふつう ZR	やや不良 NS
⑧	低い NM	やや濃い PS	やや不良 NS	不良 NM



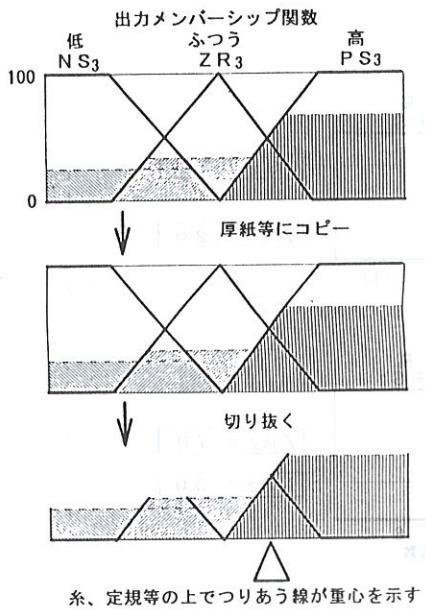


図6 重心の簡易的な求め方

(4) 出力メンバーシップ関数の定義

メンバーシップ関数と評価ルールテーブルが準備できたが、さらに出力メンバーシップ関数を定義する必要がある。今回の場合、出力として評価点を得るために横軸に評価点をとった。

(5) ファジィ推論の経過

糖度、着色のメンバーシップ関数と評価ルールテーブルにより、実測値から評価点を引き出す過程を図5に示した。ここで示す評価ルールテーブルは、先に検討した評価ルールを一覧表にまとめたもので、理解しやすいように変数を減らしてある以外は、表1と本質的には同じものである。まず糖度の実測値11.8と着色の実測値5.5から、各メンバーシップ関数によりPS1 = 80、ZR1 = 20と、ZR2 = 70、NS2 = 30を得る。これらの数値を評価テーブルに代入すると、ZR3 = 30と80、NS3 = 30と20、PS3 = 70と80、ZR3 = 70と20のようにそれぞれ2つの数値が得られる。この2つのうちMINの原理にもとづき大きい方を捨て、ZR3 = 30、NS3 = 20、PS3 = 70、ZR3 = 20を得る。ここで、ZR3は30と

20の2つの数値が得られるが、MAXの原理にもとづき、小さい方を捨てる。以上により、ZR3 = 30、NS3 = 20、PS3 = 70、が決定された。この3つを出力メンバーシップ関数にあてはめると、重りつぶした範囲が得られ、この重心を求めて出力となる評価点が得られる。出力値は、この例では5.1となり、評価基準により等級におけるかえると「優」という結果が得られた。

(6) 重心の求め方

出力値を得る際の重心の計算は、コンピュータ利用により簡単に求められるが、学生に説明する際には、その場で計算するのは困難である。そこで、図6のように出力メンバーシップ関数の図を厚紙等に写し取り、該当部分のみを切り取って、天秤で簡易的に重心を求めるとした。

4. まとめ

農業というあいまいな事象の多い分野ではパソコンを利用する事が難しいとされてきたが、ファジィ推論法を用いることで、パソコン利用の可能性が一揮に高まった。こうした例を学生に理解させることは、パソコン利用へのヒントを与えることになり、今後のパソコンの有効活用を促すことにつながるものと思われる。

ここで、作成した教材は愛知県農業大学校における農業後継者のパソコン教育の現場に採り入れる計画である。このようにして「先にパソコンありき」ではなく、「先に情報処理ありき」であるという原則を考えることができる。このことにより、パソコンがあくまで人間のための有効な道具であるということを彼等に理解させる良い具体例にもなり、パソコンを利用する際の正しい理解につながることが期待できる。

トマトの体内水分の日変化に及ぼす土壤水分の影響

房尾一宏*・岩尾憲三**

*広島県農業技術センター

**中部電力(株) 電気利用技術研究所

Effect of Soil Moisture on Diurnal Variation of Water Content in Tomato Plant

Kazuhiro Fusao* and Kenzo Iwao**

*Hiroshima Prefectural Agriculture Research Center

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

1. はじめに

高糖度のトマト果実を生産するためには、体内水ストレスの付与が有効であるとされている。トマトに体内水ストレスを付与するための一般的な方法は、灌水の調節による土壤水分の制限である。土壤水分がトマト果実の品質や収量に及ぼす影響に関する報告は多く、高糖度の果実を生産するための土壤水分の様々な管理目標が提案されている^{1,5,6)}。体内水ストレスの発生による果実糖度上昇の生理的機構については未だ不明な点が多いが、多くの栽培事例から体内水ストレスの発生と果実糖度の上昇は密接に関係していることは明らかである。従って、高糖度果実生産のためには、体内水分状態と環境諸要因との関係を明確に整理・把握することにより、体内水ストレスを的確に制御可能することが大前提である。そこで、その第一段階として土壤水分張力と天候がトマトの体内水分の日変化に及ぼす影響を調査した。

2. 材料および方法

(1) 供試材料

材料として、トマト‘ハウス桃太郎’を供試

した。1993年7月14日に播種し、12cm径ポリポットで育苗後、9月2日に容積8リットルのプラスチックポットに定植した。定植には赤玉土と腐葉土を容積比で7対3に混合した培土を用いた。施肥はIB-S1化成肥料を用いて窒素、リン酸、カリの各成分量が1株当たり1グラムとなるように全量基肥として培土に混合した。仕立て法は主枝1本仕立てとし、第3花房の上に3枚の葉を残して摘心した。栽培期間は1993年9月2日から11月30日までとした。

(2) 処理および計測

栽培ポットはビニルハウス内に設置し、灌水時点の土壤水分張力を100cmH₂O (pF2.0) 以下で管理する湿润区、100~500cmH₂O (pF2.0~2.7) で管理する調整区、800cmH₂O (pF2.9) 以上で管理する乾燥区を設けた。土壤水分張力はポット内の土壤表面から10cmの深さに設置したテンシオメータで測定した。

各処理区の気孔開度の日変化を浸潤法⁴⁾により調査した。浸潤法による気孔開度の測定は、表1に示す処方による浸潤液を用いて主茎の先端から3~5枚目の葉の裏側を調査した。

栽培期間中の各種の環境要因と生体情報を計測した。計測項目および計測に用いた機器は、気温(熱電対)、相対湿度(高分子湿度セン

表1 浸潤液の組成とそのグレード

浸潤液の番号	I	II	III	IV	V	VI	VII
エチレングリコール(%)	10	20	30	40	50	60	70
イソブチルアルコール(%)	90	80	70	60	50	40	30
気孔開度(度)	1	2	3	4	5	6	7
気孔の状態	閉	←	→	開			

サ), 日射強度(農試電式日射計), 土壌水分張力(電気式圧力ゲージ付きテンシオメータ), 葉温(イヤリング型サーミスター)および茎径変化量(歪ゲージ式変位計)である。なお、葉温の計測部位は十分に日射を受ける展開葉の裏側、また茎径変化量の計測部位は株元に近い第2節とした。各センサの出力信号はハイブリッドレコーダにより収録し、パーソナルコンピュータで解析した。

歪ゲージ式変位計による茎径変化量の計測とともに、プレッシャーチャンバーにより葉の水ポテンシャルを測定し、両者の関係を把握した。

3. 結果および考察

(1) 茎径収縮量と葉の水ポテンシャルの関係

茎径収縮量と葉の水ポテンシャルの関係を図1に示した。両者の関係は次の回帰式で表され、相関係数は $r = 0.996$ であった。

$$p_1 = -0.0178 + 0.0035 D_s \quad (r = 0.996)$$

p_1 : 葉の水ポテンシャル(MPa)

D_s : 茎径収縮量(μm)

両者の関係から、非破壊で連続測定される茎径収縮量は、体内水ポテンシャルの有用な指標となることが確認できた。

(2) 土壌水分と気孔開度の日変化の関係

晴天日の各処理区の気孔開度の日変化を図2

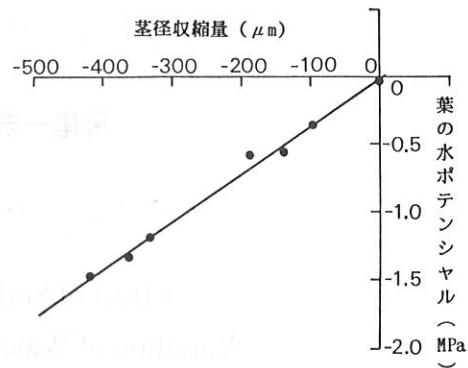


図1 トマトの茎径収縮量と葉の水ポテンシャルの関係(‘ハウス桃太郎’播種後100日)

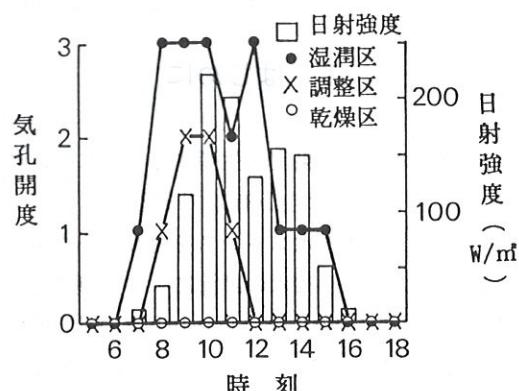


図2 土壌水分が気孔開度の日変化に及ぼす影響(‘ハウス桃太郎’, 播種後47日)

に示した。湿潤区の気孔開度は7時に1, 8時から12時までは2~3, 13時から15時までは1, 16時以降は0であった。調整区の気孔開度は8時には1, 9時から10時までは2, 11時には1で他の時間帯は0であった。乾燥区の気孔開度は終日0であった。なお、各区の土壌水分張力は湿潤区で5cmH₂O以下、調整区で100~350cmH₂O、乾燥区で350cmH₂O以上で推移した。

トマトの気孔は、日射量の増加に伴って開くが、日中でも体内水ストレスが生じると閉じることから、光と体内水ストレスが気孔開閉の主要な要因となっていることが明らかになった。

ブドウやポプラではpF2.7以上の高い土壌水分張力でも気孔開度は高い状態で推移すること

が報告されている^{2, 3)}。それらと比較して、本実験に供試したトマトでは体内水ストレスが比較的小さいと考えられる湿润区でも気孔開度が小さく、短時間で気孔が閉塞した。このことから、供試したトマトは土壤水分張力のわずかな増大にも敏感に反応し、気孔を閉塞する特性があることがわかった。即ち、気孔を敏感に閉塞して蒸散量を少なくすることにより、体内水ストレスを敏感に回避する特性を備えていると考えられた。

(3) 土壤水分と茎径の日変化

天候が各々異なる日の環境要因および各処理

区の茎径の日変化を図3に示した。茎径は日射強度の増加および相対湿度の低下とともに収縮し、逆に日射強度の減少および相対湿度の上昇とともに回復した。茎径収縮量は晴天日（最大日射強度が500W/m²以上で最低湿度が50%以下）に大きく、曇雨天日（最大日射強度が200W/m²以下で最低湿度が70%以上）には小さかった。

葉の水ポテンシャルに及ぼす土壤水分と天候の影響を表2にまとめた。各処理区の葉の水ポテンシャルの最小値は乾燥区で晴天日に-1.3MPa、曇雨天日に-0.3~-0.5MPa、調整区および湿润区で晴天日に-0.2~-0.3MPa、曇雨天

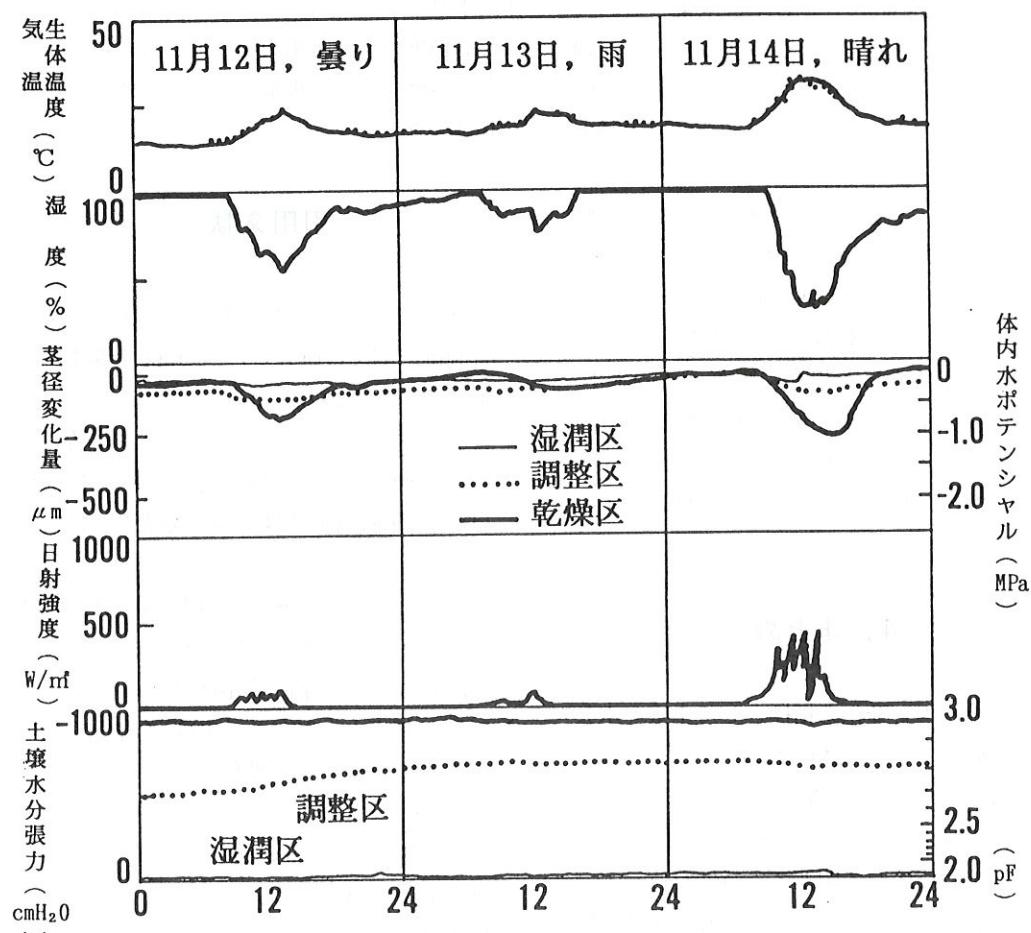


図3 トマト‘ハウス桃太郎’の茎径と環境諸要因の日変化
(1993年11月12日から11月14日、播種後121~123日)

表2 体内水ポテンシャルに及ぼす土壤水分と天候の影響^{*1}

試験区	土壤水分張力 (pF値)	体内水ポテンシャルの日最低値 (MPa) ^{*2}		
		雨天(11月11日)	曇天(11月12日)	晴天(9月26日)
湿潤区	1.3~ 1.7	-0.04	-0.12	-0.26
調整区	2.5~ 2.7	-0.05	-0.16	-0.30
乾燥区	2.9~ 3.0	-0.33	-0.54	-1.25

*1) 供試材料: ポット植え ‘ハウス桃太郎’ , 播種後 2~4か月

*2) 1993年9月17日~11月31日の日変化の連続測定で観測された最低値

目に-0.2MPa以下であった。

乾燥区において土壤水分張力が800cmH₂O (pF2.9) 以上で晴天日の日中に茎葉のしおれが観察された。茎径は、しおれの発生と同調して大きく収縮し、夜間わずかに回復したが前日と同等のレベルまでは回復せず、茎径の減少が認められた。

以上の結果、土壤の乾燥過程において土壤水分張力の増加とトマトの体内水ポテンシャルの減少は比例せず、土壤800cmH₂O (pF2.9) 程度の「著しい土壤の乾燥」と「晴天」という2つの条件が重なった場合に限り、体内水ポテンシャルが著しく低下し、強い体内水ストレスが発生することが明らかになった。これは、(2)の項で述べた気孔閉塞の特性によるものと考えられた。

4. まとめ

茎径収縮量の日変化を指標として土壤の水分状態と天候がトマトの体内水ポテンシャルの日変化に及ぼす影響を調査した。‘ハウス桃太郎’は、土壤水分張力が比較的低い段階でも、気孔が敏感に反応して閉塞する特性を持っていることがわかった。このような気孔の閉塞の影響により、土壤水分張力の増加と体内水ポテンシャルの減少は比例せず、土壤が著しく乾燥した状態で晴天の場合にのみ強い体内水ストレス

が発生することが明らかになった。従って、単純な土壤の乾燥は、光合成を低下させるだけで体内水ストレスを付与することには結びつかない。高糖度のトマト果実を生産するためには、以上の特性を充分に理解したうえで水管理を行う必要がある。

引用文献

- 1) 荒木陽一(1981) : 水管理による施設野菜生育制御に関する研究(7). 昭和62年春季園芸学会発表要旨, 258-259.
- 2) 今井俊治ほか(1988) : ブドウの生体情報の測定と解析による土壤水分管理法の指標化 (4). 昭和63年秋季園芸学会発表要旨, 190-191.
- 3) 岩尾憲三(1988) : 植物生体情報の計測手法の開発とその応用に関する研究. 農学博士論文, 名城大学大学院農学研究科.
- 4) 石原 邦ほか(1971) : 水稲葉における気の開閉と環境条件との関係(1). 日作紀, 40, 491-496.
- 5) 大原源二(1991) : 高糖度トマトの生産技術. 施設園芸, 33(11), 20-23.
- 6) 梶木博美ほか(1988) : トマトの果実品質に及ぼす土壤水分の影響. 昭和63年春季園芸学会発表要旨, 320-321.

吸光度を用いたクロレラの増殖特性の測定と分析

鈴村素弘・岩尾憲三

中部電力(株) 電気利用技術研究所

Measurement and Analysis of Growth Rate of Chlorella by Using Absorbancy

Motohiro Suzumura and Kenzo Iwao

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

1. はじめに

近年、地球温暖化に対する関心が高まり、大気中のCO₂濃度上昇を抑制する技術の研究が盛んに行われるようになった。CO₂排出量の低減や分離・回収については物理・化学的な方法のほか、生物の光合成を利用して生物体内に固定する方法も1つの有望な技術と考えられる。そこで、微細藻類に着目して、効率的にCO₂を固定させる研究を行うことにした。今回、比較的培養条件が明らかになっているクロレラについて、その増殖量の測定方法の確立と照度に対する増殖特性ならびに高CO₂濃度に対して耐性を持つ藻類の選抜を行った結果について報告する。

2. 材料および方法

供試材料は(財)地球・人間環境フォーラムから1993年7月6日に入手した *Chlorella pyrenoidosa* (図1) および *Chlorella vulgaris* を用いた。培養は25°C、12klx 連続照明の条件に設定したインキュベータ内で行った。緑藻類は無機リン酸よりも有機リン酸を用いることで高い増殖を示すため¹⁾、グリセロリン酸を用いたC培地(表1)を使用し、pH 7.5に調整した後に液体培養を行った。

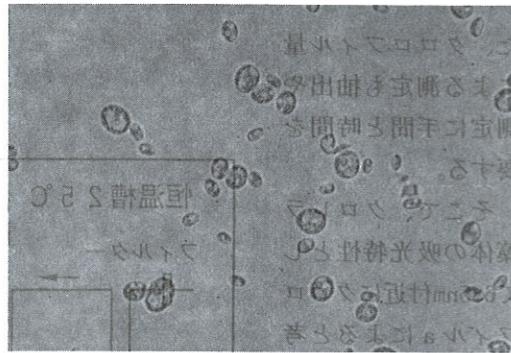


図1 *C.pyrenoidosa* の形態(1000×倍)

微細藻類の増殖率は非常に高く、藻体濃度、培養液の成分およびpHが大きく変化するため²⁾、再現性と連続培養を行うためには培養条件を自動でコントロールする必要がある。そこで、今回の実験には自動連続培養装置を考案し使用した(図2)。この装置はマイクロチューブポンプによって培養液槽から古い培養液を抜き取り、新しい培養液を注入することにより、藻体濃度および培養液成分を一定に維持できることが特徴である。バブリングはミニポンプによって行い、流量は100ml/minとした。

(1) 吸光度による増殖量の測定手法の検討

微細藻類は一般に濾過によって得られた藻体の乾燥重量によって増殖率を計測するが³⁾、クロレラはその形態が数ミクロンと小型であるため、濾過による藻体の収集が困難である。ま

表1 C培地の組成

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	15	mg	
KNO_3	10	mg	
$\beta\text{-Na}_2\text{ glycerophosphate}$	5	mg	PIV metals
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	4	mg	
Vitamin B_{12}	0.01 μg		$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 19.6 mg
Biotin	0.01 μg		$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 3.6 mg
Thiamine HCl	1 μg		$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 2.2 mg
PIV metals	0.3 ml		$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.4 mg
Tris(hydroxymethyl) aminomethane	50 mg		$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.25 mg
Distilled Water	99.7 ml		$\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 100 mg
pH 7.5			Distilled water 100 ml

た、クロロフィル量による測定も抽出や測定に手間と時間を要する。

そこで、クロレラ藻体の吸光特性として685nm付近にクロロフィルaによると考えられる吸光ピークが⁴⁾存在するので、この波長を利用し、吸光度によって藻体の増殖量を計測する手法について検討した。なお、吸光度とは、溶液に対する放射光および透過光の強さをそれぞれ I_0 および I_t とすれば、

$\log_{10}(I_0 / I_t)$ で表される。吸光度の測定には島津UV-2200を用いた。

(2) 照度がクロレラの増殖に及ぼす影響の検討
光はクロレラの増殖に大きく影響する環境要因であり、一般的に10klx程度の照度で培養されている⁵⁾。しかし、微細藻類は、培地成分⁶⁾、温度⁷⁾、品種⁸⁾などの条件によって特性が異なる

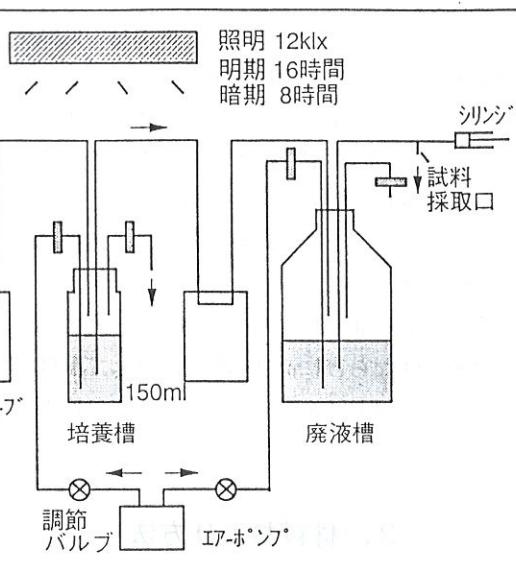


図2 自動連続培養装置の概略図

ことが報告されているため、品種毎に最適な照度を検討する必要がある。

そこで、*C.pyrenoidosa*、*C.vulgaris*の2品種を用い、照度条件は両者とも1~19klxの範囲で数段階に照度を設定し、照度別の増殖特性を調査した。なお、増殖量は吸光度によって測定した。

(3) 高CO₂濃度耐性藻類の選抜・分離法の検討

県内各地の池や沼でサンプリングした試水を30mlの液体培地に1ml接種し、CO₂濃度15%の空気を1分当たり50mlバブリングして試水中の藻類を培養した。1週間後に生存した藻類を分離して、引き続き培養を行った。

3. 結果および考察

(1) 吸光度による増殖量の測定手法の確立

図3に*C.pyrenoidosa*の増殖に伴う吸光度変化を示した。指数関数 $y = 0.11 \exp(0.07t)$ にフィッティングし、非常に高い相関を示した（相関係数 $r = 0.99$ ）。但し、 t は経過時間 (hr) である。一方、吸光度と顕微鏡下でトマ血球計算板により計数した藻体密度（図4）および乾燥重量（図5）はともに相関が高いことが確認できたため、吸光度によってクロレラの増殖の推移を非破壊で短時間に測定できることが明らかになった。

(2) クロレラの増殖の照度特性

図6に照度とクロレラの増殖率の関係を示した。*C.pyrenoidosa*、*C.vulgaris*は共に10～15klxの範囲で高い増殖率を示し、*C.pyrenoidosa*は約9倍/日、*C.vulgaris*は約7倍/日の増殖率であった。また、15klx以上の高照度では増殖が抑制された。品種間差についてみると、6klx以上の高照度では*C.pyrenoidosa*が*C.vulgaris*より増殖率が高かった。

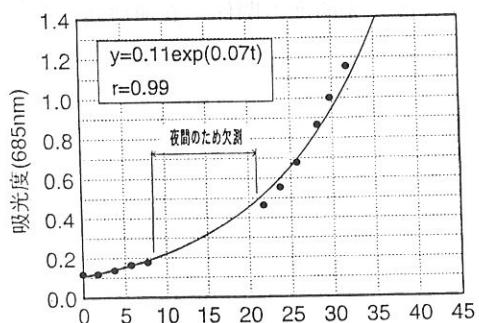


図3 *C.pyrenoidosa* の増殖特性に伴う吸光度の変化の一例

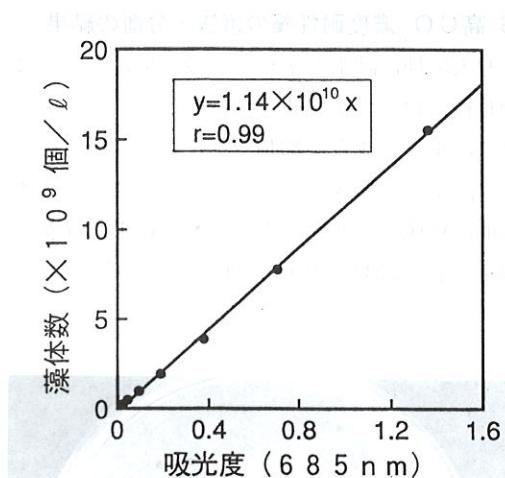


図4 *C.pyrenoidosa* の吸光度と藻体数の関係

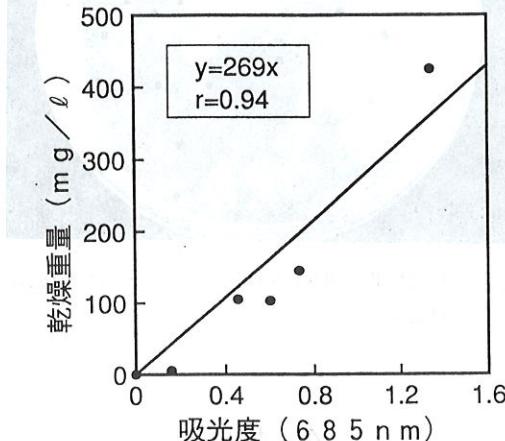


図5 *C.pyrenoidosa* の吸光度と乾燥重量の関係

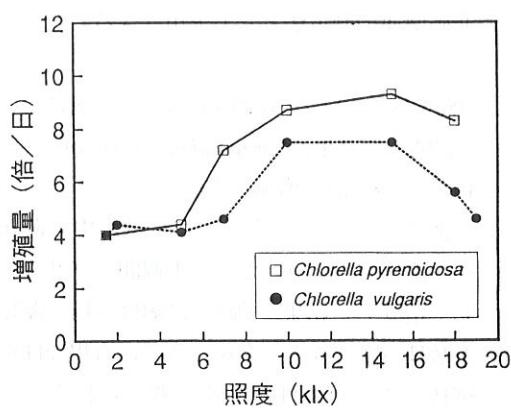


図6 照度とクロレラの増殖率の関係

(3) 高CO₂濃度耐性藻の選抜・分離の結果

寒天培地に試水を塗布した後、早いものでは10日後にコロニーが観察された。しかし、コンタミによって成育が抑制されたコロニーもあつた(図7)。形成された一部のコロニーを液体培地に移植して増殖培養を行った結果、緑藻と推定される藻類が数種分離できた。

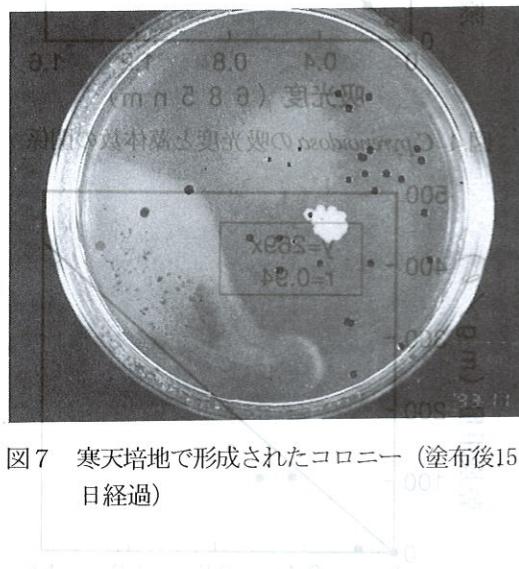


図7 寒天培地で形成されたコロニー（塗布後15日経過）

4. 摘要

- (1) クロレラの吸光度(685nm)と藻体密度および乾燥重量の相関が高く、吸光度が増殖の非破壊連続測定法として実用できることがわかつた。
- (2) 照度がクロレラの増殖率に及ぼす影響について調査した結果、*C.pyrenoidosa*、*C.vulgaris*共に10~15klxで高い増殖率を示した。
- (3) 池や沼でサンプリングした試水中の藻類を、濃度15%のCO₂ガスで1週間バブリングして培養した結果、高CO₂に耐性を持つ藻類が数種分離できた。今後、さらに有用な株を選抜できる可能性があると考えられる。

5. おわりに

今回分離に用いた寒天培地は、藻類が表面張力を受けるため鞭毛藻や25μm程度の大型の微細藻類の増殖が抑制されるので²⁾、より多種の藻類を得るために、液体培養によりマイクロビペットで分離する方法について検討を行うと共に、選抜した藻類株の同定およびCO₂固定能力について調査を行う予定である。

引用文献

- 1) 秋山優ほか (1986) : 藻類の生態. 内田老鶴園, 東京.
- 2) 武智芳郎 (1971) : クロレラーその基礎と応用-. 學習研究社, 東京.
- 3) 田宮博ほか (1965) : 藻類実験法. 江南堂, 東京.
- 4) 西沢一俊ほか (1979) : 藻類研究法. 共立出版, 東京.
- 5) 渡辺良朋ほか (1992) : 微生物によるCO₂固定. 電力中央研究所報告, 2-5.
- 6) 村上定暉ほか (1988) : 藍藻の連続培養と栄養塩類の代謝速度に関する研究. 衛生工学研究論文集. 第24巻, 13-23.
- 7) Nakamura,Y. and S. Miyachi : 1980 : Effects of temperature and CO₂ concentration on photosynthetic CO₂ fixation by *Chlorella* Plant Cell Physiol. 21(5), 765-774
- 8) 田中信彦ほか (1983) : 单細胞藻類54株の光合成と光強度の関係. 養殖研報, 4号, 113-120.

花きセル苗の発芽に及ぼす生長調節物質の 処理と環境要因の影響

遠藤弘志

岐阜大学

Influence of plant growth regulators and environment factors on
germination in plug raising system

Hiroshi Endo

Gifu University

はじめに

シングルプラントセル苗（以下セル苗と表示）生産は、トレーがヨーロッパで開発され、当初栄養系植物の苗生産用で利用されていたものが、アメリカに渡り実生系植物に対応する生産のシステム化で大きく普及してきた。日本でも、この数年の間に、花、野菜の栽培現場では、セル苗を利用した省力型の大規模な生産が始まっている。それに伴ってセル苗の生産が、個人、共同育苗センター、種苗会社等で普及してきた。

品質の高い（苗の揃い、根張り、徒長がない等）セル苗の供給には、技術的に多くの問題点が含まれている。特に生産効率を追求した場合、生育の揃いは大きな課題となっており、これには種子の発芽が大きな要因の一つとなっている。

今回は花きセル苗の生産を前提とし、環境要因（温度、光）と種子に生長調整物質（植物ホルモン）の処理を行い、発芽日数と発芽揃い（発芽勢）について発芽率の調査して検討を行った。

実験 1. 最適発芽条件の検討

材料及び方法

供試材料としてシクラメン *Cyclamen persicum*, ユーストマ（リシアンサス）*Eustoma russellianum*, エキザカム *Exacum affine* 及びプリムラ・ポリアンサ *Primula polyantha* の4℃で保管中の種子を用いた。

播種は、ろ紙（ワットマン No. 2 を 2 枚）を敷いた 9 cm シャーレ（ディスポプラスチック）で行い、種子が水没しない程度に蒸留水を添加した。また、ろ紙の乾燥を防ぐため、2~3 日おきに適当に蒸留水で水分を補給した。発芽温度は、10℃, 15℃, 20℃, 25℃, 30℃とし、明条件（24hour, 3000ルックス）と暗条件を組み合わせた計 10 区を設定した。1 シャーレ当たりの播種数は 49 粒とし、各区 3 反復行った。

結果及び考察

a) シクラメン

表 1 に示すように、発芽率は 33 日目で、温度別にみると、15℃ 区が最も高く、20℃, 10℃ では明条件では 66.7%, 68.7% で有意な差がなく、暗条件では、81.0%, 57.8% であった。また 25℃, 30℃ と温度が高くなるに従い著しく低下した。山口¹⁾ はシクラメンの発芽最適温度が 15℃ であると述べており、本実験の結果と一致した。山口¹⁾ は、発芽における光条件について

表1 供試種子の発芽率に及ぼす温度及び光照射の影響

品種名	調査日 (播種後日数)	温度 (℃)	発芽率(%)
		明条件	暗条件
a) シクラメン (<i>Cyclamen persicum</i> :ハーバーク)	22日	10	42.2
		15	76.9
		20	26.5
		25	0.7
		30	0
	33日	10	68.7
		15	87.1
		20	66.7
		25	2.0
		30	0
b) ユーストマ (<i>Eustoma russellianum</i> :紫紺源氏)	8日	10	0
		15	0
		20	15.0
		25	76.2
		30	84.4
	13日	10	0
		15	18.4
		20	70.7
		25	90.5
		30	89.1
c) エキザカム (<i>Exacum affine</i> :トリフ・ミセット・ブラン)	6日	10	0
		15	0
		20	42.9
		25	97.3
		30	95.9
	10日	10	0
		15	8.2
		20	93.2
		25	98.0
		30	96.6
d) プリムラ (<i>Primula polyantha</i> :ヨロナリイ)	15日	10	42.9
		15	47.6
		20	57.1
		25	41.5
		30	7.5
	21日	10	57.8
		15	63.3
		20	64.6
		25	45.6
		30	11.6

各環境は、温度勾配恒温器(NKシステム:TG-100-ADCT,EYELA:MTI-202B)を使用した。温度誤差は、設定温度±1°C以内である。

も調査し、暗条件が適していると述べている。しかし、本研究では明暗両処理間に有意な差が認められなかつた。

b) ユーストマ

光条件と発芽率との関係についてみると、いずれの区においても暗条件で発芽が抑制され、5%以下であった。ユーストマの種子は光発芽性を持っていることが知られており¹⁾、本研究結果はこれと一致した。

明条件での、発芽温度は25°C、30°Cの高温区で発芽率が高く(90.5%、89.1%) 15°C、10°C(18.4%、0%)と温度が低くなるに従い著しく低下した。大川²⁾はユーストマの発芽温度と休眠との関係を検討し、高温(30°C)で発芽させた個体はその後の育苗期に強い休眠状態となり、ロゼット化することを明らかにしている。したがって、本実験では高温区で発芽率が高かつたものの休眠との関係から20°Cが最適温度

であると考えた。

C) エキザカム

エキザカムの種子もユーストマと同様に、暗条件に比べて明条件での発芽率が高く、光発芽性を示すことがあきらかとなった(表1)。温度と発芽率の関係をみると、10°C及び15°C(0%、8.2%)では低い発芽率を示したもののが20°C以上ではいずれの温度区でも90%以上の高い発芽率を示した。エキザカムの最適発芽温度は20°C前後であるといわれているが¹⁾、本実験結果では30°Cの高温条件でも96.6%の高い発芽率を示した。発芽までの期間を見ると、25°C及び30°C区では播種後6日目で(97.3%、95.9%)高い発芽率を示したことから、高温がエキザカムの発芽を強く促すことがあきらかになった。発芽最適温度には品種間差異があることが知られているが、エ

キザカムのセル苗生産を行う場合にはこの点に充分注意を払う必要があろう。

d) プリムラ・ポリアンサ

本実験で供試した4種のなかで発芽率は最も低く、20°C暗条件区の67.3%が最高であった。

(表1) 発芽率は、シクラメンと同様に30°Cの高温区で阻害された。光条件による発芽率の差は認められなかつた。

以上の結果から、それぞれの種について表2に示した条件を最適発芽条件とし、実験2における種子の発芽と植物生長調節物質浸漬処理の影響を検討した。

表2 供試種子の最適発芽条件

品種名	発芽温度	好光性	発芽日数	発芽率%
a)シクラメン	15°C	暗	33日	82.3
b)ユーストマ	20°C	明	13日	70.7
c)エキザカム	20°C	明	10日	93.2
d)プリムラ	20°C	明	21日	64.6

実験2. 発芽に及ぼす植物生長調節物質浸漬処理の影響

材料及び方法

供試材料としてシクラメン *Cyclamen persicum*, ユーストマ (リシアンサス) *Eustoma russellianum*, エキザカム *Exacum affine* 及びプリムラ・ポリアンサ *Primula polyantha* の4℃で保管中の種子を用いた。生長調節物質として 3-indoleacetic acid (IAA)、6-Furfurylaminopurine (Kinetin : Ki)、Gibberellic acid A₃ (GA₃) を用い、0 ~ 10⁻³M の濃度で 6 ~ 48 時間浸漬し、実験1と同様の方法で 9 cm シャーレ (ディスコプラスチック) を用いて表2に示す条件で発芽させた。1 シャーレ当たりの播種数は 49 粒とし、各区3回復行つた。調査は表2に示した発芽日数に加えて、その中間日に発芽率を調査した。

結果及び考察

供試した種子の発芽率の変化から4種類の発芽特性に分類でき、これを図1に示した。タイプAは中間日の発芽率が70%以上を示し、調査終了日はそれ以上の発芽率を示したもので、タイプBは中間日までの発芽率が70%以下で、調査終了日には70%以上となったもの、タイプCは調査終了日の発芽率が70%以上となったものの、中間日までの発芽率が30%以下であったもの、タイプDは調査最終日の発芽率が70%以下であったものである。

a) シクラメン

各処理毎の発芽率と発芽タイプを表3に示した。IAAについてみると、10⁻³Mを24時間以上浸漬処理したものでは最終発芽率が50~60%前後と低くなり、発芽タイプもDとなり、高濃度の IAA の発芽抑制作用が認められた。これに対し、10⁻⁴M以下の濃度区では対照区に比べて中間日及び最終調査日での発芽率が高くなる傾向

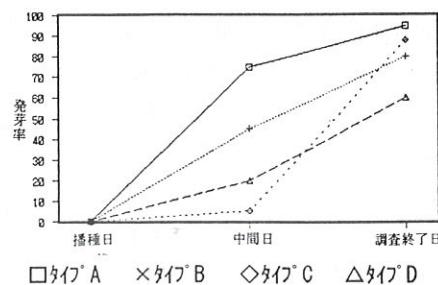


図1 供試種子の発芽特性による分類

表3 シクラメンの発芽率に及ぼす生長調節物質処理の影響と発芽タイプ

浸漬時間	濃度	IAA発芽率(%)		Ki発芽率(%)		GA ₃ 発芽率(%)		タイプ		
		2.0日	3.3日	2.0日	3.3日	2.0日	3.3日			
6 H	10 ⁻³	68.7	85.7	B	15	30.6	D	74.1	80.3	A
	10 ⁻⁴	80.3	87.8	A	77.6	85.7	A	81	84.4	A
	10 ⁻⁵	81	89.8	A	85	88.4	A	74.1	82.3	A
	10 ⁻⁶	83.7	89.1	A	86.4	93.9	A	74.1	84.4	A
12 H	10 ⁻³	68	83.7	B	11.6	21.1	D	79.6	84.4	A
	10 ⁻⁴	76.2	83.7	A	65.3	78.9	B	87.1	87.1	A
	10 ⁻⁵	77.6	81	A	78.2	87.1	A	79.6	83	A
	10 ⁻⁶	85	91.2	A	78.9	89.1	A	78.9	83.7	A
24 H	10 ⁻³	28.6	64.6	D	0.7	2.7	D	78.2	82.3	A
	10 ⁻⁴	81.6	94.6	A	83	90.5	A	83	85.7	A
	10 ⁻⁵	76.9	85	A	78.2	88.4	A	79.6	84.4	A
	10 ⁻⁶	70.7	80.3	A	85.7	91.2	A	78.2	83	A
48 H	10 ⁻³	23.8	50.3	D	—	—	D	69.4	75.5	B
	10 ⁻⁴	80.3	86.4	A	71.4	84.4	A	72.1	76.2	A
	10 ⁻⁵	77.6	83.7	A	87.1	94.6	A	71.4	76.9	A
	10 ⁻⁶	80.3	87.8	A	79.6	86.4	A	68	75.5	B
CONT		75.3	80.3	A	75.3	80.3	A	75.3	80.3	A

が認められ、IAAの発芽促進作用がみられた。

なかでも10⁻⁴処理区は、いずれの処理時間においても対照区と比較して中間日の発芽率が高くなり、最終発芽率も高かった。

Ki処理では、10⁻³Mの高濃度区で著しい発芽抑制作用が認められ、IAAとは異なり6時間の短時間処理でもDタイプの発芽特性となり、最終発芽率も30.6%と著しく低かった。しかしIAAの場合と同様に10⁻⁴M以下の濃度区では対照区と比較して中間日及び最終調査日共に発芽率が高くなり、発芽が促された。特に10⁻⁵及び10⁻⁶Mでは明らかな発芽促進効果が認められた。

GA₃は10⁻³M及び10⁻⁶の48時間処理区でわずかに発芽抑制作用が認められた以外は対照区と比較して差がみられず、発芽促進効果が認められなかった。

b) ユーストマ

IAAについてみると（表4）、最終発芽率で

は濃度に関わらず処理時間が長くなるに従いわずかに高くなる傾向が認められた。一方、中間日での発芽率は処理時間によって大きく影響を受け、処理時間が長くなるに従って著しく発芽率は高まった。なかでも48時間処理の発芽特性は、 $10^{-4}M$ 区でBタイプとなった以外はすべてAタイプとなり、対照区での中間日の発芽率が5.9%と著しく少なかったのに対して処理区では70%以上の高い発芽率を示した。

Kiの効果はIAAの効果と類似しており、処理濃度に関わらず処理時間が長くなるに従って中間日での発芽率が高くなり、48時間処理区では $10^{-3}M$ 区以外でAタイプの発芽特性を示した。

GA_3 においてもIAA及びKi処理と同様に処理時間に伴う中間日での発芽率の上昇が認められた。この処理時間に伴う中間日の発芽率の上昇は GA_3 濃度が高いほど顕著にみられ、 $10^{-3}M$ 区では24時間処理ですでに中間日の発芽率が74.8%となり、Aタイプの発芽特性を示した。

c) エキザカム

対照区での最終発芽率は97.5%と著しく高かったが、中間日での発芽率が61.2%と低く、発芽はBタイプであった(表5)。これに対し、IAAを処理した場合には最終発芽率では差がみられなかったが、中間日での発芽率がほとんどの区で90%以上となり、IAAの発芽促進作用が認められた。

Ki処理では、 10^{-6} 及び $10^{-5}M$ の低濃度区でIAAと同様に中間日の発芽率が90%以上となり、高い発芽促進作用がみられた。しかし、それ以上の高濃度区では発芽促進作用が低下し、 $10^{-3}M$ 区では対照区と差が認められなくなっ

表4 ユーストマの発芽率に及ぼす生長調節物質処理の影響と発芽タイプ

浸漬時間	濃度	IAA発芽率(%)		Ki発芽率(%)		GA3発芽率(%)		
		8日	13日タイプ	8日	13日タイプ	8日	13日タイプ	
6 H	1.0-3	38.8	82.3	B	15	83.7	B	
	1.0-4	7.5	84.4	C	23.8	87.1	B	
	1.0-5	15	88.4	C	31.3	84.4	B	
	1.0-6	9.5	78.2	B	55.8	90.5	B	
12 H	1.0-3	39.5	89.8	B	41.5	88.4	B	
	1.0-4	25.9	81.8	B	36.1	82.3	B	
	1.0-5	31.3	81.6	B	41.5	86.4	B	
	1.0-6	30.6	84.4	B	43.5	84.4	B	
24 H	1.0-3	42.2	85	B	52.4	82.3	B	
	1.0-4	45.8	85.7	B	47.6	85	B	
	1.0-5	44.2	84.4	B	52.4	84.4	B	
	1.0-6	43.5	85	B	59.9	85	B	
48 H	1.0-3	70.7	89.8	A	55.8	77.6	B	
	1.0-4	66.7	89.8	B	70.7	87.8	A	
	1.0-5	73.5	86.4	A	74.8	91.2	A	
	1.0-6	76.9	87.1	A	72.8	86.4	A	
CONT				5.9	83.7	C	5.9	
					63.7	C	63.7	C

表5 エキザカムの発芽率に及ぼす生長調節物質処理の影響と発芽タイプ

浸漬時間	濃度	IAA発芽率(%)		Ki発芽率(%)		GA3発芽率(%)			
		6日	10日タイプ	6日	10日タイプ	6日	10日タイプ		
6 H	1.0-3	81	98.6	A	72.1	98.6	A		
	1.0-4	94.8	98	A	76.2	95.9	A		
	1.0-5	90.5	95.2	A	93.2	98	A		
	1.0-6	93.9	95.9	A	91.8	97.3	A		
12 H	1.0-3	81	98.6	A	—	—	—		
	1.0-4	84.4	95.9	A	—	—	—		
	1.0-5	78.2	98	A	—	—	—		
	1.0-6	75.5	98.6	A	—	—	—		
24 H	1.0-3	94.6	95.9	A	53.7	89.8	B		
	1.0-4	93.9	97.3	A	72.1	92.5	A		
	1.0-5	98.6	98.6	A	93.9	94.6	A		
	1.0-6	98.6	97.3	A	93.9	98.6	A		
48 H	1.0-3	91.8	95.9	A	64.6	87.8	B		
	1.0-4	98.6	97.3	A	88.4	95.9	A		
	1.0-5	89.8	93.9	A	98.6	97.3	A		
	1.0-6	85.9	99	A	99.3	99.3	A		
CONT				61.2	97.5	B	61.2	97.5	B

表6 プリムラの発芽率に及ぼす生長調節物質処理の影響と発芽タイプ

浸漬時間	濃度	IAA発芽率(%)		Ki発芽率(%)		GA3発芽率(%)	
		13日	21日タイプ	13日	21日タイプ	13日	21日タイプ
6 H	1.0-3	50.3	64.6	D	40.1	50.3	D
	1.0-4	53.7	68	D	72.8	78.9	A
	1.0-5	53.7	70.1	B	66.7	68.7	D
	1.0-6	59.9	60.5	D	55.8	59.9	D
12 H	1.0-3	53.1	63.3	D	36.7	48.3	D
	1.0-4	57.1	67.3	D	84.6	74.1	B
	1.0-5	55.1	69.4	D	59.9	67.3	D
	1.0-6	54.4	61.2	D	44.2	49	D
24 H	1.0-3	49.7	59.9	D	6.8	40.1	D
	1.0-4	52.4	61.2	D	51	67.3	D
	1.0-5	50.3	63.3	D	69.4	74.1	B
	1.0-6	45.6	59.2	D	63.9	69.4	D
48 H	1.0-3	54.4	61.9	D	1.4	4.8	D
	1.0-4	58.5	66.7	D	67.3	81	B
	1.0-5	63.9	68	D	66	75.5	B
	1.0-6	51	63.9	D	56.5	64.6	D
CONT		47.9	58.9	D	47.9	58.9	D

た。

GA_3 は処理濃度及び処理時間に関わらず高い発芽促進作用を示し、24時間以上の処理区では中間日の発芽率が95%以上と著しく高くなった。

d) プリムラ・ポリアンサ

発芽率に及ぼす生長調節物質の影響を表6に

示した。対照区での最終発芽率は58.9%と著しく低く、発芽特性はDタイプに分類された。IAA処理はいずれの濃度及び処理時間においても対照区と差がみられず、発芽促進作用は認められなかった。

Ki処理についてみると、6時間及び12時間処理では、 10^{-4} Mまでは濃度が高まるに従って最終発芽率及び中間日発芽率共に上昇し、 10^{-4} Mの6時間処理区では中間日発芽率が72.8%となり、発芽タイプはAとなった。しかし、 10^{-3} Mの高濃度区では発芽は抑制され、特に長時間処理を行った場合にはそれが著しく、48時間処理区では4.8%しか発芽がみられなかった。

GA_3 は著しい発芽促進作用を示し、ほとんどの区で中間日発芽率が70%以上となり、発芽特性はAタイプと判定できた。なかでも 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} M区では最終発芽率が85%前後の高い値となった。

以上のように、最も高い発芽促進作用を示した生長調節物質は GA_3 であり、なかでもプリムラ・ポリアンサでの発芽促進作用は著しかった。ジベレリンは多くの植物で発芽促進効果を持つことが知られており³⁾、その作用は休眠解除によるものであるといわれている。本実験でプリムラ・ポリアンサの対照区の発芽率が59%と著しく低かったが、 GA_3 処理によって85%以上と高まったことから、プリムラ・ポリアンサの種子は自発休眠が解除されていなかったことが推察できた。発芽率が著しく低い植物は、セル苗生産において生産効率を大きく低下させる原因となり、一般には1セル当たりの播種数を多くすることで対応している。これはセル苗の価格を上昇させる原因となる。本実験結果から、自発休眠に起因する発芽率の低い植物に対しては、ジベレリン処理の適用が不可欠であると考える。

ユーストマとエキザカムの種子に対するジベレリンの作用はプリムラ・ポリアンサの場合と異なり、最終発芽率は対照区と同じであったが、中間日での発芽率が高まり、発芽所要期間

が短縮された。実験1の結果からユーストマとエキザカムは光発芽種子であることが明らかとなつたことから、これらの対照区での発芽揃い(発芽勢)が悪いことは光に対する反応性が個々の種子で異なっていたことを示した。光発芽種子にジベレリンを処理すると光照射とは無関係に発芽を促すことが知られている⁴⁾。したがって、実験2での中間日での発芽率の上昇は光条件とは無関係にジベレリンが発芽を促したことによるものと考えられた。発芽所要期間の短縮は、セル苗生産において生産効率を高める上で重要な要素であることから、今後ユーストマやエキザカム以外の光発芽種子に対してもジベレリン処理を適用できる可能性が明らかとなつた。

IAAについてみると、シクラメン、ユーストマ、エキザカムにおいて最終発芽率を高める作用はみられなかつたが、中間日での発芽率を高め、発芽所要期間を短縮する効果が認められた。オーキシンは発芽過程におけるリン代謝を促進する作用のあることが知られている⁵⁾。また、オーキシンはエチレンの生合成を促進し、エチレンはジベレリンと同様に光発芽種子の発芽を促すことが知られている⁶⁾。したがって、ユーストマやエキザカムでのオーキシンによる発芽所要期間の短縮はこれらの作用が相互に関与している可能性が考えられた。

サイトカイニンについては、セルリーで発芽促進作用が知られている⁷⁾。セルリーは、ユーストマやエキザカムと同様に光発芽種子であることから、本実験でみられた発芽所要期間の短縮効果は前述のジベレリンと同様な促進作用であると考えられる。しかし、サイトカイニンの発芽促進作用については明らかとなっていない点が多く⁵⁾、セル苗生産において積極的にこれを利用することは困難であると考える。

前述のように、セル苗生産において発芽率が高いことは重要な条件ではあるが、均一な苗の生産がセル苗の大きな特徴であることから、発芽揃いが良いことは生産効率の点からも重要な

要素となる。本研究において発芽特性がBタイプと判定されたエキザカムは発芽揃いが悪く、均一なセル苗を生産することが困難な植物であった。しかし、本実験結果からIAAあるいはGA₃浸漬処理によって発芽揃いが著しく良くなり、発芽所要日数も減少したことから、均一で良質なエキザカムのセル苗生産が可能となった。また、発芽率が著しく低く、発芽特性がDタイプと判定されたプリムラ・ポリアンサは、GA₃浸漬処理によって90%前後の発芽率となり、発芽特性もAタイプに改善できた。今後は、休眠解除効果あるいは光発芽種子での発芽促進効果がみられたジベレリンと、これとは作用点が異なると考えられるオーキシンあるいはサイトカイニンを複合して検討を加える必要があると考える。また、これらの生長調節物質で発芽促進処理を行ったものをセルトレーに播種し、発芽後の生育との関係についても明らかにする必要があると考える。

7) Biddington,N.L. and Thomas,T.H., 1976,
Physiol. Plant. 37:12-16.

引用文献

- 1) 山口隆, 1990, 農業技術ハンドブック第6章
花き・花木 : p. 437-438. 社団法人全国農業
改良普及協会.
- 2) 大川清・兼松功一・是永勝・狩野敦,
1990, 園学雑59別1:p. 498-499.
- 3) Mayer,A.M., 1982, The germination of seeds.
p.142-166, Pergamon Press Ltd., Germany.
- 4) Jones,R.L. and Stoddart,J.L., 1977, p.77-109.
In: Khan,A.A.(ed), The physiology and biochemistry
of seed dormancy and germination. North-
Holland Publishing Company, Amsterdam.
- 5) 藤伊 正, 1976, 植物の休眠と発芽. p. 55-
58, 東京大学出版会, 東京.
- 6) Ketring,D.L., 1977, p.157-178. In: Khan,A.A.
(ed), The physiology and biochemistry of seed
dormancy and germination. North-Holland
Publishing Company, Amsterdam.

トマトの閉鎖式養液栽培装置の開発

中島武彦・佐藤恵一・島 嘉輝
野菜・茶業試験場

Studies on closed hydroponic system in single-truss tomato

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

1. はじめに

第1果房のみを収穫するトマト1段栽培は慣行の長段栽培に比して1株当たりの収量が極端に少ないが、架台を用いた養液栽培にすると以下のよう長所を發揮させることができる。長所の第1は栽培期間が短く、かつ密植すれば年間総収量は長段栽培に勝るとも劣らないこと、第2は果実表面に直射光を当てることによって、かつ摘心後は果実当たりの活動葉数を多くすることによって高品質果が獲られること、第3は草丈が低いため作業姿勢が楽になること、交配、摘果や収穫などの管理作業において無駄な動きを省略する軽作業体系が確立できること、第4は暖房容積が小さくなること、かなりの低温でも果実が順調に肥大することから省エネ栽培が可能になること、第5は栽培期間が短く、病虫害が深刻になる前に収穫が完了すること、第6は掛け流し式養液栽培としたため連作障害が回避され、接ぎ木栽培を必要としないことなどである。一方、密植で作数を多くするほど大量の苗を必要とし、種子代や育苗資材費が高くなること、育苗管理や定植作業が煩雑になることなどの短所も併有するが、長所が短所を遥かに凌いでいることからトマト1段栽培は新しい栽培方式として活用できると判断し、これまでに掛け流し式養液栽培を基本とする1段トマト連続生産装置（図1）を試作している（中

島ら、1990）。しかし、給液し過ぎると余剰となる培養液（余剰液と略称）が増大するが、この量を制御する装置を装備していなかったため、余剰液は装置外に廃棄しなければならなかつた。そこで、本試験においては試作装置の給液機構に改変を加え、余剰液量を制限して有効利用する完全閉鎖型の養液栽培装置を開発する。

2. 材料及び方法

トマト‘桃太郎’（タキイ種苗）について8月16日に7.5 cm角のロックウールキューブに2粒ずつは種し、9月20日に11台の栽培コンテナに定植、9月27日に第1花房の上位1葉を残して摘心したものを供試した。栽培コンテナは市販のプラスチックコンテナ（内寸縦64cm・幅39cm・深さ13cm）の底に吸湿性の遮根シートを敷き、定植時にはその上に4個のロックウールキューブを縦1列に並べ、キューブの側面は発泡スチロールで蓋をしたものである（図2）。定植を完了した栽培コンテナは1段トマト連続生産装置にセットするが、通常は自動車組立工場の生産ラインのように、生育時期の異なるトマトを栽植した栽培コンテナを、コンベヤによって移送しながら栽培管理している。詳細に述べると、生産ラインの入口には必ず定植直後の栽培コンテナがセットされるため、生育の進

んだ栽培コンテナほど生産ラインの出口方向へ順次移送され、生産ラインの決められた地点ごとに摘心、交配、摘果、整枝・誘引等の栽培管理が施されるようになっている。そして、連続的に定植を繰り返すと生産ラインの出口には収穫がほぼ完了した栽培コンテナが到達し、出口から押し出される時にはトマトとロックウールキューブが廃棄されるが、他の資材は洗浄して再利用する。

これまでの給液機構（中島ら、1991）は図3のごとく、口径の異なる給液ノズルと水道水の希釈ノズルの組み合わせによって栽培コンテナごとに、換言すれば生育時期別に培養液の供給量と濃度を調整できたが、余剰液の排出量を制限することはでき

なかった。そこで、給液機構にフロートレススイッチ（オムロン社）、直動式電磁弁（CKD社）などを組み込んで余剰液制御装置を試作した。

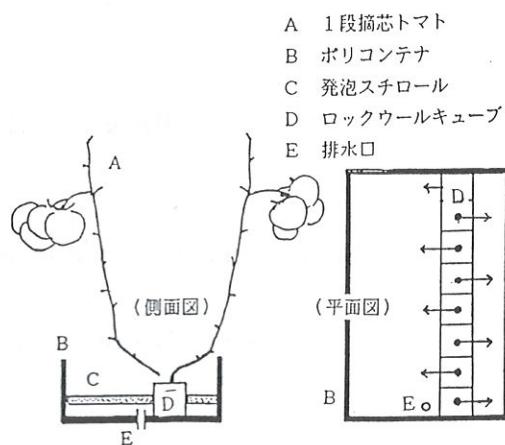


図1 栽培コンテナの概要図

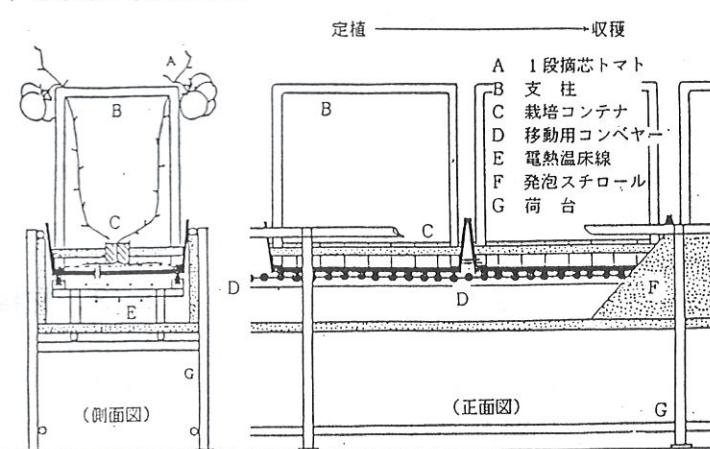


図2 1段トマト連続生産装置の概要図

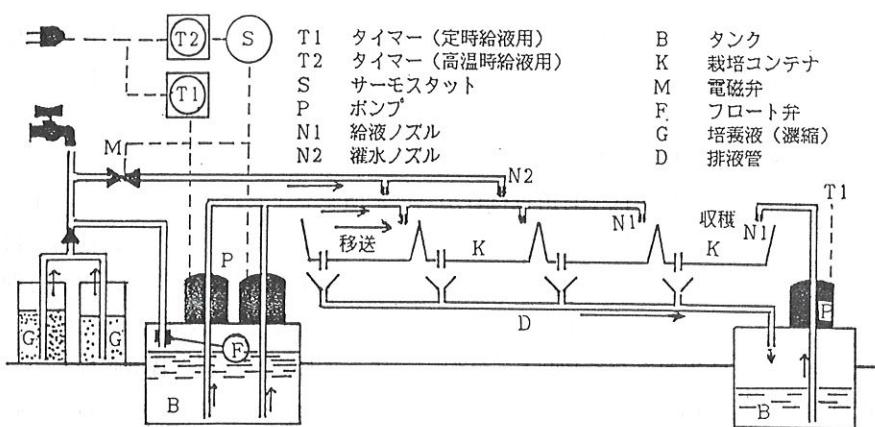


図3 従来の給液システム

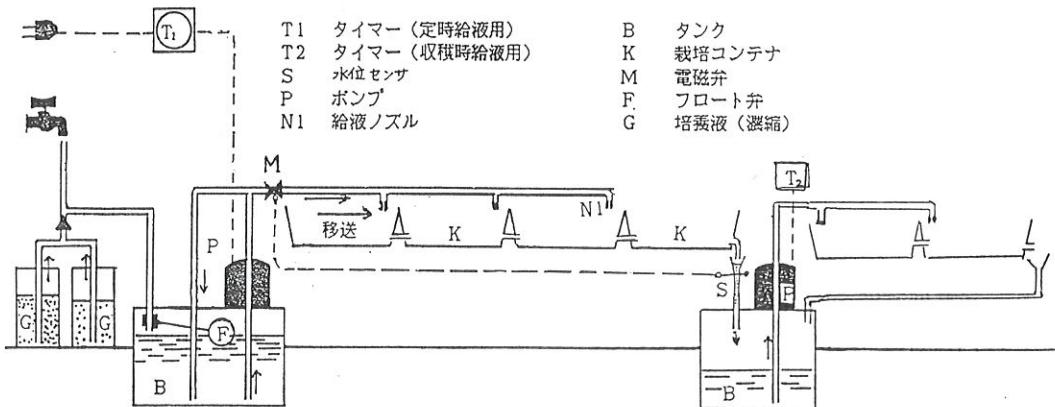


図4 新給液システム

3. 結果及び考察

改変前の給液機構はかけ流し養液栽培方式にすると大量の余剰液が流出する現象が認められたが、その最大の原因是培養液濃度を変化させるために口径の異なる給液ノズルと希釀ノズルを使用したためと推察された。つまり、口径の異なるノズルをセットすると生産ラインの位置によってノズルの総吐水量が大きく異なり、最も吐水量の少ない位置の栽培コンテナは慢性的な給液不足に陥り、この栽培コンテナの給液不足を解消するために給液時間を延長すると給液量の多い栽培コンテナから多量の余剰液が排出されたからである。また、東尾ら（1990, 1991）はトマトのロックウール栽培において培養液に食塩等の無機塩類を適当な時期に加えると収穫果が高糖度になること、ただし時期を誤ると果実肥大の抑制、尻腐れ果の多発などによって収量が激減することを報告している。また、収穫開始の1から2週間前に相当する着色始め以降の栽培コンテナについて培養液濃度を濃縮すると、高品質生産に有利となった（未発表）。

栽培コンテナ間の給液量の過不足を解消するために栽培コンテナの側面に内径8mmの培養液

連絡パイプを設け、栽培コンテナを連結した結果、連絡パイプを通して過剰の培養液が別の栽培コンテナに移動するため、給液量の過不足がかなり解消されること、また生産ラインの出口に向かって架台を徐々に低くすると、すべての余剰液が生産ライン出口の栽培コンテナに集まるので、この栽培コンテナの排出口にフロートレススイッチの電極棒をセットして余剰液の有無を感知すれば良いことがわかった。

今回考案した新給液機構は図4に示すごとく、栽培コンテナの排出口に余剰液トラップをセットし、トラップの水位が上昇すると電極棒によってフロートレススイッチが給液ポンプ側の電磁弁を閉鎖し、たとえポンプが稼動しても給液できないようにした。なお、電磁弁は余剰液トラップの水位が低下しないと閉鎖状態が継続するので、翌朝までに水位を低下させるバイパスを設ける必要があった。

余剰液は循環させずに別に用意した余剰液専用のタンクに集め、これをさらに濃縮して着色期以降の株に給液すると、収穫果は裂果が少なく、果肉の糖用屈折計示度も若干高くなるなど高品質生産には有利になることが認められた。開花直後から果実肥大期にかけて11台の栽培コンテナを連結し、すべての栽培コンテナに150

/分の給液ノズルを1個ずつセットし、早朝4時から7時半まで30分ごとに3分間ずつポンプを間断稼働させて給液した結果、平均給液量は15.6/日、平均余剰液量は給液量の約1割にまで制御することができること、この余剰液量は収穫期の栽培コンテナ1～2台分の吸収量にほぼ相当することなどが観測された。

1段栽培における全生育日数は季節によって異なり、高温期は85～88日、低温期（内張りカーテン1枚被覆）は150～160日になること、一方、収穫日数は高温期は9日程度、低温期は20～25日になることを認めていた（中島、1994）。実際には着色始めから余剰液を濃縮するが、それより1～2週間遅い収穫開始時から濃縮した余剰液を施用した場合、は種から収穫開始までの日数に対する収穫日数の割合は約8分の1となり、余剰液を排出しない育苗期（高温期5週間～低温期8週間）を除外すると定植から収穫開始までの日数に対する収穫日数の割合は約5分の1になる。定植から収穫直前までに放出される余剰液量は前述のごとく給液量の10分の1とすれば、収穫期間中の吸収量が定植から収穫始めまでの吸収量の半分としても充分消化できることが示唆された。

以上のことから、電極棒付きのフロートレススイッチ、電磁弁を組み込んだ新給液機構は余剰液量が少なく、かつ余剰液はむしろ濃縮して着色開始期以降の株に完全吸収させることができると判断された。なお、余剰液の消化状況については1段トマト連続生産装置で目下調査中である。

引用文献

- 1) 東尾久雄・岡田邦彦・亀野 貞（1990）：トマトのロックウール栽培における高品質化のためのサリニティの利用. 園学雑, 59別(2), 366-367.
- 2) 東尾久雄・岡田邦彦・亀野 貞（1991）：サリニティ効果を利用したロックウール栽培トマトの高品質化技術の開発. 園学雑, 60別(2), 282-283.
- 3) 中島武彦（1994）：園学雑, 63別(1), 発表予定中
- 4) 中島武彦・浜本 浩・島地英夫（1991）：1段トマトにおける新養液栽培システムの開発. 園学雑, 60別(2), 288-289.
- 5) 中島武彦・島地英夫・田中和夫・佐藤恵一（1990）：トマト1段密植栽培装置の開発. 日本植物工場学会平成2年度学術発表要旨集, 39-40.

冷夏、日照不足のカキに対する影響

松村 博行・新川 猛

岐阜県農業総合研究センター

Effects of the cool and little sun lights summer to Persimmon cv.Kaki.

Hiroyuki Matsumura and Takeshi Niikawa

Gifu prefectuer Agricultural Resurc Center

1. はじめに

平成5年の夏期は百年に一度という冷夏で、水稻作柄指数は岐阜県で88と極めて不作になつた。モモ、ナシ、ブドウ等の果実は収穫期が日照不足・長雨に遭遇し、低糖度・病害被害多発

のため市場での評価は曾つてない低いものであつた。しかし、秋期に日照が平年並となり、しかも比較的高温で経過したため、カキ果実の肥大は平年並で、果色の発現はやや早くなつた。

本報告では、カキの生育について平年と異なる「やわ果」の発生について、また日照不足に対する糖質の葉面散布の効果について報告する。

表1に示すように平成5年も暖冬で、4月に低温に遭遇し、萌芽～開花期は平年よりわずかに遅れ、収穫期まで果実肥大が平年並みで経過し、果色は平年より早くなり、小玉果となつた。

2. 冷夏・日照時間不足・多雨とカキの生育

「梅雨入り」は6月2日に宣言され「梅雨明け」は7月29日に出されたがその後取り消され梅雨のまま夏を経過した。カキにとって気温だ

表1 品種別生育相（岐阜農総研）

品種	年度	萌芽期	展葉期	新梢伸長停止期	開花期	収穫期	落葉期
富有	5年	4/5	4/24	5/7	5/28	11/20	11/25
	平年	3/28	4/16	5/20	5/28	11/24	11/28
西村早生	5年	3/24	4/17	5/6	5/27	9/25	11/18
	平年	3/24	4/13	5/20	5/24	9/30	11/22

表2 品種別果実肥大（岐阜農総研、果周cm）

品種	年度	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15
富有	5年	13.3	18.9	20.9	24.1	27.5
	平年	15.7	20.7	22.1	26.1	28.8
西村	5年	12.9	17.6	21.4	—	—
	平年	15.3	19.9	23.7	—	—

表3 「西村早生」の出荷量（岐阜経済連）

区分	9月上旬迄	10月上旬迄	10月中旬迄
西村	数量	250 t	683
	前年比	49%	49
美濃	数量	32	174
	前年比	47	45

表4 「富有」の出荷量

区分	11月上旬迄	11月中旬迄	11月下旬迄
数量	31万ケース	60	71
	前年比	59%	61

けからは必ずしも悪い条件とはいえない夏であった。最高気温は半旬値で30°Cを上回る事無く、最低気温は20°C程度で経過し、気温格差が少なく、カキの光合成及び転流には好条件であった。しかし、日照時間は極端に少なく、7月2半旬及び8月2半旬はほぼ0時間と光合成のエネルギーは不足した。

カキは過去の例から、3日連続して降雨が続

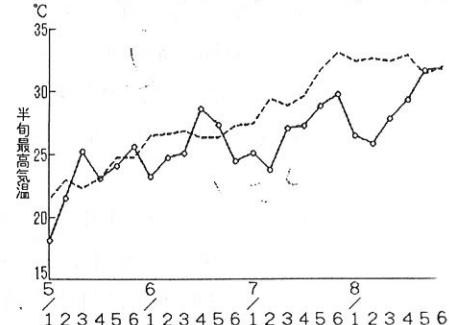


図1 平成5年の夏の最高気温(岐阜気象台)

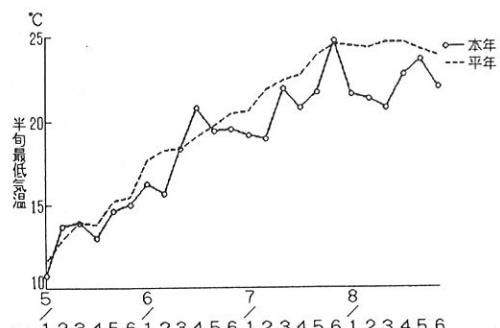


図2 平成5年の夏の最低気温(岐阜気象台)

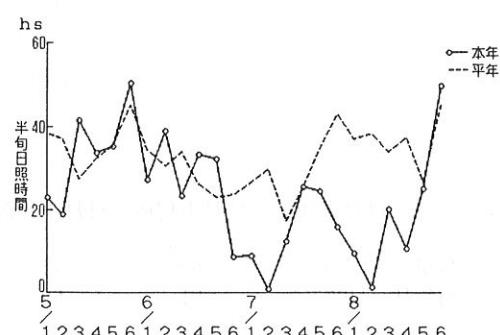


図3 平成5年の夏の日照時間(岐阜気象台)

表5 品種別生理落果率(岐阜農総研, %)

品種	86年	87	88	89	90	91	92	93
西村早生	—	—	3.7	20.7	18.9	6.2	6.1	4.5
富有	0.8	32.4	2.9	69.2	78.8	65.5	16.2	7.5
伊豆	—	—	28.9	80.0	79.8	20.4	54.3	15.0

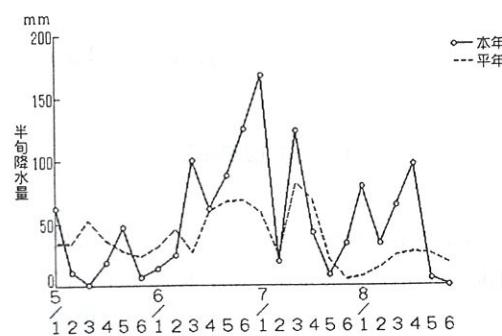


図4 平成5年の夏の降水量(岐阜気象台)

くと生理落果を始めるが、より連続して降雨が続くと生理落果は減少する。この現象が本年も観察されて、「富有」及び「伊豆」の生理落果は少なかった。

3. 「富有」のやわ果の発生

平年は11月上旬にごく少量のやわ果の発生を認めるが、5年は11月中旬まで発生が続き、発生の多い園では50%にも及んだ。果実の芯部に黒色の壞疽斑点を認め、その部分を分析したところ、Ca, Mn等の無機成分が多いことが明らかになり、長雨による土壤水分の過剰が原因と考えられる。また、礫土で平年は果実の肥大が劣る圃場で5年は大果が、多数収穫され、収穫が12月にも及ぶところが認められた。

4. 9月の「スペースエイジ」葉面散布で果色・糖度向上効果

8月中旬に日照不足を補うため、庶糖3%

表6 やわ果の発生(富有, 平成5年)

ば場	やわ果の発生率	ば場条件
センタ-	約1%	埴壌土 低地下水位 草生栽培
A園	49.7	埴壌土 高地下水位 草生栽培
B	1	埴壌土 高地下水位 裸地・地表排水
C	1	礫土 低地下水位 草生栽培

表7 果実芯部の成分比較(富有, 平成5年, %)

区分	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Al	Zn	Fe
芯腐	51.9	7.23	1.67	0.48	0.38	0.27	0.05	0.05
健全	26.3	2.14	0.73	0.04	0.16	0.05	0.00	ND

液の葉面散布を行なったが、ナシ・カキとともに外観・糖度にその効果は認められなかつた。しかし、「スペースエイジ」はイチゴで生育促進効果が認められているように9月から2回1,000倍液の葉面散布でも、カキ「富有」の収穫期に果色・糖度向上効果を認めた。これは、糖質の分子量の大小によるものと考えられる。

5. その他の1993年産カキの特徴

- (1) 窒素減肥による果色向上効果なし
- (2) 抑制栽培の果実 12月に急速に縮・軟化
- (3) 電照による長日効果なし
- (4) ヘタスキの大量・長期発生

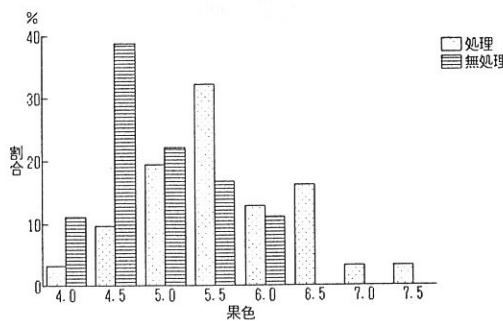
図5 スペースエイジの果色への効果
(岐阜農総研, 富有, 1993年)

表8 選果場別出荷量

選果場	出荷量(cs)	
	前年産	5年産
養老	6500	7200
大野	233000	153000
糸貫	228600	136500

表9 加藤泰一氏へのアンケート

年度	項目	竹畠	悪竹
平成5年	大玉	少	多
	薄墨果	少	少
	ヘタスキ	多	多
	芯腐	多	少

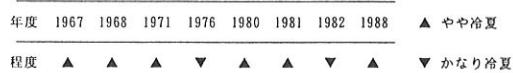
年度	項目	竹畠	悪竹
平年	大玉	多	多
	薄墨果	少	少
	ヘタスキ	少	多
	芯腐	無	中

(5) うどんこ病・落葉病の発生

(6) 汚損果の発生

6. 1992年までに発生した果実異常について

(1) 過去の冷夏



(2) 発生状況

品種	異常症名	発生時期	症状
富有	汚損果	1970~ 収穫期	果面に黒斑点
	薄墨果	1984, 1985 収穫期	果皮の内部に黒の色素集積、薄く黒ずんで見える。
	空洞果	1992 収穫期	果芯部が空洞になっている。
	芯腐果	1976, 1982 収穫期	大果で、早く果色が赤くなる果実の果芯部に黒色の壞死斑点が形成され、収穫後2~3日で完全に軟化する。 果頂軟化 1982~ 収穫期 果の進んだ果実の果頂部が軟化する。
松本	ヘタ枯れ	1971, 1976, 1980, 1981, 1982, 1988 収穫期	早く果色の進む果実のヘタ中央部が枯死、樹上で軟化又は収穫後2~3日で軟化。
早生			
富有	緑班症	1972 収穫期	果面の一部に薄いみどり色の斑点が僅かな簇みを伴って生じる。
西村	ヘタ枯れ	1957~ 収穫期	ヘタの周辺部が枯死し、次第に黒片する。 果肉黒変 1985 収穫期 果肉の一部に黒色の壞死斑点を生じ、収穫直前に落果する。
すじ果		1984~	果面に縦に白色の産んだ筋を形成する。

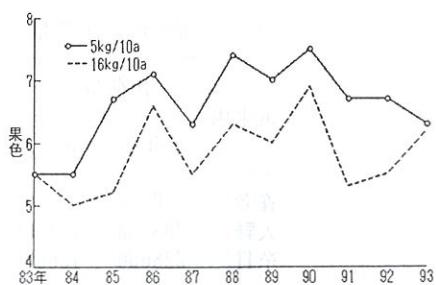


図6 窒素減肥と果色の関係の年次差
(岐阜農総研, 富有)

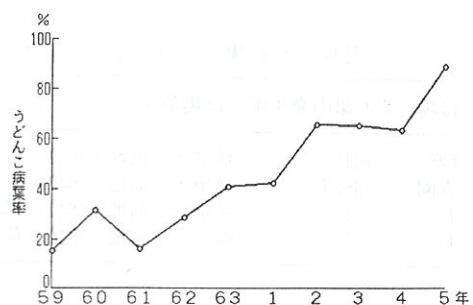


図10 うどんこ病発生の年次変動
(岐阜農総研, 富有)

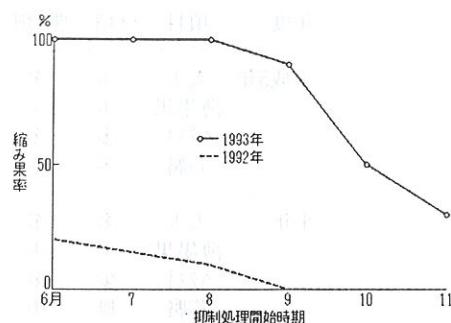


図7 縮み果発生の年次差
(岐阜農総研, 富有)

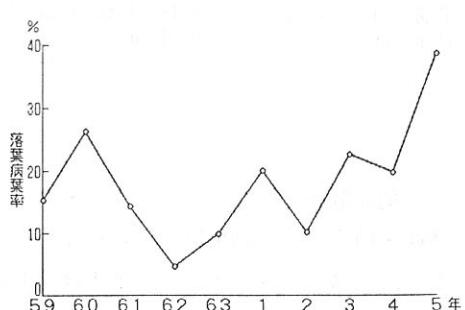


図11 落葉病発生の年次変動
(岐阜農総研, 富有)

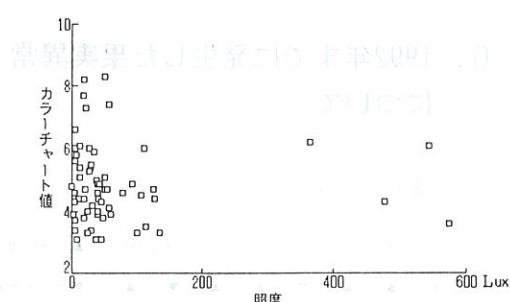


図8 電照と果色
(岐阜農総研, 富有, 1993年)

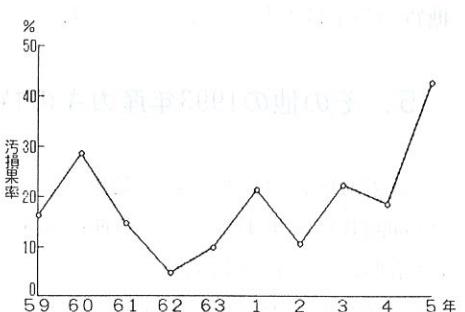


図12 汚損果発生の年次変動
(岐阜農総研, 富有)



図9 ヘタスキの年次変動
(岐阜農総研, 富有)

光・温度に対する植物の反応

高野 泰吉
名城大学農学部

Plant responses to light and temperature

Taikichi Takano
Coll. Agr., Meijo Univ.,

地球表面に到達している太陽放射は300～3,000nmの波長域に分布している。それらのうち、400nm以下の部分（紫外線）が太陽放射エネルギーの9%，400～800nmの部分（可視光線）が41%，800～3,000nmの部分（熱線）が50%であるという¹⁾。800nm以下の波長域；光エネルギーとそれ以上3ミクロンまでの波長域；熱エネルギーが1:1の割合になっている。気象の立場では、日射量と温度（熱放射）として扱われることが多いが、ここでは植物の反応から光と温度に分けて要点を述べる。

1. 光に対する植物の反応

光生物学の立場から $1 \sim 10^3 \text{ Wm}^{-2}$ の放射束密度の下で反応が進行する緑色植物の光合成がすべての生命にとって最も重要な生理過程である。つぎに $10^{-10} \sim 10^{-1} \text{ Wm}^{-2}$ の放射束密度の下で、動植物の発育（成長と分化）、行動に影響する過程である。この分野については農業気象の立場からの接近は少ない。

太陽から放射された光が大気中の H_2O , CO_2 , O_3 その他のガスによって特定の波長域が吸収されたり、反射して散光として地上に到達する。一例として名古屋で測定した日変化を示す²⁾（図1）。310nmくらいから800nmまでの波長が到達している。日中は紫外線の割合が高く、朝

夕は遠赤の割合が高い。この傾向は年変化をみても、夏季に紫外線の割合が高く、冬至の頃は遠赤の割合が高い。すなわち太陽高度によりスペクトル分布の割合が変化することを示す。

これらのうち高エネルギーで反応が進行する光合成に有効な放射（PAR）は400～700nmの光エネルギーを測定する。葉での吸収、透過、反射を考慮するとワットではこの作用スペクトルはこの範囲で一定といえるが、最近は光量子であらわすので、長波長側がやや高い台形となる。PAR密度の測定器はこれに合わせてあるから、その測定値を用いる。葉緑素の吸収スペクトルに対応させて考えるのは妥当でない。

各種のビニルフィルムがある。梨地は透過率が低いが、栄養成長が旺盛であった。しかし、

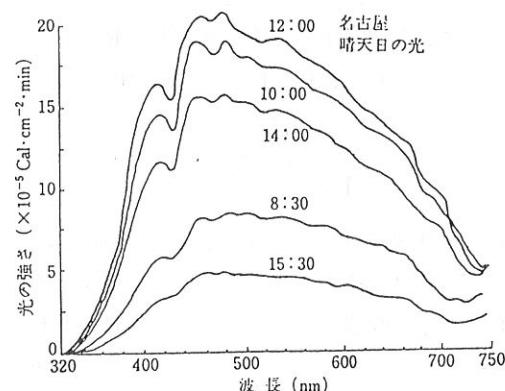


図1 太陽光の波長域とエネルギー分布の日変化
(高野原図)

果菜類（トマト）ではノービエース系の透明Bが果実収量をあげた。波長域からみると、400～490nmの割合が3%程度低いだけであるが、地上部重が透明Aや梨地の83%しかないので、収量は25%以上高くなつた。透過光率がほぼ等しく60%のビニルフィルム（透明A, B, で青色光域でやや低かった透明B被覆下で収量が高かつた²⁾。400～700nmのPAR密度だけでは説明できないと考える（図2）。

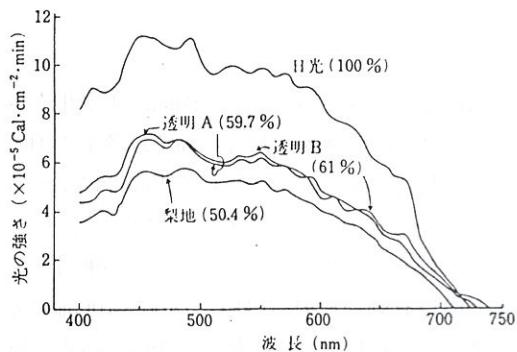


図2 ビニルハウスに透過した光のスペクトル分布（高野原図）

低エネルギー反応のうち、光周性（日長効果）や種子発芽など植物の光受容色素ファイトクロームについて、赤色光（R）660±5nmと遠赤（FR）730±5nmを測定することになっている。このとりきめは、Rの照射によりファイトクロームP_{fr}型が全ファイトクロームに対しどの位になっていることを分析によらず推定するためである。上述の方法で測定したR:FRの比をとすれば、P_{fr}/P_{total}の推定値 ϕ_c は

$$\phi_c = \frac{0.75}{1 + \frac{0.35}{\zeta}}$$

よって求められる [Smith & Holmes, 1977³⁾]。自然光や人工光、あるいは上位葉と下位葉（とくに群落下部）などにおけるR:FRを測定しておけば、ファイトクロームP_{fr}が推定できる（表1）。光合成を盛んにするために強い光を与えることは大切であるが、葉面積を確保するには赤色光を下位葉に補光する事が大切で

表1 赤色／遠赤光の比に依存した植物体
内ファイトクローム色素割合

	R : FR fr	P : P total
Midday light	0.91-1.17	0.59-0.62
Wheat canopy	0.21	0.33
Sugar-beet canopy	0.03-0.45	0.60-0.10
Incandescent	0.71	0.4-0.55
Fluorescent(day 1.)	13.5	0.76
Red light	20.1	0.8
Far-red light	0.002	0.04

（いくつかの報告から収集）

ある。まして、花芽分化やその発達を促すあるいは抑制するための日長調節には有効な波長（赤色光）を放射される必要がある。キクでは白熱灯が使われているが、カーネーションではこのランプで開花が促されるが、遠赤割合が高い条件となるので徒長する。長日処理には蛍光灯とくに赤色光を含むピンクのランプが使われるとともにアルミ又はシルバー蒸着のマルチが併用される（未発表）。天文日長+薄明（暮）30～60分が日長時間として有効である。とくに薄暮の時間にどのような波長の光源を与えるべきかは生産の目的によって異なる。End-of-day effectとして注目されている。ハーブのディル（イノンド）に対してはFR割合の高い白熱灯を日没直後から2時間補光することによって目的とする精油成分含量を高めることができたという〔Halvaら1992⁴⁾]。朝の日出前の青色光補光は嚙効果といわれ、気孔の開孔を促し、光合成・蒸散が促進されるといわれるが報告は少ない。

青色光(400～500nm)によって屈光性、気孔の開孔、蛋白合成、クロロフィル生成、シダ類の胞子発芽などの促進が知られている。まあ紫外線カットフィルムの利用によってある種の糸状菌の胞子形成阻害が明らかにされた。これによって土壤伝染性の立ち枯れ病、いちょう病の発生が防止され、ホウレンソウでは日持ちがよくなった⁵⁾。青色光吸収色素（BAP）は古くから指摘されているが、カロチノイド、フラビン、あるいはフラボプロテインなどが考えられ

ており、またファイトクロームの吸収もあるので、色素の特定ができない。最近はRed/Blueの割合も注目されている。またBAPの吸収はUV-Aの吸収も含まれることがあるので、広義のBAPに一括される見方もある。青色のビニルフィルムがイネの育苗に広く用いられているように蛋白合成ひいては成長促進に役立てられているが、長期間の使用は蛋白過剰のためか腐敗を招くので注意を要する。

紫外線カットフィルムが作られたとき、ナスの栽培ではアントシアニン生成が伴わず、紫外線透過フィルムの開発が検討された。アントシアニンの生成、 NO_3^- 還元酵素や CO_2 固定酵素の活性、クロロフィル濃度などがUV-A（光生物学では320~400nm）によって高められ、収量の増加をもたらすことがわかつてきた〔手塚ら1981~⁶⁾〕。

以上のように光条件を考えるさいに、光合成ばかりでなく発育（形態形成）に対しても配慮する必要があることを指摘したい。

2. 温度に対する植物の反応

温度は物質の状態とくに水の状態と密接な関係があり、状態変化が起こる温度で不連続な事象を示す（表2）。温帯植物の生活は15°C~30°Cの間に好適範囲がある。30°Cを超えると遺伝

分散が大きくなり、生育が不安定になる。36°Cに達すると呼吸が最高になり、見かけの光合成は差引き0の收支となる。36°C以上では蛋白の変成をひき起こし、高温障害をもたらす〔高野1991⁷⁾〕。これらは体温で示してあるので、風速：空気流動（蒸散）が不十分な条件（ハウス、温室）では、気温が27°Cを超えると体温とくに葉温が36°Cを超えることが多いので、換気や送風が必要となる。

温度に対する植物の反応は、直接的影響ばかりでなく、誘導、条件づけ、継代的な間接的影響（後作用）をあらわす。春化や休眠打破には一定期間の低温遭遇（または処理）が必要である。春化は誘導的性質のもので、種子あるいは幼苗が3~7°Cくらいの温度に4~8週間遭わなければならぬ。前述の光周性（日長効果）も誘導によるが、これは比較的早期に形態形成が観察できる。これに対し、春化処理の誘導効果は3~6ヶ月後にならないと出穂するのか座止するのかわからない。また、種子が低温で採取され続けると年々低い草丈の植物となり矮性を示す。継代的環境を及ぼすことになるが、好適温度に戻せば2~3年で高性に回復するので遺伝的に変わったのではないことがわかる。このように目前にある植物の温度に対する反応は、単に栽培期間の気温を観測するだけでは解析できないことがある。採種地の気温、多年生植物の休眠打破や開花などの研究においてまだ十分解明されていないことが多い。これらは、生物事象と不連続（転移）温度との関係や環境に対する反応のタイプを考慮する必要性を示している⁸⁾。多変量回帰の予測式作成を急ぐあまり、各変量の標準偏回帰係数によって要因

表2 水の状態変化からみた温度と生物の関係
(主としてDrost-Hansen, 1969による)

水の性質	転移温度 (°C)	生命現象
氷点(融点)	0	氷点下降(-1~-2°C)
最大密度	4	生理的密度(青果物貯蔵・休眠打破)
表面張力(変曲点)	15	春化上限・デンプン分解↑
水の分離圧極大		原形質流動・アリの歩行低下
ミセルサイズ下限		
IR吸収極小	30	植物の代謝バランス乱れ
水の分離圧極大	36	デンプン→糖化
水の比熱極小	36	呼吸最高
水の分離圧極大	45	タンパク変化
誘電率変化	45	みずみずしい生物致死
ポリマの吸着水極大	60	菌死滅
分離圧極大	75	ウイルス不活性化(乾燥種子の)
沸騰	100	

の重要度を把握できていないように思われる。

生理的過程に対して日本の気象・気候要因は温帶の欧米に比べ変動幅が大きく、1日のうちでも極大・極小の植物体温が生理的限界を超える場合がある。このような場合、湿度(飽差)も限界より外れることが多い。また熱帯の気温・植物体温より日本の夏季あるいは温室の気温・植物体温が高いことになることもしばしばある。それは植物の形態的差異もあるが主として風の強さによることが多い⁹⁾。何れにしても限界を超えた变量値をどう評価するかが課題となる。数学的モデルの美しさを感じながらも、腑に落ちないことが多い。

成長・発育からみると植物は昼夜の変温によって反応が促進又は抑制される。温度周期性といわれる。温度反応は好適温度以上では1日が23時間以下でよいし、低い温度では25時間以上必要になると考えられている。しかし自然状態では24時間なので、昼夜の変温が注目されるようになった。一つはWent(1944～)の考え方で、昼温を高く、夜温を低くする変温効果である。他は、MoeとHeins(1990)の考え方で昼温を低くし、夜温を高くするD I Fの処理である(濱本浩氏の記事参照)。

これとは別に植物の生活環のある段階において特定の温度要求をもつ長期温度周期性がある。花卉球根の促成温度処理は季節的温度変化を効率化したとみることができる。

現実的な温度管理の問題として地温や養液栽培の培養液温の保持に关心が寄せられている。冬季は地中加温や培養液加温によって暖房費が軽減される。根圈加温は、養水分吸収を盛んにして光合成、蒸散を高め、ひいては収量をあげることができる¹¹⁾。近年、夏季に地中冷却あるいは培養液冷却が試みられ、成果が認められてきた。高山植物のロックガーデンや養液栽培イチゴの夏どり栽培で実用化されている。この方法は夏季のハウス冷房の経費節減に役立っている。今後、環境調節や植物生理の立場から検討される必要がある。

3. むすび

光と温度に対する植物の反応について、大要を述べた。光については光生物学の研究が比較的最近進歩してきたので、波長域バランスを問題提起の形で示した。温度については研究が多いので、いくつかの見方、考え方をあげ、簡単な記述にとどめた。まとまりに欠けるが、何らかの参考になれば幸いである。

引用文献

- 1) Attridge, T.H. (1990): Light and plant responses. Edward Arnold 148 pp.
- 2) Takano, T. (1975): Sci. Rept., Fac. Agr., Meiji Univ. 11:6-13.
- 3) Smith, H. and Holmes, M.G. (1977): Photochem. Photobiol. 25:547-550 or Photomorphogenesis in plants. Ed. by Kendrick and Kronenberg (1986) Martinus Nijhoff, Dordrecht.
- 4) Halva et al. (1992): J. Herbs, Spices, and Medicinal Plants 1:59-67.
- 5) 本田 雄一(1989): 東北大遺伝生態研編, 環境変動と植物、微生物の生活。17-26。
- 6) 手塚 修文ら(1981): '91, '92 園芸学会発表要旨。
- 7) Drost-Hansen(1969): 高野泰吉(1991)園芸通論, 朝倉書店。
- 8) Lang, A. (1964): Environmental control of plant growth (Ed. by Evans) Academic Press 406-419.
- 9) Drake, B.G. (1969): see plant Physiology. Salisbury and Ross, 2nd Ed.
- 10) Went, F.W. (1957): The experimental control of plant growth. Chronica Botanica Co., Mass. 343 pp. or Amer. J. Bot. vol. 31-32, (1944)
- 11) Takano, T. (1991): Proc. Internat'l. Sympo. on Appl. Technol. Greenhouse. Beijing. 244-248.

D I F (昼夜温度差) と植物の生育に関する最近の研究

浜本 浩
野菜・茶業試験場

Recent studies on the effect of DIF on the plant growth

Hiroshi Hamamoto

National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea

はじめに

欧米では、1980年代末から、主に花き園芸の分野でD I F (昼温一夜温) を利用した生育制御が試みられている。ただし、花器や葉の生育に対するD I Fの影響は一部の植物でしか確認されておらず (Moe and Heins, 1990; Erwin et al., 1991) 、D I Fによる生育制御の試みは草丈調節が中心となっている。D I Fによる草丈調節は、現在、わい化剤等の生長調節剤の使用量を減らす手段として関心を集めている。また最近では、D I Fとともに、1日のある時間帯だけ温度を低下させて (Temperature drop) 草丈伸長を抑制させる方法が検討されるようになっている。ここではD I FおよびTemperature dropによる植物の草丈制御に関する最近の研究を紹介する。

D I F と植物の草丈・節間長

Erwin et al. (1989) はテッポウユリの開花時の草丈がD I Fが大きくなるに従い高くなり、同じD I Fをあたえたならば、ほぼ同じ草丈になったとしている。また、Erwin et al. (1991) はフクシアの節間長にも同様の傾向がみられたことを報告している (図1) 。ただし、この報告では昼温が25°Cを越えるとD I Fにかかわらず節間伸長は抑制されたとしている (図1の白丸の場合) 。

植物の草丈あるいは節間長 (胚軸長) が正のD I F ($DIF > 0$) で大きくなり、負のD I F ($DIF < 0$) で小さくなつたという例は他にも多数あるが、キク (Karlsson et al., 1989) 、ポインセチア (Berghage and Heins, 1991) 、キュウリ (Grimstad and Frimanslund, 1993; 浜本・小田, 1993) では同じD I F値でも日平均温度が違えば草丈や節間長は同じになつてない (図2) 。また、カンパニュラ (Moe, 1990) 、ポインセチア (Langton et al., 1992) 、キクおよびベゴニア (Cuijpers and Vogelegen, 1992) 、キクおよびトマト

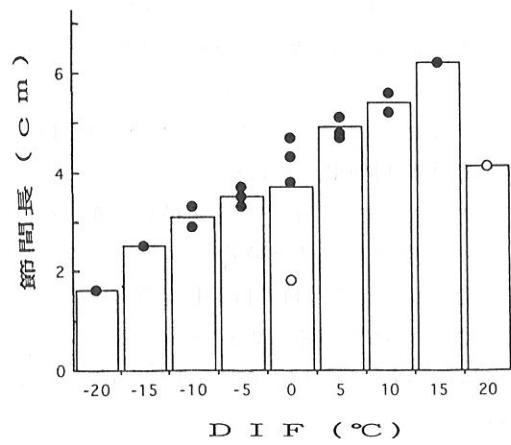


図1 フクシアの開花時における節間長とD I Fとの関係 (Erwin et al., 1991より)

気温は昼夜温それぞれ10, 15, 20, 25°Cの組合せと30/10, 10/30, 30/30°C (昼温/夜温)。ただし10/10°Cのデータはとっていない。棒グラフはD I F値ごとの平均値。丸印はそれぞれの温度処理区のデータ (白丸印は30/10°Cと30/30°C処理区のデータ)。

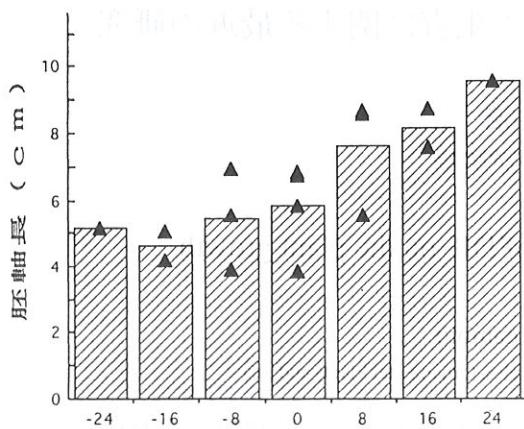


図2 キュウリの1葉期における胚軸長とDIFとの関係（浜本・小田, 1993より）

気温は明暗期温それぞれ14, 22, 30, 38°Cの組合せ。棒グラフはDIF値ごとの平均値。三角印はそれぞれの温度処理区のデータ。

(Bertram, 1992)に関する試験では、平均温度がほぼ一定の場合にはDIFの大小によって草丈や節間長の大小が変わったとしているが、処理数の少なさからそれ以上のことはわからぬ。なお、ポインセチア (Langton et al., 1992)に関する大きな負のDIF (-12°C DIF)では効果がなかったという条件つきである。Mortensen and Moe (1992a; 1992b)は花壇用のベゴニア、インパチエンス、ペチュニア、サルビア、ゼラニウム、バラでは負のDIFの草丈抑制効果がみられたという。

一方、ここまで述べてきた植物と異なるDIFへの反応をみせた植物にカラシコエがある。カラシコエでは負のDIFで草丈が大きくなつたとされている (Mortensen and Moe, 1992a; 1992b; Cuijpers and Vogelegen, 1992)。

DIFの生理的作用

Erwin et al. (1989)は、DIFはジベレリンの合成もしくは活性に働いて植物の草丈に影響するのではないかと述べている。彼らは

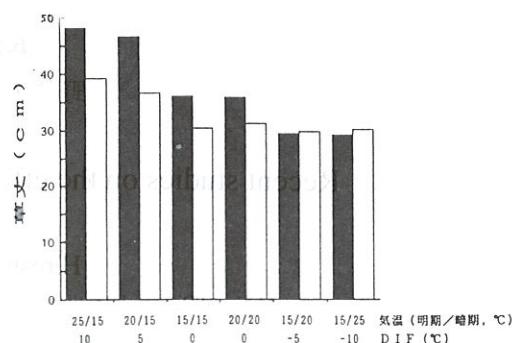


図3 アンシミドールによるテッポウユリ草丈の伸長抑制効果とDIF (Erwin et al., 1989より)

黒の棒グラフはDIF処理のみ。白の棒グラフはDIF+アンシミドール0.5 mg処理。

ジベレリン生合成阻害剤のアンシミドールをあたえたテッポウユリに数種類のDIF処理を行い、アンシミドールによる草丈の伸長抑制が正のDIFで大きく、負のDIFではみられないことを示した(図3)。この結果、彼らはDIFと内生ジベレリンレベルに強い相互作用があると考えた。つまり、正のDIFをあたえられた植物は活性をもつ内生ジベレリン量が多くなるのでジベレリン生合成阻害の影響が強く、負のDIFをあたえられた植物はもともと内生ジベレリンの量が少ないので生合成阻害の効果がほとんどなかつたと考ようである。

表1 植物の光質に対する反応とDIFに対する反応の比較 (Moe and Heins, 1990より)

植物の反応	光 源		DIF	
	赤色光	遠赤色光	負	正
茎の伸長	-	+	-	+
葉の傾き	-	+	-	+
上向き	-	+	-	+
下向き	+	-	+	-
葉のクロロ	-	+	+	-

-は抑制 +は促進

Moe and Heins (1990) は植物の正のD I Fに対する反応が遠赤色光に対する反応に、また負のD I Fに対する反応が赤色光に対する反応に似ている部分が多いことから（表1）、D I Fがフィトクロームの活性に影響するのではないかとしている。しかし、葉のクロロシスなどD I Fに対する反応と光質に対する反応が異なる事象もあり、D I Fとフィトクロームとの関係を断言するのはまだ早いように思える。

Temperature dropと 植物の草丈・節間長

Temperature dropは植物をわい化させる手段として検討されている。温度のあたえ方は日中温度を下げる方法と日の出前に温度を上げる方法が多い。日中温度を下げる方法では、処理の時間帯や継続時間についても検討が加えられている。

ポインセチア、サルビア、インパチエンス、ペチュニア (Langton et al., 1992)、そしてトマト (Gertsson, 1992)において、日中前半（午前）の降温が効果的であったという報告がされている。また、ゼラニウムには日中前後半とも降温の効果があったという報告がある (Langton et al., 1992)。日の出前の昇温が効果的であったという例にはベゴニアとゼラニウムに関する報告 (Mortensen and Moe, 1992a) がある。

D I Fの効果に対する筆者の考え方

筆者らは、同じD I Fをあたえたキュウリ胚軸長にばらつきが大きかったことから（浜本・小田, 1993、図2参照）、D I Fそのものによって胚軸伸長が制御されているのではないかと考えている。我々の考えは、伸長量がピークを迎える温度、もしくは伸長への温度の影響力が明暗期で異なるため、結果的にD I Fが伸長制

御に働いているようにみえるというものだ。もちろん、すべての植物、あらゆる温度域においてこれらが成り立つわけではないので、D I Fによる草丈制御を試みる場合には、対象植物と管理する温度の範囲を吟味しなければならないだろう。

植物生理へのD I Fの影響も、これを明暗期温度の影響の組合せに置き換えて、ある程度うまく説明できるのではないかと考えている。ただし、人工環境下での試験では、明暗期の切り替え時に急激な温度変化をさせる（してしまう）ことがよくあるが、この影響は別に考える必要があると思う。

Temperature dropの効果については、筆者自身はこれを試した経験がないのでなんともいえないが、D I Fと同様に考えていい部分も多いのではないかと思う。

おわりに

アメリカの雑誌 “GREENHOUSE GROWER” (1990) が一般向けD I Fの解説書を出版しているが（大川・古在訳, 1992）、この本ではゼロ、あるいは負のD I Fを花きのわい化に利用している生産者たちが紹介されている。温度管理については、施設内を早朝2時間程度は夜間より確実に低温にし、あとはなるべく低い温度を保つという、D I Fとtemperature dropを組み合わせたような方法を用いている生産者が多いようだ。D I Fやtemperature dropに植物に対しての生理的な意味合いを持たせることはともかく、これらに管理指標としての価値があることは（植物の種類を選ぶ必要はあるだろうが）実際の栽培に応用されていることからも窺えよう。

引用文献

- 1) Berghage, R.D. and Heins, R.D., 1991: Quantification of temperature effects on stem elongation in poinsettia. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.*, 116, 14-18.
- 2) Bertram, L., 1992: Stem elongation of Dendrathema and tomato plants in relation to day and night temperature. *Acta Hort.*, 327, 61-69.
- 3) Cuijpers, L.H.M. and Vogezelzang, J.V.M., 1992: DIF and temperature drop for short-day pot plants. *Acta Hort.*, 327, 25-48.
- 4) Erwin, J. E., Heins, R.D. and Karlsson, M. G., 1989: Thermomorphogenesis in *Lilium longiflorum*. *Amer. J. Bot.*, 76, 47-52.
- 5) Erwin, J.E., Heins, R. D. and Moe, R., 1991: Temperature and photoperiodeffects on *Fuchsia × Hybrida* morphology. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 116, 955-960.
- 6) Gertsson, U. E., 1992: Influence of temperature on shoot elongation in young tomato plants. *Acta Hort.*, 327, 71-76.
- 7) GREENHOUSE GROWER, 1990 : In "Control Plant Growth With Temperature" (邦訳; 大川清・古在豊樹, 1992 : "D I Fで花の草丈調節", 農文協, 87pp.) .
- 8) Grimstad, S.O. and Frimanslund, E., 1993: Effect of different day and night temperature regimes on greenhouse cucumber young plant production ,flower bud formation and early yield. *Scientia Hortic.*, 53, 191-204.
- 9) 浜本 浩・小田雅行, 1993 : 明暗期の気温差がキュウリ胚軸の伸長におよぼす影響. 園学雑, 62別2, 326-327.
- 10) Karlsson, M.G., Heins, R.D., Erwin, J.E., Berghage, R.D., Carlson, W.H and Biernbaum, J.A., 1989: Temperature and photosynthetic photon fluxinfluence chrysanthemum shoot development and flower initiation under short-day conditions. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.*, 114, 158-163.
- 11) Langton, F.A., Cockshull, K.E., Cave, C.R.J. and Hemming, E.J., 1992: Temperature regimes to control plant stature: Current UK R&D. *Acta Hort.*, 327, 49-59.
- 12) Moe, R., 1990: Effect of day and night temperature alternations and of plant growth regulators on stem elongation and flowering of the long-day plant *Campanula isophylla* Moretti. *Scientia Hortic.*, 43, 291-305.
- 13) Moe, R. and Heins, R.D., 1990: Control of plant morphogenesis and flowering by light quality and temperature. *Acta Hortic.*, 272, 81-89.
- 14) Mortensen, L.M. and Moe, R., 1992a: Effects of various day and nighttemperature treatments on the morphogenesis and growth of some greenhouse and bedding plant species. *Acta Hort.*, 327, 77-86.
- 15) Mortensen, L.M. and Moe, R., 1992b: Effects of CO₂ enrichment and different day/night temperature combinations on growth and flowering of *Rosa* L. and *Kalanchoe blossfeldiana* v.Poelln. *Scientia Hortic.*, 51, 145-153.

支 部 報 告

○平成5年度総会

平成5年度総会を8月4日に野菜・茶業試験場にて開催し、平成4年度の事業及び会計報告が了承され、平成5年度の事業計画と予算が承認された。

○平成5年度シンポジウム

総会後、「温度調節と作物の生育」を課題としたシンポジウムを開催した。名城大学の高野泰吉氏、野菜・茶業試験場の濱本浩氏が話題提供を行った。

○見学会

武豊二ツ峯カーネーション園地、糀山農園（コチョウラン）を見学した。

○平成5年度研究発表会

12月1日岐阜大学にて、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。

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。ワープロで作成した場合には、フロッピィディスクを添付して下さい。

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

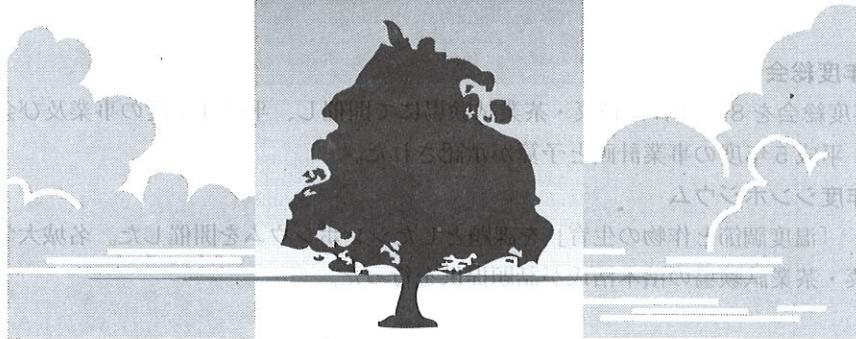
日本農業気象学会東海支部 編集幹事 島地英夫

発行所：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内

日本農業気象学会東海支部

郵便振替口座 名古屋 4-26195

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
- 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。

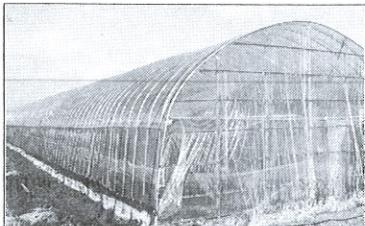
東海物産株式会社 本社 TEL(0593)26-3931



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、病虫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

ベタつかない紫外線カット農ビ

カットエーストンネル用

三菱化成ビニール株式会社

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(図)をフルーツでプリントしております。

DOS/Vパソコンで 計測と制御

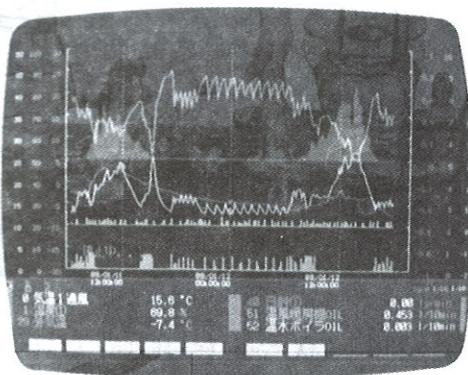
DOS/V対応型データロガーソフト

DLV/200

制御も
できる!!

新発売

DLV/200(DOS/V用)、DL/200(PC-9800用)
は、GreenKitシリーズと組み合わせて、短時間
間で各種の計測と制御システムを構成できます。



●画面作図と同時に高速グラフプリントも可能です。

インテリジェント型計測制御インターフェース **Green Kit 100/Green Kit 80**



Green Kitシリーズは、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。

環境計測と制御の

ESD

Electronic Systems Development

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

ハウスドラマはホームドラマのように温かい。

昼となく、夜となく温かい。
これがサンクリアです。

保温力強化三井農ビ

サンクリア



夜の保温力も自信があります。

ハウス内の夜温を少しでも高く保ちたい。

冬のハウス内温度、地温も高く保ちたい。

そんな営農家のための農ビ——サンクリア。

ハウス内の温かい時間を作りあげ、

昼夜優れた保温力で作物の健全な生育、

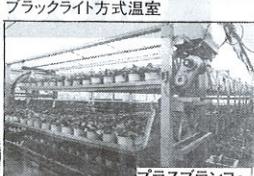
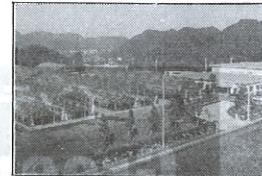
実りを、お約束します。



三井東亞化学

人に、作物にやさしい 快適植物 栽培環境 づくりを実現します。

当社は、温室施設・環境管理、栽培システム、バイオ、微生物資材など作物にやさしい最適な栽培環境、そして人にやさしい快適な作業環境づくりに取り組み、高度化、多様化するニーズにお応えしています。



※レインシャワー



株式会社 山本産業

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

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

※防除・灌水・搬送作業の3つの機能をもった自走式多目的システムです。

M Hydroponics

新登場!!

AGRI FASHION
農業
AGRI DESIGN

イチゴの多段栽培技術確立!!



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 ☎05675(2)2401(代表) 〒490-14
関東営業所/千葉県船橋市東船橋3丁目45番2号-101 ☎0474(23)5061 〒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に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。

〒113-91 東京都文京区本郷5-30-15 養賢堂
発行所 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。

卷末に索引を掲載。

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ュカルチャー	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