

高温による花きの生育障害機作の解明と対策技術の開発（プロジェクト研究成果シリーズ298）

誌名	高温による花きの生育障害機作の解明と対策技術の開発
ISSN	
著者名	農林水産技術会議事務局
発行元	農林水産技術会議事務局
巻/号	298号
巻号補足	
掲載ページ	p. 1-80
発行年月	1995年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



高温による花きの生育障害機作の 解明と対策技術の開発

農林水産技術会議事務局

高温による花きの生育障害機作の 解明と対策技術の開発

1995年 3 月

序 文

この研究成果シリーズは、農林水産技術会議事務局が関係試験研究機関の協力を得て推進した特別研究、別枠研究、又は複数の試験研究機関が共同で推進したその他の農林水産関係試験研究の最新の成果を研究、行政等の関係者に総合的かつ体系的に報告することにより、今後の研究と行政の効率的推進等に資することを目的として刊行するものである。

この第298集「高温による花きの生育障害機作の解明と対策技術の開発」は、農林水産技術会議の特別研究として、平成2年度から平成4年度までの3か年にわたり、野菜・茶業試験場が中心となり、沖縄県農業試験場園芸支場の協力を得て共同で実施した研究の成果を取りまとめたものである。

我が国の花き生産は、近年のおう盛な花きの需要増に対応して順調な発展を遂げてきたが、一方では海外からの輸入も急増しており、国際的な産地間競争ならびに品種開発競争が激化しつつある。今後は、省力化、周年生産化等をいっそう促進することにより、国際化に対応しうる低コスト生産体系を確立することが極めて重要となっている。

本研究では、我が国の花き生産においても最も重要な問題の一つである夏季の高温対策について、とりわけ高温障害の影響が大きい切り花、鉢物花き、花壇用苗物等の施設利用型花きについて、耐暑性機構の解明と高温障害防止技術の開発を進め、周年・低コスト・良品生産技術の確立に資することを目的として実施されたものである。

この研究成果は、今後における農林水産関係試験研究及び行政を推進する上で貴重な知見を与えるものと考えるので、ここに本書を刊行して広く関係者の参考に供する次第である。

終わりに、この研究を担当し推進された方々の労に対し、厚く感謝の意を表するものである。

平成7年3月

農林水産技術会議事務局長

山 本 徹

目 次

研究の要約	1
第1章 主要花きの高温下における生育特性の解明	4
1. 高温下における生育特性の解明	4
(1) 高温下におけるキクの生育特性の解明	4
(2) 高温下におけるカーネーションの生育特性の解明	7
(3) 高温下におけるバラの生育特性の解明	12
(4) 高温下におけるファレノプシスの生育特性の解明	15
(5) 高温下におけるデンファレの生育特性の解明	20
2. 生理的高温ストレス回避物質の探索	26
(1) キクの高温ストレスとアブシジン酸との関係	26
(2) 高温ストレスとサイトカイニン類との関係	28
第2章 主要花きの高温下生産力向上技術の開発	36
1. 高温下生産力簡易検定法の開発	36
(1) キ ク	36
(2) カーネーション	38
(3) バ ラ	43
(4) ラン類	46
2. 耐暑性品種・系統のスクリーニングによる育種素材化	50
(1) キ ク	50
(2) カーネーション	54
(3) バ ラ	57
(4) ラン類	58
第3章 高温下における生産管理システムの開発	63
1. 高温下における花きの生理・生態反応の解析に基づく生産性向上技術の開発	63
(1) 遮光用資材の利用による生産性向上技術の開発	63
(2) 遮光方法の改善による生産性向上技術の開発	66
(3) 反射フィルムマルチなどによる生産性向上技術の開発	72
2. 高温下における環境制御のシステム化	74
(1) 環境制御のシステム化	74

研究の要約

I 研究年次及び予算

研究年次：平成2年度～平成4年度（3か年）

予算区分：農林水産技術会議特別研究

II 主任研究者

主 査：野菜・茶業試験場長

山川 邦夫（平成2年度～平成4年度）

村井 敏信（平成4年度）

副主査：野菜・茶業試験場花き部長

川田 穰一（平成2年度）

国重 正昭（平成2年度～平成4年度）

天野 正之（平成4年度）

とりまとめ責任者：野菜・茶業試験場花き部長

天野 正之

III 研究場所

国立研究機関：野菜・茶業試験場

委 託 機 関：沖縄県農業試験場（園芸支場）

IV 研究目的

1 主要花きの高温下における生育特性の解明

主要花きとして、キク、カーネーション、バラ、ラン類を取り上げ、それぞれの高温下における生育特性を物質生産と生長・発育及び高温ストレス回避物質の面から解析して、栽培管理並びに育種に有用な情報を摘出し、花きの高品質・周年低コスト生産技術の開発に役立てる。

2 主要花きの高温下生産力向上技術の開発

主要花きであるキク、カーネーション、バラ、ラン類のそれぞれの耐暑性（高温下生育開花性）に関わる高温下生産特性の簡易検定法を開発する。さらに、これをもとにして、既存品種や近縁種の中から耐暑性の高い品種・系統をスクリーニングして高温下生産力の高い品種選定基準を設定し、耐暑性を向上させるための育種素材を作出する。

3 高温下における生産管理システムの開発

高温強光下における生育促進・障害回避を目的とした遮光資材の選定基準を作成するとともに、遮光方法の改善を行う。また根域環境の改善のために、反射マルチや根域冷房などの利用技術を確認する。さらにコンピュータを利用して環境制御のシステム

化を図る。

V 研究方法

1 主要花きの高温下における生育特性の解明

C₃型花きのキク、カーネーション、バラ並びにCAM型のファレノプシス、デンドロビウム・ファレノプシス（以下デンファレ）について、高温の影響を光合成速度、乾物生産の点から明らかにするとともに、発育に対する影響を明らかにする。

また、キクについては、内生のアブジジン酸並びにサイトカイニンの消長を明らかにする。

2 主要花きの高温下生産力向上技術の開発

キク、カーネーション、バラ、デンドロビウムの高温下での生産力低下要因は花きの種類ごとに異なるので、それぞれの作物に適した生産力の簡易検定法を開発する。さらに、それぞれの作物ごとに開発された簡易検定法に基づき、耐暑性に優れる品種・系統をスクリーニングする。

3 高温下における生産管理システムの開発

近年開発が進んでいる種々の遮光資材の特性と花きの生育の関係を解析し、それらの利用法に関する基礎知見を得る。また、反射フィルムマルチや根域冷房を活用し、高温期の生育改善技術を開発する。さらに、花き類の生育と葉温等との関係をモデル化し、コンピュータを用いた制御システムの開発を行う。

VI 研究結果

1 主要花きの高温下における生育特性の解明

各花きごとに高温下における生育特性について明らかにした主要な点は、以下のとおりである。

①キク：高温下で開花遅延程度の小さい夏秋ギク型品種と開花遅延程度の大きい秋ギク型品種では、光合成速度並びに乾物生産量に差は無く、キクでは高温の影響は生殖生長に強く現れると判断された。また、高温期における秋ギク型品種の開花遅延は花芽の発育遅延によるものであり、短日処理開始後2～4週の高温が開花遅延に対して特に強い影響を及ぼすことが明らかとなった。

②カーネーション：高温下では、光合成速度、乾物生産、地下部活力、養分吸収が低下し、収量や品

質の低下をもたらす。そして、高温に対する対策としては、反射フィルムマルチによる地表面のマルチ、夏期における散光化被覆資材の利用、根域温度の低下などが有効であった。

③バラ：光合成速度は30℃では20℃よりも明らかに低下し、その程度には品種間差が認められた。高温下での短花茎の発生は光合成の低下だけによるものではないと判断された。

④ファレノプシス：CO₂固定量は気温の上昇とともに低下すること、高温期にCO₂固定量は増加せず、最低12時間の暗期が必要なことが明らかになった。また、CO₂収支からみた適日射量は300～500μmol/s・m²程度であった。

⑤デンファレ：高温下では、光合成速度、リードバルブの成長・肥大、収量、品質が顕著に低下した。高温に対する対策として、遮光と換気が有効であることを明らかにした。

また、キクの内生アブシジン酸濃度は耐暑性の大きい品種で高く、耐暑性の小さい品種で低い傾向が見られたが、生育時期や期間によって様相は異なった。一方内生サイトカイニンには主にリボシルゼアチン及びゼアチンで、耐暑性が大きいと根部における機能が增大し、地上部との補完機能が維持されると判断された。

2 主要花きの高温下生産力向上技術の開発

高温下生産力の簡易検定法について、キクでは適日長限界値を指標とする検定法、カーネーションではリーフディスクのエチレン生成量による高温下での花持ち性の検定法、バラでは短花茎とブルヘッド並びにベントネックの発生程度による検定法、デンドロビウムではリードバルブの萌芽性による検定法、をそれぞれ開発した。

これらの検定法を用い、キク、カーネーション、バラ、デンドロビウムのそれぞれについて、素材のスクリーニングを行った。

3 高温下における生産管理システムの開発

遮光資材の物理的特性を把握するための測定装置を開発した。この装置の測定値は再現性が高く、また実際の葉と比較してもその計算値は妥当であり、遮光用資材の評価や選定に利用可能である。

2枚の遮光資材を用い4段階の遮光率を設定できるコンピュータ制御による可動式の遮光制御方法を開発し、鉢花の物質生産に好適な条件を維持できる

時間が長いという優れた方式であることが確認された。

反射フィルムマルチ及び散光化資材による被覆、根域の低温管理はカーネーションの高温障害回避に有効な生産技術であることを実証した。

温室内外での熱・水分収支シミュレーションプログラム、葉温推定プログラムを開発し、葉温を指標とした制御可能な細霧冷房制御プログラムを開発した。

Ⅶ 今後の問題点

1. 主要花きについて、高温が物質生産や発育に及ぼす影響が明らかになったが、高温障害発生の生理的メカニズムについては不明であり、今後の研究の進展が望まれる。

2. 花きの品種は多く、また生態的特性も多様である。この特別研究では主要品種について検討を行ったが、生態的特性については今後とも解析する必要がある。また、花きは種類が多く、他の花きについても適宜、継続して研究を行っていく必要がある。

Ⅷ 研究発表

- 1) 池田広・清水明美・梅田清彰：短日処理開始後の時期別高温処理がスプレーギクの開花、花色に及ぼす影響。園学雑。60(別2)。548—549。(1991)
- 2) 佐藤恵一・島地英夫・田中和夫・中島武彦：葉面上の直達光受光領域の解析。農業気象学会・生物環境調節学会合同大会講要。190—191。(1990)
- 3) 佐藤恵一・島地英夫：細霧冷房による温室内の気温制御。農業気象学会1992年度講要。138—139。(1992)
- 4) 篠田浩一・須藤憲一：デンドロビウムの発育生理に関する研究(第9報)止め葉発生後の温度条件が開花並びに炭水化物含量に及ぼす影響。園学雑。59(別2)。680—681。(1990)
- 5) 篠田浩一・須藤憲一・伊藤英和：デンドロビウムの発育生理に関する研究(第10報)BA並びに温度条件がリードバルブの萌芽・生育に及ぼす影響。園学雑。60(別2)。474—475。(1991)
- 6) 須藤憲一：ファレノプシスの炭酸ガス代謝に及ぼす光環境の影響。園学雑。62(別1)。380—381。(1993)

- 7) 山口隆・斉藤哲：切り花生産における日射エネルギーの効率的利用技術に関する研究（第5報）カーネーションの遮光条件下における反射フィルムマルチの増収効果，園学雑，59（別2），594—595，(1990)
- 8) 山口隆・今村仁：切り花生産における日射エネルギーの効率的利用技術に関する研究（第6報）カーネーション個葉の光合成に及ぼす葉の受光面・光強度・葉緑素含量の影響，園学雑，59（別2），596—597，(1990)
- 9) 山口隆・小野崎隆：切り花生産における日射エネルギーの効率的利用技術に関する研究（第8報）反射フィルムマルチ栽培下における散光がカーネーションの生育・収量・品質に及ぼす影響，園学雑，60（別2），554—555，(1991)

IX 研究担当者

第1章 野菜・茶業試験場

池田広，清水明美，山口隆，小野崎隆，平田良樹，山口博康，須藤憲一，篠田浩一，野中瑞生，今村仁

沖縄県農業試験場

関塚史朗

第2章 野菜・茶業試験場

池田広，清水明美，山口隆，小野崎隆，伊東明子，平田良樹，山口博康，久松完，須藤憲一，篠田浩一

第3章 野菜・茶業試験場

山口隆，小野崎隆，伊東明子，須藤憲一，篠田浩一，中島武彦，島地英夫，佐藤恵一，杉本光穂

第1章 主要花きの高温下における生育特性の解明

1. 高温下における生育特性の解明

(1) 高温下におけるキクの生育特性の解明

ア 研究目的

キクの周年生産において、夏期の高温は大きな阻害要因である。そこで本研究では、高温が光合成、花芽の分化・発育、花色の発現に対して及ぼす影響を検討した。

イ 研究方法

実験1：光合成速度

夏秋ギク型品種として、‘精雲’、‘天寿’、‘サマークイン’、‘コスチューム’、の4品種、秋ギク型品種として、‘秀芳の力’、‘金丸富士’、‘ドラマチック’、‘ジェム’、の4品種を供試した。定植後5～6週間後の植物体を用いて、同化箱法により光合成速度を測定した。測定条件は茎頂部分で35klx、通気量は20ℓ/分とした。

実験2：花芽の発育

供試品種は‘サマークイン’のかわりに‘シナノピンク’を用いたほかは実験1と同じである。深夜4時間の暗期中断を行って養成した株を、7月19日から12時間日長条件に移し、3～4日ごとに花芽の分化・発育状況を毎回5個体ずつ実体顕微鏡で観察した。

実験3：花色の発現

秋ギク型品種の‘ジェム’、‘アクセント’、夏秋ギク型品種の‘シナノピンク’を供試した。深夜4時間の暗期中断を行って養成した株を、昼温/夜温を30/25℃、30/15℃、20/15℃に設定した12時間日長の小型チェンバーに搬入して開花させた。頂花開花時に舌状花卉の花色をカラーアナライザーで測定した。

実験4：生育ステージ別の高温の影響

秋ギク型品種の‘ジェム’、‘パーリアメント’、‘アグロー’、‘レッドネロ’の4品種を供試した。深夜4時間の暗期中断を行って養成した株を12時間日長に移し、短日処理開始と同時に各品種ともに1栽培箱を1週間ずつ最高気温35℃、最低気温25℃の高温処理を行い、開花反応期間、開花時の花色を調査した。

ウ 結果及び考察

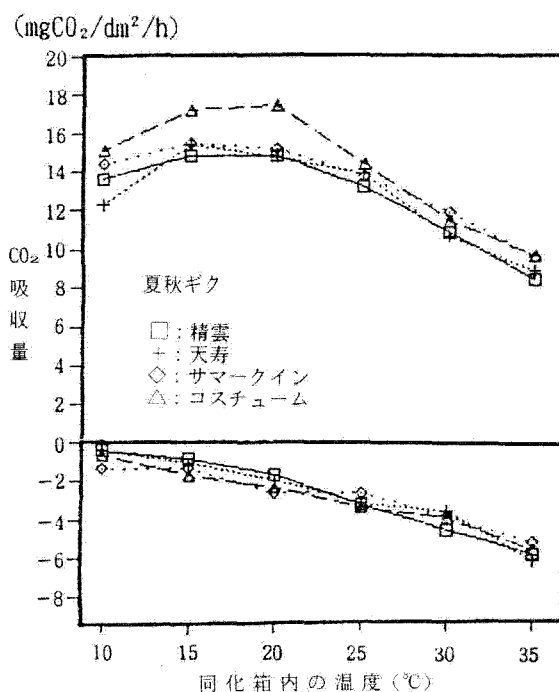


図1—1 夏秋ギクの見かけの光合成速度及び呼吸速度

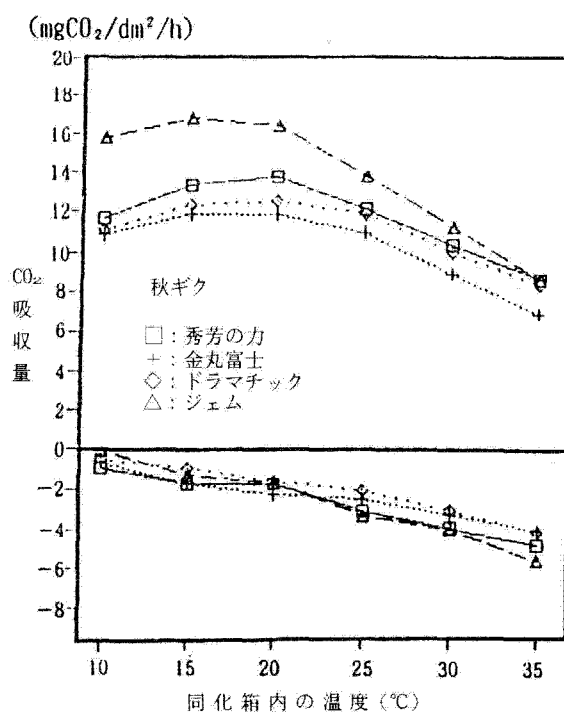


図1—2 秋ギクの見かけの光合成速度及び呼吸速度

実験1

夏秋ギク型品種、秋ギク型品種ともに、15～20℃でみかけの光合成速度は最も高くなり、20℃以上では温度の上昇とともにみかけの光合成速度は低下した（図1-1、図1-2）。呼吸速度は温度の上昇

とともに直線的に増加した。そして、夏秋ギク型品種と秋ギク型品種の間に光合成速度の差は認められなかった。この結果は、夏期の高温時にも夏秋ギク型品種と秋ギク型品種の生長量に差が見られないという経験的な観察結果と一致している。

表1-1 花芽の発育状況及び短日処理開始から発蕾、開花までの日数

品種名	短日処理開始後の日数								3) 3)	
	4	7	11	14	18	21	25	28	発蕾	開花
夏 コスチューム	1	1.4	3	4	8	--	--	--	18	53
秋 シナノピンク	1	1	2.8	3.5	6.8	8	--	--	N. D.	N. D.
ギ 精雲	1	1.4	3	4	6	7.6	--	--	19	44
ク 天寿	0.4	1	2	3	4	4.6	6.6	7.2	24	60
ジェム	1	1.5	2.4	3.2	5.8	7	8	8	23	72
秋 ドラマチック	0.6	1.2	2	4	6.4	8	8	--	26	75
ギ 金丸富士	1	1	2.8	4	5.6	6.2	7	8	26	69
ク 秀芳の力	0.8	1	3	3.6	5	5.2	6	7.4	25	70

注1) 生長点膨大期、総苞形成前期、同後期、小花形成前期、同後期、花卉形成前期、同中期、同後期を1～8とし、5個体の平均値で示した

注2) --は花卉形成後期以降を示す

注3) 単位は日

実験2

夏秋ギク型品種、秋ギク型品種ともに、短日処理開始後4日後には生長点が膨大し始め、花芽の分化が始まっていた（表1-1）。夏秋ギク型品種では、短日処理開始から花卉形成後期までの日数は、花卉形成までの日数が長かった天寿以外は18～25日であった。秋ギク型品種では、花卉形成までの日数が長かった‘秀芳の力’以外は21～28日であった。これらのことから高温期における短日処理開始から花卉形成後期までの日数は、夏秋ギク型品種が秋ギク型品種よりもやや短い大きな差は無いと判断される。

実験3

供試した3品種ともに、アントシアニンの最大吸収域の560nm付近の反射率が20/15℃、30/15℃、30/25℃の順に高くなり、アントシアニンの含量が少なくなっていることが示された（図1-3、図1-4、図1-5）。‘ジェム’及び‘アクセント’では、30/15℃では、舌状花卉の先端は花色の発現が不良で白色化した、基部はそれよりも退色程度が小さく、覆輪となった。

ピンク系の花色の品種は夏期に花色の発現が不良となり、高冷地で生産されたものは花色の発現が優

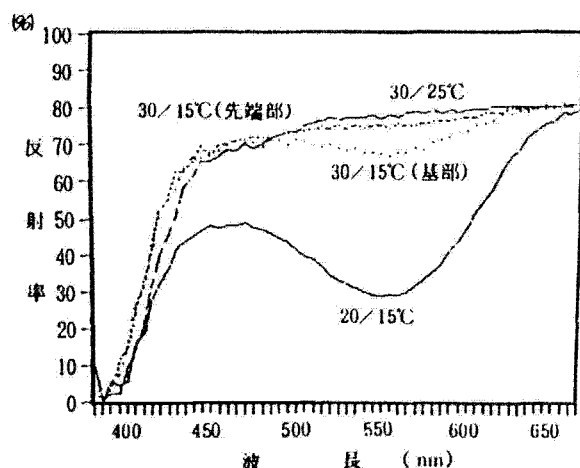


図1-3 ‘ジェム’の花弁の反射率

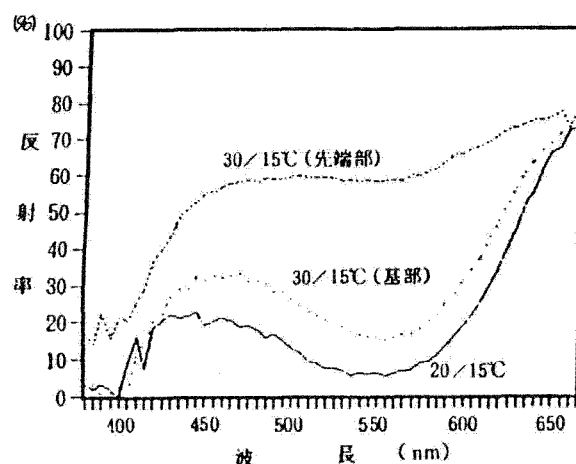


図1-4 ‘アクセント’の花弁の反射率

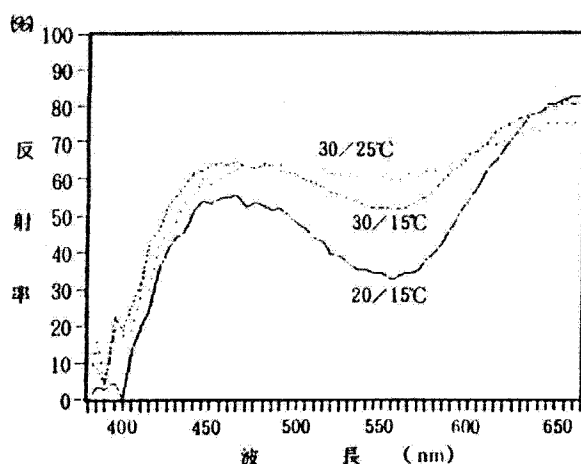


図1—5 ‘シナノピンク’の花弁の反射率

れているが、本実験の結果はこの事実と符号している。また、日中の気温が高い場合でも、夜間の気温が低下すれば、ある程度の花色が発現することを示しており、高温期の夜温管理がピンク系の品種の花色発現に対して重要であることを示唆している。

実験4

短日処理開始から発蕾、着色開始、開花までの日数は、発蕾については発蕾の前週までの高温処理の影響が大きく、着色及び開花は短日処理開始後2～5週の処理で最も大きく遅延した(図1—6)。

開花時の切り花重、茎長には処理による差は見られなかった。頂花の花径は、‘ジェム’では6週及び7週、‘アグロー’及び‘レッドネロ’では8週、

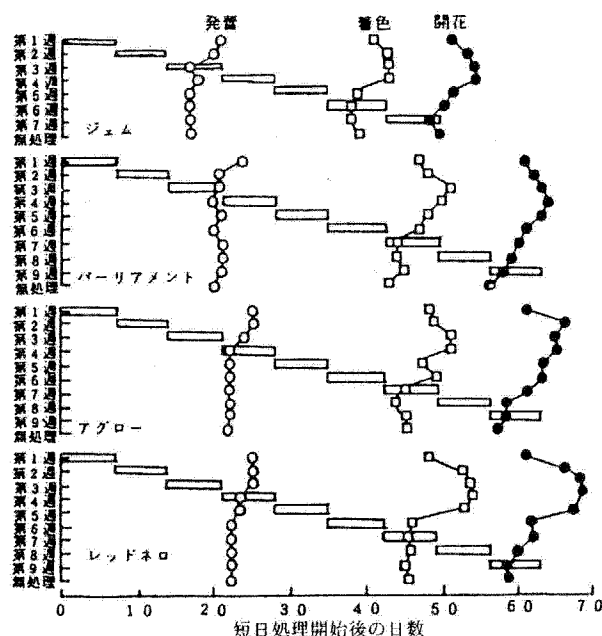


図1—6 高温処理が発蕾、着色、開花に及ぼす影響

表1—2 生育時期別高温処理がキクの開花に及ぼす影響

品 種	処理区1)	切り花重	茎長	頂花径
	g	cm	cm	
ジェム	第1週	45.6 a	80.0 c	7.5 c
	第2週	46.6 a	75.9 abc	9.0 e
	第3週	48.4 a	76.8 abc	8.0 d
	第4週	33.2 b	71.4 a	7.8 cd
	第5週	43.7 a	73.9 ab	8.0 d
	第6週	49.3 a	78.1 bc	6.7 b
	第7週	42.5 a	77.1 bc	6.1 a
	無処理	45.3 a	78.0 bc	7.4 cd
パリアメント	第1週	42.4 a	66.9 a	8.3 d
	第2週	64.6 b	74.0 b	8.3 d
	第3週	64.8 b	75.5 b	7.7 abc
	第4週	58.1 b	73.9 b	8.1 cd
	第5週	39.4 a	66.6 a	8.8 e
	第6週	64.8 b	74.9 b	8.4 d
	第7週	41.4 a	65.5 a	7.9 bcd
	第8週	37.1 a	65.6 a	7.4 a
	第9週	47.2 a	78.8 b	7.4 a
	無処理	64.4 b	74.9 b	7.5 ab
アグロー	第1週	43.5 a	61.5 a	9.2 bc
	第2週	63.9 b	68.9 b	10.7 f
	第3週	50.8 ab	68.6 b	9.8 de
	第4週	63.6 b	68.4 b	9.8 de
	第5週	51.1 ab	64.1 ab	10.1 e
	第6週	50.4 ab	62.0 a	9.4 cd
	第7週	51.1 ab	62.8 ab	9.1 bc
	第8週	53.6 ab	62.8 ab	8.0 a
	第9週	42.2 a	62.0 a	9.0 b
	無処理	55.5 ab	65.7 ab	9.0 b
レッドネロ	第1週	56.1 abc	81.2 abc	8.9 b
	第2週	50.2 ab	74.6 a	10.3 c
	第3週	65.6 c	87.7 c	9.8 c
	第4週	62.7 bc	81.4 abc	9.9 c
	第5週	46.6 a	74.3 a	9.9 c
	第6週	62.2 bc	88.6 c	10.3 c
	第7週	62.2 bc	86.4 bc	10.0 c
	第8週	57.7 abc	84.1 bc	8.1 a
	第9週	55.1 abc	82.2 abc	8.9 b
	無処理	45.9 a	78.9 ab	9.0 b

1)短日処理開始日を起点 2)p=0.05

に高温処理を行った区では1 cm程度小さくなった(表1—2)。

開花時の花色は、‘ジェム’及び‘レッドネロ’では開花1週前、‘パリアメント’及び‘アグロー’では開花2週前の高温処理により、花卉先端は花卉内層の、花卉基部は適温期の花色が発現して、覆色となった。また、‘アグロー’では開花1週前に高温処理を行った場合は、適温期の花色とは全く異なった花色となった(図1—7)。

本実験の結果から、短日処理開始後の高温がスプレーキクの開花、花色発現に及ぼす影響は高温に遭遇した時の生育ステージにより影響を強く受ける性質が異なり、開花遅延に対しては短日処理開始後2

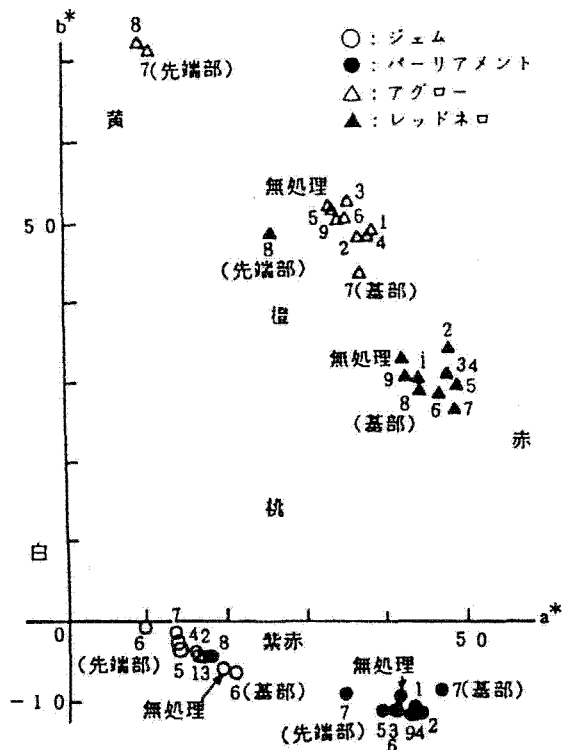


図1—7 高温処理が開花時の舌状花卉の花色に及ぼす影響（数字は処理週を示す）

～5週後の、花径に対しては品種により変動するが6～8週後の、花色に対しては開花前1～2週の、高温が強い影響を及ぼすことが明らかとなった。

エ 今後の問題点

品種により高温障害をうける温度が異なるので、障害の発生する温度域について検討する必要がある。

オ 要 約

(ア) 高温で開花遅延の小さい夏秋ギク型品種と開花遅延の大きい秋ギク型品種の間に光合成速度の差は認められなかった。

(イ) 高温下での花芽の発育は夏秋ギク型品種が秋ギク型品種よりもやや速かった。

(ウ) 高温条件ではアントシアニン系の花色発現が不良となり、花色の発現不良は夜温を低下させることによりある程度回復可能であった。

(エ) 高温によるキクの開花遅延は短日処理開始後2～5週後、花径に対しては6～8週後の高温が、花色発現に対しては開花前1～2週の高温が、それぞれ強い影響をおよぼすことが明らかとなった。

(オ) 以上のことから、キクでは高温の影響は栄養成長よりも生殖成長に強く現れると結論される。

(清水明美, 池田 広)

(2) 高温下におけるカーネーションの生育特性の解明

ア 研究目的

カーネーションの周年生産における夏期の高温障害防止技術の開発を図るため、高温下における生育特性を、物質生産と生長・発育の両面より解析する。特に夏期に特徴的に発生する生育や花茎の軟弱化の主な原因の究明と、栽培管理の改変（反射フィルムマルチ、夏期の散乱化資材被覆、根域温度管理、ケミカルコントロール）が上記の障害防止に及ぼす効果を明らかにする。

イ 研究方法

a. 気温及び地温が生育・乾物生産・根部活力・無機成分の吸収・茎質に及ぼす影響

(a) 生育・乾物生産・根部活力・無機成分吸収

気温と地温を分離してコントロールできるグロースチェンバーを用い、気温を高温（平均30℃、37～23℃の変温）と中温（平均20℃、23～17℃の変温）の2水準とし、地温を3水準（30、25、20℃の恒温）とする組み合わせの6試験区を設けた。供試品種は‘スケニア’と‘希望の光’とし、4本仕立ての鉢苗を1区10株供試して上記の処理を11週間行い、生育・乾物生産・根部活力・無機成分の吸収を調べた。根部活力はTTCの還元力を比色法によって測定し、無機成分の分析は、セミマイクロ蒸留法（N）、バナドモリブデン酸法（P）及び原子吸光法（K, Ca, Mg）によった。

(b) 生育温度と切り花の茎質

‘ソアナ’など6品種を供試し、慣行栽培（6月下旬定植、1.5回摘心、栽培密度37.5株/m²、中2条抜き6条植）において、高温期間に生育した切り花（11月採花）と中温下で生育したもの（4月採花）について、切り花の下垂度（花首の下45cmで水平に保持し、花首の下垂した角度で表示）と頂部より第5節間中央部の茎径を比較した。

b. 温度・光強度・葉の表裏と光合成速度

(a) 供試材料：個体レベルの測定には、‘タンガ’及び‘パールレイク’の草丈31cm及び21cmの4本仕立て鉢植え苗を用いた。また、個葉レベルの測定には、‘コーラル’、‘スカーレットベル’ほか3品種について、第1次分枝最上位の完全展開葉を供試した。

(b) 光合成・暗呼吸速度の測定：個体レベルの実験は人工気象室内の同化チェンバー（容積65ℓ，メタルハイドロランプ4灯装着）で，空気流量を20ℓ/min.，相対湿度を約60%とし，気温を11～32℃，光強度（光合成有効光量子束密度：PPFDで表示）を320～1400 $\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$ に変化させて，見かけの光合成速度（光合成速度と略記する），並びに暗黒条件下の呼吸速度の温度による変化を，いずれも同化箱法によって測定した。個葉レベルの実験は，葉の受光面（葉の表：向軸面，裏：背軸面）を分けて照射したり，表側100%に対し裏側に30%の補光を行って，携帯型光合成測定装置（ライカ社製6700型）を用いて実施した。光強度はハロゲンランプを装備したスライドプロジェクターを光源とし，葉との距離及びレンズの絞りによって光強度を調節した。前期の完全展開葉を株に着生したまま同装置の測定チェンバーにはさんで密閉し，チェンバー内のCO₂濃度が初期の355ppm以上の値から一定速度で低下し343ppmになった時点から測定を行った。測定時のチェンバー内気温は17～24℃の範囲であった。

c. 反射フィルムマルチ・散光化資材の夏期被覆が生育・収量・品質に及ぼす影響

(a) 反射フィルムマルチと生育・収量

試験区に对照無マルチ区と反射フィルムマルチ区を設けた。1990年6月27日にスタンダード系品種‘タンガ’の4本仕立て苗を定植し，同年9月27日に生育調査を実施するとともに年内の収量・品質を調べた。また，スプレー系品種については，‘バーバラ’など4品種を1991年7月11日に定植して，反射フィルムマルチが初期生育に及ぼす効果を調べた。

(b) 反射フィルムマルチ栽培における散光化資材

の夏期被覆と生育・収量

スタンダード系の‘フランセスコ’を1991年7月11日に定植して，散光及び反射フィルム資材が初期生育に及ぼす影響を調べた。また，‘ソアナ’を同様の栽培法により，散光化資材サンリッチの夏期被覆期間が初期生育に及ぼす影響を検討した。

d. エチクロゼートの茎葉散布と茎質改善

高温下で生育した切り花は茎質が劣り下垂しやすい。そこで，茎質改善に卓効を示す薬剤としてエチクロゼートを選び，6月下旬から7月上旬に定植して夏期の高温条件で栽培した‘スケニア’など7品種の11月下旬から1月上旬採花の切り花を供試した。栽培管理は慣行によったが，一部の品種には，土壌の適湿管理（灌水点pF2.0）と切り花がより下垂しやすい多湿・寡照（同1.8以下，ビニル被覆）処理を行った。薬剤処理は，適湿管理の品種にはエチクロゼート50ppm+GA100ppmの茎葉散布を強勢分枝の開花初期に実施した。多湿・寡照処理をした品種には，上記の処理後に，エチクロゼート100ppm+GA100ppmの再処理を行った。調査は採花適期に達した分枝の花首の下8節の下で採花して，下垂度（花首の下45cm以下を水平に保持し，花首が下垂した角度で表示）と節間部のざ折重（頂部より第8節間）を測定した。

ウ 結果及び考察

a. 気温及び地温が生育・乾物生産・根部活力・無機成分の吸収・茎質に及ぼす影響

(a) 生育・乾物生産・根部活力・無機成分吸収

高い気温と地温はカーネーションの生育を抑制し，特に，高い気温による生育抑制が顕著であった。それは草丈や分枝長などの伸長抑制のほか，発育の指

表1-3 気温と地温の組合せがカーネーションの生育・器官別乾物生産に及ぼす影響^{a)}

品 種	試 験 区		草 丈		第1分 枝長cm	葉 齢	第2次 発 蕾		個 体 当 り 乾 物 重 mg				
	気温℃	地温℃	cm	枝長cm			分枝数	枝率	緑葉	枯葉	茎	花蕾	根
ス ケ ニ ア	30	30	38.0	19.0	9.9	0	0	4,471	413	1,521	0	748	6,740
	30	25	39.2	22.5	10.7	0	0	4,580	578	1,672	0	843	7,095
	30	20	46.2	28.6	11.8	1	0	5,579	369	1,959	0	742	8,280
	20	30	72.0	37.9	11.7	3	14.3	6,023	49	4,013	449	1,206	11,691
	20	25	73.8	41.3	12.6	2	15.4	7,913	202	4,597	295	1,770	14,575
	20	20	82.2	52.1	14.0	15	29.2	8,168	170	6,079	1,112	1,201	16,460
希 望 の 光	30	30	31.4	16.6	9.4	1	0	2,504	140	1,087	0	583	4,174
	30	25	34.5	20.2	10.9	0	0	2,672	284	974	0	574	4,220
	30	20	39.5	25.5	12.0	0	0	4,149	66	1,554	0	810	6,513
	20	30	75.2	48.3	12.5	2	65.0	4,848	159	4,245	1,174	999	11,366
	20	25	79.2	49.3	12.4	2	31.3	4,664	69	3,717	1,221	982	10,584
	20	20	85.3	55.4	12.5	9	46.0	6,683	82	5,606	1,541	1,080	14,910

z: 処理11週間後調査, y: 第1次分枝葉齢, x: 発蕾第1次分枝率%.

標である葉齢進度を遅延させた。気温に比べ地温の影響は相対的に小さいが、地温を低下させると草丈・分枝の伸長・葉齢進度が明らかに促進された。

気温及び地温が高いと、乾物生産が顕著に抑制さ

れ、緑葉・茎・根重の低下が著しく、枯葉重は増加した。気温20℃区では処理11週間後に花および蕾が発達したが、気温30℃区では認められなかった。高気温下でも地温を低下させると高気温による抑制的

表1—4 気温と地温の組合せがカーネーションのTTC還元力及び無機成分の吸収に及ぼす影響

器 官 別	試験区		器官別無機成分濃度(乾物%)					個体当り無機成分吸収量(mg/plant)					TTC ^b 還元力 mg/g/h
	気 ^a	地 ^a	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	
茎 ・ 葉	30	30	2.19	0.32	3.27	1.05	0.24	140.3	20.5	209.4	67.3	15.4	—
	30	25	2.41	0.34	3.37	1.31	0.20	164.6	23.2	230.2	89.5	13.7	—
	30	20	3.96	0.47	4.02	1.35	0.29	313.1	37.2	317.9	106.7	22.9	—
	20	30	3.55	0.35	3.52	1.24	0.39	358.0	35.3	355.0	125.1	39.3	—
	20	25	4.29	0.41	3.64	1.32	0.40	545.3	52.1	462.7	167.8	50.8	—
	20	20	4.09	0.51	4.98	1.56	0.49	589.7	73.5	718.0	224.9	70.6	—
根 部	30	30	1.20	0.32	0.75	0.83	0.15	9.0	2.4	5.6	6.2	1.1	0.159
	30	25	1.14	0.30	1.13	0.92	0.25	9.6	2.5	9.5	7.8	2.1	0.162
	30	20	1.63	0.47	1.72	0.93	0.27	12.1	3.5	12.8	6.9	2.0	0.193
	20	30	1.59	0.32	1.58	0.91	0.27	19.2	3.9	19.1	11.0	3.3	0.156
	20	25	1.43	0.41	1.45	1.17	0.25	25.3	7.3	25.7	20.7	4.4	0.216
	20	20	1.83	0.39	1.74	1.23	0.28	22.0	4.7	20.9	14.8	3.4	0.331
花 ・ 蕾	30	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	30	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	30	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	20	30	1.91	0.28	1.70	0.38	0.18	8.6	1.3	7.6	1.7	0.8	—
	20	25	2.21	0.31	2.10	0.37	0.17	6.5	0.9	6.2	1.1	0.5	—
	20	20	2.83	0.45	2.82	0.69	0.25	31.5	5.0	31.4	7.7	2.8	—

注 処理11週間後の判定、a:℃、b:根部生体重量当りの値、品種スケニアを表示した。

な影響が軽減された(表1—3)。

根部活力の指標であるTTC還元力は高い気温と地温によって低下し、その程度は気温より地温の方が大きかった。高気温下でも地温を下げるとTTC還元力は高まった(表1—4)。

無機成分濃度(N、P、K、Ca、Mg等)の変化は茎葉と花蕾部に顕著に現われ、高い気温と地温によって低下し、吸収量では、その差が拡大した(表1—4)。

(b) 生育温度と切り花の茎質

高温下で生育したカーネーションの花茎は、茎が細くて下垂しやすく、その程度には品種間差が認められた(表1—5)。

以上によって、高い気温並びに地温は、カーネーションの生育・乾物生産・根部活力・養分吸収・切

表1—5 生育時の温度とカーネーション品種の茎質指標

品種名	ソアナ	タンガ	レナ	カリ	バーバラ	ライラック
下垂度(°)	高温	20.12	15.50	13.36	25.86	12.29
	中温	8.00	9.32	3.00	10.00	4.59
茎径(mm)	高温	3.76	3.75	3.86	3.58	4.26
	中温	4.58	3.89	4.93	4.60	4.85

り花品質に対して顕著な抑制的影響を与えていることが明らかになり、高気温下においても地温を低く管理することにより、これら高温障害を軽減できることがわかった。

b. 温度・光強度・葉の表裏と光合成速度

個体レベルの測定結果によると、見かけの光合成速度は葉温が11~20℃など涼しい温度域で高く、それよりも高温になるほど低下し、特に30℃を越える高温では各光強度とも最大値の50%以下であった。また、暗呼吸速度は葉温の上昇にともなって直線的に増加した。一方、光強度(PPFD:320~1460μmols⁻¹m⁻²の測定域)の上昇にともなって、各温度(11~32℃)とも、見かけの光合成速度は高かった(図1—8)。

以上の結果より、高温下では呼吸速度が高進する反面、光合成速度は減退して、収支のアンバランスが生じ、カーネーションは生理的飢餓(physiological starvation)の状態になって、前項の高温障害が起きるものと考えられる。

個葉レベルで葉の表・裏別の光合成速度を比較す

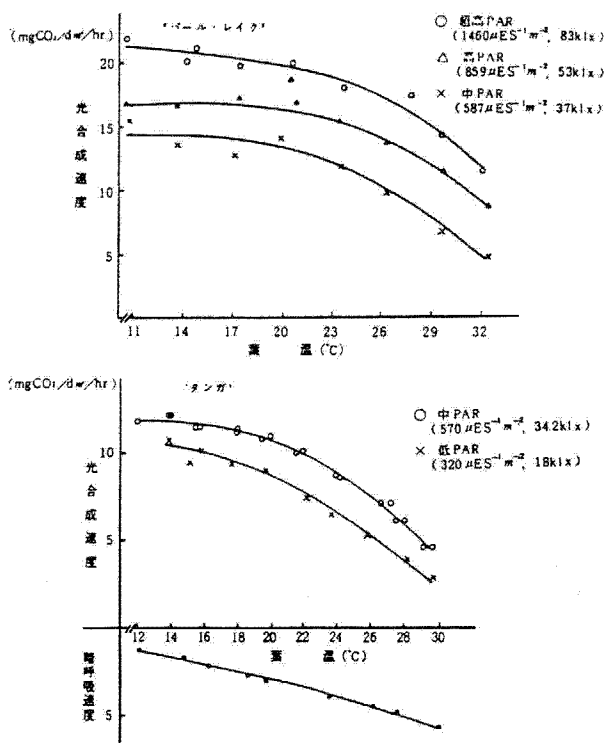


図1-8 光強度別温度—光合成曲線と暗呼吸速度

ると、各品種の見かけの光合成速度の裏側／表側比(%)は90%以上を示し、葉の裏面の光合成能力は表側に匹敵するほど高いことが判明した(表1-6)。

なお、光合成速度の品種間差異は光合成有効光量子束密度の低いときよりも、高い条件($410 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$)で顕著であった(表1-6)。また、品種間差がみられた場合には、光合成速度と葉緑素計量度との間に正の相関があることが示唆された(図表省略)。

葉の表側の光強度の30%を裏側に補光した場合には、補光しない時よりも個葉の光合成速度は上昇し、補光の効果は光強度の低いときの方が高かった(図1-9)。

表1-6 受光面を異にしたときの光合成速度

品 種	光合成速度 ($\text{mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$)					
	PAR 410 ^a			PAR 135 ^a		
	表	裏	(%) ^b	表	裏	(%) ^b
コ ー ラ ル	17.9	16.2	91	9.7	9.7	100
ピンクバービー	16.2	15.3	94	11.1	10.4	94
ウ イ コ	13.1	12.3	94	10.4	9.7	93
ス ケ ニ ア	12.1	11.3	93	9.0	8.7	97
スカーレットベル	12.3	12.3	100	9.0	8.6	96

a: 葉の受光面におけるPARがそれぞれ $410 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ と $135 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

b: 裏面受光時の光合成速度の、表面受光時のそれに対する%

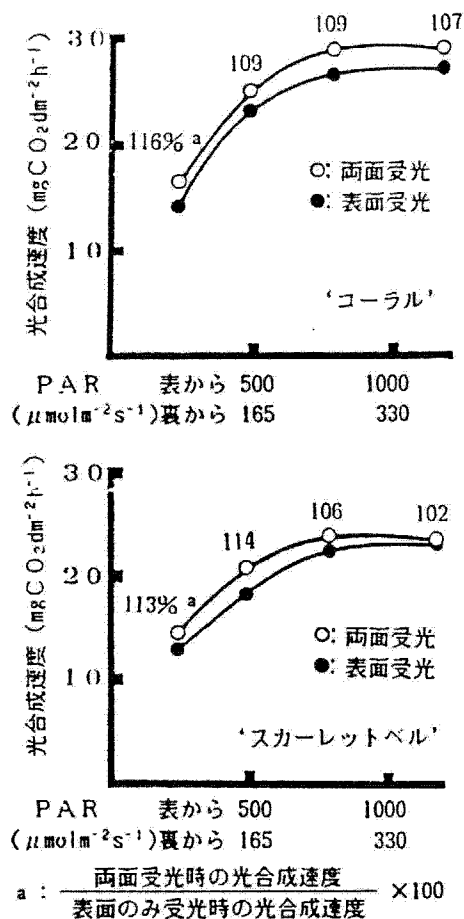


図1-9 裏面への補光と光強度が個葉の光合成速度に及ぼす影響

以上の結果は、カーネーションの高温障害軽減の視点から、葉の裏側の光合成を重視することの重要性と葉裏からの光照射の有効性を示唆しているものと考えられる。

c. 反射フィルムマルチ・散光化資材の夏期被覆が生育・収量・品質に及ぼす影響

(a) 反射フィルムマルチと生育・収量

スタンダード系品種の初期生育は、対照の無マルチ区に比べ、反射フィルムマルチ区では、草丈・分枝の伸長、分枝数および分枝累計長が顕著に促進された。すなわち、長くて太い分枝が数多く確保できることが明らかになった。この初期生育の促進は収量・品質にも反映して、反射フィルムマルチでは中程度以上の品質をもつ年内収量が大幅に向上することがわかった(表1-7)。

また、スプレー系品種の初期生育についても、供試4品種とも、顕著な促進効果が認められた。特に早生品種(コルチナピンク、コルチナチェリーなど)で効果が大きかった(表1-8)。

表1—7 反射フィルムマルチがカーネーションの初期生育・年内収量及び品質に及ぼす影響

試 験 区	草 丈		第1次分枝			第2次分枝		
	(cm)	長 (cm)	本数 (/m ²)	累計 (cm/m ²)	長 (cm)	本数 (/m ²)	累計 (cm/m ²)	
対 照 区	42.5	23.2*	34.5*	53.8	3538	11.9	151	1797
反 射 フ ィ ル ム 区	58.3	27.9	49.6	90.0	6557	14.7	229	3366

試 験 区	㎡当り採花数			切花重別本数			切花長別本数			下垂度別本数		
	11月	12月	年内	<25	26-35	36<	51-65	66-80	81<	<10°	11°-20°	21°<
対 照 区	15.0	17.5	32.5	15.0	17.5	0	15.0	17.5	0	7.8	19.5	5.2
反 射 フ ィ ル ム 区	55.0	27.5	82.5	46.3	36.2	0	18.8	63.7	0	5.2	52.9	24.5

a: 摘心枝, b: 無摘心枝。草丈・分枝は定植3か月後に調査。スタンダード系「タンガ」。

表1—8 初期生育にみられる反射フィルムマルチ効果の品種による変動

品 種	試験区	草 丈		第1次分枝長		同左		第1次分枝長		同左		第1次 累計長 cm
		cm	ピンチ	cm	本数	無ピンチ	cm	本数	無ピンチ	cm	本数	
ドミエッタ	無マルチ (A)	22.9±2.89	6.3±3.22	1.29	17.7±3.48	1.92	42.1					
	反射マルチ (B)	22.7±3.03	9.5±3.30	1.54	16.4±4.44	2.21	50.9					
	B/A (%)	99	151	119	93	115	121					
バーバラ	無マルチ (A)	24.8±3.35	8.3±3.49	1.29	18.2±4.72	2.25	51.7					
	反射マルチ (B)	29.4±5.04	12.0±4.11	1.67	21.3±6.69	2.25	68.0					
	B/A (%)	119	145	129	117	100	132					
コンチピンク	無マルチ (A)	29.5±8.45	7.4±1.55	1.50	21.5±8.20	2.25	59.5					
	反射マルチ (B)	48.2±9.88	10.2±3.10	1.71	36.2±13.61	2.63	112.6					
	B/A (%)	163	138	114	168	117	189					
コンチチェリー	無マルチ (A)	24.7±7.34	6.5±2.14	1.29	17.7±6.76	2.00	43.8					
	反射マルチ (B)	37.6±8.88	9.4±2.47	1.67	27.2±10.92	2.50	83.7					
	B/A (%)	152	145	129	154	125	191					

注 定植10週間後の調査。スプレー系品種

以上の結果から、反射フィルムマルチは高温障害を軽減し、カーネーションの生育促進と収量・品質の向上に卓効を現わす技術であると判断できる。

(b) 反射フィルムマルチ栽培における散光化資材の夏期被覆と生育・収量
夏期の強い日射は、葉温の上昇と光合成の抑制を

表1—9 散光及び反射フィルムマルチ資材が初期生育に及ぼす影響

試 験 区	草 丈	第1次分枝長	cm	累計第1次	同左対照区	
散光化資材	マルチ資材	cm	ピンチ	分枝長	比率	
			無ピンチ	cm	%	
サンリッチ	ポリシャインN	37.3	10.8	30.3	69.9	234
“	“ マルチD	39.4	10.6	31.1	71.8	240
“	白 黒 マ ル チ	37.6	9.0	28.1	73.1	244
“	シルバー-ポリトウ	35.0	10.0	27.5	66.1	221
“	平 均	37.3	10.1	29.3	70.2	235
サニーコート	ポリシャインN	38.0	9.7	30.5	75.6	253
“	“ マルチD	40.5	9.7	31.5	85.4	286
“	白 黒 マ ル チ	40.5	10.0	31.3	74.2	248
“	シルバー-ポリトウ	32.4	9.2	24.7	60.9	204
“	平 均	37.9	9.7	29.5	74.0	247
無 被 覆	無 マ ル チ	28.8	9.1	19.7	29.9	100

注 定植10週間後の調査。供試品種：フランセスコ。

招き分枝の伸長を抑える。一方、強光を散乱させると上から下向きの受光量は減少するが光合成速度は低下しないことが確かめられている。この場合の資材としては、透過率と散光率の高いものがよく、サンリッチとサニーコートを選んだ。

散光化資材の夏期における被覆は、無被覆に比べて、カーネーションの生育を顕著に促進することが明らかになった。また、この生育促進の効果はマル

チ資材間に差があり、概して反射率の高い資材で大きく、シルバーポリトウのように反射率が比較的低い資材では小さかった（表1—9）。

反射マルチ栽培における散光化資材の被覆期間は60日間の被覆が適当であった。この場合の平均気温は25℃を上下する期間に相当するものと判断された（表1—10）。

以上の結果から、夏期の高温・強光条件における

表1—10 散光資材（サンリッチ）が反射フィルムマルチ栽培の初期生育に及ぼす影響

試 験 区	草 丈		第1次分枝長		同左	第1次分枝長		同左	第1次		同左
	cm	ピンチ	cm	本数	無ピンチ	cm	本数	累計長	cm	比率	
反射マルチ・無被覆	26.7±3.11	6.8±2.69	0.77		18.3±3.92	2.33		47.9		100	
〃 サンリッチ 30日	29.8±4.53	8.0±2.78	1.30		21.7±5.77	2.17		57.5		120	
〃 サンリッチ 40日	31.4±4.01	7.6±1.84	1.57		23.3±4.78	2.10		60.9		127	
〃 サンリッチ 50日	30.3±4.15	8.9±2.75	1.30		22.6±4.80	2.03		57.4		120	
〃 サンリッチ 60日	29.7±4.09	8.8±2.52	1.03		21.3±5.29	2.50		62.3		130	
〃 サンリッチ 70日	28.0±3.95	8.4±2.44	1.17		20.3±5.32	2.27		55.9		117	

注 定植10週間後の調査。供試品種：ソアナ。

カーネーションの生育抑制は、反射フィルムマルチを行い、更に平均気温が25℃を上回る直前頃から透過率と散光率の高い資材によって被覆し、25℃以下になる頃に開放することによって、大幅に軽減できるものと判断される。

d. エチクロゼートの茎葉散布と茎質改善

夏期の高温下で生育した切り花の茎質改善のため、エチクロゼートの茎葉散布の時期・濃度・回数について検討した。処理時期は強勢分枝の開花初期で支障がなく、土壤水分を適湿条件に管理している場合は50ppmでランノフが起こる直前程度の1回散布でほぼ良好な結果がえられた。水分管理が多湿で寡照条件の場合には、濃度を100ppmに高める必要があるものとみられる。効果の発現には1週間程度を要し、上記の濃度では薬害のないことが明らかになった（表1—11）。

エ. 今後の問題点

カーネーションの高温下における生育特性を、気温・地温が生育・乾物生産・根部活力・無機成分の吸収・茎質に及ぼす影響、温度・光強度・葉の表裏と光合成速度との関係、反射フィルムマルチ・散光化資材の夏期被覆の効果、エチクロゼート処理が茎質改善に及ぼす効果などに分けて検討し、高温障害軽減に有効な知見がえられた。しかし、対応技術の開発に重点を置いたため、より基礎的な生理・生態

学的な解明は今後に残さざるをえなかった。

対応技術の開発に有効な知見としては、反射フィルムマルチ・散光化資材による夏期被覆・夏期の地温低下の効果・エチクロゼートの茎質改善効果などがえられた。これらは主として複合化した技術体系として、多様な自然・社会経済条件に適応するよう活用することが重要である。

オ 要 約

カーネーションに対する高温の影響は、生育の抑制・遅延、乾物生産の減退、根部活力・養分吸収の低下、茎質の劣化など多面的で顕著な抑制作用として現われ、特に高温下で呼吸高進と光合成速度の減退による生理的飢餓の機構が働くことを指摘することができた。そして、反射フィルムマルチ・散光化資材の夏期被覆及び夏期の地温低下が高温障害軽減のための有力な対応技術になり得ること、茎質改善にエチクロゼート処理が有効なことを明らかにした。

文 献

- 1) 山口隆, カーネーションの反射マルチ栽培に関する諸問題, 農園, 68, 1005—1010, (1993)
(山口 隆, 伊東明子)

(3) 高温下におけるバラの生育特性の解明

ア 研究目的

表1—11 エチクロゼートによるカーネーションの茎質改善効果の発現時期と持続期間

品 種 名 (水管理)	形 質	処 理 ^c	処 理 後 の 週 数							
			1	2	3	4	5	6	7	8
ス ケ ニ ア (適 湿)	下垂度 ^a (°)	対 照 E 50+GA100	26.3 16.5	22.0 15.1	23.8 15.5	24.5 18.8	20.9 11.9	23.0 9.0	21.8 19.4	19.9 12.3
	さ折重 ^b (g)	対 照 E 50+GA100	637 715	623 703	635 695	635 718	658 692	650 728	—	—
ホ ワ イ ト シ ム (適 湿)	下垂度 (°)	対 照 E 50+GA100	23.0 16.0	24.0 14.0	19.5 —	18.0 12.3	16.5 9.0	28.0 13.0	17.0 9.0	—
	さ折重 (g)	対 照 E 50+GA100	728 811	643 670	610 670	625 732	623 660	—	—	—
ソ ア ナ (適 湿)	下垂度 (°)	対 照 E 50+GA100	23.0 12.0	18.7 16.3	18.0 9.5	17.3 10.6	13.7 8.0	18.9 11.1	9.7 6.3	—
	さ折重 (g)	対 照 E 50+GA100	728 811	643 670	610 670	625 732	623 660	—	—	—
ソ ア ナ (多湿・寡照)	下垂度 (°)	対 照 E 50+GA100	—	24.0 20.7	22.4 22.5	・ : 処理効果不十分につき 下欄の濃度で再処理				
	下垂度 (°)	対 照 E 100+GA100	23.9 21.7	19.7 16.2	19.1 13.0	15.6 13.4	13.1 12.4	—	—	—
フ ラ ン セ ス コ (多湿・寡照)	下垂度 (°)	対 照 E 50+GA100	25.0 22.0	18.8 22.6	22.3 21.0	・ : 処理効果不十分につき 下欄の濃度で再処理				
	下垂度 (°)	対 照 E 100+GA100	28.7 18.3	27.5 12.3	21.3 15.9	18.7 11.5	16.6 10.7	—	—	—
希 望 の 光 (多湿・寡照)	下垂度 (°)	対 照 E 50+GA100	23.0 10.3	17.0 15.2	・ : 処理間差が少なくなったので 下欄の濃度で再処理					
	下垂度 (°)	対 照 E 100+GA100	31.7 15.8	18.5 11.2	17.9 12.2	19.5 10.3	18.3 7.0	—	—	—
タ ン ガ (多湿・寡照)	下垂度 (°)	対 照 E 50+GA100	16.9 14.0	17.7 15.2	・ : 処理間差が少ないため 下欄の濃度で再処理					
	下垂度 (°)	対 照 E 100+GA100	32.0 15.6	16.8 12.5	18.2 9.9	15.3 9.6	11.8 10.0	—	—	—

a : 花首から45cmの位置を支点とし、それ以下を水平に保持した時の水平線から花首の下垂した角度
b : 5センチの距離に2つの支点を設け、その上に節間部をのせて節間中央部を果実硬度計(木屋製 No166)で押さえ、茎が破損した時の最大グラム数、表中には頂部より第8節間の測定値を示した。
c : E50はエチクロゼート50ppm, E100は同 100ppm GA 100はジベレリン 100ppm 液の茎葉散布を示す。

バラの周年生産における夏期の問題として、切り花長が短くなる、ブルヘッドと呼ばれる奇形花の発生が多い、切り花にした時にペントネックが発生しやすく観賞期間が短いことなどがあげられる。そのような品質の低下に及ぼす高温の影響について明らかにするために、高温下における生育特性を、物質生産と生長・発育の両面から解析する。

イ 研究方法

試験1 バラの生育と光合成におよぼす高温の影響
バラ品種「カールレッド」, 「カリネラ」, 「サマンサ」を供試した。1990年12月10日に10cm角ロックウールキューブに挿し木し、その後温室内で養成したものを、1991年5月7日に昼温20℃一夜温15℃, 同25℃一同20℃, 同30℃一同25℃とした人工気象室内に移し、開花所要日数、開花日、展開葉数、枝長、花卉数を調査した。

さらに調査後、昼温を20℃と30℃で育てた株について、人工気象室に移した後に展開した葉のみにし

て、それぞれの株が置かれていた昼温での光合成速度を同化箱法により測定した。株全体の二酸化炭素吸収量をCO₂濃度測定装置(IRA-102, 島津製作所)を用いて測定し、光合成速度を求めた。同化箱への空気の流量は10 l/min, 光条件は、生育時の人工気象室内と同程度の100 μmol/s/m²とした。各品種、4反復行った。

試験2 バラの光合成速度の品種間差

「ジェルロカミ」ほか、バラ11品種を1991年5月13日にロックウールに挿し木した。発根後、鉢上げして温室内で生育させた。9月7日に昼温25℃一夜温20℃に設定した人工気象室内に移し、同時に全ての枝を基部で折り曲げた。枝の基部から伸長してきた枝が開花した後、他の枝と花を切除して測定材料とし、20℃, 30℃における株全体の光合成速度を求めた。測定は同化箱法を用い、同化箱への空気の流量は10 l/min, 光条件は植物体最上部で400 μmol/s/m²とした。各品種、3反復行った。

試験3 ベントネックの発生率の品種、開花時期による差異

バラ品種‘カールレッド’、‘カリネラ’、‘サマンサ’、‘ソニア’を供試した。最上位葉から数えて、着葉数が小葉10枚程度、最上位葉までの長さを30cmとした切り花を明条件下に置き、採花後3日目のベントネック発生率を調査した。調査は、6月に30℃、8月に30℃、12月に25℃と30℃、1月に35℃で行った。

ウ 研究結果

試験1

枝長は供試した3品種とも、昼温が20℃と25℃とではほぼ同じ長さであったが、30℃ではそれらより短くなった(表1-12)。しかし、展開葉数には温

表1-12 バラの生育に及ぼす温度の影響

品種名	昼温 (℃)	開花所要 日数	展開 葉数	枝長 (cm)	花弁数
カールレッド	20	42.0 (100)	10.5	39.8 (100)	41.4 (100)
	25	34.7 (82.6)	10.4	39.3 (98.7)	39.9 (96.4)
	30	28.4 (67.6)	11.6	32.9 (82.7)	32.7 (79.0)
サマンサ	20	44.3 (100)	10.1	41.3 (100)	55.6 (100)
	25	34.7 (78.3)	10.0	39.9 (96.6)	51.7 (93.0)
	30	28.6 (64.6)	9.6	32.7 (79.2)	49.0 (88.1)
カリネラ	20	38.9 (100)	10.3	50.5 (100)	36.9 (100)
	25	32.0 (82.3)	10.7	49.8 (98.6)	38.4 (104.1)
	30	27.9 (71.7)	10.9	33.7 (66.7)	32.8 (88.9)

度による影響はなく、3品種ともすべての温度で10枚程度であった。花弁数は、‘カールレッド’、‘サマンサ’では温度が高くなると減少した。‘カリネラ’では25℃で最も多く、30℃では減少した。開花所要日数は温度が高くなると短くなった。

光合成速度は‘カリネラ’、‘サマンサ’では温度が高くなると低下した(表1-13)。(‘カールレッド’は25℃で最も高い値を示した。

表1-13 バラの光合成速度に及ぼす温度の影響

品種名	光合成速度 (mgCO ₂ ・dm ⁻² ・hr ⁻¹)		
	20℃	25℃	30℃
カールレッド	2.23 (100)	4.57 (204.9)	1.75 (78.5)
サマンサ	2.52 (100)	2.06 (81.7)	1.74 (69.0)
カリネラ	3.57 (100)	2.43 (68.1)	1.73 (48.5)

試験2

光合成速度の品種間差については、分散分析の結果、20℃では差はなかったが、30℃では品種間差がみられた(表1-14)。

供試した品種のうちでは‘ジェルロカミ’が最も高い値を示した。‘パサディナ’は最も低く、‘ジ

表1-14 光合成速度の品種間差

品種名	光合成速度 (mgCO ₂ /dm ² ・hr)		
	20℃	30℃	同比率
ジェルロカミ	7.97	8.14	102.1
コルデラップ	6.98	7.50	107.4
メイコーラ	7.62	7.27	95.4
ソニア	6.89	7.23	104.9
カールレッド	7.17	7.05	98.3
カリネラ	7.62	6.87	90.2
サマンサ	7.11	6.26	88.0
ブライダルピンク	6.15	5.88	95.6
トボネ	5.71	5.64	98.8
キュート	6.13	5.26	85.8
パサディナ	4.60	4.32	93.9

表1-15 バラの切り花におけるベントネックの発生率の品種、開花時期、切り花のおかれる温度による差異

品種	ベントネック発生率 (%)				
	6月 30℃	8月 30℃	12月 30℃	12月 25℃	1月 35℃
カリネラ	57.1	21.2	0	0	12.5
カールレッド	53.3	13.5	9.1	0	43.8
ソニア	44.4	10.8	0	0	0
サマンサ	29.4	0	0	0	0

ェルロカミ’と比較して20℃で58%、30℃で53%であった。

また、光合成の高温による影響の受けやすさについては、すべての品種で20℃と30℃での光合成速度の差が小さく、t-検定で有意差がみられた品種はなかった。

試験3

ベントネックの発生率は、品種、開花時期、切り花の置かれた温度により異なった(表1-15)。30℃での結果を比較すると、6月にはすべての品種で発生がみられ、かつ、発生率が最も高かった。8月には‘サマンサ’では発生がみられなかった。12月には、‘カールレッド’でのみ発生がみられ、発生率も低かった。

ベントネックの発生が少ない12月と1月に、発生におよぼす切り花の置かれる温度の影響について検討した結果、25℃ではすべての品種で発生がなかったが、35℃では‘カリネラ’、‘カールレッド’で発生した。

エ 考 察

高温下で枝長が短くなったものの、展開葉数には、

ほとんど変化がなかったことから、枝長が短くなるのは、節数の減少によるのではなく、節間長が短くなるためであった。

バラの光合成の高温による影響の受けやすさの品種間差については明らかにできなかった。バラの光合成速度に関しては、適温は21℃とされているが、葉の生育した環境によって異なると考えられる。本試験での測定では25℃で生育させた材料を用いたことから、20℃と30℃との間で有意な差がみられなかったのかもしれない。

光合成速度と生育の関係についてみると、供試した3品種すべてで、光合成速度の低下が必ずしも枝長の変化をともなっていないことから、枝長が短くなる要因は光合成の低下だけではないと判断された。しかし、30℃では光合成速度が低下したことや、統計的に有意差がなかったものの、最も高い値を示した品種は最も低かった品種の2倍近い値を示しており、品種間でこのような差がみられることから、光合成については枝長だけでなく株全体の生育におよぼす影響について検討する必要がある。

なお、本試験ではブルヘッドの発生はみられず、高温の影響および光合成速度との関係は明らかにできなかった。

ベントネックの発生率が、6月、8月に開花した花で高いのは、試験1の結果から、高温で栽培した場合に1日あたりの枝の伸長量が大きく、花梗部分が充実しておらず十分に硬くなっていないことが考えられる。しかし、ベントネックの発生率の低い‘サマンサ’と発生率の高い‘カールレッド’の間で、各温度での1日あたりの枝の伸長量には差がなく、品種間差はそれだけでは説明できなかった。

オ 今後の問題点

枝が短くなる要因、ベントネックの発生要因については、さらに検討する必要がある。

ブルヘッドに関しては、その発生におよぼす高温の影響や光合成速度との関係を明らかにする必要がある。

高温下での光合成の低下が生育におよぼす影響について、さらに検討する必要がある。

カ 要 約

枝長が短くなるのは、節数の減少によるのではなく、節間長が短くなることによるものであった。

バラの30℃下での光合成速度の品種間差は大きく、

最も高い品種は低い品種の2倍近い値を示した。

光合成速度は高温により低下したが、光合成速度の低下が品種によっては、必ずしも枝長の変化をともなっていないなど、生育との関係を明確にできなかった。

ベントネックの発生率は高温期に開花した花で高く、これは1日あたりの伸長量が大きく、花梗が十分に硬化していないためと考えられたが、品種間差についてはそれだけでは説明できなかった。

(山口博康)

(4) 高温下におけるファレノプシスの生育特性の解明

ア 研究目的

ファレノプシスは夜間に吸収し蓄えたCO₂を使って、昼間に光合成を行うCAM植物である。CO₂吸収の日変化は、暗期開始後から高いレベルのCO₂吸収を暗期間継続するフェイズ1、日の出後に短時間のC₃型の吸収を平行して行いつつ減少するフェイズ2、CO₂の放出が生じるフェイズ3、C₃型のCO₂吸収と引き続きCAM型の吸収が平行して起こるフェイズ4に分類されているように複雑な様相を示している。これらのフェイズが環境条件によって、変化することの報告は多いが、遮光の自動化や、温室冷房効果の向上などのために、より高度な環境制御基準が求められており、気温、日射量や日長などの光環境とCO₂吸収との関連をより明らかにすることを目的とした検討を行った。

イ 研究方法

ロックウール細粒綿を使い3～4号プラ鉢で育成中のアマビリス系の白花大輪種(2～3年生株、着葉数4～5枚)を供試した。鉢全体をアルミホイルで覆い、根部及び培地への光を遮断した。測定は30×30×60cmの透明アクリル製のチャンバーに1個体入れて行った。同チャンバー内には定温水を循環する熱交換器を入れ、ファンで攪拌した。空気はビニール製のタンクに一時貯留し、CO₂濃度の急変を無くし、さらにバブリングによって加湿して毎分5～6ℓ流入した。富士電機製ZAP型CO₂分析計を使い流入空気を比較側に使用する差動法で連続測定した。適時調査した流入空気のCO₂濃度は350～380ppmの範囲であった。試験終了後に根部を除去した培地からのCO₂放出量を試験と同一温度環境で測定

し、測定値を補正した。人工光下での試験は同装置を人工気象室に入れて外部からも室温を制御した。

光強度はライカ社製の光量子センサーで光合成有効波長域光量子束密度〔Photosynthetic photon flux density（以下PPFDで記載）〕を個体の先端中央部で測定した。

各試験毎の設定・方法は下記の通りである。

(ア) 上記装置を屋外の自然光下、あるいは自然光が入る室内において、日変化する光環境とCO₂収支との関連を調査した。必要に応じてチャンバー上部から遮光資材で覆い、透過日射量を変えた。熱交換器への循環水温は20℃に設定したが、測定時の光環境、外部の温度環境によってチャンバー内の温度は変化し、夜間21.5℃、最高26.8℃（最高温強光時）、葉温は32℃までの上昇であった。葉面積は651cm²（葉数5）の個体を6月5日から30日まで連続測定した。

(イ) ファレノプシスのCO₂収支に及ぼす光環境の影響を、240～500 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ （PPFD）間で各設定環境毎に1～3日間測定した。循環水温は20℃に設定した。室温は最大2℃の上昇であった。葉面積330cm²、4葉の個体を供試した。別に150～700 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ の範囲で葉面積300cm²の個体を供試し、一日毎に連続測定を行った。室温は最大3℃の上昇であった。

(ウ) 日射量の影響を調査した試験で光飽和点が把握できなかった原因が、1/2の葉序で展出する上の葉が下葉を遮蔽するためと想定し、下葉のアルミホイルによる完全遮蔽、あるいは切除がCO₂収支に及ぼす影響を測定した。PPFDは697 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ と400 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ の2段階で行った。23℃の循環水温で管理したが、前者は最大26℃、後者は25℃までチャンバー内気温は上昇した。葉面積は上葉2枚が263cm²、下葉2枚が253cm²であった。

(エ) ファレノプシスのCO₂収支に及ぼす連続した明期や暗期の影響を調査した。PPFDは400 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ に設定した。20℃の循環水温で管理したが、明期には22℃まで上昇した。葉面積510cm²の個体を供試した。反応が平行するまで連続した明期と暗期を与えた。

(オ) 24時間周期の中で、明期と暗期の長さがCO₂収支に及ぼす影響を調査した。明期の長さを8、12、16、20時間の4段階に変えた調査と、8、10、12、

14、16時間の5段階に変えた調査を行った。試験は暗期終了時のCO₂吸収速度が前日のこの値とほぼ同値になるように、同一環境で2～3日間連続した測定を行った。葉面積は前者が455cm²、後者は571cm²の個体を供試した。370、390 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ のPPFDで測定した。24℃の循環水温を流した。明期気温は最大27℃まで上昇した。

(カ) 明期気温がCO₂収支に及ぼす影響を400 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ の光強度下でフェイズ3の炭酸ガス放出がほぼ平衡になる明期3時間後から連続的あるいは段階的に変温して調査した。また夜間にも同様な高温処理を施し、CO₂収支に及ぼす影響を調査する数測定を行った。

ウ 研究結果

(ア) 自然光下でのCO₂収支

CO₂吸収に及ぼす日毎の日射量の影響を図1—10に示したが、日射量の多少がCO₂の吸収パターンに影響し、少日射量日あるいは多日射量日でも吸収量が低下する事例が観察された。フェイズ2からフェ

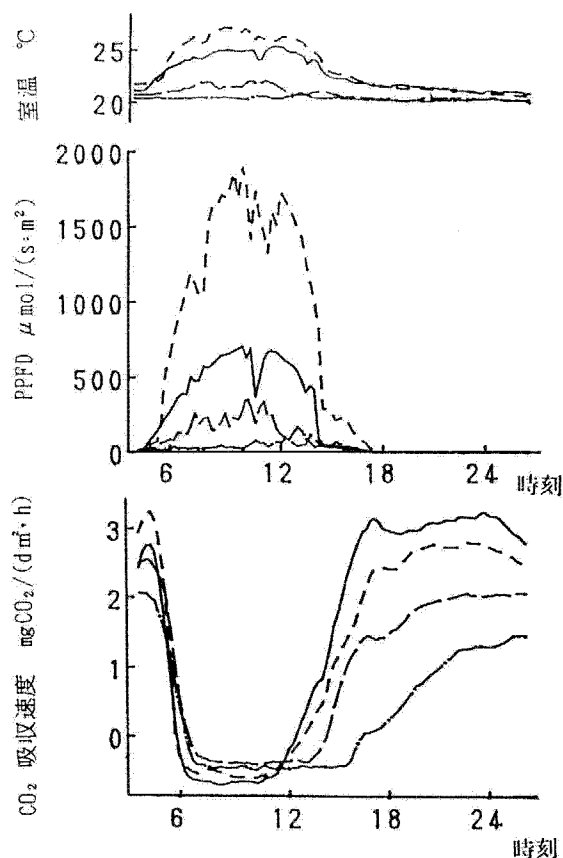


図1—10 ファレノプシスの自然光の下でCO₂収支
同一線種が同一日の日射量、室温、CO₂吸収速度を示す。

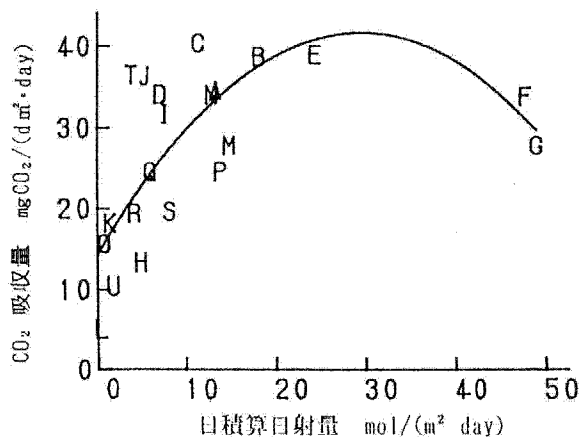
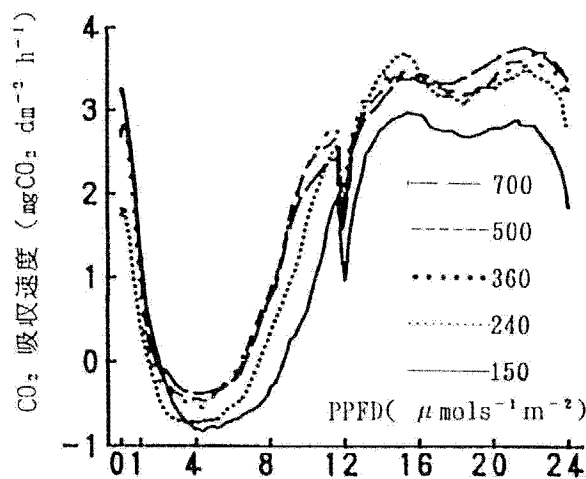


図1-11 日積算日射量とフェイズ4～フェイズ1間の炭酸ガス吸収量

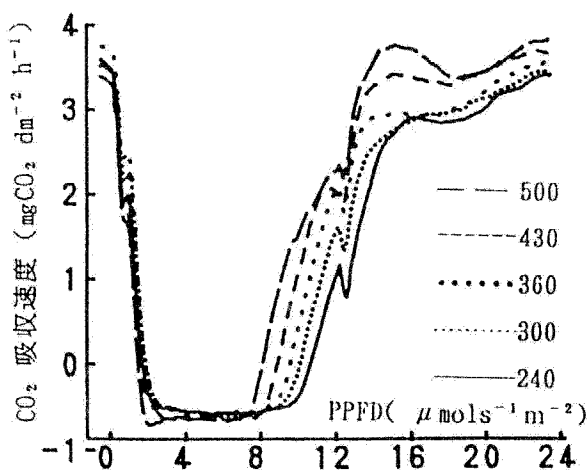
イズ1間の日炭酸ガス吸収量を算出し、その日の日射量との相関を図1-11に示したが、概して日積算日射量が $20 \text{ mol m}^{-2} \text{ day}^{-2}$ （最強日射時の約1/3）程度までは増加する傾向が認められた。なお明期開始時の CO_2 吸収速度が多様であるように、前日の影響も残っており、また別な要因の影響などが重なって回帰にバラツキが認められた。なお無遮光で測定した（測定点E,F,G）後の障害が懸念されたが、翌日の値（H）が多少低下した感があるが、翌々日（I）への影響は少なかったと判断された。

（イ）PPFDが CO_2 の吸収に及ぼす影響

PPFDが $150 \sim 700 \mu \text{ mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ の範囲で行った図



時間(明期0～12 暗期12～24)
測定1(室温 20°C 葉面積 300 cm^2)



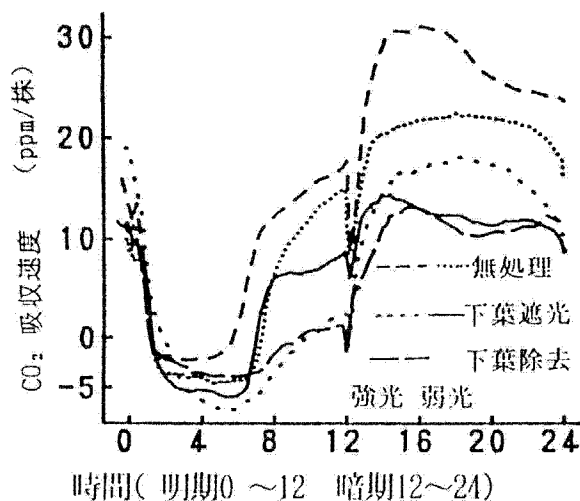
時間(明期0～12 暗期12～24)
測定2(室温 20°C 葉面積 330 cm^2)

図1-12 ファレノプシスの CO_2 吸収に及ぼすPPFDの影響

1-12・測定1において、 $150 \mu \text{ mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ではフェイズ4の立ち上がりが遅く、また夜間（フェイズ1）の吸収量が低下した。強光ほどフェイズ4の立ち上がりが早くなった。夜間の吸収量も増加したが $360 \mu \text{ mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ 以上では差が小さかった。 $240 \sim 500 \mu \text{ mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$ の範囲内で行った測定2でも、PPFDが多いほど、フェイズ4の立ち上がりが早くなった。夜間の吸収量の増加はPPFDの増加に比例して顕著に認められた。

（ウ）下葉の影響

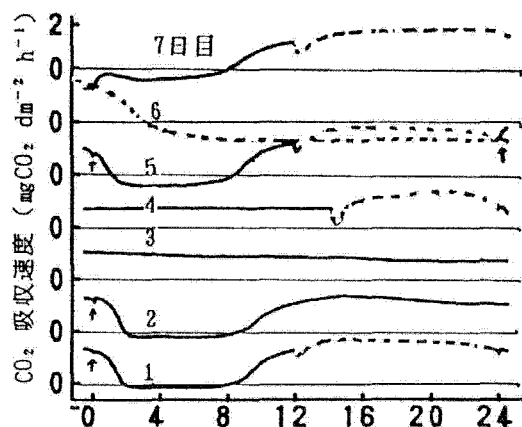
光が上葉によって遮られる下葉への照射の影響を検討し、結果を図1-13に示した。下葉の中央部のPPFDは上葉の22～25%であった。下葉2枚をアルミホイルで覆う以前は強光条件($667 \mu \text{ mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$)が弱光条件($414 \mu \text{ mol s}^{-1} \text{ m}^{-2}$)より明・暗期とも CO_2 の



（室温 $26/23^\circ\text{C}$ 上葉 263 下葉 256 cm^2 各 2枚）

図1-13 ファレノプシスの CO_2 吸収に及ぼす下葉の影響

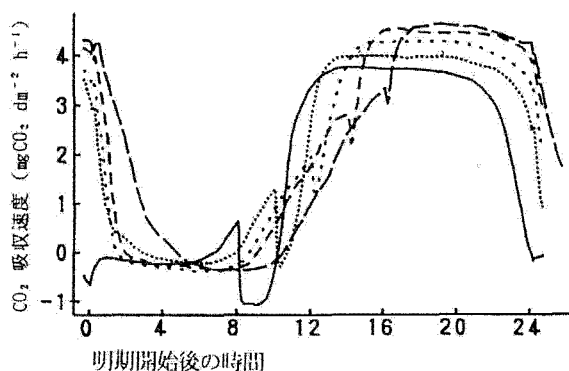
吸収は多かったが、下葉遮光後は明期（フェイズ4）において弱光条件が強光条件におかれた個体より高い吸収を示し逆転した。すなわち上葉の明期のCO₂



時間(実線: 明期 破線: 暗期)

(PPF400 明期22℃暗期20℃葉面積 510cm²)

図1—14 ファレノプシスの CO₂吸収に及ぼす明暗期長の影響



測定条件:

PPFD 400 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$

室温 明期27℃暗期24℃

葉面積 571cm²

処理

明期時間 日積算吸収量

— 8 40.7 mg/dm²/日

--- 10 49.4

--- 12 51.2

--- 14 51.6

--- 16 52.8

図1—15 ファレノプシスの CO₂吸収に及ぼす明暗長の影響

た。さらに、暗期への切り替わり時の放出はわずかであった。CO₂の日総吸収量は16時間明期で最大を示したが、12時間との差は小さかった。8時間明期は16時間より23%減少した。別に20時間明期の測定を行ったが暗期の吸収が少なく積算量は約31%減少した。

(カ) 日中の温度変化に伴うCO₂吸収速度の変化

日射量の増加に伴う気温の増加をシミュレートし、気温の増加がCO₂収支に及ぼす影響を調査した。フェイズ3のCO₂吸収速度はフェイズ4の明期後半の立ち上がりが生じるまではほぼ気温の増加に反比例して減少した(図1—16)。また夜温が高いとCO₂吸収速度は大きく低下した。明期の気温をより高温にすると、その時の放出の増加とともに、夜間の立ち上がりが多少遅れた(図1—17)。段階的に変温

吸収に対しては強光は不適であったが、下葉に対しては好適になり、フェイズ4の吸収の増加に貢献していたことが考えられた。

(エ) 連続した明暗期長の影響

明期を12時間以上継続すると吸収の減少が顕著になり、17~19時間後には放出のほうが増加した。明期を連続すると漸減はするものの、2日後でも明期最大吸収値の50%の値で経過していた(図1—14)。

(オ) 一日の明期長の影響

一日の明期と暗期の長さがCO₂収支に及ぼす影響を図1—15に示した。8時間の明期では暗期開始直後の放出が多く、フェイズ1の立ち上がりまでに時間を要した。また暗期中の吸収速度の減少が顕著になった。明期後半の立ち上がりは早くなったが、明期が短いために、その量は少なかった。逆に明期が長くなるとフェイズ2が遅くまで継続するとともに、フェイズ4の存続期間も長く、高い吸収速度を示し

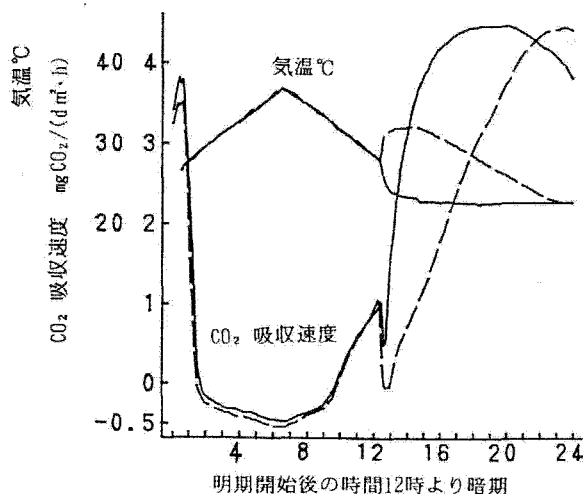


図1—16 明期の気温の変化、及び夜間の高温処理と炭酸ガス収支
(気温とCO₂吸収速度の経時変化を同一線種で示す)

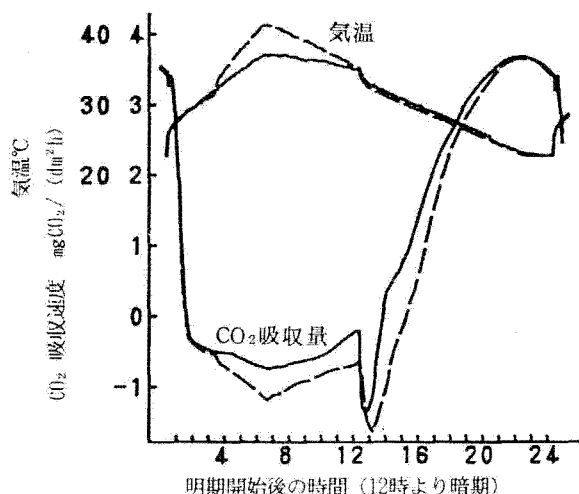


図1-17 明期の高温処理が炭酸ガス収支に及ぼす影響
(気温とCO₂吸収速度の経時変化を同一線種で示す。)

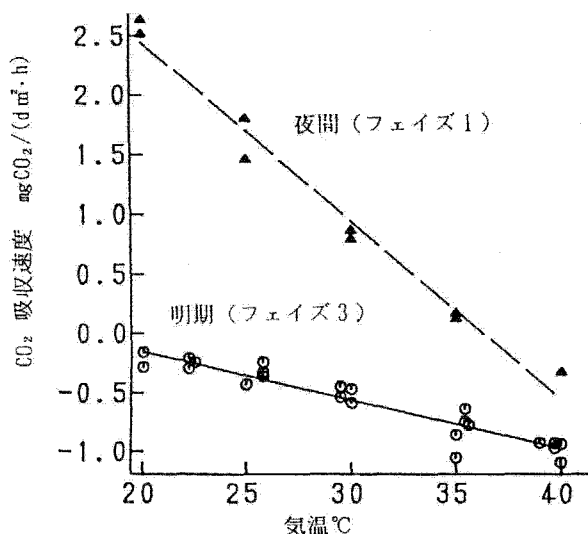


図1-18 明暗及び夜間の気温が炭酸ガス収支に及ぼす影響

した時の温度とCO₂吸収との関連を昼夜別に図1-17に表示した。明期25°Cの放出速度は35°Cの約30%であった。暗期の気温の影響はより顕著であり、20°Cの夜温の時と30°Cの夜温では吸収速度に3倍の差が生じ、絶対量の差が大きく、単に呼吸速度の増加だけでは無く、CO₂吸収速度の減少に高温がかなり影響していた。夜温が30°Cを超えると吸収が無くなった。

エ 考 察

ファレノプシスの生育はCO₂吸収速度が最大でも4 mg CO₂/(dm²·h)であり、非常に小さい値である。施肥技術の改善によって早期栽培技術が確立し、最大葉長5 cm程度の小苗からわずか半年で開花させる作型が行われるようになり、生育促進のために、物

質生産量を多くする環境制御技術の改善は重要である。ファレノプシスのCO₂吸収からみた適温は20°C程度であるが、夏の高温環境とは大きく隔たっている。この隔たった環境下で生育を促進する手段を明らかにするために、この試験では夏期における高温・強光の作用機作とその回避手段を明らかにすることを試みた。

日射量がファレノプシスのCO₂収支に及ぼす影響は、強光ほど夜間に蓄えたCO₂の同化を早く終了するために、明期後半からの再吸収の立ち上がりが早く、また夜間蓄積の増加が観察された。150から700 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ の範囲で行った測定における日積算吸収量は360 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ までは増加したが、それ以上の増加は少なかった。240から500 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ の測定では日射量が多いほど顕著に増加し、少なくとも400~500 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ の日射量が同化量を増すためには必要と判断された。それ以上の日射量は下葉への照射の影響であり、日射量が多いほど下葉のCO₂吸収を増加すると判断できたが、上葉にとっては適当では無く、葉の黄色化も伴うことから、500 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 程度を上限とすべきと判断された。500 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ の日射量は屋外最強時の1/4の強さに相当し、75%の遮光を必要とする。

ファレノプシスでは開花促進温度も20°C程度であるために、開花促進を目的とした温室冷房が普及している。冷房コストの削減から、温室内への透過日射量をいかに少なくできるか、また人工光を利用する場合にも、その光強度を低下し、冷房コストを下げる手段が必要である。一手段として、明期長の長さの調節が考えられる。CAM型植物のために、CO₂の吸収は夜間に多いので、夜間を長くしても良いという考えが生じるが、この試験結果からは8時間の短日長では明らかに吸収量の低下が認められ、最低12時間の照明が必要であることが明らかになった。明期時間が少ないと、フェイズ4における立ち上がりが遅れることが確認できた。この時期はC3型の光合成とCAM型のCO₂吸収が平衡して行われており、明期が短い処理では、CAM型が立ち上がっていないために、暗期へ移行後に立ち上がるまでの放出期間が長く続いた。明期が長いとこの放出は少なく、CAM型の吸収に直ぐに移行していることが観察できた。また各フェイズの存続時間も多様に影響されており、内部の酵素活性の検討により、より好

適な環境の解明が進むことも考えられる。

温度の影響はフェイズ3、フェイズ1ともに、高温条件では直線的に放出量の増加や、吸収量の減少をもたらした。しかし、夜間の高温が吸収を大きく減少させたのに対して、昼間の高温は放出を増加させるものの、その程度は少なく、図1—18に示したように多少の吸収の遅延はあるが、夜間の高温による減少に比べれば許容できる範囲である。生育促進のためには夜間温度を低くすることが重要であることが示された。

オ 要 約

ファレノプシスの大株では $500 \mu \text{mols}^{-1} \text{m}^{-2}$ 程度の比較的高い日射量が CO_2 収支からみて必要であること、同化を行う明期時間が短いと CO_2 の吸収総量が減少すること、夜間の高温の影響が CO_2 吸収にとってマイナスの影響が大きいことなどを明らかにした。

カ 今後の問題点

CAM型の CO_2 吸収と、C3型の CO_2 吸収を平衡して行っているフェイズ2、4の生理的な検討、夜間の CO_2 吸収プールの増加法の検討などによる生育促進技術の可能性。

キ 文献発表

① ファレノプシスの炭酸ガス代謝に及ぼす光環境の影響、園学雑. 62, 別1, 1993.4

(須藤憲一)

(5) 高温下におけるデンファレの生育特性の解明

ア 研究目的

デンファレは沖縄県において重要な切花品目であるが、生態的特性はまだ十分に把握されていない。特に夏期高温時の栽培管理で不明な点が多く、農家間の生産力較差を増幅させている。本試験は、高温がデンファレの生育とCAM型光合成に及ぼす影響の調査から高温下における生育特性を解明し、安定生産及び生産力向上の技術情報を得ることを目的とする。

イ 研究方法

(ア) 温度条件と生育特性

高温条件がリードバルブの生育と開花、花芽の発達に及ぼす影響を調査するため、ヤシガラに植え付けた *Dendrobium* Ekapol 'Panda No.1' の3年株をグロースキャビネット内で生育時期別に高温条件下

で栽培し、適温条件で栽培した対照区と比較した。

<リードバルブの生長と開花に及ぼす高温の影響>

リードバルブの生育段階(図1—19参照)を違えて高温条件(昼温6時間 40°C 、夜温 30°C)に4週間遭遇させた。またリードバルブ完成後発生した花茎の伸長程度が異なる(図1—22参照)株を高温(昼温6時間 37.5°C 、夜温 30°C)に遭遇させた。両処理とも対照区の温度条件は、昼温 30°C (6時間)、夜温 25°C とした。なお、両処理とも一部高温処理期間(2, 4, 6週間)を変えてみた。処理期間外は遮光(防風ネット2mm)したガラス室内(最高温度 37°C 以下)で株を管理した。

<花芽の発達に及ぼす高温の影響>

伸長中の花茎上の花蕾を生育段階別(図1—24参照)に高温条件(昼温 35°C 、夜温 30°C と昼温 35°C 、夜温 25°C)に10日間遭遇させ、花径(小花の横径)と花色を測定し、対照区(昼温 30°C 、夜温 25°C)と比較した。花色の測定は開花後5日以内に行い、ペタルの赤紫着色中心部を測色色差計(日本電色ND-504AA)で測定した。この他、花蕾萎凋花茎率等の障害花の発生状況も調査した。高温処理期間以外は対照区の温度条件で管理した。

(イ) 環境条件と物質生産

上記品種を供試し、個葉の1日の CO_2 交換速度を温度と光(明期光合成有効放射, 日長)条件を違えて測定し、1日及び各Phaseの CO_2 収支を求めた。また、明期の葉温と日射量、風量の関係を調査した。

<温度条件と CO_2 収支>

止葉展開後のリードバルブの上位葉の CO_2 交換速度を昼(葉)温 $40, 35, 30^\circ\text{C}$ と夜温 $30, 25, 20^\circ\text{C}$ を組合せて1990年12月に測定した。株全体を各温度区に2~3日間置き最終日を測定日とした。光条件は光合成有効放射 $575 \mu \text{mol/m}^2/\text{s}$ で12時間日長とした。

<光条件と CO_2 収支>

止葉展開後のリードバルブの上位葉の CO_2 交換速度を $40/30, 35/30, 30/25^\circ\text{C}$ (昼(葉)温/夜温)の温度条件において、明期光条件を違えて(光合成有効放射 $100\sim 900 \mu \text{mol/m}^2/\text{s}$; 12時間日長), 1991年12月に測定した。

<日長条件と CO_2 収支>

止葉展開後ののリードバルブの上位葉の CO_2 交換速度を $30/25^\circ\text{C}$ (昼(葉)温/夜温)の温度条件において、日長条件(LD: 16時間, ND: 12時間, SD

：10時間）と明期光条件を違えて（光合成有効放射112～699 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ），1992年10月に測定した。

＜葉温と日射量，風量との関係＞

日射量，風量を違えてデンファレ葉温を測定した。葉表面温度の測定には非接触温度計（ミノルタ，505S）を葉裏面温度には熱電対（Tタイプ， $\phi 0.1\text{mm}$ ）を使用した。

ウ 研究結果

（ア）温度条件と生育特性

＜リードバルブの生長と開花に及ぼす高温の影響＞

高温によるリードバルブの伸長抑制は全生育期間で認められ，高温処理区のバルブ長は対照区の65～70%となった（図1-19）。また，生育中期において高温遭遇時間が長くなるにつれてバルブは短くなった。節数は萌芽前から生育中期（A～C）において高温の影響を受け，高温遭遇が早い程より減少した。バルブ径は，萌芽前から生育初期（A，B）は基部径が，生育後期（D）は上部径が細くなった（図1-20）。止葉展開時期はCとDの生育時期が高温の影響を受け，生育中期以降の高温は明らかに生育を遅延させた。採花本数も高温の影響を受け，

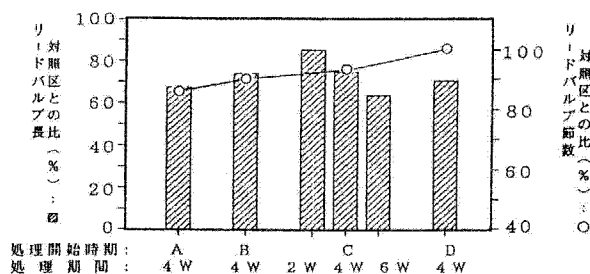


図1-19 生育時期別の高温条件がリードバルブ長と節数に及ぼす影響

A：リードバルブ萌芽前 B：リードバルブ萌芽直後
C：リードバルブ長4～7cm D：リードバルブ長18～24cm

対照区：昼温 7～10, 16～19時：27.5℃，
10～16時：30.0℃，夜温：25℃
高温区：昼温 7～10, 16～19時：35.0℃，
10～16時：40.0℃，夜温：30℃

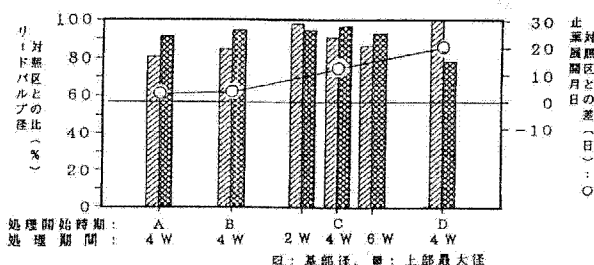


図1-20 生育時期別の高温条件がバルブ径と止葉展開時期に及ぼす影響

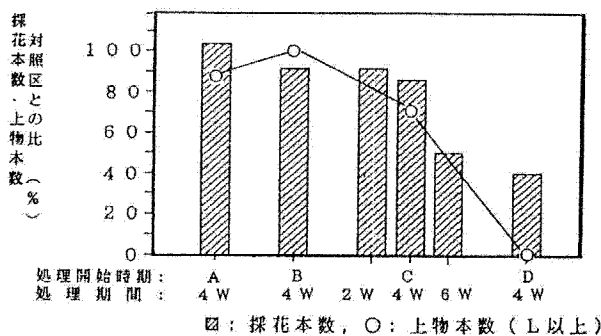


図1-21 生育時期別の高温条件が採花本数と上物本数に及ぼす影響

高温により生長が抑制されたリードバルブの切花生産力は低下することがわかった（図1-21）。特に生育後期（D）の高温は採花本数を著しく減少させ，高温遭遇時間が長い程減少した。上物（花茎長50cm以上）本数は生育中期以降の高温により減少し，生育後期では上物の切花は皆無となった。

花茎萌芽後（B'～E'）の高温は花茎の伸長に影響を与え，花茎長を抑制した（図1-22）。特に花茎伸長初期（B'）が最も影響を受け，生育を停

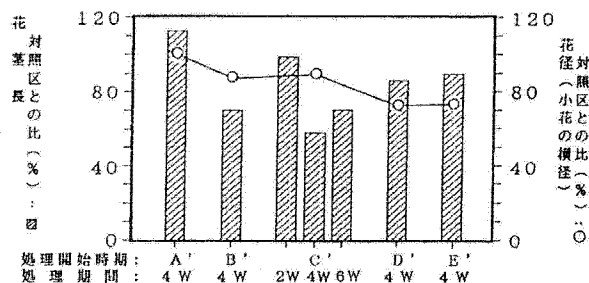


図1-22 花茎伸長時期別の高温条件が花茎長と花径に及ぼす影響

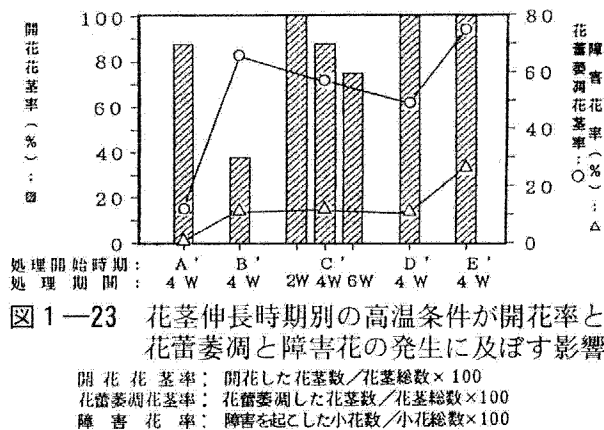
A'：花茎萌芽前 B'：花茎長 0.5～1cm C'：花茎長 2～5cm
D'：花茎長 10～20cm E'：花茎長 30～40cm

対照区：昼温 7～10, 16～19時：27.5℃，
10～16時：30.0℃，夜温：25℃
高温区：昼温 7～10, 16～19時：34.0℃，
10～16時：37.5℃，夜温：30℃

止する花茎もあった。開花花茎率も萌芽直後（B'）で大きく低下した（図1-23）。高温遭遇時間は長い程，花茎長及び開花花茎率を減少させた。また，花径伸長後の高温は小花の大きさにも影響を与え，花径を小さくした。さらに，花蕾の段階で萎凋したり，開花が不完全な障害花も増加させた。

＜花芽の発達に及ぼす高温の影響＞

高温条件は花芽の発達に影響を与え，花卉の伸長（花径）や花色の発現を抑制し，障害花の発生を増



加させることが明らかとなった。花径は、5mm以上 (B'' ~ F'') に生長した花蕾であれば、いずれの発達段階でも高温により小さくなった。特に花蕾長20mm以上 (E'', F'') の大きさに顕著であった。昼温35℃、夜温25℃区の花径は、昼温35℃、夜温30℃区と対照区の中間の値であった (図1—24)。高温区と対照区の花色の差を色差 (ΔE_{ab}) として表すと、「めだつほどに」 (色差3.0以上) 差が認められたのは、花蕾差5~24.9mmの時 (B'' ~ E'') であった (図1—25)。花蕾の生長に伴う花卉 (ペタル) 色の推移の調査から (図1—26)、花色色素の発現に対する高温の影響を受けるステージは、色

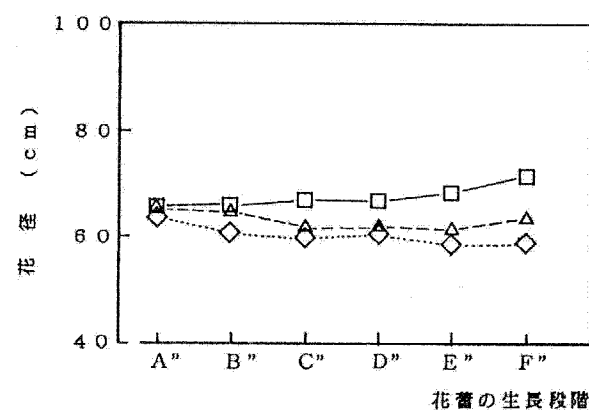


図1—24 花蕾の生育段階別の高温条件が花茎に及ぼす影響

花蕾の生長段階
A'' : 花蕾長 4.9mm以下 B'' : 5.0~9.9mm
C'' : 10.0~14.9mm D'' : 15.0~19.9mm
E'' : 20.0~24.9mm F'' : 25.0mm以上

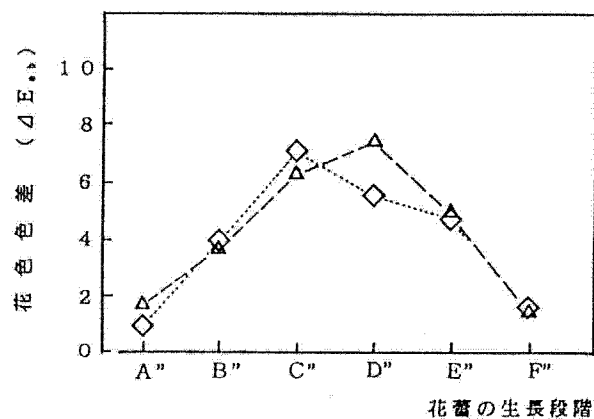


図1—25 花蕾の生長段階別の高温条件が花色に及ぼす影響

◇ 高温-1区 (昼温35℃ 夜温30℃)
△ 高温-2区 (// 35℃ // 25℃)

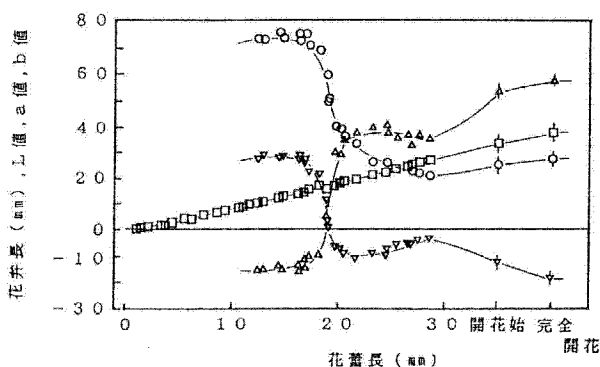


図1—26 花蕾の生長に伴う花卉長と花卉色の推移

素発現時とそれ以前であることが明らかとなった。がく割れ花、障害花の発生は、高温処理により増加し、花蕾長5~9.9mm (B'') の時とこの前後の時期に高温に遭遇すると著しく発生が増加した (図1—27)。花蕾萎凋も高温処理により増加し、花蕾長9.9mm以下 (A'', B'') で発生が多くなった。昼温35℃、夜温25℃区のがく割れ花、障害花の発生は、昼温35℃、夜温30℃区と対照区の中間の値であった。

(イ) 環境条件と物質生産

<温度条件とCO₂収支>

デンファレのCAM型CO₂交換の日変化パターンは、昼夜温の組合せにより変化し、高昼温及び高夜温は、夜間 (phase 1) と昼間前半 (phase 2), 昼間後半 (phase 4) のCO₂吸収時間を短くし吸収速度を低下させた (図1—28)。1日の最大のCO₂収支は昼温30℃、夜温20~25℃の時得られ、光合成適温を作図すると図1—29のようになった。1日のCO₂

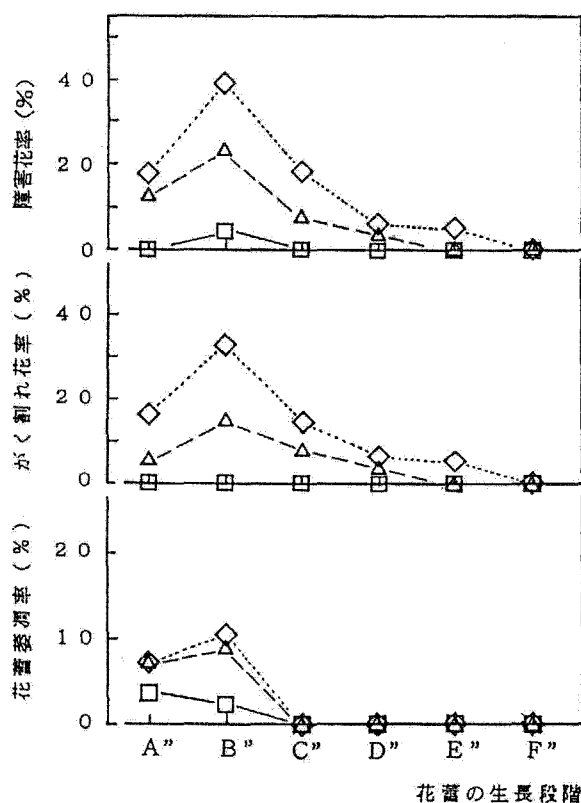


図1-27 花蕾の生長段階別的高温条件が障害花、がく割れ花と花蕾萎凋の発生に及ぼす影響

- 対 照 区 (昼温 30℃ 夜温 25℃)
- ◇ 高温 - 1 区 (" 35℃ " 30℃)
- △ 高温 - 2 区 (" 35℃ " 25℃)

収支は、昼温35℃以上及び夜温30℃での高温条件で減少し、特に昼温40℃、夜温30℃では最大値の80%減となった(図1-30)。Phase 1のCO₂収支は昼温が40℃または、昼温にかかわらず夜温が30℃の時大きく減少した。Phase 2のCO₂収支は夜温に関係なく、昼温が35℃以上になると昼温30℃の収支の半分以下となった。Phase 3は、昼温30~35℃の範囲ではCO₂吸収が0値に近かったが、40℃ではCO₂が放出し、葉面、葉内の呼吸が増加したものと考えられた。Phase 4のCO₂吸収は昼温30℃で多かったが、これより高温になると著しく減少し、40℃ではほとんど消失した。以上の結果、高温条件はデンファレのCO₂吸収を低下させることが明らかとなり、昼(葉)温が35℃または夜温が25℃を越える高温ではその低下程度は著しいことがわかった。

〈光条件とCO₂収支〉

CO₂交換の日変化パターンは、温度と明期の光条

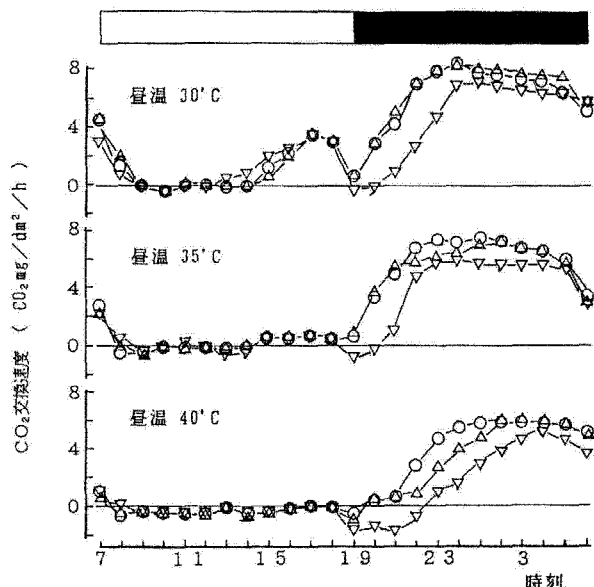


図1-28 昼温を40, 35, 30℃に維持した時の夜温がCO₂交換の日変化に及ぼす影響
▽ 夜温 30℃, △ 夜温 25℃, ○ 夜温 20℃

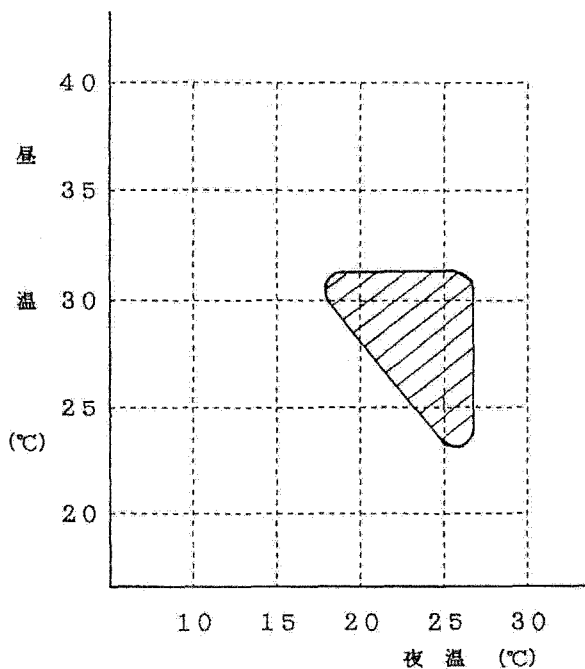


図1-29 昼夜温の組み合わせにおけるCO₂交換が活発になる温度域
光強度: 25~30 Klux
(本研究とSekizuka et.al(1992)の結果より作図)

件の影響を受け変化した(図1-31)。1日及びPhase 1のCO₂収支は、30/25℃(昼温/夜温)の時、250~300 μmol/m²/s付近で光飽和点に達し、90

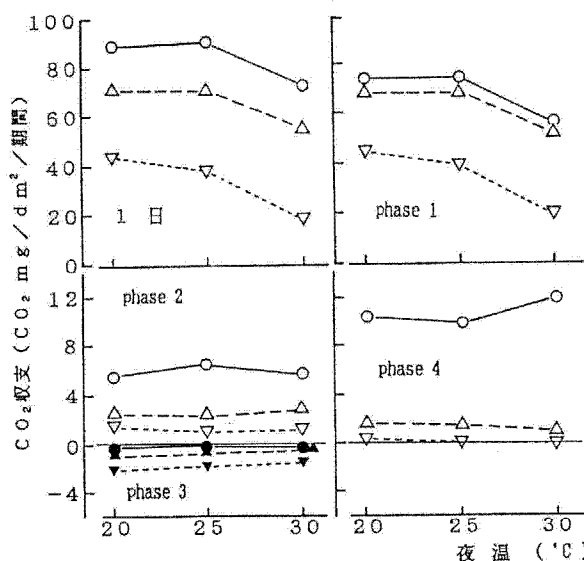


図1—30 昼温を40, 35, 30°Cに維持した時の夜温が各Phaseと1日のCO₂収支に及ぼす影響
▽:昼温 40°C, △:昼温 35°C, ○:昼温 30°C

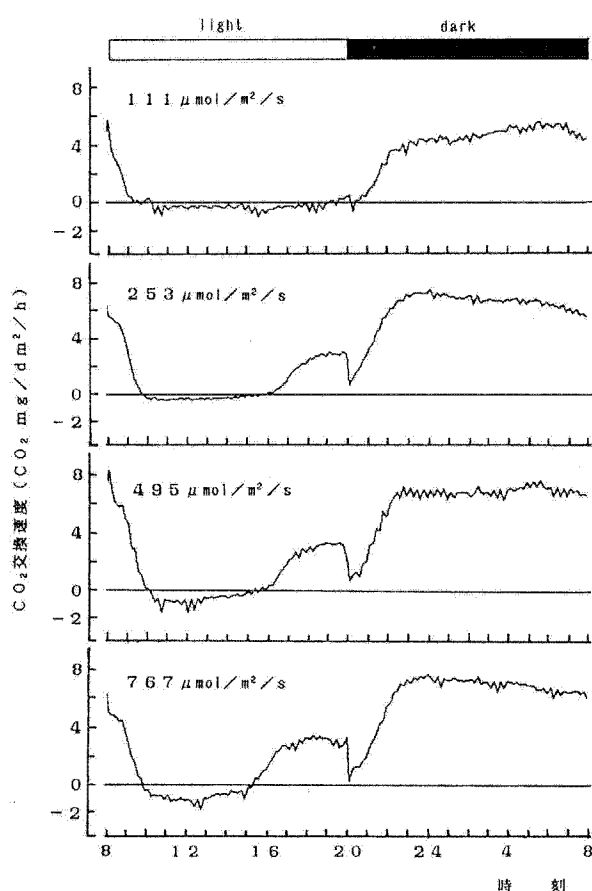


図1—31 昼温30°C夜温25°Cに維持した時の日射量がCO₂交換速度の日変化に及ぼす影響

0 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ まで大きな変化はなかった。これより昼夜温を高くするとCO₂収支は著しく減少した。35

°/30°Cの光飽和点は、30/25°Cと同様であったが、500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上ではCO₂収支が漸減した。40/30°Cの場合も強光下でCO₂収支は低下した。Phase 2のCO₂収支は、昼温35~30°Cでは500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 付近で最大となり、日射量が増加または低下すると減少した。Phase 4のCO₂収支は、昼温35~30°Cの場合、300~400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 付近で光飽和点に達し900 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ まで漸増した。逆に低日射量の110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 付近ではPhase 4は消失した。40/30°Cでは、いずれの日射量でもPhase 4は現れなかった(図1—32)。以上のように、デンファレの1日及び

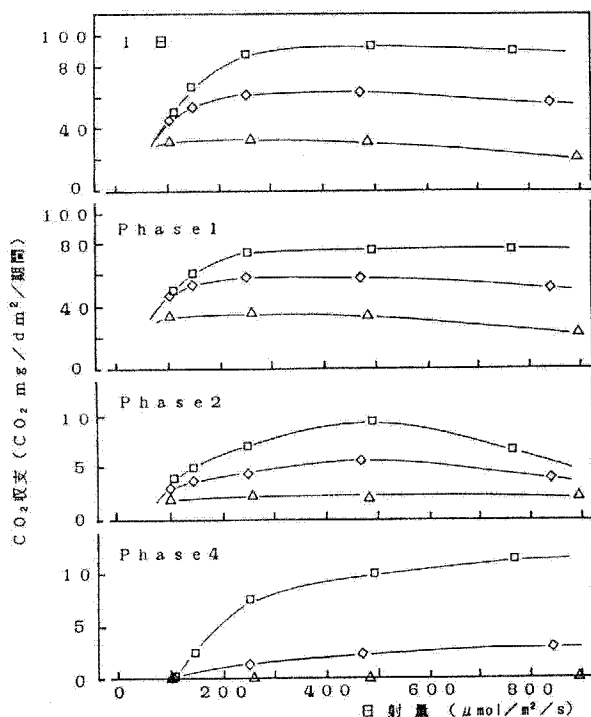


図1—32 日射量と温度が各Phaseと1日のCO₂収支に及ぼす影響

□昼温30°C夜温25°C, ◇昼温35°C夜温30°C, △昼温40°C夜温30°C

Phase 1, 2のCO₂収支は高温条件下で減少するとともに、500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上の光条件でさらに減少することが明らかとなった。

<日長条件とCO₂収支>

CO₂交換の日変化パターンは、日長処理の影響を受け変化した(図1—33)。Phase 1の最大CO₂吸収速度は日長処理間では違いはなかったが、LD区はSD, ND区に比較して暗期始めのCO₂吸収開始が早くなり、暗期終わりのCO₂吸収速度の低下がなくなった。また、日長が長くなるとPhase 2, 4のCO₂吸収の持続時間が長くなり、Phase 2のCO₂吸収速度が増加した。Phase 1のCO₂収支と明期光条件と

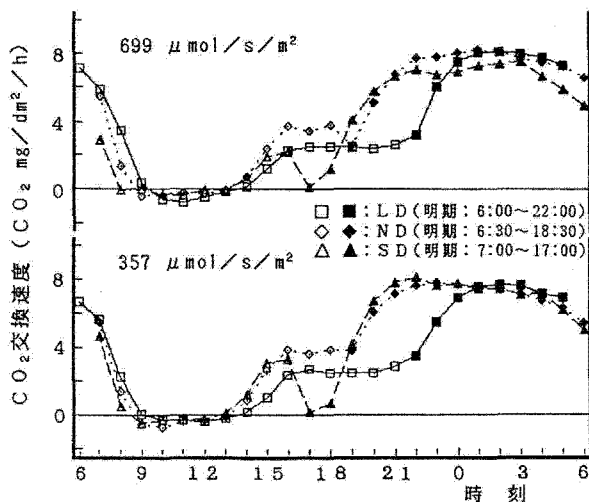


図1—33 日長がC O₂交換の日変化に及ぼす影響

の関係をみると、SD、ND区は250~300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ で飽和に達し定常値となったが、LD区は200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以下で既に定常値に達していた。Phase 1のCO₂収支の処理間の定常値は、短日条件ほど増大し光利用効率が高かった。日長が長くなるとPhase 2、4のCO₂収支が増加するが、1日の総CO₂収支は長日条件で減少した(図1—34)。以上の結果、長日条件はデンファレのCO₂同化量を低下させることから、夏期高温条件下の生長の抑制には、長日条件も関係していることが推察された。

〈葉温と日射量、風量との関係〉

葉温は、日射量の日変化に伴い変化した。葉温は施設内の気温よりも上昇し、日中は8~10℃も高かった。バックバルブの葉温は、リードバルブの葉温よりも高く推移する傾向があった(図1—35)。屋外で遮光により日射量を減らして葉温を測定してみた結果、葉温は日射量が増加するにつれて上昇した。

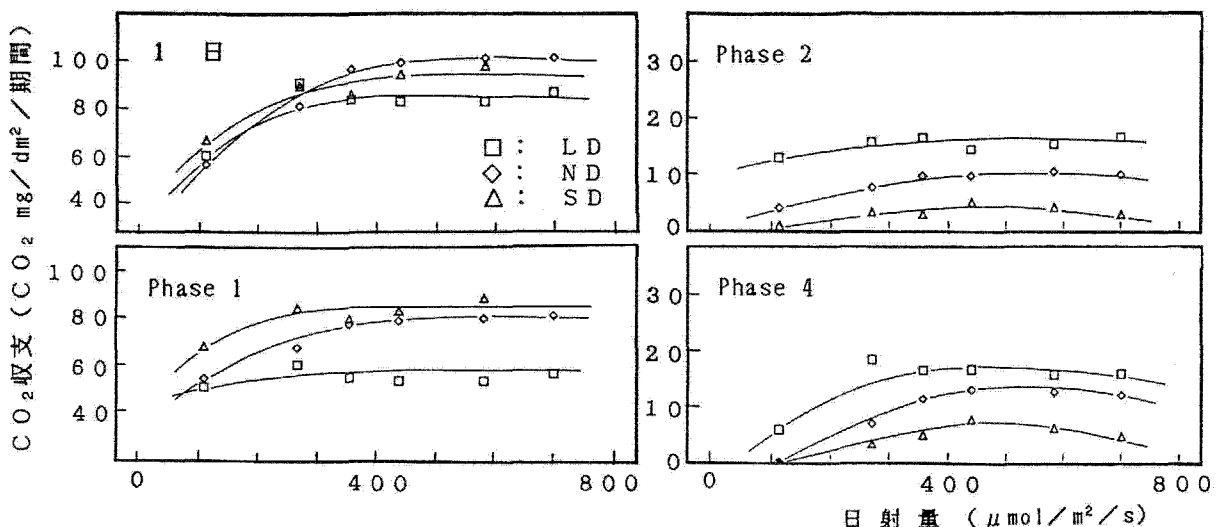


図1—34 日長が各Phaseと1日のC O₂収支に及ぼす影響

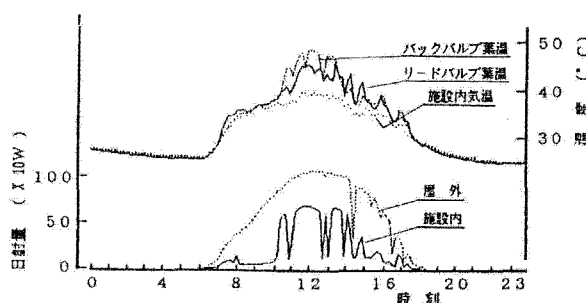


図1—35 デンファレ葉温の日変化

葉温測定部位：最上位葉展開葉(葉裏面)
測器：熱電対、日射センサ
(ガラス室内4mmネット遮光、風速0.3m/s以下、9月4日測定)

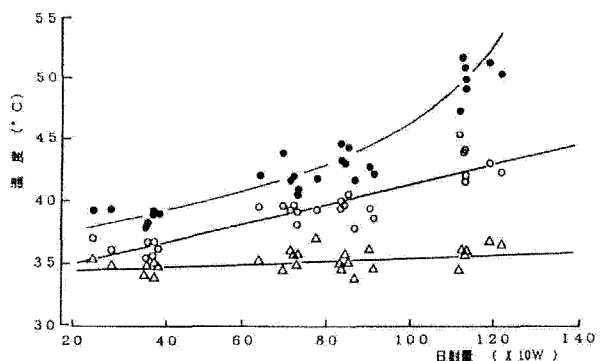


図1—36 葉温に及ぼす日射量の影響

● 葉温(表面)、○ 葉温(裏面)、△ 気温
葉温測定部位：最上位葉展開葉、
測器：非接触温度計(葉表面)、熱電対(葉裏面)、
(屋外で遮光量を減らした、風速0.2~1.5m/s、9月4~10日測定)

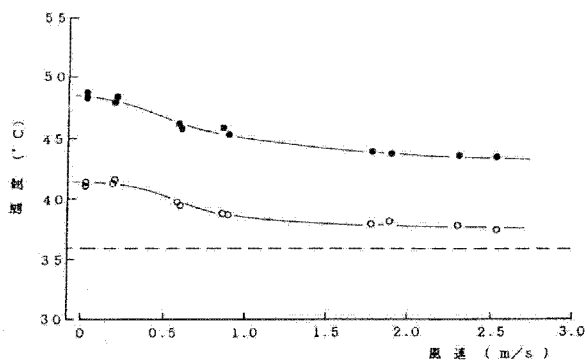


図1-37 葉温に及ぼす風速の影響

● 葉温 (表面), ○ 葉温 (裏面)
 葉温測定部位: 最上位葉展開葉,
 測器: 非接触温度計 (葉表面), 熱電対 (葉裏面),
 (グロウスキャビネット内, 気温 $36 \pm 1^\circ\text{C}$, 日射量 240W)

葉裏面の温度は、日射量 $200\text{W}/\text{m}^2$ においては気温に近似したが、これ以上の日射量では気温の上昇以上に直線的に上昇した。葉表面の温度は、日射量 $200\text{W}/\text{m}^2$ でも気温よりも既に $3 \sim 4^\circ\text{C}$ 高く、これ以上の日射量で急激に上昇し気温との格差が増加した (図1-36)。葉温と葉周辺に流れる風量 (風速) との関係を見ると、風速が増加するにつれて葉温は低下した。風速 $0.5\text{m}/\text{s}$ 付近から葉温抑制効果が表れ、 $1.5\text{m}/\text{s}$ 以上では葉裏面の温度は気温に近づいた (図1-37)。以上の結果から、CAM植物であるデンファレの日中の葉温は、施設内の気温以上に高く推移し、その上昇程度は日射量が増えると気温の上昇以上に増加することが示された。また、夏期高温下における物質生産の向上のためには葉温の抑制が重要であり、その抑制方法の一つとして風の利用が示され、風速 $0.5\text{m}/\text{s}$ 以上が有効であることがわかった。

以上の結果から、高温条件はリードバルブの生長・肥大を抑制し、切花生産力を低下させ、花茎の伸長、花芽の発達、花色の発現を阻害することが示された。その抑制・阻害の程度及び表れ方は生育ステージにより異なり、切花生産にとって高温に特に注意すべき時期は、リードバルブ生長期では生長期の後半、開花期では花茎の萌芽直後であり、花蕾の正常な発達にとっては花蕾長 10mm 以下の小さい段階であった。一方、デンファレの同化量は、昼 (葉) 温 35°C または夜温 25°C を越えるような高温条件と高温下の $500 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以上の強日射及び長日条件により著しく低下することが明らかとなった。夏期高温対策としては、日中日射を $500 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 以下にす

る遮光と十分な施設内の換気が有効であることが分かった。

エ 今後の問題点

夏期の高温対策として、デンファレ栽培施設の立地条件及び施設構造、付帯設備等の面から検討し、栽培環境改善の方向性を明らかにする必要がある。

オ 引用文献

野勢昭博: パインアップルのCAM型光合成に関する研究, 琉球大学農学部学術報告, 33, p1-70, 1986

Osmond, C.B., Crassulacean acid metabolism, Ann. Rev. Plant Physiol., 29, p379-414, 1978

関塚史郎・野瀬昭博・川満芳信・小那覇安優: デンファレのCAM型光合成に関する研究 (第1報), 園学雑, 59, 別1, p558, 1990

F. Sekizuka, A. Nose, Y. Kawamitsu, T. Akinaga, C. Taira: Effect of day/night temperature conditions on CO_2 exchange rate and CO_2 balance of Den. ekapol 'Panda No.1', Acta Hort., 292, p187-194, 1992

カ 研究発表

関塚史郎・平良朝正・須藤憲一: デンファレの生育、開花に及ぼす高温の影響, 園芸学会九州支部第31回大会要旨, p80, 1991

関塚史郎・平良朝正・松本良徳: デンファレの施肥管理技術と光合成特性, 沖縄県農試研究成果発表会要旨, p8, 1992

関塚史郎・野瀬昭博・川満芳信: デンファレのCAM型光合成に及ぼす日長の影響, 日本作物学会誌, 投稿準備中

関塚史郎・野瀬昭博・川満芳信: デンファレのCAM型光合成に及ぼす温度と日射量の影響, 園芸学会誌, 投稿準備中

(沖縄県農業試験場園芸支場 関塚史郎・平良朝正)

2. 生理的高温ストレス回避物質の探索

(1) キクの高温ストレスとアブシジン酸との関係

ア 研究目的

キクの施設栽培では、施設の利用効果を高めるために夏期の高温下での栽培が必要であるが、高温による花芽の分化・発育の異常、生育障害などによる品質低下が起りやすい。栽培管理法の改善による高温障害の回避には限界があり、最終的には耐暑性

品種の育種による解決が必要である。本研究では、高温ストレスに対する植物の防御機構の解明の一端として、内生アブシジン酸を取り上げ、その消長並びに高温ストレスとの関係について検討した。

イ 研究方法

実験1：生育ステージとの関係

耐暑性が高い品種として夏秋ギク型品種の‘精雲’，耐暑性が低い品種として秋ギク型品種の‘秀芳の力’，を供試した。

5月28日挿し穂，6月12日栽培箱に定植，6月28日摘心，7月19日に12時間日長の短日処理を開始した。短日処理開始後，2週ごとに採取し，ABA分析用試料とした。

ABAの抽出，精製，分析は図1-38に示す手順に

試料を80%アセトンで抽出(1昼夜，冷蔵庫内)100ml/30g，減圧ろ過，残さは80%アセトン100mlで2回洗浄
35℃でエバポレート
PVPP1gを加えpH8.5に調整
遠心分離
上清液を塩化メチレンで分配(3回)
水層を酢酸エチルで分配(3回)
水層をpH2.8に調整
等量の酢酸エチルで分配(3回)
酢酸エチル層を35℃で減圧乾固
残査をメタノール：酢酸エチル=1.1(V/V)液に溶解，試験管へ移し減圧乾固
40%メタノール液に再溶解
C18 Sep-Pak
流出液を減圧乾固
MeOH：0.1%酢酸=2：3(V/V)液に溶解
HPLC，ABA画分を分取(Ret.t.8~13分)
減圧乾固
イムノアッセイ

図1-38 ABAの抽出，精製，定量方法

従って行った。HPLCのカラムは， μ Bondpak C18 (Waters)を用いた。あらかじめ標品の+ABAを用いて検討した，リテンションタイムが8~13分の画分を分取した。また，イムノアッセイには，市販のELISAキット(商品名：Phytodetek-ABA)を用いた。

実験2：品種群間差

耐暑性が高い品種として夏秋ギク型品種の‘精雲’，‘天寿’，‘ハート’，‘コスチューム’の4品種，耐暑性が低い品種として秋ギク型品種の‘秀芳の力’，‘金丸富士’，‘ジェム’，‘スノークイン’を供試した。

6月13日挿し穂，6月27日栽培箱に定植，7月15日摘心，8月12日に12時間日長の短日処理を開始した。短日処理開始時，及び各品種の開花時に採取し，

ABA分析用試料とした。

ABAの抽出，精製，分析は実験1に準じたが，HPLCによる精製は行わなかった。

実験3：栽培時期との関係

耐暑性が高い品種として夏秋ギク型品種の‘精雲’，耐暑性が低い品種として秋ギク型品種の‘秀芳の力’，を供試した。

高温期の栽培として，5月1日挿し穂，5月19日栽培箱に定植，6月5日摘心，7月2日12時間日長短日処理を開始，適温期の栽培として，7月16日挿し穂，7月31日栽培箱に定植，8月13日摘心，9月16日12時間日長短日処理を開始，して頂花が開花した時に採取し，ABA分析用試料とした。

ABAの抽出，精製，分析は実験2に準じた。

ウ 結果及び考察

実験1

表1-16に両品種の生育状況を示した。適温条件下の開花反応期間は‘精雲’は約45日，‘秀芳の力’は約60日であるので，本実験では‘精雲’は順調な生育，‘秀芳の力’は約10日開花遅延して高温ストレスの影響を受けたと考えられる。

表1-16 生育状況

	精雲	秀芳の力
出蕾日	8. 6(17)	8.16(28)
着色日	8.22(34)	9.10(53)
開花日	9. 6(49)	9.27(70)

注) ()内は短日処理開始後の日数

表1-17に器官別ABA濃度の推移を示した。両品種とも全体的に葉のABA濃度は茎のABA濃度よりも高い傾向にあった。開花時の花のABA濃度は‘精雲’では葉の2.5倍の濃度であったが，‘秀芳の力’では葉と茎の中間の濃度であった。生育時期と

表1-17 器官別ABA濃度の推移
(ng/g新鮮重)

月日	精雲			秀芳の力		
	葉	茎	花	葉	茎	花
7.19	254.7	204.2		178.9	83.6	
8. 2	116.8	46.4		46.5	30.9	
8.16	75.9	13.6		47.0	37.7	
8.30	66.5	15.5		37.6	37.3	
9. 6	188.5	88.8	486.3			
9.13				27.4	36.3	
9.27				76.2	34.4	53.2

の関係では、ABA濃度は両品種の茎葉ともに短日処理開始時に高く、その後次第に低下して開花時に再び高くなる傾向を示した。‘精雲’と‘秀芳の力’を比較すると葉では、‘精雲’の方がABA濃度が高く、茎では調査前半は‘精雲’の方が、後半は‘秀芳の力’の方が高くなる傾向にあった。高温ストレス感受との関係では、非感受性の‘精雲’のABA濃

度は感受性の‘秀芳の力’を上回った。
以上の結果から、キクの高温ストレス感受性とABA濃度の関係を検討する場合、短日処理開始時頃の茎葉のABA濃度を比較するのが良いと考えられた。

実験2
供試品種の出蕾日、開花日を表1-18に示した。
内生ABA濃度を表1-19に示した。短日処理開始

表 1—18 生育状況

	夏 秋 ギ ク				秋 ギ ク			
	精雲	天寿	コスチューム	ハート	秀芳の力	金丸富士	ジェム	スノーホワイト
出蕾	8.27(15)	9. 3(22)	8.24(12)	8.24(12)	9. 6(25)	9. 4(23)	9. 1(20)	9. 6(25)
開花	10. 4(53)	10.15(64)	10. 4(53)	10. 4(53)	10.24(73)	10.25(74)	10.15(64)	10.30(79)

注) ()内は短日処理開始後の日数

時には、夏秋ギク型品種が秋ギク型品種よりも高い値を示す傾向にあった。夏秋ギク型品種の中では、‘ハート’が葉、茎ともに高い値を示し、他の3品種はほぼ似た値であった。秋ギク型品種の中では、‘秀芳の力’が他の品種よりもやや高い値を示した。開花時の内生ABA濃度は、葉及び花では‘精雲’の花を除いては夏秋ギク型品種の濃度が秋ギク型品種の濃度よりも高い傾向が認められた。茎では、夏秋ギク型品種の差は小さかった。前年度の結果では、‘精雲’は短日処理開始時及び開花時ともに‘秀芳の力’より内生ABA濃度が高く、特に開花時は1g新鮮重あたり、葉に198ng、花に480ngのABAを含んでいたが、本年度の数値はそれと比較するときわめて低い値であった。

以上の結果より、短日処理開始時並びに開花時の内生ABA濃度は、夏秋ギク型品種では秋ギク型品種よりも高い傾向が認められた。

実験3

内生ABA濃度をみると、高温期には全体として

表 1—19 器官別ABA濃度 (ng/g新鮮重)

品種名	短日処理開始時		開 花 時		
	葉	茎	葉	茎	花
夏 精雲	106	75	91	17	30
秋 天寿	138	70	120	22	223
ギ コスチューム	101	153	67	24	207
ク ハート	305	377	103	47	338
秀芳の力	113	109	56	39	116
秋 金丸富士	70	62	19	31	44
ギ ジェム	47	68	51	56	108
ク スノーホワイト	82	80	70	15	155

‘秀芳の力’の方が高く、適温期には‘精雲’の方が高い傾向がみられ(表1-20)、実験1、実験2の結果とは異なる傾向が見られた。内生ABA濃度には水分ストレスが大きく係わっていることが知られており、体内の水分条件が異なっていたのかもしれない。

表 1—20 頂花開花時の器官別ABA濃度 (ng/g新鮮重)

開花時期	品種名	葉	茎	頂花
高温期	精雲	45	35	54
	秀芳の力	103	57	72
適温期	精雲	79	36	130
	秀芳の力	75	29	94

エ 今後の問題点

内生ABAの濃度には温度以外に、水分条件が強く関係していることが知られている。また、キクの生育ステージ等の内的な要因も関与していると考えられ、これらの点についても考慮する必要がある。

オ 要 約

(ア) 高温条件で開花遅延程度が小さい夏秋ギク型品種の内生ABAは、遅延程度が大きい秋ギク型品種よりも高い傾向にあった。

(池田 広)

(2) 高温ストレスとサイトカイニン類の関係

ア 研究目的

主要花きの中で、キクは温度・日長に対する生態的育種が行われ、周年生産が推進されている。しか

し、高温期における生育阻害の回避については、品種及び技術的問題を解決するための生理的機作の解明が遅れている。

本研究では、アミノ酸及びタンパク質代謝に密接に関連しているサイトカイニン類の消長について解析し、高温ストレスに対する生育阻害回避物質及び回避機構を究明しようとする。

イ 研究方法

サイトカイニンの分析はほぼ共通して次のように行った。茎頂部の場合、葉を除去した茎の先端2.5～3.0cmを採取して精製開始時まで凍結保存した。根は、掘り上げたものを水洗い供試した。図1-38に示した方法で抽出・精製し、ダイズカルスによる生物検定を行い、既知量の標品との回帰計算によりサイトカイニン量を推定した。また、一部の試料に

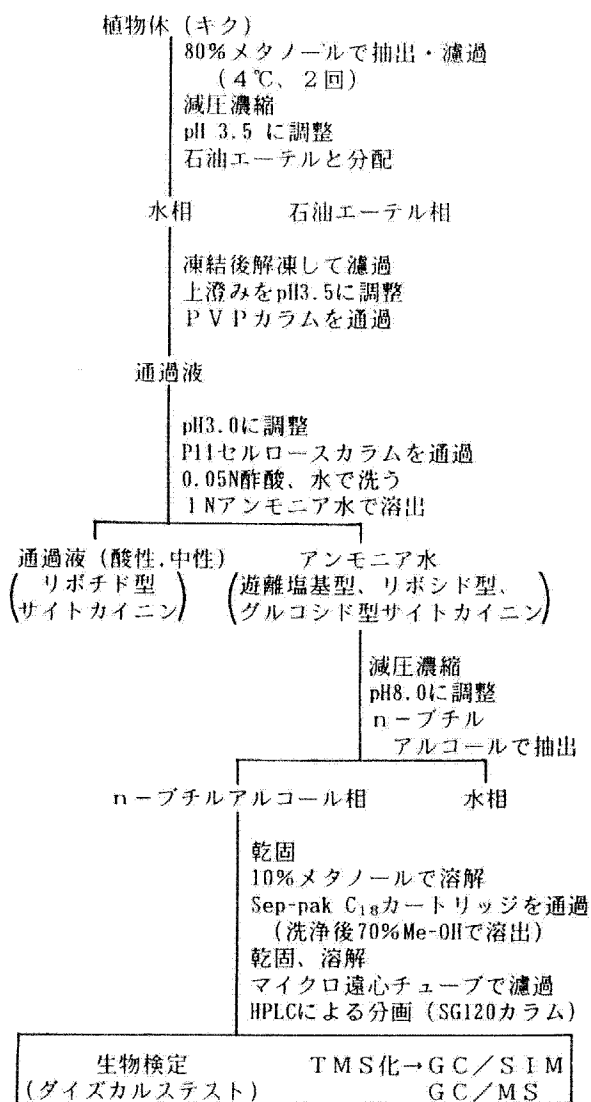


図1-38 サイトカイニンの抽出・精製法

については機器分析を行った。

(ア) 試験1. 栄養生長時の高温と茎頂・根・葉部のサイトカイニンの消長

栄養生長中のキクのサイトカイニンに及ぼす高温の影響を明らかにするために本試験を行った。

栄養生長時の高温により節間伸長が抑制される秋ギク品種‘秀芳の力’及び高温期にも正常な発育をする夏秋ギク品種(高温適応性品種)‘精雲’を供試した。適温・長日条件で栄養生長させ、人工気象室に搬入して長日条件のまま昼夜高温処理(31℃～38℃)を行い、栄養生長中の茎頂部、根部等のサイトカイニン類の消長を調査した。試料の採取は‘秀芳の力’では高温処理開始直前(0日)、高温処理開始3日後及び10日後、‘精雲’では同様に0日及び10日後に行った。

(イ) 試験2. 生殖生長時の高温とサイトカイニンの消長

‘秀芳の力’では高温の影響が開花遅延や奇形花などの形態的異常として最も顕著に表れる。本試験では、生殖生長時の高温がサイトカイニンの量的・質的变化に及ぼす影響を、適温条件下の栽培及び高温適応性が大の‘精雲’との比較において明らかにしようとした。

温度条件の影響を調査するための試験では、短日処理期間が高温または適温条件となるよう時期を変えて栽培した。短日処理は高温条件では7月20日から、適温条件では11月5日から行った。茎頂部については短日処理直前(0日)から処理開始28日後まで計4回にわたって採取し、根については短日処理開始直前に採取した。

品種による影響を調査するための試験では、‘秀芳の力’と‘精雲’を7月25日から高温下で短日処理し、処理開始7日後に茎頂部を、短日処理前(0日)から処理開始28日後まで4回にわたって根を採取した。

多くの試料については生物検定に供したが、一部の試料については重水素標識した標品を添加し、ガスクロマトグラフィー/マススペクトロメトリー(GC/MS)による同定と、ガスクロマトグラフィー/選択イオンモニタリング法(GC/SIM)による定量分析を行った。GC/SIMによる測定は同一試料について2回行い、その平均値を求めた。

(ウ) 試験3. 花芽分化と外生サイトカイニン

キクでは高温により舌状花と筒状花の花序構成が影響を受け、舌状花数が増加し筒状花数が減少する。このような状況を再現した試験2において、‘秀芳の力’では花芽分化時に茎頂部のサイトカイニン（リボシルゼアチン及びゼアチン）が少ないことが明らかになった。そこで、これを外部から直接与えた場合、花序構成の変化がどのような影響を受けるかを明らかにしようとした。

‘秀芳の力’を供試し、高温条件での試験では7月14日から、適温条件では11月12日から短日処理を開始して花成を誘導した。花芽未分化の短日処理開始4日後より、小花の形成が完全に終了する5週間後まで週2回ずつ計10回サイトカイニンの水溶液を茎頂部に塗布処理し、開花時に花序の形質等を調査した。高温条件下の試験ではリボシルゼアチンの1ppmと5ppm液を処理し、適温条件ではリボシルゼアチンの25ppmとゼアチンの25ppm液を処理した。

ウ 研究成果

生物検定では、キクの茎頂部、根、葉のいずれの部位からも、HPLCで分画したフラクションにサイ

トカイニン活性が2カ所で認められた。一方は比較的高く他方は比較的低いか、あるいはほとんど検出できなかった。GC/MS及びGC/SIM法によるこれらの活性フラクションを分析した結果、高い活性がリボシルゼアチンであり、低いものがゼアチンであると同定された。リボシルゼアチンはゼアチンの2倍から10倍程度検出され、常にゼアチンより多かった。生物検定の結果と併せて、キクにおいてはリボシルゼアチンが主たるサイトカイニンで、少量のゼアチンが伴うことが明らかとなった。

(ア) 試験1. 栄養生長時の高温と茎頂・根・葉部のサイトカイニンの消長

茎頂部のリボシルゼアチンは、‘秀芳の力’では適温条件では約2.1ng/g F.W.で、高温処理3日後にやや低下したが、10日後には処理前よりもやや増大した。‘精雲’でも10日後にやや増大し、栄養生長時のキク茎頂部ではリボシルゼアチンに対しては高温の影響は小さいことが明らかとなった。

一方、‘秀芳の力’茎頂部のゼアチンは適温条件では約0.7ng/g F.W.で、リボシルゼアチンより少

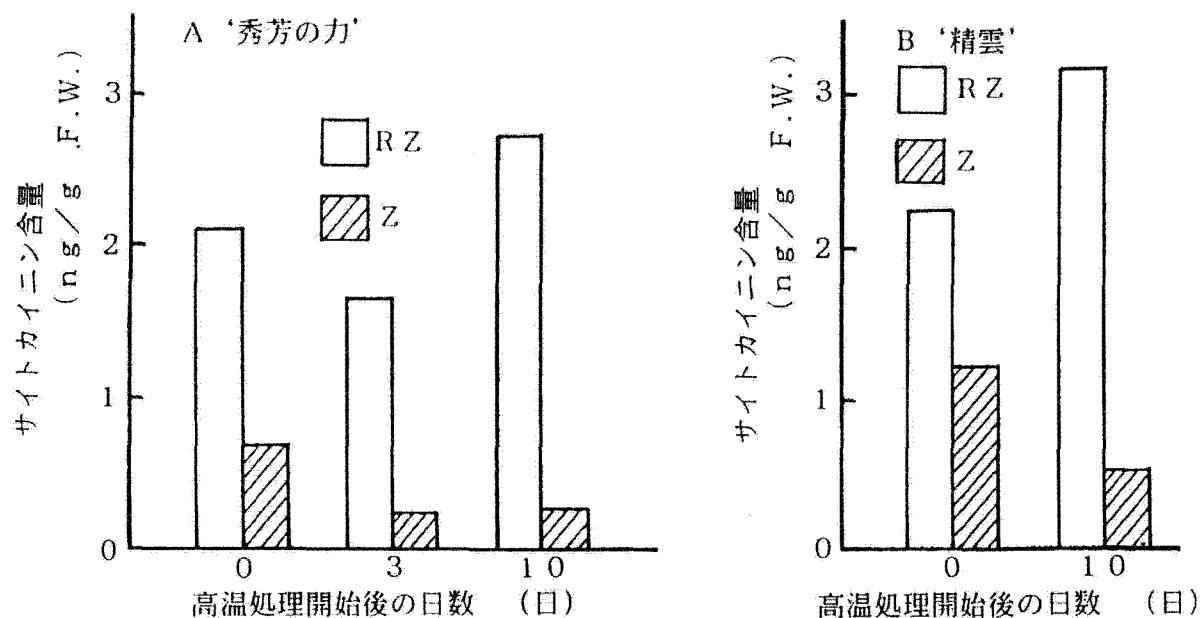


図1—39 高温処理が栄養生長時のキク茎頂部のサイトカイニン含量に及ぼす影響

RZ：リボシルゼアチン，Z：ゼアチン

なく、高温処理により減少し、10日経過した後も低いレベルにあった。‘精雲’は適温下及び高温処理10日後とも‘秀芳の力’より多くのゼアチンを含んでいたが、高温処理によって‘秀芳の力’と同様減少した。

根のリボシルゼアチンは‘秀芳の力’では適温条

件では約8.2ng/g F.W.であったが、高温処理により減少した。‘精雲’では逆に増大した。ゼアチンは‘秀芳の力’では高温処理3日後にやや増大し、10日後は高温処理前と同じレベルに戻った。‘精雲’では高温処理10日後に増大した。

‘秀芳の力’の葉のリボシルゼアチン量は高温処

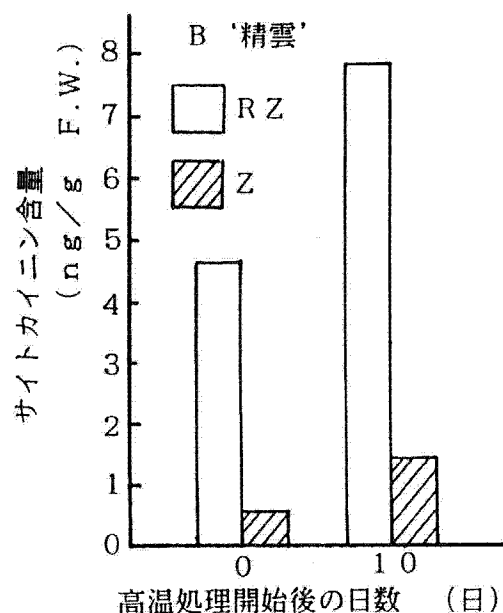
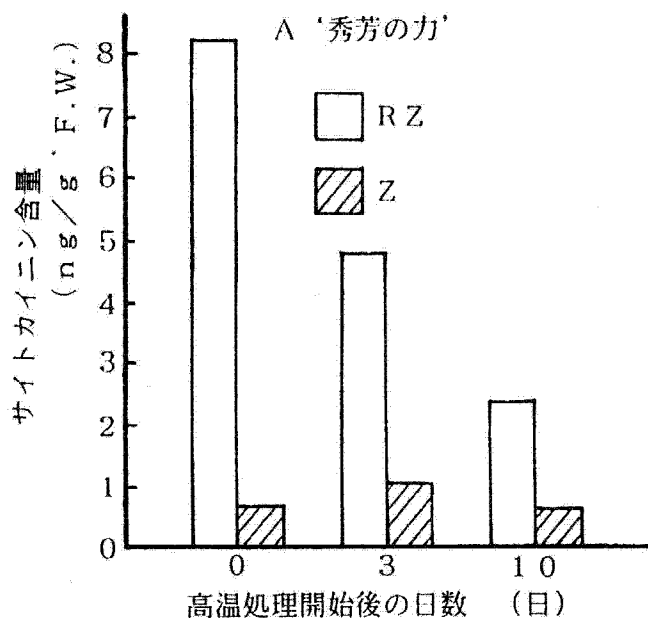


図1-40 高温処理が栄養生長時のキク根部のサイトカイニン含量に及ぼす影響
RZ：リボシルゼアチン，Z：ゼアチン

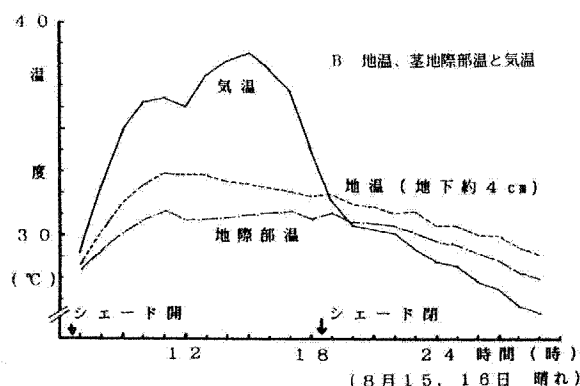
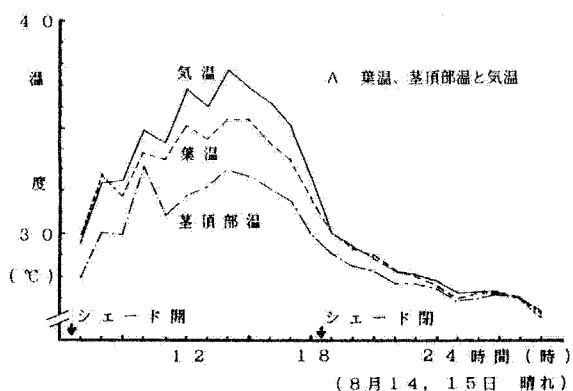


図1-41 植物体温、気温及び地温の日変化

理前に約0.4ng/g F.W., 3日後に約0.7ng/g F.W., 10日後に約0.5ng/g F.W.であり、大きな変化はみられなかった。

(イ) 試験2. 生殖生長時の高温とサイトカイニンの消長

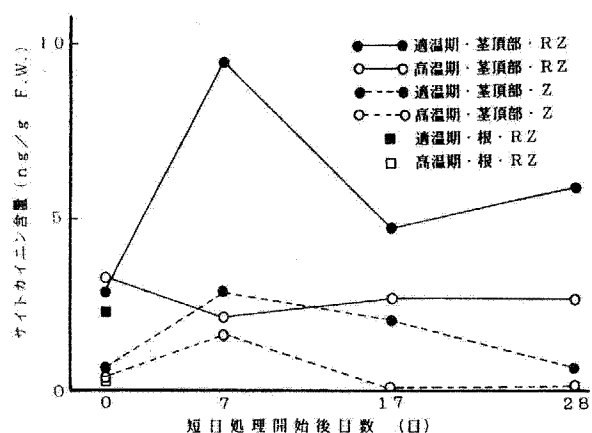


図1-42 栽培時期の違いによる温度条件が花成誘導前後のキク‘秀芳の力’のサイトカイニン含量に及ぼす影響

RZ：リボシルゼアチン，Z：ゼアチン

短日処理期間中の晴天日の植物体温、気温及び地温は図1-41のように変化した。

‘秀芳の力’茎頂部のリボシルゼアチンは、適温下の場合、短日処理開始前の約2.9ng/g F.W.から、花芽分化が認められた7日後には約9.5ng/g F.W.に著しく増大した。高温下では、リボシルゼアチン活性の大幅な上昇はみられず、約2.1~3.3ng/g F.W.の範囲内で推移した。ゼアチン活性は温度条件にかかわらず、短日処理開始直後から上昇し、その後低下したが、常に高温による活性低下が認められた。

機器分析ではリボシルゼアチンをシス (sis) 体

表 1—21 栽培時期が異なるキク茎頂部のリボシルゼアチン含量 (1990年) 単位: ng/g F. W.

試料	シス体	トランス体	合計	シス/トランス比	生物検定による推定値
高温期 '秀芳の力'	1.33	1.41	2.74	0.94	2.1
適温期 '秀芳の力'	0.58	3.46	4.04	0.17	9.5

試料は短日処理開始7日後の茎頂部約2.5cm。データは2回の測定の平均値。

GC/SIMによりm/z 539と536のイオンをモニターして測定を行った。

表 1—22 キク茎頂部のリボシルゼアチン含量の品質間差 (1991年) 単位: ng/g F. W.

試料	シス体	トランス体	合計	シス/トランス比
高温期 '秀芳の力'	1.68	2.38	4.06	0.71
高温期 '精雲'	1.64	2.93	4.57	0.56

注は第1表に同じ

とトランス(trans)体に分けて調べ、その量比(c/t比)を計算したとき、高温の影響が明確に表れた。適温下はシス体に比べトランス体が顕著に多くなり、c/t比は高温下の0.94に対して0.17と著しく低下した。生物検定と機器分析の結果を比較すると、数値は異なったものの類似した傾向を示した。

'秀芳の力'と'精雲'の比較を行った試験では、茎頂部における短日処理7日後のリボシルゼアチンのシス体とトランス体の合計量に関しては、品種間の差が小さく、'秀芳の力'が4.06ng/g F.W., '精雲'が4.57ng/g F.W.であった。しかし、'精雲'では'秀芳の力'よりもシス体に比べトランス体が比較的多く、c/t比は'秀芳の力'の0.71に対して'精雲'では0.56と低い傾向が認められた。根にはリボシルゼアチンが多く含まれていたが、ゼアチンはごく少ないため、ゼアチンに関しては信頼性のある測定値が得られなかった。'秀芳の力'で

はリボシルゼアチンは短日処理開始前と開始直後ではそれぞれ約2.3ng/g F.W.及び1.7ng/g F.W.であったが、その後、短日処理開始し前よりも増大した。これに対して、'精雲'では短日処理前は約4.6ng/g F.W.で'秀芳の力'の2倍あり、短日処理開始7日後には'秀芳の力'と同じレベルまで減少した後、'秀芳の力'より速やかに増大した。

短日処理開始前の根のリボシルゼアチン量は高温下より適温下で多かった。

(ウ) 試験3. 花芽分化と外生サイトカイニン

花序の形質や開花日に及ぼす外生サイトカイニンの影響は小さかったが、高温下で行ったリボシルゼアチン5ppm処理により舌状花が減少する傾向が認められた。高温下での試験ではサイトカイニンの影響が小さかったので適温下では濃度を高め、リボシルゼアチン25ppmでの処理を行い、ゼアチンも供試した。25ppmのリボシルゼアチンを処理すると、有意に舌状花数と柳葉数が減少した。25ppmゼアチン処理においても有意差はないが花序への同様な影響が認められた。

表 1—23 キク茎頂部に対するサイトカイニン処理が開花日及び花器形質に及ぼす影響

栽培時期・ 処理区	開花日 (月/日)	小花数		花径	花高	花弁長	柳葉数 (枚)
		舌状花	筒状花	(cm)	(cm)	(cm)	
高温期							
対照(水)	9/8	303	5.5	9.0	3.5	4.5	1.9
RZ 1ppm	9/8	306	6.5	9.4	3.6	4.7	1.8
RZ 5ppm	9/7	287	5.2	9.1	3.7	4.5	1.9
適温期							
対照(水)	1/2	201	23.8	12.9	5.5	6.9	1.1
Z 25ppm	1/5	188	25.1	12.6	5.6	6.9	0.9
RZ 25ppm	1/5	175	24.7	12.8	5.4	7.0	0.3

'秀芳の力'を供試し、高温期は7月14日より、適温期は11月12日より短日処理を行った。RZ: リボシルゼアチン、Z: ゼアチン

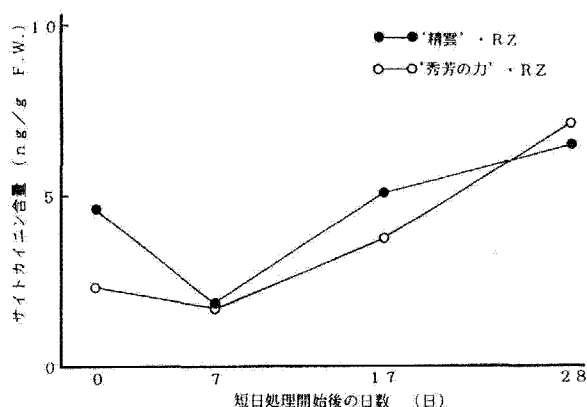


図 1—43 高温期の生殖生長時におけるキク根のサイトカイニン含量の品種間差
RZ: リボシルゼアチン

エ 考 察

キクの主なサイトカイニンとして同定されたリボシルゼアチンは、栄養生長中の茎頂部においては、高温ストレスによる影響は小さく、一定レベル以上に維持される傾向があると推察された。高温期、適温期いずれの時期に栽培を行っても、栄養生長中の茎頂部にはほぼ同程度のリボシルゼアチンが含まれていたことも、この推察を裏付けるものであろう。

栄養生長時における根のサイトカイニンは、高温適応性が大きい‘精雲’では高温に遭遇しても減少しなかったのに対し、適応性が小さい‘秀芳の力’では減少した。このことからキクの根におけるサイトカイニンの変化は、高温適応性の大小と関係があるのではないかと推測された。また、栽培時期の異なる‘秀芳の力’を比較したとき、栄養生長中の根におけるサイトカイニン活性は、適温下より高温下で低くなっている。この結果も高温ストレスによるサイトカイニンの減少が根において顕著に表れることを示している。一般に、サイトカイニンは主として根で合成され地上部へ移行すると考えられているので、地上部のサイトカイニンを維持するためには根の機能が重要と推測される。植物が高温ストレスを受けた早い段階から、根のサイトカイニンに上述のような変化がみられたことは興味深い。

サイトカイニンと花成との関係については、アオウキクサに花成を誘導する物質と共にサイトカイニンを与えると、花成反応が高まることが報告されている (Fujiokaら 1986)。その他いくつかの植物でもサイトカイニンによって花成が促進されることから、サイトカイニンは花成の制御に関係することが推測されている。

高温下でキクに短日処理をして開花させた場合、分化開始期には‘精雲’と‘秀芳の力’の間に大きな差は認められず、‘秀芳の力’の高温下での開花遅延は花芽分化開始後の発育遅延によるものであることが観察された。また、‘秀芳の力’を高温下で短日処理すると、開花遅延、花卉の伸長不良などとともに、舌状花数の増加と筒状花数の減少という花序構成の変化を起こすことが明らかな特徴として認められた。

生殖生長と内生・外生サイトカイニンの関係については、生殖生長の開始にともなって、適温条件では茎頂部のリボシルゼアチンが顕著に増加するが、

高温下ではこのような傾向は認められないこと、外生的に茎頂部に与えたサイトカイニンは舌状花数を減少させて正常な花序の構成に近づけることが明らかとなった。サイトカイニンのアオウキクサにおける花成誘導促進効果、キク茎頂部における内生量の変化、外生サイトカイニンの花序構成への影響から考えて、サイトカイニンは花芽の発育に関与し、正常な花序形成のためには、その比較的早い時期から、一定レベル以上存在することが必要なのではないかと推測された。

茎頂部にサイトカイニンを供給しているとされている根を分析したところ、高温期の‘精雲’では、適温期の‘秀芳の力’の茎頂部と対照的な変化を示したのに対し、‘秀芳の力’では栄養生長中から低く、大幅な減少がないまま緩やかに上昇した。この結果から、正常な状態では栄養生長から生殖生長への変化は植物体内でのサイトカイニンの分布に大きく影響しており、生殖生長の開始にともなって根から茎頂部へ急激なサイトカイニンの移動があるが、高温ストレスはこの分布の変化を阻害するものと推察された。ここで行った試験の結果からも、地下部と地上部は密接な関係にあり、地上部の生育に根が大きな影響を及ぼしている可能性が指摘できよう。本研究では検討を加えていないが、地下部冷却、培地の物理・化学性の改善等を行って、根へのストレスを回避することにより、地上部のサイトカイニン要求が充足され、ひいては生育も改善される可能性が考えられた。

リボシルゼアチンの立体構造との関係では、適温期における正常な花序形成時にし、生体内での活性が高いとされるトランス体の比率が高く、高温期は低くなった。このように高温は質的にもサイトカイニンに影響を及ぼしていることが判明した。‘精雲’では高温期に栽培しても、かなり高い割合でトランス体が検出され、適温期の‘秀芳の力’に近づいた比率となっていた。また、高温期の‘秀芳の力’でも栽培年次の違いによりc/t比が異なり、その年の気象条件による高温ストレスの多少を反映している可能性が考えられた。

本研究では主にダイズカルスを使った生物検定でサイトカイニンの定量を行った。ダイズカルスは、キクの主たるサイトカイニンとして同定されたリボシルゼアチンやゼアチンによく反応する。シス体で

は活性部位が阻害される構造となっている(Korszunら, 1988) ため、カルスの反応は小さいと推測される。機器分析で得られたシス体とトランス体の量比と考え合わせると、生物検定による活性値はトランス体の量を反映していると考えられた。シス体の生体内での役割については、現在のところほとんど未解明であるが、イネではシス体は比較的多量に存在しているが変JP化が小さく、トランス体は生育ステージによって大きく変化することが報告されている(Takagiら, 1989)。ストレスの有無や品種の違いによりトランス体量及びシス体との存在比が変化することにより、キクにおいても特にトランス型のサイトカイニンが高温ストレス回避物質としての役割を示していると推測された。

これらの結果から、キクでは特に生殖生長時の高温ストレスがサイトカイニンの生成または移行、及びその質に与える影響が大きいと判断された。サイトカイニンにおける高温ストレス耐性の機作をまとめると、次のような推論が考えられる。「生殖生長時には茎頂部は多量のサイトカイニン(リボシルゼアチン)を要求する。主として根部で生成されるリボシルゼアチンは高温により生成量または移行量が抑制される。高温適応性の大小はこれらの能力の大小と推測される」。この推論の検証には、移動等も含めた、サイトカイニンの生体内バランスの分析が必要であろう。

オ 今後の問題点

本研究により、栄養生長時のサイトカイニン類に及ぼす高温の影響、栄養生長から生殖生長への転換にともなうサイトカイニン類の消長とそれに対する高温の影響等は解明された。しかし、生殖生長へ転換した時の、茎頂部のサイトカイニンが増大する現象の生理的意味が未解明であり、解析が必要である。また、本研究では植物体全体に高温ストレスを与えたため、ストレスが器官別に加えられた場合の影響は明らかにされていない。特に、サイトカイニン合成の場と考えられている根部におけるサイトカイニンの消長が重要な意味を持っていると判断される結果が得られたので、根部に対する高温ストレスの影響を明らかにする必要がある。

シス体とトランス体の比率に関しては、高温による影響とそれに対する品種の適応性の観点から説明可能な顕著な差がみられたが、これらの比率の変化

に対する高温や発育状態等の影響はまだ十分解明されていない。したがって、これを解明し、サイトカイニンの立体構造の違いがどのような生理状態を反映し、どのように機能しているかを究明することが今後の課題である。

カ 要 約

キクの茎葉及び根部に含まれるサイトカイニンとしてリボシルゼアチンとゼアチンが検出され、特にリボシルゼアチンが多く存在した。

栄養生長中のキクに高温ストレスを与えた場合、茎頂部のサイトカイニンには大きな変化はなかった。根のサイトカイニンは品種により対照的な変化を示した。すなわち高温適応性が小とされる品種(‘秀芳の力’)では減少したのに対し、高温適応性が大とされる品種(‘精雲’)では減少しなかった。

花芽の正常な分化・発達時にはサイトカイニンは茎頂部で顕著に増大した。しかし、高温ストレスを受けて花芽の発育が遅延する状況では、生殖生長を開始しても適温条件下のような増大はみられなかった。

‘秀芳の力’の根のサイトカイニンレベルは、高温条件では栄養生長時と花芽分化開始初期に最も低く、その後緩やかに増大した。しかし、‘精雲’の根では栄養生長時のレベルは比較的高く、花芽の分化開始初期に一時的に低下した後増大した。この変化は正常な生殖生長時の‘秀芳の力’茎頂部における変化と対照的であった。

生殖生長誘導時に茎頂部へサイトカイニンを与えると、舌状花数が減少した。

本研究の結果から、サイトカイニンが花芽の発育に関与していること、根では高温ストレスによりサイトカイニンの生成または移行機能が影響を受け、その程度は高温適応性の大小と関連していること等が示唆された。高温ストレスの回避方法として、地上部の環境だけではなく根圏環境も含めて改善することが重要であろうことが指摘された。

キ 引用文献

- 1) Fujiokaら, The influence of nicotinic acid and plant hormones on flowering in *Lemna*. Plant Cell Physiol. 27:109-116.1986.
- 2) Korszunら, A stereochemical model for cytokinin activity.FEBS Lett. 243:53-56.1989.
- 3) Takagi ら, Quantitative changes of free-base,

riboside,ribotide and glucoside cytokinins in 8:349-364.1986.
developing rice grains. Plant Growth Regulation.

(野中瑞生 · 今村仁)

第2章 主要花きの高温下生産力向上技術の開発

1 高温下生産力簡易検定法の開発

(1) キク

ア 研究目的

夏期の高温期のキク栽培における生産力低下は、高温による花芽の分化・発育の異常による開花遅延や異常開花、小輪化、花色の発現不良、などとなって現れる。本研究は、高温条件での開花遅延程度が小さい品種・系統、並びに高温下でボリュームが低下しにくい品種・系統の選抜法の開発を目的として実施した。

イ 研究方法

適日長限界値と高温下開花性の関係（実験1）、並びに幼苗の成長と開花時の成長量の関係（実験2）、について検討した。

実験1：適日長限界値と高温開花性の関係

高温条件での開花遅延程度が小さい夏秋ギク型品種、並びに開花遅延程度が大きい秋ギク型品種を供試して、それぞれの適日長限界値を調査した。夏秋ギク型品種として、‘ハート’、‘シナノピンク’、‘コスチューム’、‘天寿’、‘サマークイン’、‘マーガレットマム’の6品種、秋ギク型品種として‘ジェム’を供試した。

5月28日挿し芽、6月13日栽培箱に定植、6月27日摘心して養成した株を供試して、7月20日に1本仕立てに整枝後、屋外に設置した日長調節装置を用いて、日長処理を開始した。処理日長は、11、12、13、14、15、17時間日長の6処理とし、7時45分から17時15分までは自然光、その他の時間は蛍光灯と白熱電球を用いて所定の日長になるようにした。出蕾日、着色日、開花日を調査した。調査は処理開始から4か月後に打ち切った。なお、7月20日までは、花芽の分化を抑制する目的で、深夜に4時間の暗期中断を行った。

実験2：幼苗の成長と開花時生育の関係

夏秋ギクとして、‘精雲’、‘天寿’、‘サマークイン’、‘シナノピンク’の4品種、秋ギク型品種として‘秀芳の力’、‘金丸富士’、‘ジェム’、‘ピンキー’の4品種を供試した。深夜4時間の暗期中断条件で、7月9日挿し穂、9月23日栽培箱に定植、8月6日摘心して養成した株を9月3日に12

時間日長条件に移し、開花させた。9月3日、並びに各品種の開花時の切り花新鮮重、乾物重、莖長を測定し、日長処理開始時と開花時の各形質間の相関を求めた。

ウ 結果及び考察

実験1

日長と、短日処理開始から出蕾、着色、開花までの日数の関係を図2-1に示した。

夏秋ギク型品種の‘天寿’並びに‘サマークイン’では、14時間以上の日長で出蕾が遅れ、開花は13時間以上の日長で遅れた。‘マーガレットマム’、‘コスチューム’は出蕾が15時間以上の日長で、開花が14時間以上の日長で、遅れた。‘マーガレットマム’は17時間日長でも出蕾したが、15時間以上の日長で開花が著しく遅くなり、調査打ち切り時までには15時間日長で開花したのは10個体中1個体だけであった。‘コスチューム’では、15時間日長でも調査打ち切り時までには全個体が開花した。‘シナノピンク’、‘ハート’では、出蕾は15時間日長までは大きな遅れを示さず、開花が15時間以上の日長で遅れた。‘ハート’では、17時間日長でも全個体が調査打ち切りまでに開花した。

秋ギク型品種の‘ジェム’では、13時間日長で出蕾が遅れ、14時間以上の日長では柳芽となった。開花は12時間日長では11時間日長と比較して10日程度遅れた。

各品種ごとに、高温期の開花反応期間と適温期間開花反応期間の差を高温開花性の指標として、出蕾並びに開花が遅延し始める日長との関係をみると、高温開花性の高い品種では出蕾並びに開花の限界日長が長い傾向にあり（表2-1）、限界日長の測定は高温開花性の検定法として利用可能であることが明らかになった。

今回の実験に供試した品種は、いずれも出蕾が遅延し始める日長は開花が遅延し始める日長よりも1～2時間長く、長い日長条件では品種によっては、出蕾はしても開花に至らない場合があったので注意を要するが、出蕾日の限界日長値を用いれば、さらに迅速な高温開花性の選抜も可能と考えられる。

実験2

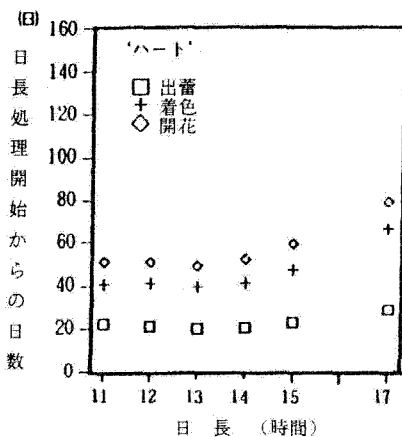
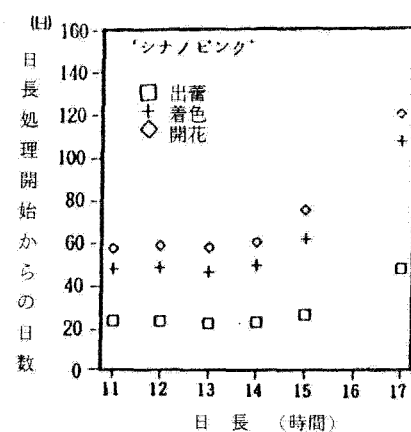
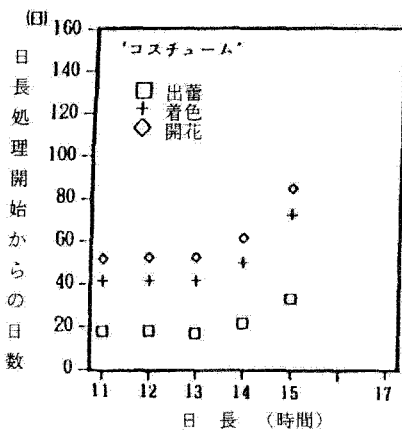
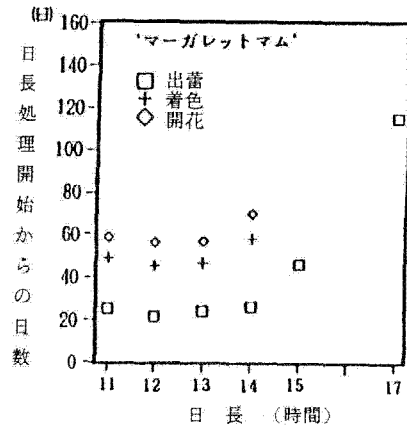
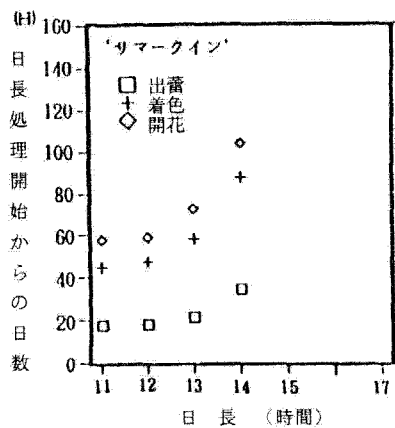
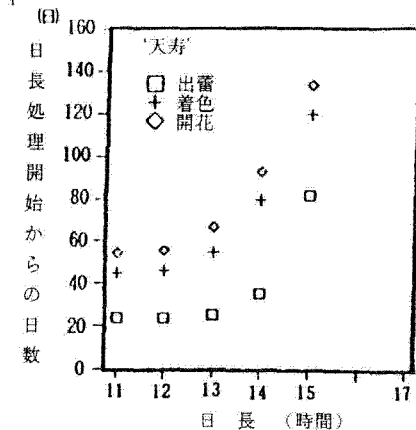
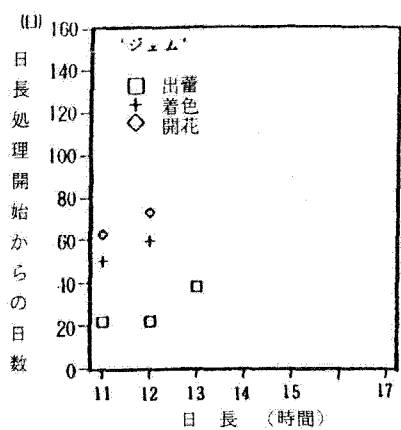


図2-1 日長と日長処理開始から出蕾、着色、開花までの日数との関係

表 2—1 出蕾及び開花が遅延し始める日長

品種名	出蕾遅延	開花遅延	高温による開花遅延程度 ¹⁾
夏秋ギク型品種			
ハート	17	15	日
シナノピンク	17	15	7
コスチューム	15	14	6
天寿	14	13	n. d.
サマークイン	14	13	12
マーガレットマム	15	14	n. d.
秋ギク型品種			
ジェム	13	12	17

1) (高温期の開花反応期間) - (適温期の開花反応期間)

短日処理開始時の乾物重、葉面積、莖長と、開花時の新鮮重、葉面積、莖長との相関は、短日処理開始時の葉面積と開花時の葉面積、短日処理開始時の莖長と開花時の莖長が0.6程度、短日処理開始時の乾物重と開花時は面積、短日処理開始時の葉面積と開花時の莖長、短日処理開始時の莖長と開花時乾物重が-0.5~-0.6程度であったのが最も高く、それら以外の形質間では0.3以下であった(表2-2)。

表 2—2 短日処理開始時の地上部乾物重、葉面積、莖長と開花時の新鮮重、乾物重、葉面積、莖長の相関係数

短日処理開始時	開花時			
	開花時新鮮重	乾物重	葉面積	莖長
乾物重	-0.031	-0.524	0.199	-0.113
葉面積	-0.209	-0.369	0.669	-0.518
莖長	0.188	0.388	-0.643	0.550

この結果から、開花時に切り花重の大きな品種を選抜するための指標として、日長処理開花時の苗の大きさを用いることは難しいと判断された。

なお、今回は高温下での開花遅延程度が小さい品種・系統の選抜方法の開発を主目的に実験を行ったが、第1章で明らかにしたように、小輪化については短日処理開始後6~8週後ころの、また花色については開花前1~2週頃の、高温が強い影響を及ぼすので、これらの形質について選抜を行う場合はそれぞれの時期に高温に遭遇させることにより、耐暑性の品種・系統を選抜することが可能である。

エ 今後の問題点

適日長限界値の測定は、一度に多数の品種・系統について実施することが困難であり、測定法について、さらに検討を要する。また、花芽の分化、発育

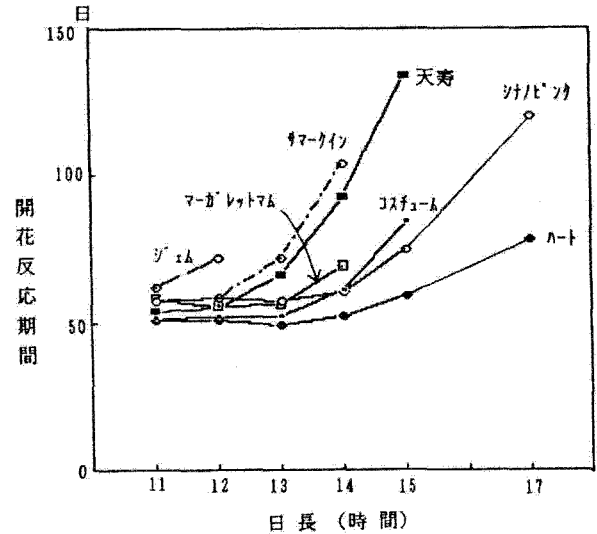


図 2—2 日長と開花反応期間の関係

には温度も影響を及ぼすことが知られており、気温と適日長限界値の関係については、今後さらに検討が必要である。

オ 要 約

(ア) 適日長限界値を測定することにより、キクの高温開花性を判定することが可能であった。

(イ) 日長処理開始時の生長量と開花時の生長量の相関は全体に低く、開花時に切り花重の大きい品種を選抜するための指標として、日長処理開始時の苗の大きさを用いることは難しいと判断された。

(清水明美・池田 広)

(2) カーネーション

ア 研究目的

カーネーションの高温障害を克服して、周年にわたる低コスト高品質の計画生産を実現するためには栽培技術の開発とともに、長期的視点にたった遺伝的制御技術の開発が重要である。そこで、夏期の高温下において、物質生産と生育の不調和によって発生する高温障害の程度を判別する簡易検定法を開発する。

(ア) 葉緑素蛍光測定法によるカーネーションの高温ストレス耐性の測定

耐暑性を定量的に把握する事は困難であるが、光合成の電子伝達活性(特に系Ⅱ)は室温下の葉緑素蛍光で簡単に測定できる。キュウリでは葉緑素蛍光測定法により高温ストレス耐性の品種間差異の検定が可能であり¹⁾、また、異なる高度から採取された

野生ジャガイモや世界の異なる地域のジャガイモ栽培品種では、葉緑素蛍光測定法で高温ストレス耐性の解析が可能であることが知られている^{2,4)}。しかし一方で、ハクサイ、キャベツなどのアブラナ科野菜の葉緑素蛍光測定法による検定では、栽培条件や対照区の温度などの影響により結果が変動し、耐暑性品種・系統の選抜に対する有効性は認められていない⁴⁾。そこで、カーネーション及び暖地に自生するダイアンサス属野生種を供試して、葉緑素蛍光測定法による耐暑性の簡易検定の適用が可能かどうか検討した。

(イ) カーネーション品種における葉片エチレン検定法の開発

カーネーションの花持ちはエチレンの発生と関係が深いことが知られている。また、高温条件下では花持ち日数が短縮し、品質も劣るので、花持ちの良い品種の選抜や育種の推進に役立つ花持ち性の簡易・早期検定法を開発することが重要である。そこで、幼苗段階における花持ちの簡易検定法として、切断葉片のエチレン生成量の測定法について検討した。

(ウ) 高温下におけるカーネーション品種の花持ち性

高温下で栽培された切り花の花持ちの悪い点に関し、主要品種の実際の花持ち性と切断葉片のエチレン生成量との関係を検討し、高温下においても観賞期間の長い品種を選抜するための基礎資料を得ようとした。

イ 研究方法

(ア) 葉緑素蛍光測定法によるカーネーションの高温ストレス耐性の測定

試験1 葉緑素蛍光測定法による高温ストレス耐性の検定条件の検討

‘スケニア’、‘レナ’、‘希望の光’を供試した。葉緑素蛍光の測定・計算は釘貫ら(1990)の方法に改良を加えて行った。1991年1月には、温室で栽培中の苗から、頂部より1節目または2節目の完全展開葉を採取し、約1～2cm幅に切って、Diskを作成した。1処理当たり10枚のDiskを用いた。Diskを乾燥防止のため蒸留水で湿らせた紙を敷いたガラス製シャーレ内に並べ、ふたをして、38、43、48℃の温度で20、30、40、50、60、70分の高温ストレスを与えた。処理前、処理後は暗黒下18℃で30分間放置し、暗順応を行った。葉緑素の蛍光強度を、

RICHARD BRANCKER RESEARCH社製のフルオロメーターMODEL SF-20を用いて測定した。同時に高温処理を与えない対照区(温度:18℃)についても測定を行った。温度処理はADVANTEC社製のincubatorで行った。

クロロフィル蛍光(Fr)は、赤色光を照射した直後に放出される急速な蛍光値(I)と、その後の最大値(P)から次の式により計算した。

$$Fr = (P - I) / I$$

蛍光強度は、高温処理を与えない対照区(温度:18℃)に対する相対値として次の式により求めた。

クロロフィル蛍光強度(%)

$$= (Fr2 / Fr1) \times 100$$

Fr1: 対照区の蛍光強度,

Fr2: 高温処理時の蛍光強度

試験2: 葉緑素蛍光測定法による高温ストレス耐性品種のスクリーニング

‘レナ’、‘希望の光’、‘フランセスコ’、‘サンドローサ’、‘キャンディ’、‘カーリー’、‘ソアナ’、‘ホワイトシム’、‘パラス’の合計12品種を供試した。1991年9月に高温状態で生育している苗から頂部より1節目または2節目の完全展開葉を採取し、約1～2cm幅に切ってDiskを作成した。1処理当たり10枚のDiskを用いた。温度処理は後述する試験1の結果で最も品種間差の出た48℃で実験を行った。試験1では高温処理するときの容器にガラス製シャーレを用いたが、ガラスは熱伝導率が低いため、温度がシャーレ内に伝わるまで時間がかかり、また、温度むらが生じる恐れがあると考えられた。このため、試験2からは高温処理する際に熱伝導率のよいステンレス製シャーレを使った。予備実験結果から、処理時間については20分間とした。その他の測定はすべて試験1と同様に行った。測定は6回繰り返した。高温処理中にincubator内の温度を電子温度計で5、6分おきに測定した。各測定間での温度誤差は±1℃以内であった。

試験3 ダイアンサス属野生を供試しての試験

表2-3に示したカーネーション4品種と、盛夏期の7～8月に開花する性質を持ち、日本の温暖地に自生している野生種の、ハマナデシコ(*D.japonicus*)、ヒメハマナデシコ(*D.kiusianus*)を供試した。1992年8～9月に高温状態で生育している苗から頂部より1節目または2節目の完全展開

葉を採取し、約1～2cm幅に切って、Diskを作成した。葉緑素蛍光の測定・計算は、試験2と同様の方法で行った。測定は8回繰り返した。

(イ) カーネーション品種における葉片エチレン検定法の開発

高温下生産力簡易検定法を開発する一環として、高温下で劣化の著しい花持ち性を切断葉片のエチレン生成量によって判定する方法を検討した。11月に栄養生長期にある葉の中央部をリーフパンチ(5×10mm)で切り取って供試した。サンプル管(5.85ml)に蒸留水0.05mlを注入し、葉が重ならないよう入れ、シリコン栓で蓋をして25℃暗黒下に置き、エチレン生成量を測定した。エチレン生成量は島津製ガスクロマトグラフGC-7(カラムActive Almina, カラム温度80℃, キャリアガスN₂, 流速40ml/min)で測定した。

試験1: 品種‘レナ’を用い、頂部から展開第3葉節のリーフディスク枚数の違いによる24時間後のエチレン生成量を測定した。

試験2: 品種‘スマーチー’, ‘希望’, ‘スケニア’, ‘アポロ’, ‘レナ’を用い、リーフディスク4枚を頂部から第3, 6, 9節で採取し、24時間後のエチレン生成量を測定した。

試験3: 品種‘スケニア’, ‘イブニングイエロー’, ‘レッドレナ’, ‘レナ’のリーフディスク4枚を用い、1時間ごとに中の空気を入れ替え、時間経過によるエチレン生成量の変化を測定した。

試験4: 試験1, 2, 3の結果より最適条件下(リーフディスク4枚, 頂部から第3葉節, 5時間の測定)で15品種(1品種5サンプル)におけるエチレン生成量の品種間差異を検討した。

(ウ) 高温下におけるカーネーション品種の花持ち性 ‘タンガ’, ‘スケニア’, ‘インブルーブドホワイトシム’, ‘カリー’, ‘希望の光’, ‘レナ’, ‘ソアナ’, ‘希望’, ‘サンドローサ’, ‘キャンディ’, ‘パラス’を供試した。1991年4月5日に苗を定植し標準耕種法で栽培した。夏～初秋切り試料を用い、花持ちを調査した。切り花長は50cmとし、気温22±1℃, 相対湿度53～70%の実験室で、水道水500ml入りの花瓶に挿して、毎日鮮度の調査を行った。鮮度の評点は、正常な花を5, 花卉先端部にわずかに変色・インローリング(花卉の内側への巻き込み)のみられる花を4, インローリングが

始まっているが観賞に耐える花を3, 萎ちょう・インローリングの明らかな花を2, 萎ちょうの進んだ花を1, 枯死を0とし、この評点を基に切り花の老化の程度を示す鮮度指数を、 $\text{鮮度指数}(\%) = \Sigma an / 5t \times 100$ (aは鮮度の評点, nは評点別花数, tは供試総数)の式で定義し、計算した。花持ち性は、花持ち日数として鮮度指数が60%に達する日数で示した。

ウ 結果及び考察

(ア) 葉緑素蛍光測定法によるカーネーションの高温ストレス耐性の測定

試験1: 処理温度が38℃では、蛍光強度の低下はわずかであり、処理時間を延長しても品種間で蛍光強度の差は認められなかった(図2-3)。43℃では50分以上の処理で差が若干認められ、蛍光強度の値は大きいほうから‘レナ’, ‘希望の光’, ‘スケニア’の順であった(図2-4)。48℃処理では

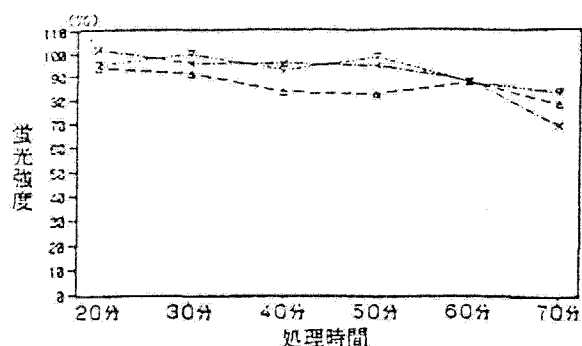


図2-3 高温処理時間が蛍光強度に及ぼす影響
処理温度: 38℃

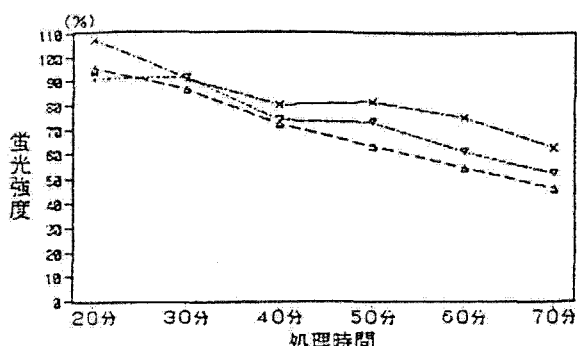


図2-4 高温処理時間が蛍光強度に及ぼす影響
処理温度: 43℃

処理開始から30分過ぎ以降に品種間で比較的大きい差が認められた。‘希望の光’では処理時間が30分から40分の間に蛍光強度が大きく低下した。蛍光強度の値は大きいほうから‘レナ’, ‘スケニア’,

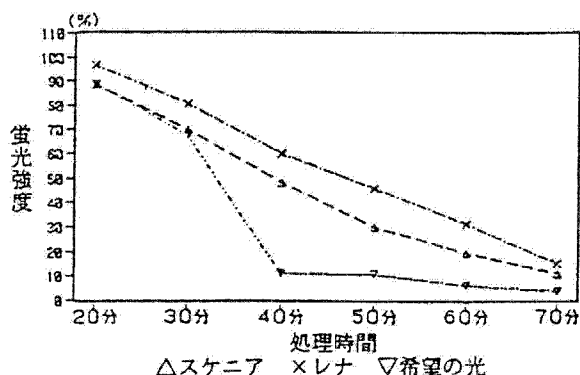


図 2—5 高温処理時間が蛍光強度に及ぼす影響
処理温度：48℃

‘希望の光’の順であった（図 2—5）。以上の結果から、処理温度は38℃では不十分であり、大きい品種間差を得るには48℃で40分程度の処理が最適と思われた。

試験 2：6回の測定結果を平均し、蛍光強度の高い順に並べ替えをした結果を第 1 表に示した。‘タンガ’が最も蛍光強度の低下が少なく、逆に‘サンドローサ’では大きい蛍光強度の低下が観察された。‘希望の光’、‘希望’など夏切り栽培に使われ耐暑性が高いと考えられる品種は比較的蛍光強度の低下が小さかった。しかし、蛍光強度の値は各品種で安定せず、測定日により順位が変動し、ばらつきも

表 2—4 分散分析結果

要因	自由度	平方和	平均平方	F
全体	71	5365.36		
反復	5	891.59	178.318	3.136*
品種	11	1346.60	122.418	2.153*
誤差	55	3127.17	56.858	

：5%レベルで有意差あり。

表 2—3 カーネーション供試12品種の蛍光強度

品 種	測定 1	測定 2	測定 3	測定 4	測定 5	測定 6	平均
タンガ	82.9	72.1	93.9	94.7	78.4	77.8	83.3 a
希望の光	83.3	81.9	79.5	72.2	81.2	84.4	80.4 ab
カリ	73.1	77.6	81.5	69.0	71.2	92.3	77.5 abc
希望	81.8	81.0	73.3	73.3	74.2	76.3	76.7 abc
パラス	80.0	72.5	79.0	70.4	72.3	77.2	75.7 abc
スケニア	75.4	66.5	73.4	72.2	78.7	78.2	74.1 abc
ホワイトシム	76.0	79.6	66.8	68.0	72.0	81.9	74.1 abc
ソアナ	71.1	78.7	58.8	67.7	78.1	78.8	72.2 bc
キャンディ	75.4	70.8	59.7	70.8	66.7	80.1	70.8 bc
レナ	77.0	66.8	71.5	60.8	76.9	71.3	70.7 bc
フランセスコ	80.4	76.4	50.3	59.2	75.7	81.1	70.7 bc
サンドローサ	71.2	72.0	38.3	71.4	75.8	70.5	67.5 c

(注) 高温処理は48℃で20分間行った。

蛍光強度は対照に対する相対値(%)

同一文字間はダンカンの多重検定(5%レベル)で有意差なし。

目立った。測定の反復間での分散分析結果も5%レベルで有意差ありと判定された（表 2—4）。12品種の蛍光強度の平均値間でダンカン多重検定による有意差が認められたのは、‘タンガ’と‘ソアナ’、‘レナ’、‘フランセスコ’、‘サンドローサ’間、‘希望の光’と‘サンドローサ’間だけであった（表 2—3）。また、試験 1 でも43℃と48℃処理で蛍光強度の順位が入れ替わるという結果が得られている（図 2—4、図 2—5）。したがって、カーネーションでは蛍光強度の値は非常に不安定であり、また、大きい品種間差異も認められないので、葉緑素蛍光測定法を高温ストレス耐性の検定に用いることは困難であると判断された。換言すれば、高温下で高い光合成能力を持つ品種は未開発であると考えられる。

試験 3：高温ストレスに比較的強いと思われる野生種 2 種の蛍光強度は、*D.japonicus*が43.8%、*D.kiusianus*が45.6%と、供試した栽培品種の値との差異は認められなかった（表 2—5）。分散分析法に

表 2—5 ダイアンサス属植物の蛍光強度の平均値

品種・種	タンガ	カリ	スケニア	サンドローサ	<i>D.japonicus</i>	<i>D.kiusianus</i>
蛍光強度	43.2	60.6	57.1	46.8	43.8	45.6

(注) 高温処理は48℃で20分間行った。蛍光強度は対照に対する相対値(%)。

分散分析法によるF検定の結果、品種・種の平均値間に5%レベルで有意差がなかった。

よるF検定の結果、品種・種の平均値間に5%レベルで有意差がなかった。試験 2 での測定と同様に、蛍光強度の値は各品種・種で安定せず、測定日による値のばらつきが大きく、測定の反復間での分散分析結果は1%レベルで有意差ありと判定された（データ略）。したがって、野生種においても本法によるスクリーニングは困難であると思われた。

以上のように、葉緑素蛍光測定法を検討したが、ダイアンサス属植物の高温ストレス耐性の簡易検定法としては不適當であり、適用できないとの結論に達した。

(イ) カーネーション品種における葉片エチレン検定法の開発

試験 1：測定には共用する試料が少なく、濃度は高い方がよい。リーフディスク 2 枚では濃度が低いので、使用したサンプル管の容量の場合 4～8 枚が適当とみられた（表 2—6）。

試験 2：ほとんどの品種で頂部より第 3、9 葉節目のエチレン生成量が多く、第 6 葉節は低いことが

表 2-6 葉枚数の違いによるエチレン生成

品種	葉枚数	重さ	濃度	生成量
		g	ppm	
レナ	2	0.048	0.316	1578
	4	0.097	0.492	1205
	8	0.144	0.539	882
	10	0.185	0.554	701

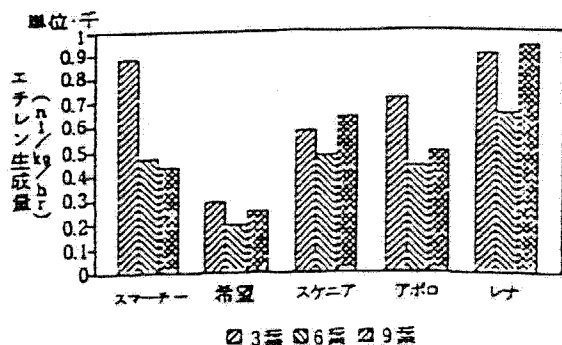


図 2-6 葉節位別のエチレン生成量

わかった(図2-6)。サンプルの採取のしやすさを考えると第3葉節からリーフディスクを採取するのが適当である。

試験3：エチレンは採取後1～3時間の生成量が多く、それ以降は減少し、6時間以降は品種の傾向が乱れた(図2-7)。このため、エチレンの測定

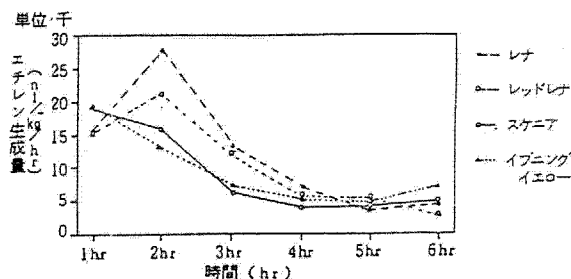


図 2-7 エチレン生成量の時間的推移

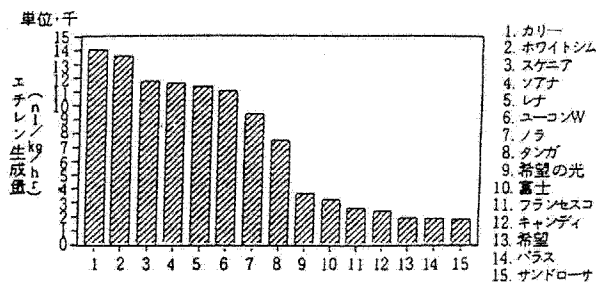


図 2-8 品種によるエチレン生成量の差異

には5時間以内が適当である。

試験4：エチレン生成量は、多い品種(‘カリ’, ‘ホワイトシム’)と少ない品種(‘パラス’, ‘サンドローザ’)には7倍の差があることが判明し(図2-8), 品種により葉片のエチレン生成量に顕著な品種間差があることが明らかになった。

(ウ) 高温下におけるカーネーション品種の花持ち性

図2-9の結果では、花持ち性には顕著な品種間

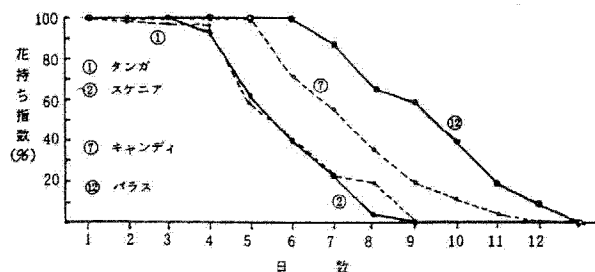


図 2-9 夏切り条件におけるカーネーション品種の花持ち性

差異のあることが認められ、‘タンガ’, ‘スケニア’など観賞期間の短い品種, ‘パラス’, ‘キャンディ’のように花持ち性のよい品種のあることが指摘できた。

品種の花持ち日数とエチレン生成量との関係では、エチレン生成量の少ない品種群の中に花持ち日数の長い品種のある場合の多いことがわかった。花弁数の比較的少ない品種では‘希望’のように高温下での弁数減少が目立ちやすく、花持ち日数も短くなるもの、濃赤色の品種は白色・桃色その他の花色に比べてエチレン生成量が多くて、しかもブルーイングが著しく花持ち日数が短くなる品種‘タンガ’, ‘スケニア’などがあり、上記の他の花色の品種では切断葉片のエチレン生成量が多い場合でもブルー

表 2-7 高温下で栽培されたカーネーション品種の花持ち日数と切断葉片のエチレン生成量との関係

品 種 名	花持ち日数	エチレン生成量
パ ラ ス	8.1	少
サンドローザ	7.3	少
キャンディ	7.3	少
レ ナ	6.7	中
カ リ ー	6.7	多
希 望 の 光	6.3	中
ソ ア ナ	6.0	中
ホワイトシム	5.7	多
希 望	5.5	少
タ ン ガ	5.4	多
ス ケ ニ ア	4.4	多

イングなどが起こらないことも影響して花持ち日数は比較的長くなることが指摘された(表2-7)。高温条件下におけるカーネーション品種の花持ち日数が葉の付傷時のエチレン生成量と負の相関関係にあることが示唆された。

エ 今後の問題点

花持ち性には、他の形質や生育環境による変動も影響するものと考えられるので、今後、供試品種の幅を拡大し、異なった栽培条件下におけるデータの蓄積を図る必要がある。

オ 要 約

カーネーションの高温下生産力簡易検定法として葉緑素蛍光測定法の適用を試みたが、明瞭な品種間差異は認められず、ダイアンサス属植物の高温ストレス耐性の簡易検定法としては不適當であり、適用できないとの結論に達した。

カーネーションで切断葉片のエチレン生成量の少ない品種群の中には花持ち日数の長い品種の多いことが解明された。この葉切片エチレン検定法を使用した、夏期の高温下においても観賞期間の長い育種素材の開発が可能と思われる。

カ 文 献

- 1) Aoki, S., M. Oda and M. Nagaoka (1988) : Chilling and heat sensitivities in cucumber seedlings measured by chlorophyll fluorescence, *Bull. Natl. Res. Inst. Veg., Orn. Plants & Tea, Japan*, A, 2 : 81-92
- 2) Hetherington, S. E., R. M. Smillie, P. Malagamba and Z. Human (1983) : Heat tolerance and cold tolerance of cultivated potatoes measured by the chlorophyll fluorescence method, *Planta*, 159 : 119-124
- 3) 釘貫靖久・平尾 晃・吉川宏昭 (1990) : アブラナ科野菜の耐暑性に関する研究, 野菜茶試野菜育種部年報, 3 : 147-152
- 4) Smillie, R. M., S. E. Hetherington, c. Ochoa and O. Malagamba (1983) : Tolerances of wild potato species from different altitudes to cold and heat, *Planta*, 159 : 112-118

(小野崎 隆)

(3) バラ

ア 研究目的

バラにおいて夏期の高温下においても切り花長が短くならない、ブルヘッド、ベントネックが発生しにくい等、品質低下の少ない品種の育成のための簡易検定法を開発する。

イ 研究方法

試験1 枝長とブルヘッドの発生程度による検定法の開発

ハイブリッド・ティ系 (HT系) 104品種、フロリバンダ系 (F系) 14品種の、1年生苗を1990年の春に定植し、露地栽培した株を供試した。8月31日に、剪定後の2番目の開花枝について枝長、ブルヘッドの発生程度を調査した。

試験2 枝長が短くならない品種・系統の成育速度を指標とした検定法の開発

品種 'カールレッド', 'カリネラ', 'サマンサ', 'ソニア' のロックウール栽培株を供試した。株ごとに採花節位を小葉数が5枚の葉を1枚残し、2枚残し、4枚残しとして順次採花した。5月と8月に開花した花について枝長、ブルヘッドの発生の有無、開花所要日数、展開葉数、花弁数を調査した。

試験3 ベントネックの発生率の低い品種・系統の茎内蒸散流量を指標とした検定法の開発

品種 'サマンサ', 'ソニア' を供試した。長さ50cmにし、30℃、明条件下での切り花1本の時間当たりの吸水量を生け水の重量の減少から求めた。同時に、茎内蒸散流量計 (DYNAMAX社製, SGX5) を使用し、最下の葉の下部での茎内流量を測定した。蒸散流量計からの出力値を30秒間隔で計測し、5分ごとに平均して、その値を茎内流量とした。

さらに、'サマンサ' を供試し、摘葉することで着葉数を減らし、各状態での吸水量を求めた。同時に、最下の葉の下部と花首での茎内流量を測定した。

試験4 ベントネックの発生率の低い品種・系統の葉、花の吸水量およびそれらの比を指標とした検定法の開発

品種 'カールレッド', 'カリネラ', 'サマンサ', 'ソニア' を供試した。最上位葉の直上で切り、花梗付きの花部分と葉の着いた状態の茎とに分けた。茎は30cm、着葉程度は小葉数で10枚程度とした。明条件下での約24時間における生け水の重量の減少から、吸水量を求めた。

ウ 研究結果

試験1 枝長に関しては、HT系では20cmから80cmまで品種による差が大きかった。F系は短い品種が多かった（表2-8）。

表2-8 バラ品種の系統と枝長の関係

系統		枝長 (cm)							合計
		≤ 20	30	40	50	60	70	80	
H T	品種數 (%)	22 (21)	37 (36)	25 (24)	14 (13)	2 (2)	2 (2)	2 (2)	104 (100)
F	品種數 (%)	6 (43)	5 (36)	2 (14)	0 (0)	0 (0)	1 (7)	0 (0)	14 (100)

ブルヘッ드의発生は、HT系で発生程度の大きい品種があったが、それぞれの系統内での発生品種の割合は同程度であった（表2-9）。

枝長とブルヘッ드의発生程度をみると、枝

表2-9 バラ品種の系統とブルヘッ드의発生との関係

系統		ブルヘッ드의発生程度						合計
		?	-	-+	+	++	+++	
H T	品種数 (%)	6 (6)	54 (52)	3 (3)	26 (25)	8 (8)	6 (6)	104 (100)
F	品種数 (%)	0 (0)	8 (53)	1 (7)	5 (33)	1 (7)	0 (0)	14 (100)

表2-10 枝長とブルヘッ드의発生程度との関係

枝長 (cm)	ブルヘッ드의発生程度						合計
	?	-	-+	+	++	+++	
20	3	12	1	8	3	1	28
30	2	19	2	12	5	2	42
40		17		6	1	3	27
50	1	8	1	4			14
60		1		1			2
70		3					3
80		2					2
合計	6	62	4	31	9	6	118

表2-11 開花時期、採花節位とバラの生育状況

品種名	開花時期	採花節位	開花所要日数	展開葉数	枝長 (cm)	枝径 (mm)	花弁数	生育速度* (cm/日)
ソニア	5月	1	55.6	12.2	68.2	7.2	38.1	1.24
		2	56.2	12.4	64.0	6.6	31.1	1.15
		4	52.3	11.6	61.3	6.3	32.5	1.19
	8月	1	35.1	11.4	54.3	5.6	23.5	1.58
		2	33.9	12.3	53.0	5.8	23.1	1.60
		4	29.9	12.1	50.0	5.7	26.4	1.72
カールレッド	5月	1	65.3	13.2	68.2	7.7	46.3	1.05
		2	63.2	12.5	68.8	7.4	43.8	1.10
		4	59.4	11.1	57.3	6.2	42.7	0.97
	8月	1	44.7	14.2	68.3	6.4	44.6	1.56
		2	42.7	13.6	61.6	6.0	45.2	1.51
		4	39.6	13.7	63.4	7.1	45.3	1.60
サマンサ	5月	1	58.6	14.6	86.2	7.0	50.8	1.48
		2	60.3	15.6	83.7	7.7	48.6	1.39
		4	58.2	13.2	69.4	6.4	54.4	1.20
	8月	1	44.9	14.1	71.8	6.1	48.8	1.64
		2	48.5	16.3	83.9	6.8	41.4	1.47
		4	41.3	13.6	64.5	6.4	48.2	1.61
カリネラ	5月	1	59.4	12.6	62.7	6.0	36.8	1.07
		2	60.0	13.2	69.1	6.2	37.1	1.17
		4	57.0	13.2	68.0	6.3	37.2	1.20
	8月	1	39.8	13.1	61.5	5.0	34.0	1.60
		2	36.7	13.3	58.4	5.3	32.7	1.62
		4	33.1	13.4	56.0	5.6	31.9	1.71

a. 基部に一番近い小葉5枚の葉の節を1として数えた節位
b. 枝長÷開花所要日数

長が短い品種ほどブルヘッ드의発生程度が大きい傾向がみられた（表2-10）。

試験2 8月の枝長を5月と比較すると、'カールレッド'では、1枚残しではほぼ同じ長さ、2枚残しでは90%程度、4枚残しでは8月のほうが長かった（表2-11）。'ソニア'では、採花節位にかかわらず、80%程度の長さになった。他の2品種では、採花節位によって程度が異なるが、8月のほうが短かった。

8月に枝長が短くなった'ソニア'とほとんど短くならなかった'カールレッド'の間においても、生育速度に大きな差はみられなかった。

試験3 最も下の葉の下部で測定した茎内流量値と吸水量とはほぼ等しい値になることが期待されたが、それらの差は大きく、測定値は概ね吸水量より高い値を示した（図2-10）。

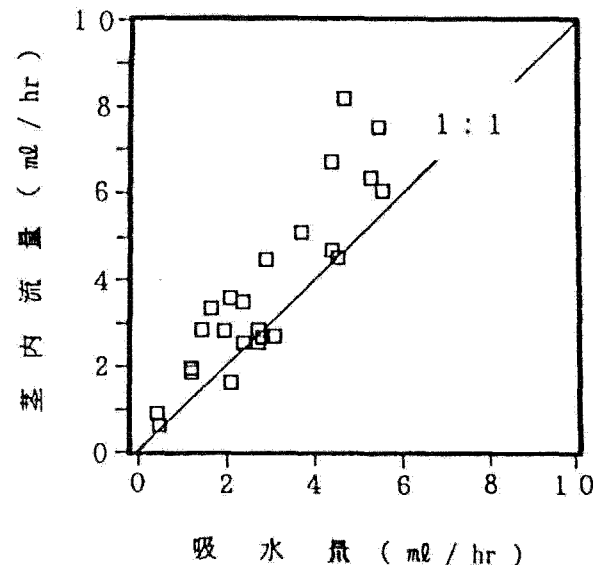


図2-10 吸水量と茎内流量計で測定した茎内流量の比較

着葉数が多く、吸水量が多い状態では、吸水量と測定値との差が小さかったが、摘葉して吸水量を少なくすると、測定値と吸水量の差は大きくなった（表2-12）。また、花だけの状態の時には、吸水

表2-12 切り花での吸水量と茎内蒸散流量計による測定値との比較

切り花の着葉程度	サンプル1		サンプル2	
	吸水量 (cc/hr)	測定値 (cc/hr)	吸水量 (cc/hr)	測定値 (cc/hr)
	茎		花首	
着葉多	4.35	4.34	0.94	4.48
着葉少	3.06	2.65	1.11	2.36
着葉無 (花のみ)	0.47	0.64	0.82	0.44
				0.87
				0.63

量と茎での測定値、花首での測定値がほぼ等しいことが期待されたが、それらの差は大きかった。

試験4 葉、花の吸水量およびそれらの比と生育特性の解明の課題で求めたベントネックの発生率との関係について検討した。

ベントネックの発生率と花の吸水量の関係をみると、6月、8月では花の吸水量が多い品種ほどベントネックの発生率が低い傾向がみられた(表2-13)。

表2-13 開花時期の異なるバラ切り花における、ベントネック発生率と花の吸水量、葉の吸水量、およびそれらの比との相関(4品種)

開花 時期	調査 温度 (℃)	相 関 係 数			
		花の吸 水量(a)	葉の吸 水量(b)	b/a	
6月	30	-0.815	0.604	0.988	n=4
8月	30	-0.911	-0.028	0.250	n=4
12月	30	-0.021	0.408	0.297	n=4
12月	25	—	—	—	n=4
1月	35	0.075	0.380	0.822	n=4
5回全体		0.335	0.796	0.580	n=21

注) — は算出不可のため

しかし、品種ごとに、各開花時期における花の吸水量とベントネックの発生率との関係をみると、花の吸水量が多くなるほどベントネックの発生率が高くなるという結果となった(表2-14、図2-11)。

葉の吸水量とベントネックの関係は、8月以外の

表2-14 バラ4品種の開花時期の異なる切り花におけるベントネック発生率と花の吸水量、葉の吸水量、およびそれらの比との相関

品種	相 関 係 数			
	花の吸 水量(a)	葉の吸 水量(b)	b/a	
カリネラ	0.244	0.818	0.759	n=5
カールレッド	0.894	0.825	0.027	n=5
ソニア	0.091	0.850	0.794	n=5
サマンサ	0.569	0.908	0.634	n=5

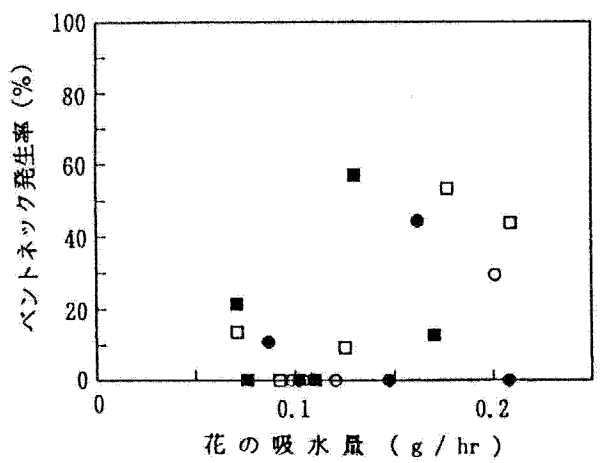


図2-11 花の吸水量とベントネック発生率の関係

■カリネラ □カールレッド
●ソニア ○サマンサ

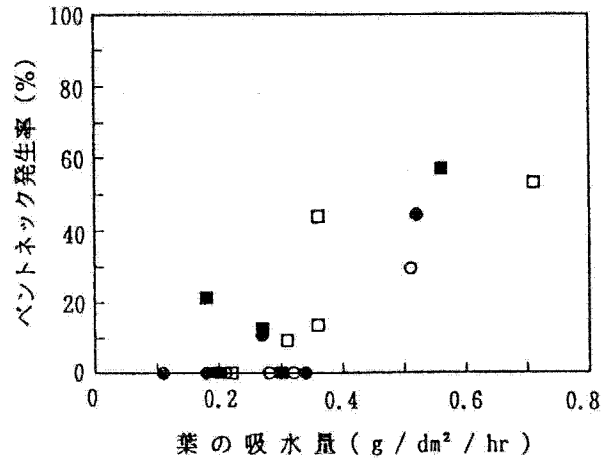


図2-12 葉の吸水量とベントネック発生率の関係

■カリネラ □カールレッド
●ソニア ○サマンサ

時期で葉の吸水量が多い品種ほどベントネックの発生率が高くなる傾向を示した(表2-13)。また、すべての品種で、葉の吸水量が多い時期にベントネックの発生率が高い傾向がみられた(表2-14、図2-12)。

花の吸水量と葉の吸水量の比とベントネックの発生率との間には、常に正の相関がみられた(表2-13、図2-13)。

エ 考 察

採花節位によって枝長、開花所要日数が異なることや、高温期に枝長が短くなる程度が品種によって異なることから、枝長、ブルヘッドの発生と生育速度との関係について検討したが、明らかな関係はみられず、高温期においても枝長が短くならない品種・

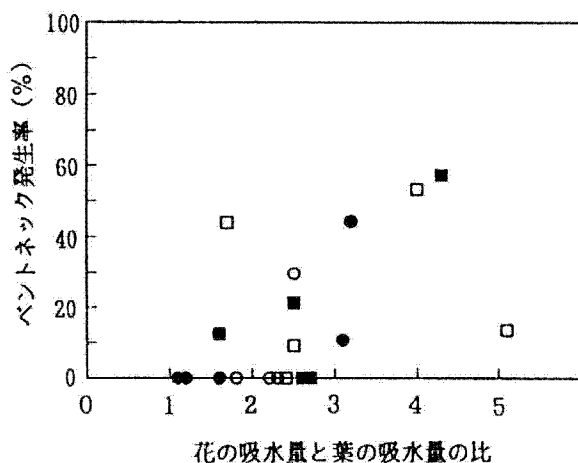


図 2-13 花の吸水量と葉の吸水量の比とベントネック発生率の関係

■カリネラ □カルレッド
●ソニア ○サマンサ

系統の検定指標として生育速度を採用できなかった。

枝長とブルヘッ드의発生程度は、互いに関係が深く、枝長を指標としてブルヘッ드의発生を把握できると考えられた。また、奇形花の発生は生育速度が速いことによるものではないかと仮定したが、ブルヘッ드의発生がなかったため、生育速度との関係は明らかにできなかった。

ベントネックの発生要因のひとつとして、花、葉との間での水の競合による花梗部分の水の損失が考えられている。そこで、花梗部分の茎内蒸散流量を直接測定することによる検定方法を試みた。

本試験での誤差は最大で100%であり、測定値が吸水量の2倍近い値を示した例もあった。Sakuratani(1)は、ダイズの茎内蒸散流量の測定で、蒸散量が10~70g/hrの間では流量計による測定値と重量の変化を求めて得た蒸散量の差は、10%程度であったと報告している。また、各測定の間での蒸散流量計の装着状態の差も測定誤差の要因のひとつであると考えられたが、装着したままで摘葉することで吸水量を少なくしていくと、吸水量と測定値との差が大きくなった。このことから、他の測定例と比較して本試験で誤差が大きかった要因として蒸散流量が小さいことが考えられた。よって、ベントネックの少ない品種・系統の、切り花バラの花梗での茎内流量を蒸散流量計で測定することによる選抜は不可能であると判断された。

そこで、花および葉の吸水量と、さらにそれらの

競合を考慮してそれらの比を求め、検定指標としての有効性を検討した。花の吸水量と葉の吸水量との比は、ベントネックの発生率との間に常に正の関係があり、品種間差、開花時期による差異の要因であることがうかがわれた。このことから、ベントネックの発生が少ない品種の選抜指標としては、花の吸水量と葉の吸水量の比が有効と考えられた。

オ 今後の問題点

枝長が短くなる要因については明らかになっておらず、今後、要因の解明と並行して、検定指標の検索が望まれる。

枝長とブルヘッ드의葉の間の関係は明らかでなく、今後検討を加え指標としての有効性を確認する必要がある。

花の吸水量と葉の吸水量の比を指標とした検定法に関しては、ベントネック発生率との相関係数が低いため、さらに供試品種数を多くして検討する必要がある。

カ 要 約

高温期にも枝長が短くならない品種・系統の選抜指標として、生育速度について検討したが、適当でなく、検定法の開発に至らなかった。

枝長を指標としてブルヘッ드의発生を把握できると考えられた。

ベントネックの発生の少ない品種・系統の選抜法としては、花梗部分の蒸散流量の測定を試みたが、流量が少ないことから、測定は不可能であった。そのため、花および葉の吸水量と、さらにそれらの競合を考慮してそれらの比を求め、検定指標としての有効性を検討した結果、花の吸水量と葉の吸水量の比が有効と考えられた。

しかし、いずれの検定法に関しても、今後さらに、供試品種数を増やし精度の高い検定法として確立させる必要がある。

キ 引用文献

- 1) Sakuratani, T. (1984) : Improvement of the probe for measuring water flow rate in intact plants with the stem heat balance method. J. Agr. Met. 40 : 273-277

(山口 博康)

(4) ラン類

ア 研究目的

ノビル系デンドロビウムの多くは、栄養生長を続けてきたリードバルブの葉の展出が生長点の座死によって終了した後でそのバルブが肥大し、充実した後で、15℃程度の低温に感応すると花芽が形成される。需要が多い年末出荷を目的とする生産では、バルブの充実を促進させた上で、低温に遭遇させ、花芽肥大を10月中に開始させることが必要であるが、営利性の高い品種では生態的、あるいは立地的に困難である。花芽肥大の促進のために、高冷地に移動する山上げ栽培や温室冷房が行われているが、その労力や費用は多大であり、9～10月の比較的高温環境下で花芽形成が可能な品種の育成が望まれている。しかし、播種から開花までに3～4年の育成期間を要するので選抜育種は容易ではなく、目的性質を早期に見いだす処方の開発が必要になった。花に発達する花芽の形成は高位の葉えき芽に、次世代のバルブとなる栄養芽の萌芽は低位の葉えき芽にほぼ同時期におこることから、萌芽時期が花芽肥大時期と相関が高いことを想定し、関連を明らかにすることによって、幼苗期における萌芽時期を指標とした、花芽肥大が早くおこる品種の選定の可能性及び、検定上の問題点を明らかにすることを目的とした試験を行った。

イ 研究方法

試験1 ノビル系デンドロビウムの8野生種と102交配種を供試した。1990年度は12月10日まで無加温、10月25日までは保温カーテン下、25日以降は最低夜温15℃で加温したガラス室で通常の管理を行い、その間に止め葉形成、花芽肥大、萌芽、開花時期を調査した。1991年度も全115種を供試し、12月11日以降は最低夜温10℃で加温したガラス室で栽培し、同様な調査を行った。

試験2 *D. Snowflake*など10品種を供試し、1990年9月11日より昼温20℃（8時間）の条件で夜温を10、15、20℃の3段階に調節した高温室で管理し、花芽誘導温度が萌芽時期と花芽肥大時期に及ぼす影響とその関連を調査した。

試験3 止め葉の形成時期が花芽肥大に影響するので、冬期高温処理等を施し、止め葉形成時期を遅えた*D. hinode*、*D. Snowflake*、*D. Yukidaruma*と*D. Malones*を供試し、品種内の萌芽時期と花芽肥大時期との関係を検討した。

試験4 *D. nobile*×*D. moniliforme*（セッコク品種

マツシマ）及び*D. nobile*×*D. aureum*の交配種を1990年に播種し、育成中の株を供試し、萌芽日と花芽肥大日の関連を調査し、同一交配内の初期スクリーニングの可否を検討した。

なお萌芽時期と花芽肥大時期は、リードバルブあるいは花芽となる葉えき芽が葉鞘を破って出現した時期、止め葉形成日は最後の葉の展出が終了した日と定義した。

ウ 結果

試験1 萌芽日と花芽肥大日との間には1990年、1991年ともそれぞれ $r=0.566$ 、 $r=0.590$ の正の相関が認められ、萌芽時期が早い種ほど、花芽肥大が早くおこる傾向があることが確認された。1991年度のデータから当年に伸長したリードバルブに着花しやすい種のみを抽出して検討すると $r=0.729$ と高い相関が認められた。反面当年に萌芽したリードに着花しにくく、前年に発生したバックバルブに開花が多い黄色花系の種は $r=0.359$ と有意な関係は認められなかった。

萌芽日と止め葉形成日との間にも $r=0.735$ の高い相関があり、また止め葉形成日と花芽肥大日との間

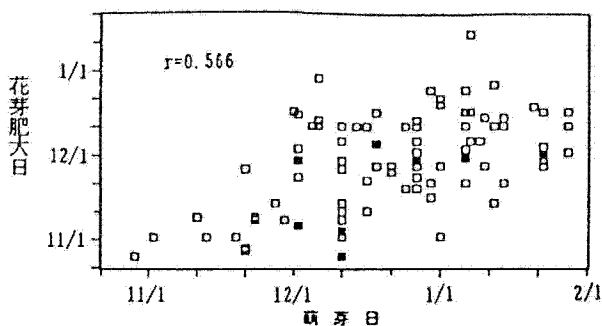


図2-14 萌芽日と花芽肥大日との関係（1990）

（■：野生種 □：交配種）

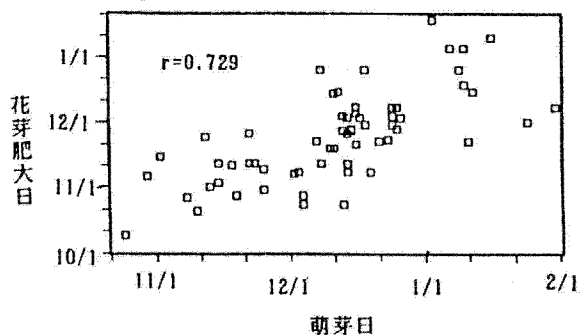


図2-15 萌芽日と花芽肥大日との関係（1991）

（リードバルブ咲き品種）

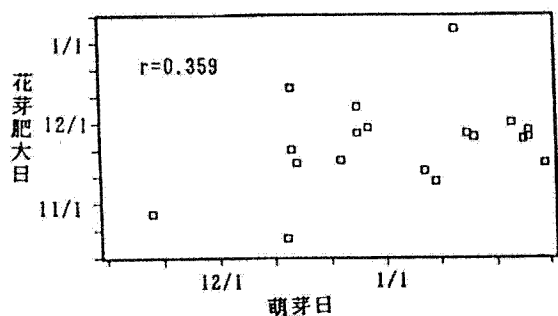


図 2-16 萌芽日と花芽肥大日との関係 (1991)
(バックバルブ咲き品種)

にも $r=0.618$ の相関が認められた。止め葉形成時期の早い早生系品種では、花芽の肥大や萌芽が早いことが示された。4倍体系品種は概して花芽の肥大や萌芽が遅れたが、その中で、*D.Gion* 'Pink Lady'

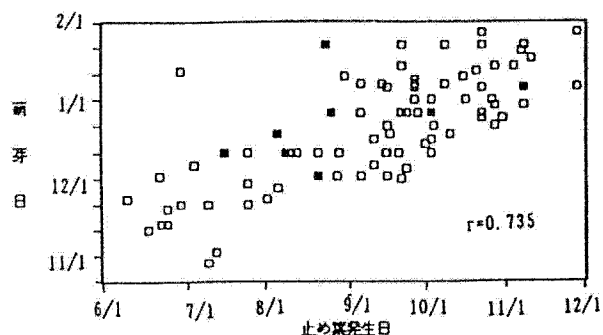
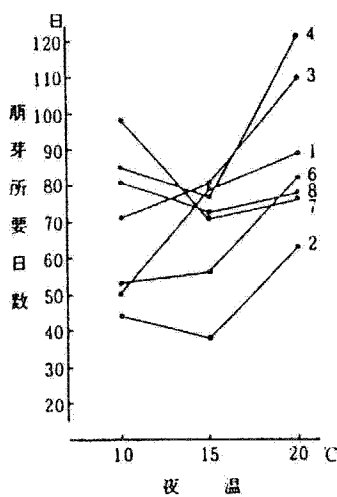
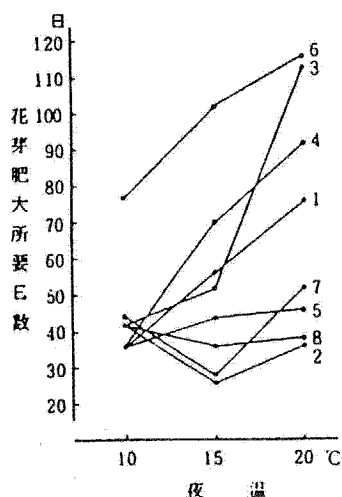


図 2-17 止め葉発生日と萌芽日との関係 (1990)
や*D.Utopia* 'Messenger' *D.Utopia*×*D.Tomoflake*のように早生種なみに萌芽や花芽の肥大が早い品種があった。

試験 2 夜温 10°C の低温では多くの品種が処理40



1. *D. Snowflake*
2. *D. Hinode*
3. *D. Yukidaruma*
4. *D. Christmas Chime*
5. *D. Nodoka*
6. *D. nobile*
7. *D. Syuuyou*
8. *D. Hakuseki*

図 2-18 夜温が花芽の肥大並びに萌芽に及ぼす影響

日前後より花芽の肥大が確認でき、80日以内に全品種が終了した。一方萌芽に要した日数は40~100日に分布したが、花芽肥大時期との間には相関が認められなかった。20°Cでは萌芽に要した日数が75~110日に及んだものの、大部分の品種が花芽肥大やリードバルブの萌芽が起こった。また、この温度条件では萌芽が早い品種ほど花芽の肥大が早く始まる

傾向が認められ、両者の間には $r=0.673$ の相関があった。

試験 3 同一品種内の止め葉形成時期が、萌芽や花芽肥大に及ぼす影響を調査した。*D.hinode*, *D.Snowflake*等の早生系品種や*D.Yukidaruma*では止め葉形成時期が萌芽時期や花芽肥大期に及ぼす影響は小さかったが、*D.Malones*は止め葉形成時期が遅

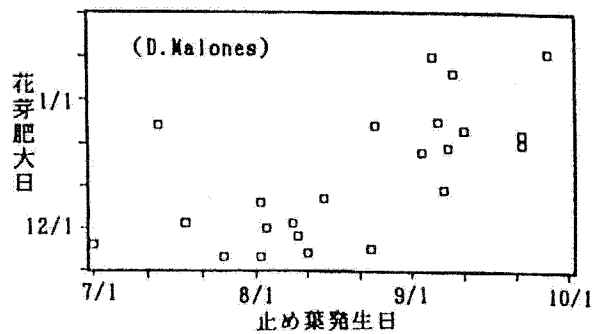
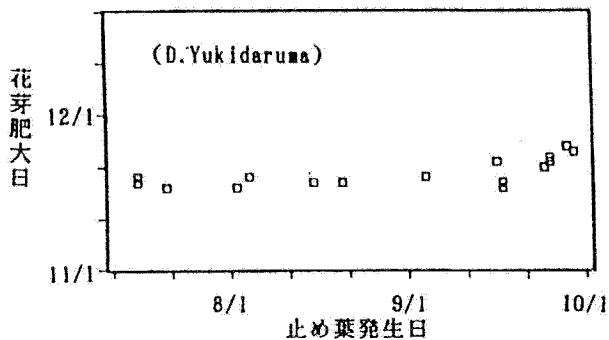


図 2-19 止め葉発生日と花芽肥大日との関係

れるにつれて萌芽時期や花芽の肥大時期が遅れた。*D. Malones*はバルブの充実期間が萌芽や花芽肥大開始時期に強く影響する種であり、このような種では止め葉形成時期を早めた検討で、高温条件における花芽形成の難易を比較する必要があることが示唆された。

試験4 *D. nobile*×*D. moniliforme*の交配種の各個体のリードバルブは10月下旬から12月上旬にかけて萌芽し、その茎は翌年3月中旬から6月下旬にかけて止め葉を形成し、栄養生長を終了した。花芽の肥

大は10月上旬から認められ、大部分が10月中旬までに終了した。萌芽日と止め葉形成日との間には $r=0.8623$ の高い相関が認められたが、花芽肥大が短期間に集中したために、萌芽日と花芽肥大日との間には $r=0.386$ の低い関係しか認められなかった。また開花日との間には $r=0.297$ の相関しかなく、関連が認められなかった。しかし、萌芽日が早い個体の選抜を行えば花芽肥大が早い品種の選抜確率が高いことが示された。

D. nobile×*D. aureum*の交配では萌芽日が11月中旬

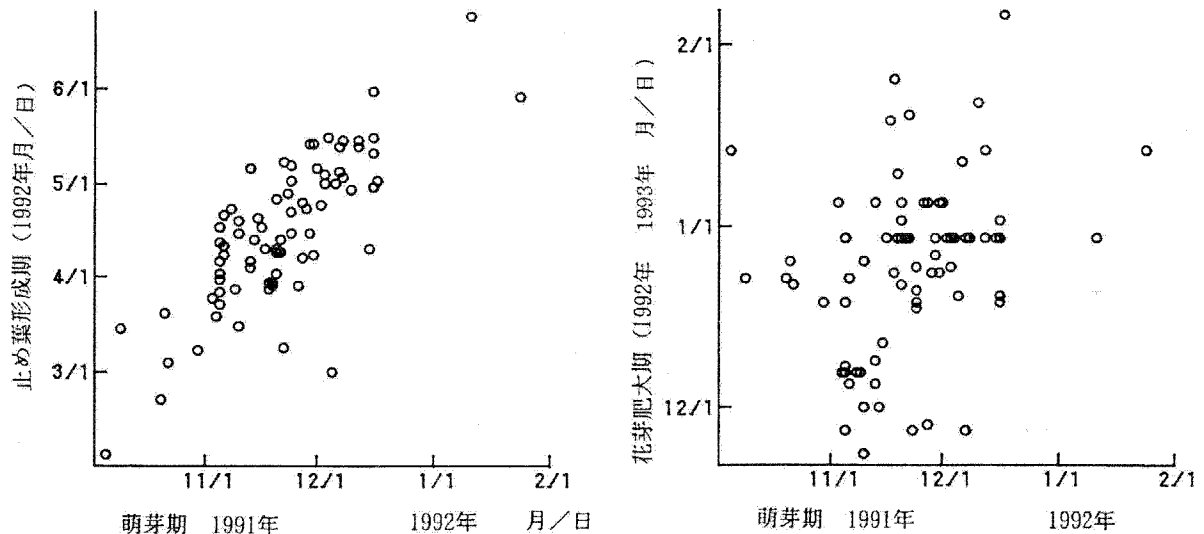


図2-20 *D. nobile*×*D. moniliforme*交配種の萌芽時期と止め葉形成期および花芽肥大日との関係

から12月下旬、止め葉形成期が7月上旬～8月中旬、花芽肥大日が11月上旬から下旬、開花日が1月下旬から2月上旬に行われた。萌芽日と止め葉形成日、開花日との間にそれぞれ、 $r=0.404$ 、 -0.049 の相関しかなく、関連は認められなかった。また同交配で前年度の1月8日時点で萌芽があった個体と無かった個体間の開花日はそれぞれ、12月24.9日、25.8日と大きな差は無かった。

エ 考 察

ノビル系デンドロビウムの属間の比較では高温環境における花芽肥大が早い性質の簡易検定的手段として、萌芽時期と花芽時期との間に高い関連が認められ、萌芽時期が早い個体を選抜すれば花芽分化が早い個体を選抜できる可能性が高いことが示された。しかし試験3で示したように、バルブの充実の程度の影響も大きく、比較的短い期間で充実する品種では萌芽時期、あるいは花芽肥大時期に及ぼす止め葉形成時期の問題は少ないが、4倍体の*D. Malones*の

ように充実期間を要する種では、充実の程度で反応が異なるので、充実が進んだ条件で検定する必要性も示された。さらに、この簡易検定法が適応できる属の範囲も問題も指摘された。適応が困難と判断された黄色花系はバックバルブ（前年度伸長バルブ）に着花する性質が強いために、リード着花性の高い品種と、反応が異なったものと想定されるがその原因は解析できなかった。

属間交配における早期検定の可否を検討した。試験4の交配親である*D. nobile*の萌芽時期は12月上～中旬、止め葉形成時期が5月下旬～9月中旬、花芽肥大時期が10月下旬～11月下旬、開花時期は2月上～中旬、*D. moniliforme*はそれぞれ12月中～下旬、5月中旬から6月中旬、9月中旬、2月中旬から3月中旬であり、*D. aureum*は、12月10日、8月10日、10月25日、2月2日であった。*D. nobile*×*D. moniliforme*の交配種では、萌芽時期や止め葉形成時期は両親より前進した。また花芽肥大時期は

*D.moniliforme*より若干おくれたが*D.nobile*よりも早くなる性質が認められた。開花時期は両親よりも前進した。*D.nobile*×*D.aureum*では*D.aureum*の性質が強く現れており、大きな開花期の前進はなかった。*D.nobile*×*D.moniliforme*の交配種では開花時期が前進したのは、*D.moniliforme*の性質による花芽形成時期の前進と、*D.nobile*の花芽肥大後から開花までの期間が短い性質（逆に国産で耐寒性の高い*D.moniliforme*（セツコク）は、花芽の発達に長い低温遭遇期間を必要としているために、開花までの所要期間が長い）が関与して導きだされたと考えられる。このことは花芽時期と花成反応の前段となる止め葉形成時期との間には高い相関があり、花芽肥大を促進する一要因を満たすものの、止め葉形成後の充実条件に両親の性質が多様に入り、属間の同一交配では萌芽時期と花芽肥大時期との関連が減少したと判断できた。さらに、花芽肥大後の発育条件などの要因は開花時期に大きく影響しており、開花促進のための因子の検定法はこの方法だけでは不十分と判断された。今回調査した、データをもとに、各種の発育相別の温度反応を考慮した検定法の開発がさらに必要である。試験3で示されたように、充実の影響は大きいので、特に検討が必要である。

オ 今後の問題点

花芽肥大後の休眠要因の評価、花芽肥大後の開花までの所要日数の評価を含めた早期開花種の検定法の開発。

カ 要 約

萌芽時期が花芽肥大時期と関連が高いことを利用して、幼苗期における萌芽時期を指標にした、花芽肥大が早くおこる品種の選定の可能性及び、選定上の問題点を明らかにすることを目的とした。ノビル系デンドロビウムの属間の比較では高温環境における花芽肥大が早い性質の簡易検定的手段として、萌芽時期と花芽肥大時期との間に高い関連が認められ、萌芽時期が早い個体を選抜すれば花芽分化が早い個体を選抜できる可能性が高いことが示された。しかし、同一属間交配内で選定を試みたところ、萌芽時期と花成反応の前段となる止め葉形成時期との間には高い相関があり、萌芽時期が花芽肥大を促進する一要因を満たすものとして、選定の尺度にはなるが、花芽肥大の充実期間、花芽の発達条件などが別な因子として作用しており、選定に当たっては総合的な

判断も必要であることが示された。

キ 文 献

須藤憲一・篠田浩一：花芽分化が高温期の初秋におこるデンドロビウム交配種、野生種1スクリーニング、野菜茶試花き部年報(6)、58～59、1993

（須藤 憲一）

2 耐暑性品種・系統のスクリーニングによる育種素材化

(1) キク

ア 研究目的

夏期の高温期のキク栽培における生産力低下は、高温による花芽の分化・発育の異常による開花遅延や開花異常、小輪化、花色の発現不良、などとなって現れる。本研究では、本章の1で開発した限界日長の測定を用いる高温下生産力簡易検定法を利用して、耐暑性に優れるキクの品種・系統の選抜を目的として実施した。

イ 研究方法

野生種からの耐暑性系統の選抜（実験1）、既存品種の選抜（実験2）、を行った。

実験1：日本産野生種の適日長限界

日本産の代表的な野生種のナカガワノギク（2n）、シマカンギク（4n）、ノジギク（4n）、イソギク（10n）、イワギク（8n、10n）、サツマノギク（8n）、オオシマノギク（10n）、の7種12系統、並びに対照として秋ギク型品種の‘ジェム’を供試した。

深夜4時間の暗期中断条件で、8月13日挿し穂、8月29日栽培箱に定植、9月18日摘心して養成した株を、10月4日から屋外に設置した日長調節装置を用いて、11、2、13、14、15、17時間の6処理の日長処理を開始した。

出蕾日、着色日、開花日を調査した。調査は処理開始4か月後に打ち切った。なお、気温については無制御とした。

実験2：既存品種の選抜

夏秋ギク型品種として、‘コスチューム’、‘ハート’、‘ホワイトサマー’、‘シナノピンク’、‘マーガレットマム’、‘サマークイン’、の6品種、対照の秋ギク型品種として‘ジェム’、‘ドラマチック’、‘スワン’、‘ピンキー’、の4品種を供試した。

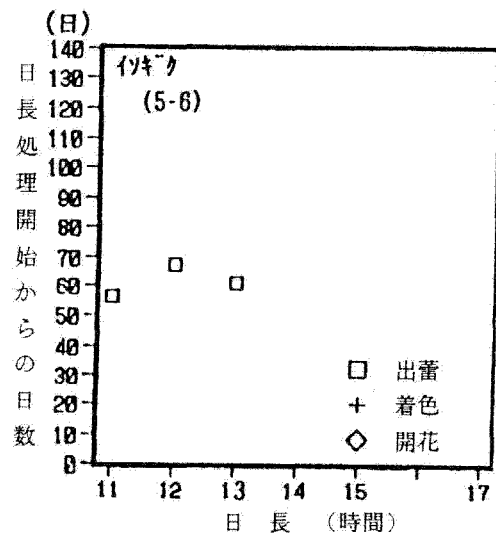
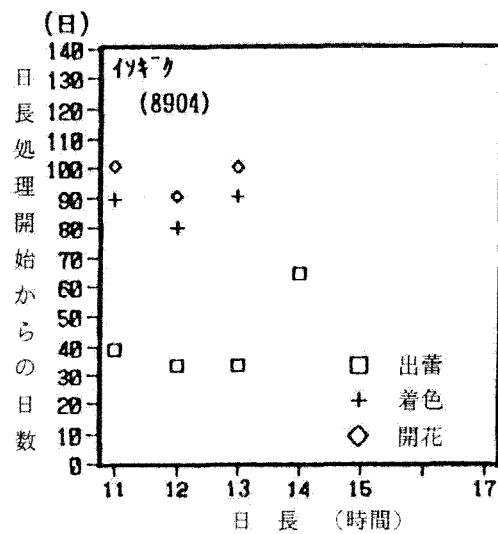
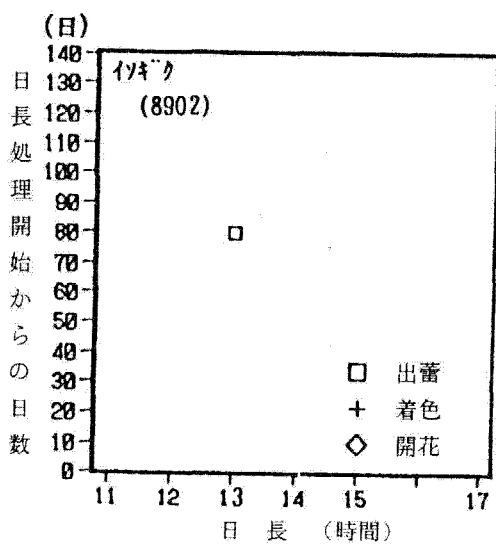
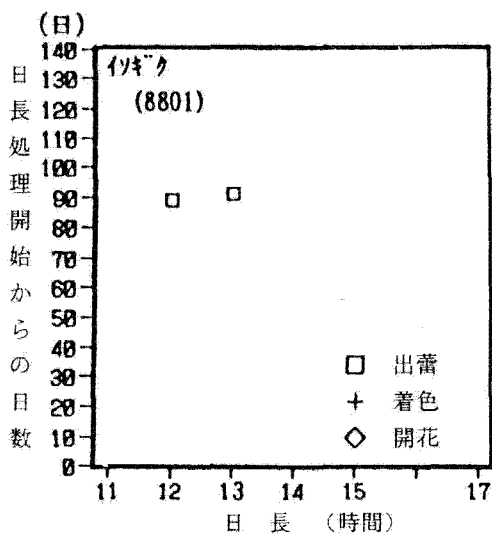
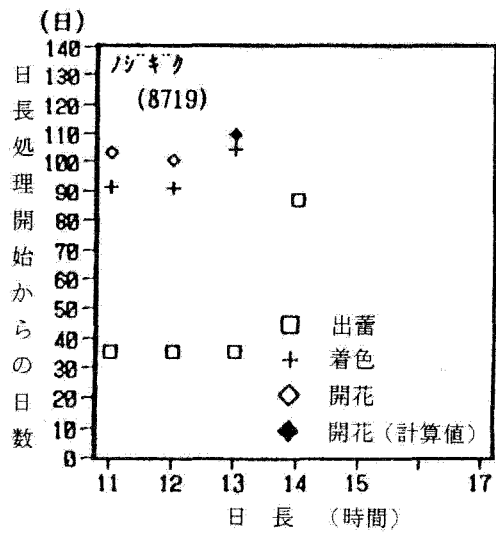
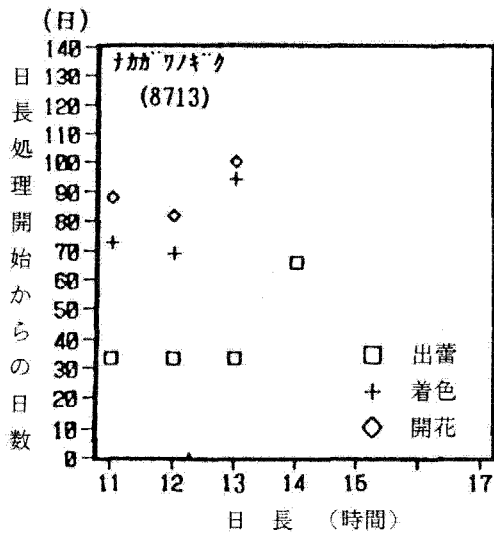
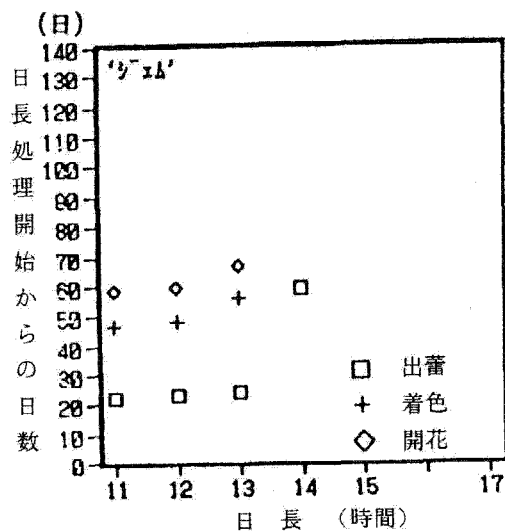
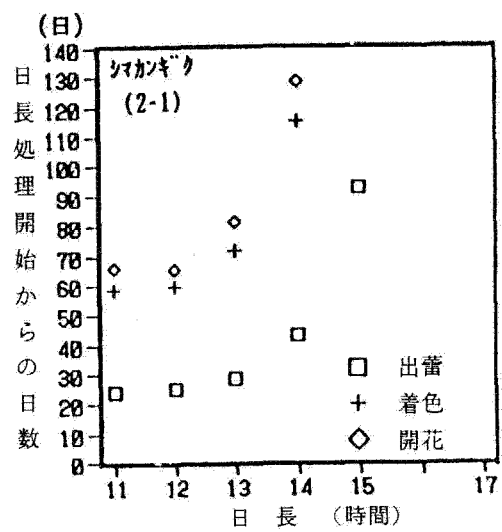
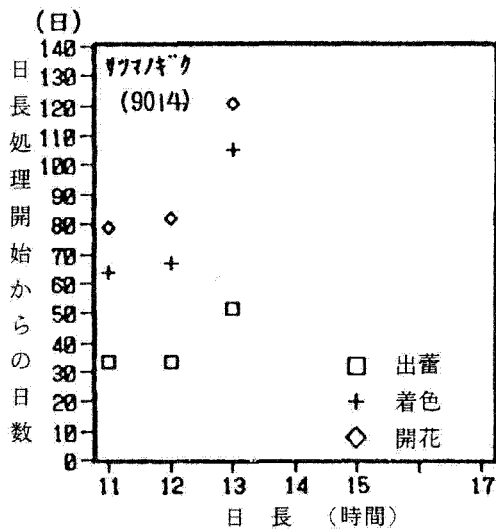
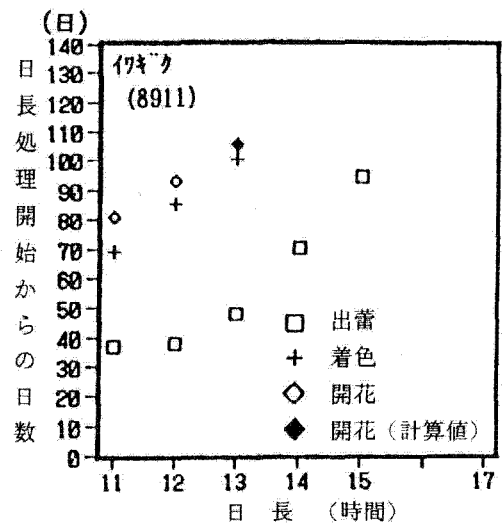
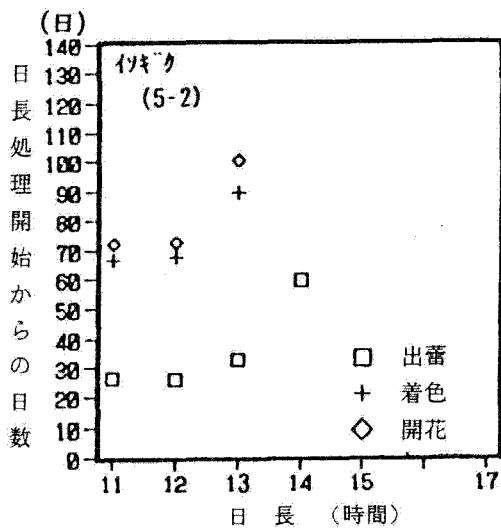


図2-21 日長と日長処理開始から出蕾、着色、開花までの日数との関係



日長と日長処理開始から出蕾, 着色, 開花までの日数との関係 (続き)

上記10品種を11～17時間日長条件下で開花させ、適日長限界値を測定した。また、高温期（7月日長処理開始）、及び適温期（9月日長処理開始）に、12時間日長条件で開花させ、開花反応期間を調査した。

ウ 結果及び考察

実験1

供試した野生種の中で、ノジギクの1系統、並びにオオシマノギクは、すべての日長で出蕾しなかった。イソギクの3系統は、一部の区で出蕾したものの着色に至らず、また出蕾日と日長との間に一定の関係はみられなかった。

その他の野生種の系統について、日長と日長処理開始から出蕾、着色、開花までの日数の関係をみると、以下ようになる。

ナカガワノギク：出蕾は14時間日長で13時間以下の日長と比較して明らかに遅れ、15時間以上の日長では出蕾しなかった。開花は13時間日長で遅れ、14時間日長では開花に至らなかった。

ノジギク：出蕾はナカガワノギクと同じく、14時間日長で13時間以下の日長と比較して明らかに遅れ、15時間以上の日長では出蕾しなかった。開花は11、12時間日長とともに100日程度を要し、13時間日長では調査打ち切り時に一部未開花の個体があり、着色までの日数からみて13時間日長で明らかに遅れたと判断される。14時間日長では出蕾はしたものの、着色、開花には至らなかった。

イソギク（8904）：出蕾はナカガワノギクと同じく、14時間日長で13時間以下の日長と比較して明らかに遅れ、15時間以上の日長では出蕾しなかった。

イソギク（5-2）：出蕾は13時間以上の日長で遅れ、開花は13時間日長で遅れ、14時間日長では開花に至らなかった。

イワギク：出蕾は13時間以上の日長で遅れ、開花は12時間日長で遅は11時間日長と比較して明らかに遅れた。

サツマノギク：出蕾、開花ともに13時間以上の日長で遅れ、14時間以上の日長では出蕾しなかった。

シマカンギク：出蕾は14、15時間日長で遅れ、17時間では出蕾しなかった。開花は13時間以上の日長で遅れ、15時間日長では開花にいたらなかった。

この実験に供試した野生種の適日長限界値は12時間もしくは12時間以下であり、夏秋ギク型品種に見

られる13時間以上の適日長限界を有する系統はなく、供試した野生種の中に高温条件下で開花遅延程度の小さい素材は無いと判断された。

実験2

適日長限界は、秋ギク型品種では供試した品種はすべて12時間であったが、夏秋ギク型品種では、14～12.5時間までの広い変異が見られた。供試した夏秋ギク型品種の中で適日長限界値が最も長い14時間の品種は、‘コスチューム’、‘ハート’、‘ホワイトサマー’の3品種であった。

次に、適日長限界値と開花反応期間の関係をみると（表2-15）、適日長限界値の長い品種ほど、高温期の開花反応期間が短い傾向が見られた。すなわち、適日長限界値の長い品種・系統を選抜することは、高温開花性に優れる品種の選抜と同時に、高温期の開花反応期間の短い品種・系統の選抜を行うことになる。適温期の開花反応期間は、46～58日で品種間差は比較的小さかった。

表2-15 適日長限界値と高温期並びに適温期の開花反応期間

適日長限界値	品 種 名	高温期の開花反応 期間（A）	適温期の開花反応 期間（B）	A-B
14 時間	コスチューム	51 日	51 日	0 日
	ハート	52	46	6
	ホワイトサマー	54	51	3
13	シナノピンク	55	52	3
	マーガレットマム	58	56	2
12.5	サマークイーン	62	51	11
12	ジェム*	71	51	20
	ドラマチック*	85	56	29
	スワン*	89	58	31
	ピンキー*	85	58	27

*を付した4品種は秋ギク型品種、その他は夏秋ギク型品種

エ 今後の問題点

キクの生産は周年生産の方向に向かいつつあるので、耐暑性だけでなく、ロゼット化しにくい、幼若性が弱い、冬期の低温・寡日照耐性が高い、など他の周年生産能力についても選抜を行いながら、育種素材化を進めていく必要がある。

オ 要 約

（ア）日本産野生ギクの中には耐暑性の育種素材は見いだせなかった。

（イ）供試した既存品種の中では、‘コスチューム’、‘ハート’、‘ホワイトサマー’が耐暑性の育

種素材として優れていた。

(清水明美、池田広)

(2) カーネーション

ア 研究目的

カーネーションには品種によってエチレンに対する感受性、エチレン生成量、EFE活性に差があることが解明されつつあり、'Sandra'、'Chinera'、'Killer' など、花持ちの良い品種の存在が指摘され^{1,2,3,4,5,6)}これらの品種に存在する遺伝子を導入する花持ち向上の育種が可能であることが報告されている。そこで、カーネーションの高温障害を克服して、周年にわたる低コスト高品質の切り花生産

表 2-16 交配親のカーネーション品種の花持ち日数と切断葉片のエチレン生成量との関係 (前年度の結果)

品 種 名	花持ち日数	葉片エチレン生成量
花持ち性 優		
パ ラ ス	8.1	少
サンドローサ	7.3	少
キャンディ	7.3	少
花持ち性 劣		
ホワイシム	5.7	多
タ ン ガ	5.4	多
スケニア	4.4	多

を実現するため、高温下で劣化の著しい花持ち性を対象とし、前年までに得られた葉切片エチレン検定法と花持ち性に関するスクリーニング結果を基に品種間交雑を行い、夏期の高温下においても観賞期間の長い育種素材の開発を図る。

イ 研究方法

(ア) カーネーションの花持ち性の良否による品種間交雑

'パラス'、'サンドローサ'、'キャンディ'、'ホワイシム'、'タンガ'、'スケニア'の6品種を供試した。表2-16に示した花持ち性により、交配の組合せを、①花持ち性、優×優、②花持ち性、劣×劣、③花持ち性、優×劣の3つの区分で、1992年3月から5月にかけて、合計20通りの交配を行った。開花2～3日前に子房親の花蕾の除雄を行い、除雄後の自然交雑を防ぐために袋がけした。開花後成熟しY字状に開いている雌ずいに、花粉親の花粉を付着させ、再び袋がけを行った。種子は、交配から約2か月後に収穫し、結実数、種子数を調査した。交配で得られた種子は1992年8月11日及び8月31日に播種し、ミスト室内の室温条件下で発芽させた。

(イ) 交雑実生個体の花持ち調査

表 2-17 カーネーションの花持ち性の区分による交配結果

系 統 番 号	交 配 組 合 せ	交 配 数	結 実 数	結 実 率 (%)	種 子 数 A	種 子 数 B	結 実 率 B	播 種 数	発 芽 数	定 植 数
♀	♂				正 常	不 完 全	合 計			
花持ち 優×優										
92S01	パラス	自家	3	2	67	11	4	15	○	1
92S02	サンドローサ	自家	8	6	75	14	54	68	◎	24
92S03	キャンディ	自家	5	5	100	74	36	110	●	28
92A04	パラス	サンドローサ	3	3	100	52	3	55	◎	30
92A05	サンドローサ	パラス	6	6	100	89	16	105	◎	41
92A06	パラス	キャンディ	3	3	100	56	3	59	◎	17
92A07	キャンディ	パラス	5	5	100	29	33	62	◎	27
92A08	サンドローサ	キャンディ	6	5	83	100	11	111	●	41
92A09	キャンディ	サンドローサ	7	7	100	125	33	158	●	32
花持ち 劣×劣										
92S10	タンガ	自家	7	5	71	71	3	74	◎	5
92S11	スケニア	自家	2	2	100	78	13	91	●	8
92A12	ホワイシム	タンガ	6	2	33	10	18	28	◎	1
92A13	ホワイシム	スケニア	2	2	100	45	21	66	●	3
92A14	タンガ	スケニア	4	4	100	40	2	42	◎	14
92A15	スケニア	タンガ	6	3	50	28	24	52	◎	12
花持ち 優×劣										
92A16	パラス	スケニア	2	2	100	66	10	76	●	8
—	スケニア	パラス	3	2	67	0	4	4	△	—
92A18	ホワイシム	サンドローサ	2	2	100	3	21	24	◎	1
92A19	パラス	タンガ	3	3	100	36	5	41	◎	7
92A20	タンガ	パラス	5	5	100	117	9	126	●	1

(注) A. 種子数 : 正常……黒色に完熟し、充実度も高い種子
不完全……黒色または茶褐色に熟しているが、充実度が低い種子
B. 結実程度 : 1 さく果当りの種子量が ● 多量, ◎ 中程度, ○ 少量, △ 微量

発芽した実生苗を1992年10月15日に温室内ベッドに定植した。実生苗が開花を始めた3月22日から7月12日までに開花したすべての切り花を収穫し、花持ち日数を調査した。収穫した切り花を茎長20cmの長さに切り基部1節の着生葉を取り除いた。蒸留水約100mlを入れた三角フラスコに切り花を1本ずつ挿し、気温22℃に制御し、蛍光灯で12時間日長で照明した恒温器内に置き、花持ちを毎日調べた。また、実生の交配親である‘ホワイトシム’、‘スケニア’、‘サンドローサ’についても同様の方法で

花持ち日数を調べた。

ウ 結果及び考察

(ア) カーネーションの花持ち性の良否による品種間交雑

カーネーション栽培品種は約が退化していて、花粉の得にくいものが多かった。供試品種では、‘ホワイトシム’では雄ずいが退化して全く花粉が得られず、花粉親としては使用できなかった。また、‘パラス’、‘スケニア’、‘キャンディ’でも正常雄ずいの発生が少なく、採取できる花粉量は少な

表2-18 交配実生の開花様相と交配組み合わせ別花持ち日数及び選抜個体数

系統番号	交配組合せ		全実生数	開花実生数*			平均花持ち日数	選抜個体数 (花持ち ≥8.6日)	全実生数に占める 選抜個体数の割合
	♀	♂	数	一重	超八重	八重			
花持ち 優×優									
92S01	パラス	自家	1	0	0	0	...	...	0 %
92S02	サンドローサ	自家	24	0	0	15	8.1	6	25.0
92S03	キャンディ	自家	27	0	0	14	5.8	1	3.7
92A04	パラス	サンドローサ	30	0	0	17	8.8	8	26.7
92A05	サンドローサ	パラス	41	0	0	18	6.9	3	7.3
92A06	パラス	キャンディ	16	0	0	13	6.8	3	18.8
92A07	キャンディ	パラス	25	0	0	18	7.0	3	12.0
92A08	サンドローサ	キャンディ	41	0	0	35	7.2	7	17.1
92A09	キャンディ	サンドローサ	32	0	0	23	7.5	5	15.6
合計			237	0	0	153	7.3	36	15.2
花持ち 劣×劣									
92S10	タンガ	自家	5	0	0	3	7.3	1	20.0
92S11	スケニア	自家	8	3	4	1	5.5	0	0
92A12	ホワイトシム	タンガ	1	0	1	0	...	...	0
92A13	ホワイトシム	スケニア	3	1	1	1	7.5	0	0
92A14	タンガ	スケニア	14	0	4	10	9.0	5	35.7
92A15	スケニア	タンガ	12	0	1	11	8.2	5	41.7
合計			43	4	11	26	7.5	11	25.6
花持ち 優×劣									
92A16	パラス	スケニア	8	0	1	7	5.7	1	12.5
92A18	ホワイトシム	サンドローサ	1	0	0	1	8.8	1	100
92A19	パラス	タンガ	7	0	0	7	7.6	3	42.9
92A20	タンガ	パラス	1	0	0	1	8.0	0	0
合計			17	0	1	16	7.5	5	29.4
総計			297	4	12	195	7.4	52	17.5

(注) *: 1993年7月12日までに開花した実生数。

茎長20cmに切った切り花を三角フラスコに挿し、気温22℃に制御した恒温器内で花持ち日数を調査した。

交配親品種の花持ち日数

ホワイトシム: 5.6日、スケニア: 6.0日、サンドローサ: 8.6日。

かった。一方、'タンガ'、'サンドローサ'では、比較的正常雄ずいの発生が多く、多量の花粉が得られた。交配結果を表2-17に示した。カーネーションどうしの交配なので、結実率は高く、結実程度も良好で、充実種子が多数得られたが、播種してみると種子の発芽率が低い組み合わせが多かった。'ホワイトシム'を子房親として使うと、供試したどの花粉で交配しても種子の発芽が特に悪く、3つの組み合わせすべてで発芽率が20%以下だった。'スケニア'×'パラス'の組み合わせでは、結実が不良で充実した種子が得られず、植物体が得られなかった。

(イ) 交雑実生個体の花持ち調査

交配種子を播種して得られた297個体の実生のうち調査終了の7月12日までに211個体が開花した。開花した実生の大部分は八重であったが、'スケニア'を交配親として用いた場合に一重や超八重個体の出現の頻度が高かった。これら一重と超八重の個体は見つけしだい抜き取り、花持ち日数の調査個体からは除外した。

交配親品種のうち3品種の花持ち日数を6月に調査した。花持ち劣に分類される'ホワイトシム'は5.6日、'スケニア'は6.0日と観賞期間が短く、花持ち優に分類される'サンドローサ'は8.6日と花持ち日数が長かった。このように、カーネーションの花持ち性には品種間差異のあることが認められ、今回の花持ち性調査結果は昨年の結果と一致した。

交配実生のうち八重の花が開花した195個体の花持ちを交配組み合わせ別に集計し、表2-18に示した。交配組み合わせで花持ち性、優×優での平均花持ち日数は7.3日、花持ち性、劣×劣では7.5日、花持ち性、優×劣では7.5日と、交配組み合わせによる花持ち性の差異は認められなかった。

実生個体の選抜は、花持ちの良い品種である'サンドローサ'の花持ち日数8.6日を基準とし、8.6日以上の花持ちを示した個体を選抜した。交配組み合わせ別の全実生数に占める選抜個体数の割合は、花持ち性、優×優で15.2%、花持ち性、劣×劣で25.6%、花持ち性、優×劣で29.4%とむしろ花持ちの劣るものどうして交配した方が花持ちのいい個体の出現頻度が高いという結果が出た。この理由については、劣×劣の組み合わせの'タンガ'×'スケニア'、'スケニア'×'タンガ'、優×劣の'パラス'×'タンガ'の3つの系統で、特に花持ちの良

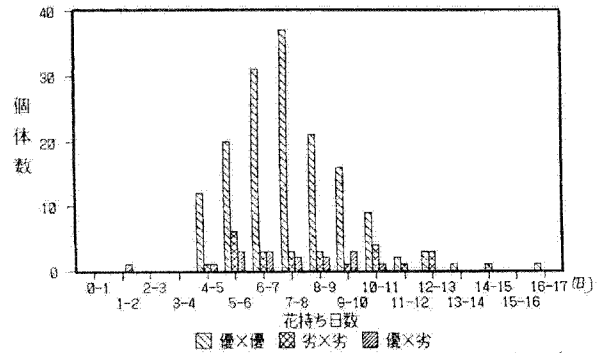


図2-22 「優×優」、「劣×劣」及び「優×劣」の組合せごとの花持ち日数の日数別の個体数

(注) 優×優: 153個体, 劣×劣: 26個体, 優×劣: 16個体

い個体の出現頻度が高く、これが全体の選抜個体数の割合の数字が高くなった原因と思われる。しかし、今回植え付け場所の不足から、花持ち性、劣×劣、優×劣の組み合わせでは得られた全部の種子を播種しておらず、実生数が少ないのでこの問題に関しては更に検討が必要である。

以上のように、'サンドローサ'と同等またはそれ以上の花持ちの良い個体が52個体選抜され、これらの個体は育種素材として利用可能である。

エ 今後の問題点

花持ち性の遺伝様式を解明するには至らなかった。今後の研究で明らかにする必要がある。また、今回選抜された個体の葉片エチレン量を調べ、実際の花持ち性との関係を検討し、また、選抜個体間での交配を行い、花持ち性に関与する遺伝子の集積を図り、花持ちの良い品種育成のための中間母体の作出を図る必要がある。

オ 要 約

葉片エチレン検定法により選抜した、花持ち性の優れる品種と劣る品種間の交配を行った。カーネーション栽培品種は葯が退化していて花粉の得にくいものが多く、'ホワイトシム'では全く花粉が得られず花粉親とすることができなかった。

交配によって得られた種子を播種し、調査終了の7月12日までに開花した八重株195個体の花持ち性を調べた。交配組み合わせによる花持ち性の差異は認められなかった。'サンドローサ'と同等またはそれ以上の花持ちの良い個体が育種素材として52個体選抜された。

カ 文 献

- 1) Brandt, A.S. and W.R. Woodson (1992): Variation

- in flower senescence and ethylene biosynthesis among carnations, HortScience,27(10): 1100-1102
- 2) Serrano,M. and F.Romojaro(1991): Ethylene and polyamine metabolism in climactic and nonclimacteric carnation flowers, HortScience,26(7):894-896
- 3) Woltering,E.J., D.Somhorst and C.A.de Beer(1993): Roles of ethylene production and sensitivity in senescence of carnation flower (*Dianthus caryophyllus*) cultivars white sim, chinera and epomeo, J.Plant Physiol.,141:329-335
- 4) Wu,M.J., W.Van Doorn, S.Mayak and M.S.Reid (1989): Senescence of 'Sandra' carnation, Acta Horticulturae,261: 221-225
- 5) Wu,M.J., W.G.Van Doorn and M.S.Reid (1991): Variation in the senescence of carnation(*Dianthus caryophyllus* L.) cultivars. I.Comparison of flower life, respiration and ethylene biosynthesis, Scientia Horticulturae,48: 99-107
- 6) Wu,M.J., L.Zacarias and M.S. Reid (1991): Variation in the senescence of carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) cultivars. II.Comparison of sensitivity to exogenous ethylene and of ethylene binding, Scientia Horticulturae,48: 109-116

(小野崎 隆)

(3) バラ

ア 研究目的

バラは、比較的冷涼な地域で育成された品種が多く、夏期高温である我が国の栽培条件では耐暑性が不十分である。そこで、新たに開発した簡易検定法を用い、夏期高温下の栽培で特に切り花品質低下の主要因となっている枝長が短い、ブルヘッドが発生しやすいなどの問題が少ない品種・系統をスクリーニングし、育種素材化を図る。

イ 研究方法

試験1 ブルヘッドの発生の少ない品種・系統の選抜

バラ35品種のロックウール栽培株の7月下旬に萌芽を開始した枝について枝長、開花所要日数、展開葉数を調査した。

試験2 ベントネックの発生の少ない品種・系統の選抜

バラ28品種のロックウール栽培株から8月に採花した切り花を供試した。最上位葉の直上で切り、葉が着いたままの茎と花梗付きの花部分に分けた。茎は最上位葉から切り口までを30cmとし、着葉数は最上位葉から下に3枚程度とした。30℃、明条件下での約24時間の吸水量を、生け水の減少量から求めた。

ウ 研究結果

試験1 枝長を指標とした検定法では、ブルヘッドの発生がなく、枝長70cm以上であった品種は'ビッグドリーム'、'コルデラップ'、'イダルゴ'、'ルージュメイアン'、'朝雲'、'トボネ'であった(表2-19)。

表2-19 高温期における枝長、開花所要日数、展開葉数の品種間差

品種名	枝長 (cm)	開花所 要日数	展開 葉数
ビック ドリーム	93.8	51.3	18.0
コルデラップ	86.7	37.3	15.3
イダルゴ	86.2	39.7	13.3
ルージュ メイアン	76.5	39.3	14.3
朝雲	72.7	36.5	17.5
トボネ	72.3	46.0	15.5
アンバサダー	63.4	38.2	13.6
メイクルーザ	63.2	34.6	13.8
青空	62.4	37.3	12.0
バスカリ	61.6	34.0	10.0
クイーン エリザベス	60.4	37.7	13.3
マデロン	60.2	44.5	16.5
アトール	59.9	44.7	14.7
シャコック	59.0	40.0	15.2
女神	57.8	38.3	13.5
メイコーラ	57.1	32.0	12.6
ニュー アベマリア	56.6	37.0	12.5
カールレッド	56.0	39.3	13.0
カリネラ	55.3	35.6	11.8
マヌウ メイアン	54.0	33.5	10.8
バサディナ	53.6	33.8	10.8
アルスメールゴールド	53.5	34.7	15.0
花房	52.2	39.5	16.5
ラバグルート	52.1	31.3	14.5
ファルツァー ゴールド	51.5	34.4	12.8
ブライダルピンク	51.2	36.0	13.2
ソニア	51.0	30.3	11.5
マリアカラス	47.9	36.0	11.0
キュート	47.6	33.0	9.5
ラリッサ	46.3	27.5	12.0
シモナ	46.1	35.3	10.7
ロイピンプロ	45.4	36.7	11.0
アリンカ	37.0	37.3	11.0
ゴールド バニー	36.3	33.0	9.3
ゴールドマリー	36.3	31.8	9.8

試験2 吸水量の測定と並行して、'サマンサ'、'カールレッド'、'カリネラ'、'ソニア'、'ブライダルピンク'での同時期におけるベントネックの発生率を調査した結果、'サマンサ'では発生がなかった。花の吸水量と葉の吸水量の比を指標として'サマンサ'と比較すると'モンタナ'、'友禅'、'マヌウメイアン'、'イダルゴ'、'ビッグドリーム'が'サマンサ'よりもベントネックが発生しにくい品種として選定できた(表2-20)。

表2-20 花の吸水量、葉の吸水量の品種間差

品 種	花の吸水量 (a) (g/hr)	葉面積あたり 吸水量 (b) (g/dm ² /hr)	b/a
モンタナ	0.179	0.110	0.61
友禅	0.078	0.085	1.09
マヌウ メイアン	0.150	0.245	1.63
イダルゴ	0.121	0.200	1.65
ピック ドリーム	0.211	0.415	1.97
サマンサ	0.098	0.202	2.06
アリンカ	0.174	0.360	2.07
ジェルロカミ	0.073	0.159	2.19
カランボウ	0.099	0.233	2.35
カリネラ	0.071	0.173	2.44
ファルツァー ゴールド	0.155	0.400	2.57
ピース	0.135	0.350	2.58
アンバサダー	0.162	0.432	2.67
アトール	0.083	0.234	2.82
ルージュ メイアン	0.135	0.388	2.87
ブライダルピンク	0.078	0.231	2.96
トボネ	0.115	0.346	3.01
ソニア	0.087	0.267	3.07
ゴルデラップ	0.134	0.416	3.09
クイーン エリザベス	0.106	0.360	3.41
メイクルーザ	0.106	0.368	3.46
レディ メイアン	0.118	0.425	3.59
バサディナ	0.090	0.343	3.83
シャコック	0.091	0.393	4.32
メイコーラ	0.058	0.279	4.80
アルスメールゴールド	0.065	0.319	4.86
キュート	0.098	0.485	4.93
ロイビンプロ	0.112	0.563	5.02
カールレッド	0.071	0.357	5.03
マデロン	0.053	0.277	5.18
シモナ	0.099	0.550	5.58
花房	0.045	0.287	6.45
ゴールド パニー	0.066	0.542	8.26

エ 考 察

ブルヘッドの発生の少ない品種、ペントネックの発生の少ない品種は、それぞれ上記のように選定された。しかし、枝長が短いという問題も含めた、この課題で取り上げた品質低下の3つの要因の発生原因はそれぞれ異なり、すべてを同時に満たす品種の育成は難しいと思われる。

オ 今後の問題点

既存品種を用いてのスクリーニングで終わっており、交雑実生に関してはスクリーニングしていない。そのため、遺伝性に関しても検討なされておらず、今後の課題である。

(山口 博康)

(4) ラン類

ア 研究目的

ノビル系デンドロビウムの年末出荷が安定して行える品種育成を目的に、花芽形成が比較的高温期でも可能な形質を持つ品種のスクリーニングを前試験の簡易検定法の適応の可否判断を含めて行う。また

D.moniliforme (セッコク) は主要な交配親に使われているが、日本にも多数の地方種や園芸種が存在し、その生態も多様であることが予測されるので生態を明らかにする。

イ 研究方法

試験1 1991年度に、リードバルブが11月中に萌芽した10品種と12から1月に萌芽した11品種を供試し、9月20日から20℃一定条件の人工気象室で花芽肥大日、開花日、開花時の形質を調査し、高温条件でも正常に開花する品種・系統をスクリーニングした。12月20日以降は最低夜温20℃のガラス室で管理した。

試験2 主要な交配種(103種)及び野生種(73種)を供試した。1990年12月25日～1991年春間は冬季最低気温15℃で管理した。さらに1991年12月～1992年春間は止め葉形成時期を早めて茎の充実を促進するために萌芽後に、最低夜温20℃のガラス室内で管理した。両環境で、止め葉形成時期と花芽形成時期、開花時期、萌芽時期を調査し、花芽形成が早い品種をスクリーニングした。入室前は12月10日まで無加温、以降最低気温15℃で管理した。20℃への移動は供試3～5株の内、半数の株が萌芽した時点で入室した。処理後5月以降は無加温で管理し、止め葉形成、花芽肥大、開花時期を調査した。1992年12月以降は最低気温13℃で管理した。

試験3 日本産の*D.moniliforme*40種を1991年12月10日以降冬期最低気温15℃に設定したガラス室で管理し、止め葉形成、花芽肥大、開花時期を調査した。1992年12月以降は最低気温13℃で管理した。

ウ 研究結果

試験1 11月中に萌芽した10品種のうち、12月末までに7品種に花芽の肥大が起こり、うち4品種が年内に開花した。特に*D.Cassiope* 'Awayuki' や同 'Beridark', *D.Kurenai* 'Usugesyo' は開花節率や開花数も多く有望な素材であった。一方、12から1月に萌芽した11品種の中から4品種しか花芽肥大がおこらず、1月末までに開花した種は無かった。

試験2 主茎の萌芽時期は11月上旬から翌年6月にかけて起こり、種による違いが大きかった。なお、同一種内の個体による萌芽や止め葉形成、花芽肥大時期のバラツキが大きかったため、結果は可能性として通常の時期に早く形成した時期を表示した。

止め葉の形成時期は12月末までに高温条件に入室

表 2-21 20℃条件での開花状況

品 種 名		萌芽日*	花芽肥大日	開花日	開花節率	開花数
		月/日	月/日	月/日	%	コ
A 群	D.Cassiope 'Awayuki'	11/26	10/11	12/10	51.0	16.7
	D.Cassiope 'Beridark'	11/ 3	10/11	12/ 3	60.0	25.0
	D.Kurenai 'Usugesyou'	11/15	10/22	12/15	43.2	11.0
	D.Snowflake 'Ya'	11/15	10/22	12/20	30.0	6.0
	D.aureum	11/29	11/13	1/14	7.1	2.0
	D.Syuuyou	11/17	11/14	—	—	—
	D.Snowflake 'Red Star'	11/22	11/22	1/24	13.0	2.5
	D.Hinode 'Toutenkou'	11/13	—	—	—	—
	D.Snowflake 'Benichidori'	11/19	—	—	—	—
B 群	D.Snowflake 'T'	12/25	11/16	—	—	—
	D.Merlin	12/29	12/ 7	—	—	—
	D.Utopia 'Messenger'	12/10	12/15	—	—	—
	D.Lovely Virgin	1/ 2	12/21	—	—	—
	D.Yukidaruma 'King'	12/18	—	—	—	—
	D.Malones 'Fantasy'	1/ 8	—	—	—	—
	D.Sagimsume	12/14	—	—	—	—
	D.Nodoka	12/ 9	—	—	—	—
	D.Indoyo	12/15	—	—	—	—
	D.Christmas Chime	12/28	—	—	—	—

* : ガラス室での萌芽日

— : 未開花

した34交配種の中で、29品種が同年に比較して1か月から3カ月早くなった。20品種の花芽肥大が1か月以上早くなりその中で、10月末までに花芽を肥大した品種は第1表に示した17品種であった。しかし、その中で、開花期まで前進し、年内に開花したのは、カシオーブ・ベリダーク、チンサイ、ハクセキ、kikoshi、小町娘、くれない・うすげしょうの5品種であった。チンサイやハクセキは特異な反応を示したのでさらに評価が必要である(表3)。

試験3 *D.moniliforme*の品種あるいは産地が異なる系統の花芽肥大は8月13日から始まり、多くは9月下旬から10月上旬が花芽肥大のピークを示し、高温下でも容易に花芽を形成した。しかし、10月下旬でもリードバルブに花芽を形成しない系統もあった。最も早い丹波系は8月中旬に分化し、一部が9月下旬に開花した。しかし、多くの種の花芽の発達が進まず、年内に開花したのは1品種、1月末までに開花した種はわずか3種であった。以降の開花は少なく、マツシマが2月中旬から3月中旬に開花したに過ぎず、多くがブインドになった。

エ 考 察

ノビル系デンドロビウムの交配種の中では、チンサイやハクセキ、ベリダーク、kikoshi、くれない・うすげしょうなどが高温下で花芽肥大が進み、年内に開花し、高温開花性が高い種であると判断され

た。なおこれらの交配過程の中で*D.moniliforme*が使われているが、この種は花芽の形成は早いものの、開花はほとんど年内に起こらなかった。片交配親である*D.nobile*のような花芽肥大後の休眠性の少ない性質が早期開花の重要な因子になっていることが判断された。原種で本年性のバルブに開花した種は*D.bigibbum*、*D.cilictum*、*D.deracourii*、琉球セッコクであった。

オ 今後の問題点

*D.moniliforme*の花芽肥大後の休眠要因の評価、交配片親の花芽肥大後の開花までの所有日数の評価による早期開花要因の解析。

カ 要 約

デンドロビウムの高温下でも花芽肥大・発達が停滞しない系統・品種の選定を行った。ノビル系デンドロビウムの交配種のなかではチンサイやハクセキ、ベリダーク、kikoshiくれない・うすげしょうなどが高温下でも花芽肥大が進み、年内に開花する品種として選定された。

キ 文 献

須藤憲一・篠田浩一：花芽分化が高温期の初秋におこるデンドロビウム交配種、野生種のスクリーニング、野菜茶試花き部年報(6)、58～59、1993

(須藤 憲一)

表2-22(1) ノビル系デンドロビウムの生育・開花特性

種 名	品種名	止め薬 発生日	萌芽日	花 芽 肥大日	花芽長 (12/25)	開花日	開花 習性*
		月. 日	月. 日	月. 日	mm	月. 日	
- 野生種 -							
aureum		8.10	12.10	10.25	19	2. 2	2
crassinode		8.28	12. 1	11. 5	10	2.20	1
findlayanum		8.25	2. 1	11.22	6	3. 7	1
moniliiforme	Matusima	6.10	2. 1	11. 1	8	2. 1	1
nobile	virginalis	11. 5	1. 4	12. 2	3	3.13	2
nobile	cooksonii	8.23	1.20	11.28	5	2.21	1
nobile	S系	8.20	12. 1	11.28	5	2.20	1
nobile	Y系	8. 5	12.17	11.26	5	2.20	1
nobile	T系	7.16	12.10	11. 7	13	2.11	1
nobile	N系	10. 8	12.17	12. 4	3	3. 1	1
nobile	I系	8.25	12.25	11.28	3	2.20	1
tortile		10.13	1.25	12. 7	4	3.20	1
- 交配種 -							
愛知1号		8.20	12. 1	11.28	4	2.23	1
Ainsworthii		-	11.20	11.25	9	2.20	1
Bunny Girl		11.13	-	12.25	0.5	3.22	2
Cassiope	Awayuki	7.10	11.20	10.28	11	1.31	1
Cassiope	Beridark	7.10	10.28	10.25	30	1.15	1
Cassiope	Hatushimo	8.20	12.10	11. 1	10	1.28	1
Cassiope	Honoka	8. 8	12.10	11. 3	7	2.12	1
Cassiope	Miss Biwako	7.13	11. 1	11. 1	12	1.30	1
Cassiope	Sasameyuki	7.25	12.10	11. 1	10	1.22	3
Christmas Chime	Asuka	9.15	12.10	12.10	3	3. 7	1
Dwarf Lady		11. 7	-	11.26	4	2.24	2
Euryalus	Apollo	9.10	12. 5	12.12	2	3. 6	3
Fortune	Love	11.25	1. 4	11.29	3	3. 6	2
Fubuki		9.15	12. 1	11.22	8	2. 9	1
Gatton Beau		9.25	1. 4	12.23	0.5	3.29	3
Gatton Monarch		10. 6	-	1.12	-	-	-
Gifu		10.28	12.23	11.18	5	3.11	2
Gion	Pink Lady	8. 1	11.22	11. 7	12	2. 8	1
Golden Blossom	Kogane	11. 5	12.28	11.20	8	2.22	2
Golden Blossom	Lemon Heart	11. 1	1.12	11.20	9	2.20	2
Golden Crescent		10.20	12.25	11.18	11	2.12	2
Golden Weve	No.1 T系	10. 6	1.20	11.30	5	3. 7	2
Golden Weve	No.1 Y系	10.20	1.20	12. 3	3	3. 7	2
Gold Star	Orange Royal	11. 5	1.20	11.26	4	2.24	2
Grace	Yellow var.	10.20	-	12.10	2	3.10	2
Hambühren Gold	Lady	9.25	1. 7	12. 5	3	2.28	2
Himedaruma		-	12.28	11.15	11	2.22	2
Himeji		9. 5	12. 1	12.14	2	3. 7	1
Hinazuru		9.29	12.13	12.10	2	3. 5	1
Hinode	Flamingo	6.25	11.12	11. 1	15	2. 3	1
Hinode	Toutenkou	6.23	11.12	11. 1	17	2. 1	1
Honey Leen		-	1.25	12.15	1	3.18	1
Indoyo	T系	9.20	11.30	12.15	1	3.17	1
Indoyo	I系	9.22	12. 4	12.10	2	3. 8	1
Indoyo	Y系	9.20	1.12	12.13	2	3.13	1
Kaguyahime		10.20	1.25	12.10	2	3. 1	2
Kidama		-	12.25	11.18	3	2.20	1
Kikoshi		-	12.15	11.10	10	1.28	1
Kobayashi		9.19	12.10	12. 5	4	3. 2	1
Komachimusume		7.25	11.28	11. 7	11	2. 7	1
Kongoh		8.27	12. 1	12. 2	3	3.13	1
Kurenai	Usugesyou	7.25	11.20	10.27	26	1.25	1
Lovely Virgin	Seto	10.25	12.20	11.26	6	3. 8	2

表 2-22(2) ノビル系デンドロビウムの生態的特性

種 名	品種名	止め薬 発生日	萌芽日	花 芽 肥大日	花芽長 (12/25)	開花日	開花 習性*
		月. 日	月. 日	月. 日	mm	月. 日	
Malones	Emperor	10. 5	12. 25	12. 10	3	3. 17	1
Malones	Fantasy	9. 25	1. 5	12. 15	1	3. 20	1
Malones	Saitomi	10. 20	1. 4	12. 15	2	3. 20	1
Malones	Silvia	10. 25	-	12. 10	3	3. 20	1
Mayumi		9. 26	12. 25	11. 26	5	2. 25	2
Merlin	I系	9. 15	12. 20	11. 24	5	2. 24	1
Merlin	Y系	9. 13	1. 5	12. 5	5	3. 3	1
Mild Yumi	Kokusai	9. 10	12. 15	11. 21	8	2. 20	2
Miyuki		10. 1	12. 10	11. 28	4	3. 2	3
Momozono	Princess	9. 20	1. 20	12. 15	2	3. 23	1
Montrose	F系	10. 18	1. 10	12. 10	2	3. 11	2
Montrose	I系	10. 20	12. 25	12. 1	4	3. 3	2
Mount Fuji		9. 10	12. 5	12. 10	2	3. 13	1
Nodoka		8. 12	12. 10	11. 10	10	2. 12	1
Oberon	Princess	9. 20	-	12. 12	5	3. 7	1
Orange Gem		11. 10	1. 2	12. 20	1	3. 29	2
Oriental Beauty	Okarina	10. 24	12. 30	11. 26	5	3. 4	2
Oriental King	No.5	9. 5	1. 10	12. 25	0.5	3. 26	2
Oriental Paradis	Aurora	9. 25	12. 30	12. 28	1	3. 13	1
Papiyon	Angelica	11. 25	1. 25	12. 1	3	3. 8	2
Peace	Spring Time	10. 10	12. 23	12. 10	3	3. 23	1
Perfection		8. 30	1. 8	12. 13	1	3. 8	2
Permos	Glory	9. 14	-	12. 20	1	3. 29	1
Pittero Gold	Glace	10. 13	1. 8	11. 26	4	3. 8	2
Sagimuse	T系	10. 1	12. 15	12. 10	2	3. 8	3
Sagimuse	I系	9. 16	12. 17	12. 15	1	3. 10	3
Sakon		10. 1	12. 30	11. 1	-	1. 25	3
Sakuragari		7. 5	12. 5	12. 27	0	3. 18	1
Sailor Boy	Popai	9. 14	12. 10	11. 25	3	3. 13	1
Saotome		9. 5	12. 25	12. 12	2	3. 11	1
Sinderera × Snowflake		10. 14	12. 30	12. 20	1	3. 18	1
Shinonome	Compact	9. 20	-	11. 18	10	2. 20	1
Snowflake	Ya	6. 25	11. 18	11. 1	18	1. 28	1
Snowflake	Ta	6. 30	1. 10	11. 13	11	2. 15	1
Snowflake	Red Ster	6. 10	11. 22	11. 8	9	2. 20	1
Snowflake	H	8. 5	11. 26	11. 13	9	2. 12	1
Snowflake	Otome	6. 22	12. 1	11. 5	15	2. 8	1
Snowflake	Benichidori	6. 30	11. 20	10. 28	15	1. 31	1
Syuyou		7. 15	-	11. 8	15	2. 7	1
Sweetheart	King	9. 24	-	11. 29	5	3. 7	1
Thwaitesiae	Veitchis	10. 25	1. 12	12. 10	2	3. 16	2
Tukuba Perfection		9. 15	1. 4	12. 10	2	3. 6	2
Ukon		9. 20	12. 25	12. 5	5	1. 20	3
Utopia	Messenger	9. 10	12. 10	11. 13	9	2. 12	1
Utopia	Laster	10. 25	12. 28	12. 23	0.5	3. 18	1
Utopia × Tomoflake		6. 18	11. 10	11. 8	14	2. 9	1
White Pony	Akamatu	9. 15	1. 4	11. 20	7	2. 24	1
Yellow Tsuden		10. 8		11. 30	8	2. 25	3
Yukidaruma	King	9. 22	12. 25	11. 22	10	2. 18	1
Yukidaruma	Queen	10. 2	12. 20	11. 24	8	2. 20	1
Yuzuki	Royal	11. 4	1. 18	12. 17	0.5	3. 24	3

* 1 : リードバルブに着花

2 : バックバルブに着花

3 : リードバルブ・バックバルブの両方に着花

表 2-23 デンドロビウム交配種の早期花芽肥大(10月以内) 品種のスクリーニング結果

品種		萌芽時期		止め葉形成時期		花芽肥大時期		開花時期	
		1990年	1991年	15℃	20℃	15℃	20℃	15℃	20℃
Cassiope	アウユキ	11.20	12.3	7.1	7.8	12.3	10.31	1.11	1.28
	ベリーダーク	10.28	11.7	7.21	5.25	12.1	10.17	1.1	12.19
	ハツシモ	12.10	12.3	7.29	5.15	10.23	10.11	1.1	1.6
	ほのか	12.10	12.3	7.14	4.20	12.3	10.20	1.12	1.15
チンサイ		12.13	12.4	8.7	5.18	12.4	6.30	12.16	7.30
ハクセキ			12.4	7.13	5.22	10.9	8.2	2.8	9.20
ヒノデ	フラミンゴ	11.12	12.4	6.16	4.11	12.1	10.19	1.7	1.17
	トウテンコウ	11.12	12.3	7.9	4.13	12.4	10.20	1.5	1.8
kikoshi		12.15	12.12	8.12	6.2	10.23	10.7	1.11	12.7
小町娘		11.28	12.15	8.2	5.27	12.4	10.25	1.16	1.15
くれない	うすげしょう	11.20	12.3	6.3	3.3	12.4	10.2	12.30	12.13
モリタ			12.17	9.10	6.1	11.29	10.16	2.17	.
スノーフレーク	‘Ya’	11.18	12.7	7.23	4.25	12.7	10.28	1.6	1.12
	オトメ	12.1	12.9	7.16	3.24	12.9	10.27	1.9	1.20
	ベニチドリ	11.20	12.9	7.6	4.8	12.9	10.19	1.3	1.9
秀陽			12.9	8.10	6.2	12.9	8.10	1.17	1.16
トモフレーク									
	レデイスマイル	12.18	12.18	8.7	4.15	11.7	10.28	1.18	1.30

表 2-24 D. moniliforme (セキコク) 系統の花芽肥大日

8月以前	一点花	紅衣	丹波	南紀
9月上旬	紀州本黄			
9月中旬	松島	石槌黄	京都	佐多
9月下旬	野村	信州ダルマ	石槌ダルマ	日南 普通四国 明覆輪
10月上旬	雷山	枝咲	整形花	高千穂 小豆島 普通矮性 丹波覆輪 鹿児島 坊津
10月中旬	黄石公	紫色花(京都)	伊予紅	土佐覆輪
10月下旬	右近丸	万里紅	徳島覆輪	
11月上旬	金星			

第3章 高温下における生産管理システムの開発

1. 高温下における花きの生理・生態反応の解析に基づく生産性向上技術の開発

(1) 遮光用資材の利用による生産性向上技術の開発 ア 研究目的

現在遮光用資材は多様なものが生産されており、園芸分野においても広く利用されている。しかし、物理的特性の把握が不十分であり、効率的な利用が図られていない。そこで、遮光用資材の物理的特性について統一的な測定基準並びに温度抑制効果の定量的評価法を策定するとともに、葉温を指標とした遮光用資材の選択方法、高温期の最適遮光方法を明らかにして高温期の花きの生産性向上技術の開発を目的とする。

イ 研究方法

(ア) 遮光用資材の温度抑制効果に関する測定装置の試作

遮光用資材の特性を表すのに遮光率や透過率を用いることが多い。しかし、遮光用資材を用いる主な目的のなかに葉温の抑制があり、近年波長別選択透過性を有する遮光資材が開発されている。そのため、同じ遮光率でも遮光用資材が異なれば葉温が異なることがある。そこで、葉温を指標とした遮光用資材の温度抑制効果を定量化するための測定装置の試作・改良を行った。

花きの葉の表面温度は環境条件や個体の相違により異なるので、花きの状態を検討するには有効であっても、遮光用資材の温度抑制効果を評価するような再現性を求められる場合には不適當である。そこで、本測定装置では測定結果の再現性を考慮して模擬葉を用いることにした。キクの葉と模擬葉を5体ずつ供試し同一の測定条件下で表面温度を数回測定した。さらに、光の強さを変えてそれぞれの表面温度の変化を測定した。なお、供試キクは鉢植えの株を用い、測定する葉より上部を切断し、残りの葉も測定用の葉を除いて全て取り除いた。

(イ) 遮光用資材の物理的特性値と花きの葉の温度低下との関係

試作した測定装置を用いて下記の2つについて検討を行った。

① 遮光用資材の温度抑制効果と遮光率の関係

表3-1に示す26種類の遮光用資材を供試して、本測定装置による温度抑制効果の数値と遮光率を測定し比較した。なお、遮光率は本測定装置の模擬率の位置に日射計を置き、その測定値より求めた。

表3-1 供試した遮光用資材

資材名	色	種類	図3-3の印
不織布	銀	9	□
	透明	9	○
	その他	4	△
寒冷紗	黒、白	各1	◇
	銀	2	

② 遮光用資材の温度抑制効果と花きの葉の葉温度低下の関係

不織布、寒冷紗、断熱性資材に農ビを加えた約100種類のフィルム資材について温度抑制効果の測定を行った。さらに、模擬葉を花き（キク）の葉に置き換え測定し、花きの葉温低下と温度抑制効果と比較した。断熱性資材とは、赤外域の光線を大幅に遮光し、他の領域の光線は農ビに近い透過率を持たせた波長別選択透過性を有する資材のことである。

ウ 結果及び考察

(ア) 遮光用資材の温度抑制効果に関する測定装置の試作

試作した測定装置を図3-1に示す。125Wの白熱ランプより垂直下方に370mm、水平方向に左右に100mmの2箇所にそれぞれ模擬葉を固定し、模擬葉の表裏の中央にはそれぞれ熱電対を通気性の粘着テープで取り付け、測定値を表面温度とする。

一方の模擬葉の上方100mmのところに供試資材を張り、模擬葉を遮光する。供試資材により遮光を行った模擬葉を遮光区、遮光を行わない模擬葉を非遮光区とする。その温度差（非遮光区の表面温度－遮光区の表面温度）を遮光用資材の温度抑制効果の値

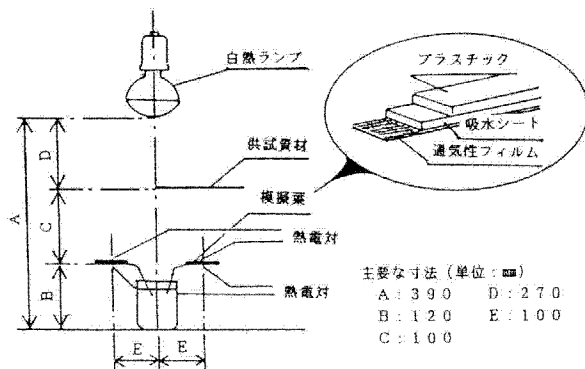


図3-1 遮光用資材の温度抑制効果を測定するための装置の略図

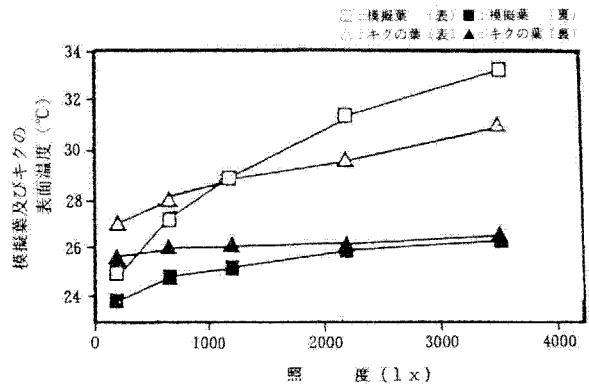


図3-2 照度と模擬葉及びキクの葉の表面温度の関係

とする。

模擬葉と測定用資材との距離を100mmとすることによって、この空間の換気が充分となり、供試資材の保温性による模擬葉の表面温度への影響を無くすることができ、遮光区と非遮光区の気温を同一にすることができた。なお、測定時の気温を26℃とし、表面温度が安定してから5分間の平均温度をとった。

模擬葉は、白熱ランプ側（表）から緑色のプラスチック、吸水シート、通気性フィルムの順に3層構造となっており、吸水シートの一端は水槽に浸っていて常時水で湿っている状態になっている。

模擬葉とキクの葉の個体別の表面温度と平均、変動係数を表3-2に示す。これを見ると、模擬葉の

表3-2 模擬葉と菊の葉の表面温度

	模擬葉		キクの葉	
	表	裏	表	裏
個体平均の温度	26.9℃	25.0℃	28.5℃	26.4℃
	26.7	25.1	28.0	25.2
	27.3	25.2	28.7	26.1
	26.9	24.9	28.7	26.5
	27.1	24.8	27.9	26.0
全平均	27.0℃	25.0℃	28.4℃	26.0℃
標準偏差	0.201	0.143	0.364	0.456

変動係数よりキクの葉の変動係数の方が大きいことがわかる。このことは、1回の測定に2枚の葉を使う本装置においては、花きの葉を使う場合測定の精度が低下し、再現性が乏しくなることを意味する。一方、光の強さと表面温度の関係を図3-2に示す

が、模擬葉の表面温度とキクの葉温は、光の強さが強くなるほど表面温度は高くなるが、その変化量はそれぞれ異なる。また、表の表面温度と比較して、裏の表面温度の変化量は小さい。

試作した測定装置の模擬葉の表面温度の変化は、花きの葉の表面温度の変化とは完全に一致しない。これは葉の構成が根本的に違い、花きの葉の場合は気孔からの蒸散の作用により葉温を調整しようとするが、試作した模擬葉の場合は蒸発であり表面温度の調整機能が小さい。そのため、花きの葉温の低下が遮光率（量）に対して変化が小さいのに対して、模擬葉の場合は大きい。しかし、本測定装置の目的は遮光用資材の温度抑制効果を定量化することであり遮光用資材間の相違が明確になることが重要である。一定の環境条件下で測定を行うことを前提とすれば、本測定装置は充分機能すると判断する。また、模擬葉の裏側の表面温度は直接水に触れることもあり、光の強さの変化による表面温度の変化は小さい。そこで、模擬葉の表側の表面温度により求められる温度抑制効果を遮光用資材の温度抑制効果と称する。

(イ) 遮光用資材の物理的特性値と花きの葉の温度低下との関係

① 遮光用資材の温度抑制効果と遮光率の関係

遮光用資材の温度抑制効果と遮光率の測定結果を図3-3に、その回帰直線及び相関係数を表3-3に示す。遮光用資材全体の関係式は $Y=0.067X+4.954$ （以後、Yは温度（℃）、Xは遮光率（%）とする）であり、相関係数は0.95と高い。また、不織布と寒冷紗の温度抑制効果と遮光率の関係式は、それぞれ $Y=0.069X+4.907$ 、 $Y=0.061X+4.939$ となり同じような変化を示した。これはどちらの遮光用

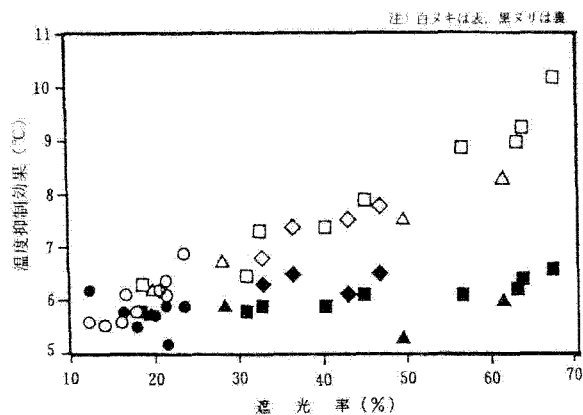


図3-3 遮光用資材の遮光率と温度抑制効果の関係

表3-3 遮光用資材の温度抑制効果に関する回帰直線と相関関係

	回帰直線式	相関係数
遮光用資材	$Y = 0.067X + 4.945$	0.954
不織布 (全体)	$Y = 0.069X + 4.907$	0.967
不織布 (銀)	$Y = 0.075X + 4.593$	0.972
不織布 (透明)	$Y = 0.106X + 4.099$	0.883
寒冷紗	$Y = 0.061X + 4.939$	0.917

資材も特定の波長域の光を遮光するものでなく、波長毎の遮光のパターンが似ているためと思われる。また、銀色不織布と透明不織布の関係式はやや相違が見られる。これは、繊維の色が透明光に影響しているためと考えられ、遮光のほかに温度抑制効果を考慮する必要があると思われる。

② 遮光用資材の温度抑制効果と花きの葉の葉温低下

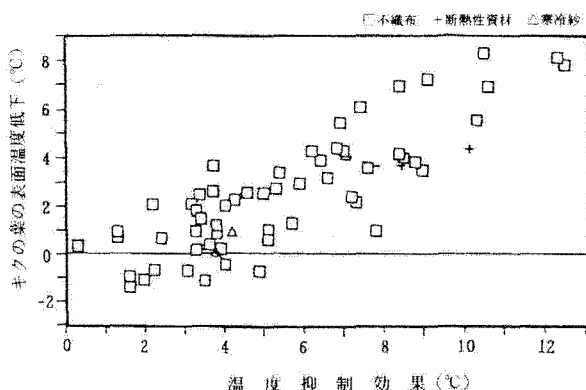


図3-4 遮光用資材による温度抑制効果とキクの葉の表面温度の低下の関係

下の関係

遮光用資材による模擬葉と花きの葉の温度抑制効果の関係を図3-4に示す。なお、キクの葉の測定の場合、1組の葉では、100種類の供試資材の測定は不可能であり、供試した花きの葉は5組(10枚)となり、それぞれのキクの葉の場合の回帰直線と相関係数を表3-4に示す。供試したキクの葉の組別

表3-4 遮光用資材の温度抑制効果とキクの葉の温度低下

	回帰直線式	相関係数
全 体	$Y = 0.565X - 0.119$	0.717
キクの葉A	$Y = 0.564X - 0.561$	0.749
キクの葉B	$Y = 0.401X + 2.986$	0.819
キクの葉C	$Y = 0.551X - 1.135$	0.672
キクの葉D	$Y = 0.501X + 0.839$	0.784
キクの葉E	$Y = 0.468X - 0.758$	0.870

に見るとかなり回帰直線や相関係数にバラツキがあるが、全体的に見ると回帰直線は $Y = 0.565X - 0.119$ であり、また相関係数は0.72と比較的高かった。

花きの葉は、供試株の違いによって環境条件が同じでも葉の表面温度が大きく異なる。そのため、図3-4の縦軸のマイナス領域のように、遮光を行ったなら表面温度が高くなるような現象が現れる。しかし、模擬葉との相関係数は0.72と高く、一定条件下では葉温を推測する事が可能であり、遮光用資材の選定の資料となる。なお、現在市販されている本格的に波長別選択透過性を有する遮光用資材は少なく、ほとんどの遮光用資材は波長毎の遮光パターンが似ていて差がないため、温度抑制効果と遮光率の関係は1本の回帰直線で表すことができる。しかし、波長別選択透過性の資料が増え複数の回帰直線で表すようになれば、温度抑制効果との遮光率の関係により遮光用資材を分類することができるようになる。

エ 今後の問題点

本装置で測定した結果は遮光用資材の温度抑制効果の評価として利用できる。しかし、模擬葉と花きの葉では表面温度の変化の様子が異なり、他の条件

下や花きでの遮光による温度低下を予測することは不可能である。そのため、様々の条件下での葉温との関係を求めていく必要がある。

オ 要 約

遮光用資材の特性について統一的な測定方法を策定し、遮光用資材の高温抑制効果の定量的評価を試みた。そのため、遮光用資材による模擬葉の表面温度の変化量を測定することで遮光用資材の温度抑制効果を評価する装置を試作した。26種類の遮光用資材を用いて模擬葉の温度抑制効果と遮光率の関係を求めたところ、 $Y=0.067X+4.945$ の回帰直線であらわすことができ、相関係数も0.95と高かった。また、農ビを含んだ約100種類のフィルム資材による模擬葉と花きの葉の表面温度との関係も $Y=0.564X-0.561$ となり、相関係数も0.75と高かった。以上より、本測定装置による測定結果により遮光用資材の温度抑制効果の評価が行うことができ、また一定の測定環境下では葉温を推測することが可能である。しかし、測定環境が変わってしまうと、花きの葉温の変化のパターンが変わってしまいますので、完全な予測のためには多くの資料を集める必要がある。

(杉本光穂, 島地英夫)

(2) 遮光方法の改善による生産性向上技術の開発

ア 研究目的

ラン類や鉢花、観葉植物は高温・強光を嫌う、また比較的強光に耐える一般の切り花でも光合成の光飽和点は高くても $600\sim 800\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ 程度であり、最強時に $2000\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ 程度に達する夏期の日射量 (PPFD)は高すぎ、葉温の上昇や過度の蒸散による生理障害が誘起されやすい環境であることは否定できない。そこで遮光による障害緩和が行われているが、その基準や方法は明確ではない。遮光幕を常時張った状態ではその透過率の日射量しか得られず、朝夕や曇天日の弱日射量時の日射量は不足する。日射量に応じて幕を開閉する装置も使われているが、制御目標値を $600\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ に設定して、極値 $2000\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ に対応できる70%の遮光幕を選択した場合、日射量が $600\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ を超えた場合に遮光幕をかけると、内部の日射量は $180\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ に急減し、マイナスの効果を及ぼす。仮に50%の遮光率の幕を利用すると、その時は $400\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ 程度に減少し、その程度は多少緩和されるものの、

強光時には $1000\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ の日射量になり、場合によっては障害が懸念される環境になる。日射量が日変化、季節変化、天候の変化によって激変する環境では、遮光の基準化は非常に曖昧であり、目標の日射量に近づける遮光は難しいのが実態である。一部に連続的に遮光できる装置の開発も試みられているが、性能、施設費的に満足できる装置はない。

以上の問題に対処するために、冬季の暖房エネルギーの削減のために使われている2層の保温カーテン装置に異なった遮光率の幕を張ることによって、それぞれの一枚ずつの遮光と、2枚同時に張ることによって、3段階の遮光率が選択でき、目標とする日射量に近づける遮光制御法を考案するとともに、それを駆動するソフトを開発した。

この研究はこの2層カーテン装置を利用した日射量のコンピュータ制御システムを使用し、目標とする日射量を変えた遮光環境下で、ファレノプシスや数種観葉植物、鉢花、切り花キクなどの生育反応を検討することによって、可動式の遮光制御における好適制御値や、制御上の問題点を把握することを試みた。

別に強光下における生育障害要因の一つとして、葉温の上昇→蒸散量の過多→体内水分の不足→気孔の閉鎖→葉温の上昇などが連鎖して障害を起こしていることが考えられる。ラスを利用した遮光では、直達光の透過と遮断が交互に起こるので、体内水分状態が遮断時に回復することがある程度期待できる。強光下で生育障害程度の大きいデイフェンバキアを供試して、ラス下での生育反応を検討した。

イ 研究方法

(ア) 異なった遮光環境下での生育反応

試験は1990年と1991年の夏期に表3-5の遮光環境を設定し、その中で植物を栽培した。1990年は1枚の幕と2枚の幕による効果の相違を 400 と $800\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ の制御目標値で7種の植物について検討した。1991年度は 200 、 400 、 $600\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ を制御目標とし、8月5日から10月上旬まで4種類の鉢花を供試した。他に無遮光区と常時遮光区を設けた。同表に、実測値を使い、シミュレーションにより算出した晴天日と曇天日の処理区の積算日射量を示すとともに、図3-5には同晴天日の日変化を示した。また1991年の7月下旬から9月上旬内の24日間のデータを使い、同法で算出した屋外日射量に対す

表 3-5 処理条件

試験年度	処理	遮光器の材質		日射透過率 %		日射量 晴天 曇天	日射量 曇天	図1 マーク
		第1	第2	第1	第2			
1990年	35% 常時	シバ-7750	—	35	—	13.4	7.6 mol ⁻¹ A	
	400 1枚	シバ-7750	—	35	—	15.3	10.8 day ⁻¹ B	
	400 2枚	シバ-7750	シバ-7750	30	60	15.9	12.4 C	
	800 1枚	シバ-7750	—	45	—	26.8	18.5 D	
	800 2枚	シバ-7750	シバ-7750	22	45	29.7	19.3 E	
1991年	無遮光	—	—	—	—	38.2	21.8 F	
	200 2枚	ビアレシ	シバ-7750	32	44	25.9	(7月下旬から	
	32% 常時	ビアレシ	—	32	—	26.9	9月上旬の24	
	400 2枚	シバ-7750	シバ-7750	48	72	47.9	日間の対屋外	
	600 1枚	シバ-7750	—	61	—	61.3	積算日射量%)	
	無遮光	—	—	—	—	82.0		

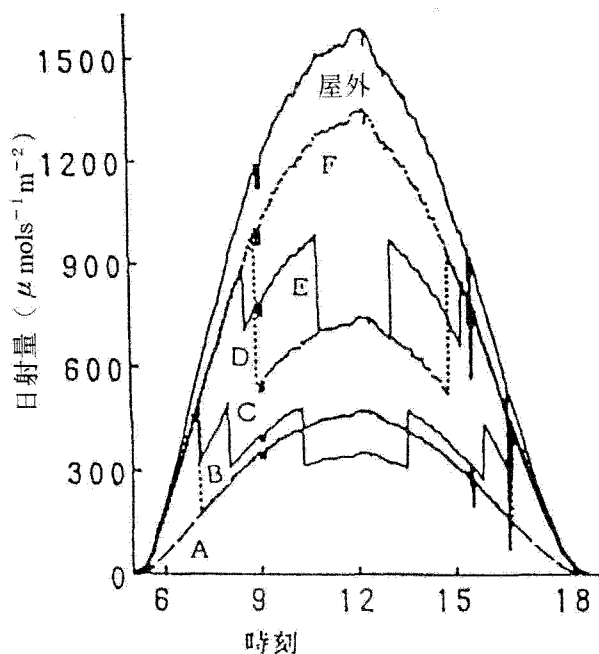


図 3-5 8月6日の遮光のシミュレーション
(記号は表に記載)

る相対積算日射量を示した。

ファレノブシス(実生大輪白花種)は3号鉢でロックウール培地で育成中の最大葉長10cm, 3~4葉の苗を各処理11株供試し, 1990年は7月23日から10月20日まで, 1991年は8月5日から10月23日間栽培した。シクラメンはテーブルミニ系の交配種を供試した。1990年度は4月17日にロックウールミニキューブに播種し, 7月23日に7.5角5cm高のロックウールキューブに移植した苗を10月19日まで処理した。スパシフィラム‘メリー’はロックウール+ピート培地を使い3号鉢で育成した苗を11株, デイフェンバキア‘カミーラ’は7.5角5cm高のロックウールキューブで育成中の苗を12株供試した。キクは5cm角のロックウールキューブに1990年7月19日に挿し芽した苗を7月31日から8月17日まで栽培し, 初期育成に及ぼす影響を調査した。ポイントセチア, シンゴニウムなども同ロックウールキューブで育成

中の苗を供試し, 1990年, 7月23日からそれぞれ, 9月3日, 9月17日まで処理した。処理後ファレノブシスは400, シクラメンは600 $\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$ を目標に制御した環境で開花への影響を調査した。ファレノブシスの葉の中央部の温度をミノルタ505放射温度計で連続して測定した。また, シリコンフォトダイオード(浜松ホトニクスS23868K)に10 Ω の抵抗を付け, 屋外の光条件で光量子計(LICORLI-190S)を用いて校正した日射計で処理下の日射量の測定を行った。

(イ) スパシフィラムの光合成に及ぼす日射量の影響

スパシフィラムの日射量に対する光合成反応を, 上記試験環境で測定するとともに, その個体を人工気象室内の300 $\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$ の一定光強度下で測定し, 前歴の影響を調査した。また強光に搬出後の光合成障害の推移を測定した。光合成の測定はLICOR社の携帯用光合成測定装置を利用した。

(ウ) ファレノブシスの葉温に及ぼす各種断熱資材の影響

断熱を目的として開発された被覆資材がファレノブシスの葉温に及ぼす影響を調査した。日射透過率に応じた比較を行うために数種の寒冷紗を対象にした。葉温は放射温度計(ミノルタ505(放射率0.98))で40分間連続測定し平均値で表示した。別に波長別エネルギー測定装置(LICOR1800)で透過波長成分を10月7日に測定した。

(エ) ラス下での生育

5cmと10cm幅の不透明塩化ビニルシートを約1m角の枠に北面を除いて同間隔の隙間を開けて装着し, ラス式の遮光装置を作成した。その中に11株のデイフェンバキアを配置し, ガラス室で行った前記試験区を対照にして葉温, 生育への影響を調査した。

ウ 研究結果

(ア) ファレノブシス

図3-6に多日射量日の栽培下におけるファレノブシスの葉温の日変化を図示した(1991年)。葉温は日射量が高いほど上昇し, 400 $\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$ (以下400区)の制御環境でも気温より10℃上昇する事例があり, 100~150 $\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$ でも5℃の上昇があった。600, 400区, 32%, 200区及び参考に測定した無遮光条件の平均葉温はそれぞれ, 35.9, 33.3, 32.3, 32.6, 39.8℃を示した。600区では顕著な増

加が認められるとともに、無遮光下ではそれより4℃高い値を示した。1990年のファレノプシスの葉の伸長は400—2枚制御区で優れ、花茎の長さや重量が最大になった。強光条件の800区では葉が小型化するとともに、黄化した。同1枚制御区では葉やけによる壊死が一部の葉で生じた。1991年度では200

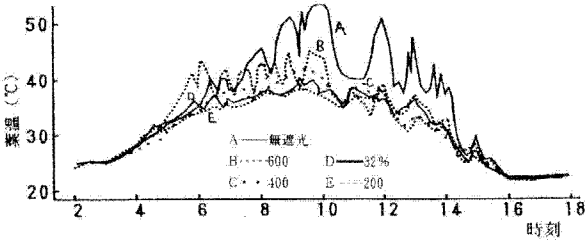


図3-6 ファレノプシス葉温の日変化
(1991年9月)

区と透過率32%区の日射量が少ない条件ほど伸長したが厚さは薄くなり、単位葉面積当たりの乾物重、水重がともに減少した。両区では花茎の伸長開始が遅れる個体が増加した。開花時の花茎長は600区が長く、花数も増加する傾向が把握できた。常時遮光区は花茎、開花数、花茎が減少した。前年同様400区が適していると判断できた。なお600区において

も前年度800区で見られたような葉焼障害が見られず、かつ開花へ好影響が観察されたので、過日射量域を600 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ に設定することも可能視されるがより検討が必要である(表3-6)。

(イ) シクラメン

1990年度の葉数は65%固定張り区、無遮光区、800—1枚区で減少した。日射量が少ない遮光条件ほど、葉の大型化、葉柄の伸長により、株の長辺×短辺×高さで表した株の体積は増加したが、単位体積当たりの葉数は少なく、出来すぎた形質を示した。400—1枚区の葉柄の徒長が目立ち、同2枚条件が生育、品質的に優れた。1991年度においても低日射量条件では葉及び葉柄の伸長に伴う株張りや体積の増加が起こり、品質が悪化した。無遮光区でも底面吸水で管理したことが影響し、昨年度のような葉数の減少、葉やけなどの障害は生じなかった。400区に比較して生育量は小さかったが、その分生育にストレスがかかり、単位葉面積当たりの乾物重の増加など品質的に好結果になった。12月上旬における開花数は400区が多かった(表3-7)。

(ウ) スパシフィラム

表3-6 ファレノプシス(1991年度)

処理	葉長 10月8日			葉の形態(10月22日)			花茎長		花数	花径長
	第1葉	第2葉	第3葉	厚さ	fw/la	dw/la ²⁾	12月20日	2月24日		
	cm	cm	cm	mm	mg/dm ²		cm	cm	個	mm
200 ¹⁾	9.5	13.8	11.5	2.8	229	11.7	25.5	44.4	5.6	97
32% ²⁾	9.3	14.6	11.6	2.9	232	10.8	20.7	40.3	4.3	90
400	8.3	13.1	11.3	3.1	252	14.3	30.8	44.6	5.3	103
600	7.0	14.2	11.3	3.0	252	13.3	29.1	48.6	6.0	98
(Isd5%)	3.7	2.5	1.3	0.3	22	1.6	11.9	8.8	2.0	10

¹⁾ 制御目標日射量 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ²⁾ 常時透過率 ³⁾ 単位葉面積当たりの fw:生重 dw:乾物重

表3-7 シクラメン(1991年度)

処理	株の形態10月11日			葉の形態 ²⁾				開花時 12月2日			
	株張り	草丈	体積	葉数	fw/la	dw/la	dw/fw	花数	蕾数	体積	葉数
	dm ²	cm	dm ³	枚	mg/dm ²		%	個	個	dm ³	枚/体積
200	4.55	12.1	4.55	24.3	425	38.0	8.9	1.6	2.2	8.29	48.4
32%	4.05	15.4	6.28	19.4	426	34.0	8.0	2.6	1.5	9.68	41.8
400	3.43	9.6	3.28	24.9	488	47.2	9.7	7.6	3.8	6.73	52.1
600	3.90	12.2	4.79	25.9	436	43.6	9.5	4.6	2.7	8.09	51.0
無	3.02	7.9	2.54	25.0	965	93.1	9.7	3.4	4.9	5.03	50.8
(Isd5%)	1.02	1.7	1.6	9.4	92	12.6	1.8	6.6	3.8	2.10	17.4

地上部生重は無遮光区で少なく、200~600区間では差が少なかった。しかし、地下部重量は低日射量条件で減少した。新萌芽数は200区は400区の1/2の量であった。葉の単位面積当たりの乾物重は32%区で少なく、600区が最も多くなった。同新鮮重は400区が多かった。葉の色は日射量が強いほど緑色が薄

くなり、黄色みが増した(表3-8)。

栽培環境で測定したスパシフィラム個葉の光合成速度は300—400 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ の光条件下で高い値を示し、生育が進んだ条件と一致した(図3-7)。300 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ の一定のPPFDで光合成速度を比較した結果では、強光下で生育していた植物ほど光合

表3-8 スパシフィラム (1991年度)

処理	株の形態10月8日			生体重			葉の形態 ²⁾		葉色		
	最大葉長	葉数	新芽数	地上部	地上部	地下部	fw/la	dw/la	画像解析階調値		
	cm	枚	個	g	部 g	部 g	mg/dm ²		R	G	B
200	39.0	14.4	1.6	73.1	14.2	3.9	228	48.9	59.6	67.3	3.8
32%	41.4	13.5	1.6	68.5	12.2	3.7	237	43.8	42.2	43.0	6.2
400	40.0	17.1	3.3	75.5	13.9	4.7	251	50.2	61.9	70.0	3.0
600	38.7	15.4	2.4	76.5	15.4	4.4	242	54.3	74.0	77.6	14.3
無	34.9	14.2	2.9	55.2	10.0	4.2	201	43.4	73.4	75.0	9.9
1sd5%	4.8	5.4	1.5	22.7	5.3	1.5	29	9.9	30.2	30.9	10.3

成能力が低かった。また老葉の同化能力が低かった (図3-8)。400 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ で制御中の個体を強光下 (1413 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$) に搬出後の光合成速度は30分後に75%まで急激に減少した。さらに、漸次

減少を続け、5時間後には最高値の40%程度まで減少した (図3-9)。

(エ) デイフェンバキア

生育は無遮光区、800—1枚区で劣り、他区間で

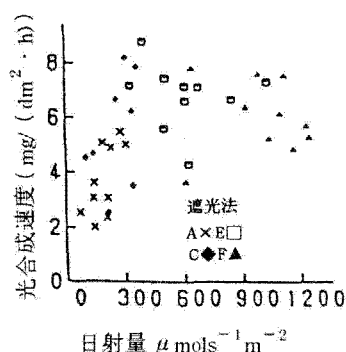


図3-7 遮光下でのスパシフィラムの光合成

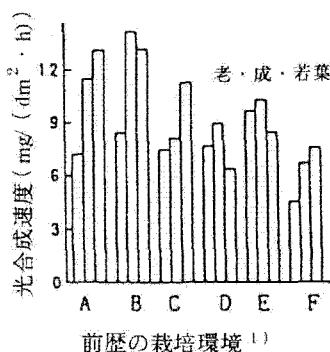


図3-8 前歴が異なったスパシフィラムの光合成速度

¹⁾ A35%常時 B400 1枚 C400 2枚 D800 1枚 E800 2枚 F無遮光 (表3-8参照)

は優越差がなかったが、傾向としては400—2枚区が1990年度の400—1枚区、1991年度の200区あるいは400—1枚区より地上部の生体重、乾物重の増加が認められた。日射量が多い条件ほど葉は小型化したが、緑色部の面積率は高かった。

ラス下における日射量と葉温の推移を図3-10に示した。ラスの間隔によって日射量に変化し、葉温

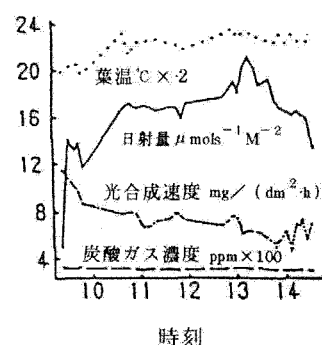


図3-9 強光下に搬出後のスパシフィラムの光合成

表3-9 ディフェンバキア (1991年度)

処理	草丈 cm	最大葉の形態		緑色部 %	体積 dm ³	地上部生体 g	乾物 g
		葉身長 cm	面積 cm ²				
遮光処理	200	16.0	15.6	253	76.0	6.8	40.8
32%	32%	17.3	15.4	238	77.3	6.2	35.4
400	400	17.0	14.3	224	78.9	6.3	42.7
600	600	16.5	13.5	218	80.2	5.5	40.0
無遮光		12.9	10.4	133	90.7	3.0	21.9
ラス処理	5cm	13.4	12.1	166	79.8	3.9	24.9
10cm	10cm	13.0	13.2	195	80.2	4.2	31.1
1sd5% 遮光処理間	2.1	1.3	28	6.4	1.2	8.6	0.80
ラス処理間	2.1	1.3	35	6.4	1.5	9.5	1.26

もその周期に基づいて変化した。測定時の外気温は31~34.3℃に変化していたが、遮光された時では37~40℃、直達光が照射した時には最高49℃程度まで

上昇した。この時に屋外で参考に測定した葉温よりも高い値を示した理由としてラス資材面の温度が上昇し、それよりの再放射の影響が生じていたことが考えられた。

生育は対照に設けたいずれの遮光区よりも劣ったが、無遮光区のような極端な葉の黄化や葉焼けはなかった。5cmのラスよりも10cmのラスの生育が良かった。ガラス室に設置した無遮光区の透過率は、フレームの影がささない場所で82%であり、ラス下で直達光が照射した時はより日射量が多く、障害が大きかったはずであるが、ガラス室無遮光区よりも良い生育を示したことは、ラスによって直達光が遮られた時間の存在が障害の程度を軽減していたことが考えられた。10cmラス区の生育が5cm区よりも良かったことは、連続する直達光の遮断が長いほど障害を軽減していたことが考えられた。今後生理的な影響を検討する必要がある (表3-9)。

(オ) キク、シンゴニウム

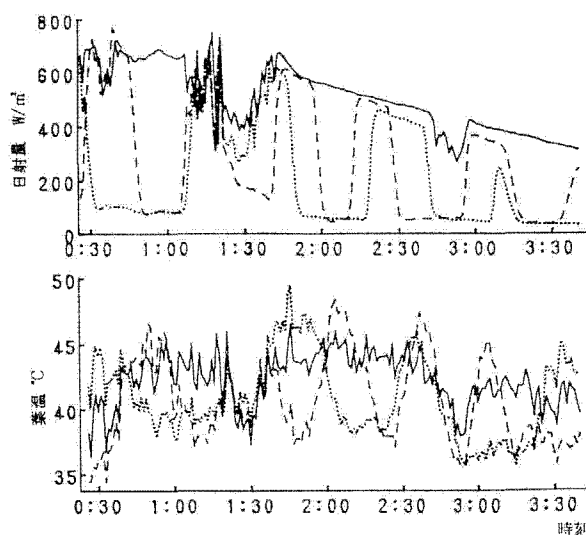


図3-10 ラス下のディフェンバキアの葉温
——無遮光 ----10cmラス5cmラス

表3-10に供試した7品種の初期生育における乾物増加重を示した。800区や無遮光区で生育量が増加する品種が多く、反応が異なった。遮光制御法の影響も品種によって異なった。シンゴニウムも強光を好む植物であり、800区で生育が良くなり。2枚遮光がそのなかでも重量が増加した。

(カ) 断熱被覆資材がファレノプシスの葉温に及ぼす影響を調査した。無遮光下では、50℃を超えたが、断熱物質を含んだ液を封じ込めた2層ガラス(タバイ)は88%の光透過率を示していたにもかかわらず、63%の光透過率の寒冷紗と同程度の葉温を示し、葉温低下効果が認められた。また2層フィルムの内側に断熱素材を張ったHTA温室パネル(日立冷熱)やピアレス・ゴールド、あるいは銅イオンを封じ込めた波板(ピアレCU)もそれ以上の葉温を示した寒冷紗よりは高い光透過率を示し、透過率に応じた断熱効果を持つことが示された(表3-11)。

エ 考 察

目標とする日射量に近づける制御を行うこの遮光

法に最適な制御値を明らかにするために、数種鉢花を供試して検討した。2枚の遮光幕を使い4段階の遮光程度が設定できるこの方法では、目標値以下に日射量が低下する時間が少なくなるので、比較的低い制御値 $=400\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$ =最強日射量の約1/5で多くの鉢花が物質生産的に最大に生育することが確認された。なおシュミレートした日射量が少なかったにもかかわらず、200区が32%区より生育が良くなる傾向も各供試植物で観察されており、曇天時や朝夕の低日射量時の日射量が多くなるこの制御法の利点が見された。また600区は1枚の制御のためか、2枚で制御した400区より徒長的な生育を示す事例が、ファレノプシスやシクラメン、スパシフィラム等で認められた。このことは600以上の日射量になった時に40%の遮光が一時にかかるために、弱光時間が多くなっていたことが推察される。

以上の試験は表3-5の制御条件で検討したが、遮光幕の選定法によっては、屋外の日射量の変化によって、上限は設定上限値を超えない制御を行うものの、幕の光透過率はそれぞれ1枚の時と、2枚同時に使った時の3段階しか選定できず、連続した制御は不可能である。そのために目標値以下になる場合が多出する。この目標値以下の時間を最少にする遮光率の幕を選択することが要求されるが、図3-11に夏期の数時期の日射強度の分布を表示したように、日々の値は大きく異なっており、すべての時期を満足することは不可能である。たとえば日射量の最大値は梅雨の晴れ間に見られた $2000\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$ でありその遭遇時間は数分である。一方、高温時の7-8月では $1600\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$ が最高であり、その遭遇時間は1時間強の値を示していた。ここで、 $1600\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$ と $2000\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$ を最高値、ガラス室への透過率を85%とし $400\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}\pm 20\%$ を目標にして制御する場合に、幕の遮光率の影響

表3-10 シンゴニウム、キク(1990年)

処 理 区 目 標 日 射 量 $\mu\text{mols}^{-1}\text{m}^{-2}$		シンゴニウム					キ						
		生体重		乾物重		合計	地上部乾物増加重mg/株						
		地上部	地下部	地上部	地下部		精葉	金丸	コスモス	天寿	ツル	秀力	マレット
65%	固定	12.66	5.22	1.41	0.44	1.85	41.2	34.8	60.8	34.6	21.6	35.0	29.6
400	1枚	12.82	5.21	1.46	0.44	1.89	47.6	35.8	59.4	42.0	33.4	41.2	32.2
	2枚	10.82	5.07	1.22	0.40	1.62	67.4	45.8	64.6	43.4	41.6	42.0	37.6
800	1枚	12.36	5.69	1.47	0.47	1.94	71.2	55.0	104.6	48.2	36.2	70.0	59.8
	2枚	12.98	6.31	1.67	0.57	2.28	76.0	67.0	82.0	45.2	44.0	59.2	45.7
無遮光		11.40	5.28	1.41	0.49	1.90	74.8	83.0	94.4	59.2	54.6	68.0	56.0
(LSD 5%)		2.09	1.44	0.31	0.13	0.42							

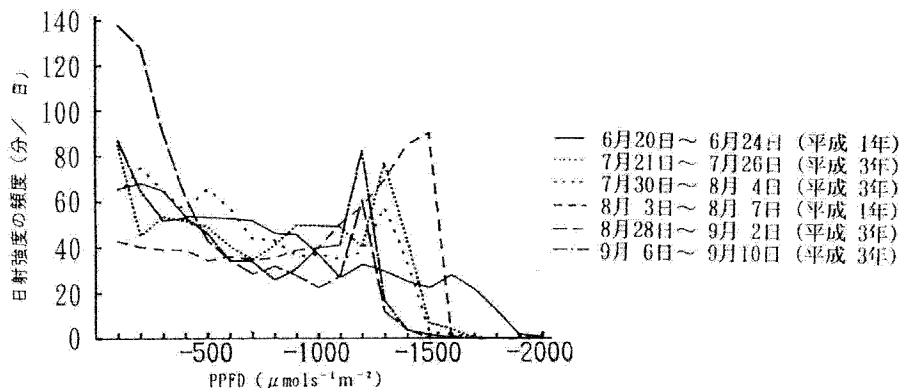


図3-11 夏期の日射強度（PPFD）の出現頻度

表3-11 断熱被覆資材の光透過特性とファレノプレスの葉温

	光透過率（対屋外％）			RADIATION(W/m ²)			葉面日射量 (対法線面％)	葉温 ℃
	PPFD (μmols ⁻¹ m ⁻²)							
	水平面1)法線面	水平面2)		300 -850	300 -400	700 -850nm		
屋外	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	86.7	50.5
タバイ	88.0	85.8	83.7	77.0	57.9	63.9	88.3	43.8
日立	66.2	64.4	61.3	57.2	8.6	60.2	-	41.0
ピアレスC	59.1	55.6	49.1	46.7	10.3	46.9	-	41.2
ピアレスCU	32.8	33.3	24.6	24.0	1.2	30.5	23.7	37.0
寒冷紗	72.1	72.2	77.1	77.8	75.7	81.0	63.1	44.4
	62.7	59.5	-	-	-	-	60.5	43.9
	58.8	54.1	57.7	58.1	58.2	59.2	55.7	43.3
	30.7	29.5	29.4	29.7	29.1	23.5	26.5	38.0
ガラス 4 nm			88.4	86.1	70.7	84.31		

葉温測定時の環境（気温32℃，日射量625.7w/m²1023-1090 μmol s⁻¹ m⁻²（水平面－法線面））

を検討してみると、一日の日射量が最も多くなった条件は前者が50%の幕と30%の幕の組み合わせの時、後者が35%と55%の組み合わせであった。この場合図示した31日の1分毎の日射データに基づいて幕稼働をシミュレーションして算出した日積算日射量の平均値は前者が11.0mol m⁻²，後者が10.6mol m⁻²であり、上限までの日射時間の増加と下限以下の日射時間の減少により、最高値1600 μmol s⁻¹ m⁻²とする制御の方が、日射量が多くなった。なお、6月には上限以上の日射量に遭遇しているが、最強でも600 μmol s⁻¹ m⁻²程度であり、この値の制御値でも極端な生育障害を引き起こしていなかったことから許容できる範囲であり、真夏の屋外日射量の最強値を目標にした制御で支障ないと判断される。しかしスパシフィラムのように葉色が品質的に悪化する植物にとっては別の見方が必要かもしれない（表3-12）。

オ 今後の問題点

通常無遮光で栽培する他の切り花などに及ぼすこの遮光法の効果の検討

カ 要 約

表3-12 2枚の遮光幕の組み合わせによる
温室内の光環境の変化

遮光率 上 下	日積算日射量		遮光した時の目標値を外れる時間（分）			
	平均値	標準偏差	480以上	400以上	400以下	320以下
30 50	11.0	3.98	9	142	268	73
30 55	10.7	3.78	3	110	299	87
35 50	10.7	3.82	4	113	296	93
35 55	10.6	3.71	5	98	311	111
40 50	10.3	3.60	4	81	329	140

（6～9月間の31日の一分間隔のデータを基に400 ± 80 μmol s⁻¹ m⁻²を目標に制御したシミュレーション結果）

2枚の遮光幕を使い4段階の遮光程度が設定できるこの方法では、目標値以下に日射量が低下する時間が少なくなるので、比較的低い制御値：400 μmol s⁻¹ m⁻²＝最大日射量の約1/5が多く鉢花にとって物質生産的に適していることが確認された。温室内への光透過率が85%の時、400 μmol s⁻¹ m⁻²を目標値にして制御する場合に8月の最強日射量時（観測最大値1605 μmol s⁻¹ m⁻²・46.3mol m⁻²日⁻¹）には、30と50%の遮光率の幕、年最強値（約2000 μmol s⁻¹ m⁻²：6月下旬）を基準にする場合には35と55%の幕の選択が適することを算出した。

キ 文献発表

1) 須藤憲一・浜野 恵・篠田浩一、鉢花の遮光方

法の改善, 野菜茶試花き部年報(4), 69-72, 1991

- 2) 須藤憲一・中村浩美・篠田浩一, 鉢花の遮光方法の改善, 野菜茶試花き部年報(5), 72-75, 1992

(須藤 憲一)

(3) 反射フィルムマルチなどによる生産性向上技術の開発

ア 研究目的

暖地における切り花の夏季生産が困難である理由として, 高温による光合成速度の減退と呼吸消耗のこう進による生産力の低下がある。この問題に対処するため, 反射フィルムマルチを組み合わせた散光化資材による遮光処理や, 根域温度管理などによる夏季の高温による影響を回避する技術を開発する。

反射フィルムマルチと散光化資材による遮光処理がカーネーションの生育及び品質の向上効果をもたらすことは, スタンダード品種において既に明らかになっている^{1)・2)・3)}。初年度にスプレー品種4品種を供試した試験によって, スプレー品種に対する効果も認められることがわかった⁴⁾。また, 散光資材による被覆期間は, 60日程度が適していることも今回明らかにした⁴⁾。散光資材2種, 及びマルチ資材5種を供試した資材比較試験では, 散光化資材の効果には優劣は認められなかったがマルチ資材では差が認められ, その差はマルチ資材の反射率によるものであり, 50%を下回ると劣った効果を示すものと思われた^{4)・5)}。

以上の試験結果をふまえ, 反射フィルムマルチと散光化資材による遮光処理と根域温度管理との複合効果がカーネーションの生育・収量に及ぼす影響を検討し, 生産力向上技術の開発を図る。

イ 研究方法

(ア) 反射フィルムマルチの有無と根域温度が生育に及ぼす影響

- a. 供試品種 ‘ノラ’
b. 試験区 根域温度30℃(33~27℃), 25℃(27~23℃), 20℃(23~17℃)の3処理に対し, 反射フィルムマルチと黒色フィルムマルチ(対照)の, 計6試験区。このとき, 気温は30℃(37~23℃)とした。
c. 試験規模 耐暑性検定装置使用, 1区10ポット, 1区制。
d. 耕種概要 1992年3月27日定植。摘心後4月上旬4本仕立て。5月8日処理開始。

(イ) 反射フィルムマルチ, 根域温度管理並び散光化資材の被覆が生育・収量に及ぼす影響

- a. 供試品種 ‘ホワイトシム’
b. 試験区 放任対照区, 反射・地温20℃・散光処理区, 反射・地温25℃・散光処理区。
c. 試験規模 中抜き6条ベンチ栽培, 1区60株, 1区制。
d. 耕種概要 7月2日定植, 7月16日ピンチ(初回), 8月26日ピンチ(2本)。

ウ 結果及び考察

(ア) 反射フィルムマルチの有無と根域温度が生育に及ぼす影響

表3-13 反射フィルムマルチの有無と根域温度がカーネーションの初期成育に及ぼす影響
(処理15週間後調査)

試験区			草丈	第1分枝長(cm)				同左葉齢				第2分枝		
マルチ	地温	気温	cm	1	2	3	4	1	2	3	4	本数	平均長cm	累計長cm
反射	30℃	30℃	46.9	36.1	38.4	40.6	40.6	16.7	18.3	17.9	17.8	1.4	6.5	9.1
反射	25℃	30℃	58.6	44.9	51.1	46.7	47.1	19.1	19.6	19.1	18.9	4.3	9.0	38.7
反射	20℃	30℃	65.0	54.7	56.4	57.9	54.2	18.4	18.3	19.5	20.0	11.4	8.7	99.2
反射	平均		58.8	45.2	48.8	48.4	47.3	18.1	18.7	18.8	18.9	5.7	8.1	46.2
黒	30℃	30℃	48.4	33.9	39.4	37.0	38.6	16.5	17.8	17.2	18.2	2.1	7.8	16.4
黒	25℃	30℃	48.2	34.4	39.6	39.8	41.9	16.5	18.2	18.5	18.7	1.7	11.0	18.7
黒	20℃	30℃	60.3	50.0	52.0	49.9	52.3	21.3	22.0	21.8	21.9	6.3	8.1	51.0
黒	平均		52.3	39.4	43.7	42.2	44.3	18.1	19.3	19.2	19.6	3.3	9.0	29.7

処理開始15週間後に草丈、第1分枝長、第1分枝葉齡、第2分枝長を測定した結果、地温が低下するに従って生育が促進されるという結果を得た（表3-13）。この効果は反射フィルムマルチ区・無マルチ区のいずれにおいても認められたが、反射フィルムマルチ区の生育が無マルチ区のそれを上回り、反射フィルムマルチと根域温度管理の組み合わせが、実際の栽培現場においても有効であることが示唆された。

（イ）反射フィルムマルチ、根域温度管理及び散光化資材の被覆が生育・収量に及ぼす影響

定植7週間後に草丈、第1分枝長を測定したところ、反射フィルムマルチ+根域温度管理区（以下根域温度区）は、放任区を上回る生育を示した。その効果は根域温度が低下するにつれて大きくなった（表3-14）。

表3-14 反射フィルムマルチ・根域温度管理及び散光化資材の被覆がカーネーションの初期生育に及ぼす影響（定植7週間後調査）

試験区			草丈	第1分枝長(cm)					同左累計長cm
マルチ	地温	散光化	cm	1	2	3	4	5	
無	放任	無	28.7	19.5	19.3	19.8	18.5	15.7	84.8
反射	20℃	有	37.9	28.1	18.8	27.5	24.2	19.9	119.7
反射	25℃	有	33.0	23.9	22.8	22.2	18.9	18.0	97.8

開花始めから翌年5月中旬までの切り花の本数及び品質調査を行った。反射フィルムマルチによって開花期が前進することが知られているが、今回の調査でも同様の傾向がみられ（図3-12）、採花切り花を年内まで（前期）と1月以降（後期）の2期に分けて集計したところ、根域温度区の年内採花率は全体の30.3%（20℃区）、25.0%（25℃区）であり、対照区の10.7%を大きく上回った（表3-15）。前期における切り花品質を比較すると、切り花長は上級品に分類される70cmを越える切り花の割合が対照区で多かったが、処理区では切り花本数の増加は中級品の増加となる傾向にあり、その傾向は根域温度20℃区で顕著であった。また、切り花重は、低くランクされる切り花が根域温度処理20℃区で増加し、下垂度は、品質の分布に処理区間差はみられなかった。

後期の切り花本数は、対照区で多かったものの、全採花期間を通じて収量を比較すると、対照区に対

表3-15 反射フィルムマルチ・根域温度管理及び散光化資材の被覆がカーネーションの切り花品質に及ぼす影響（A：12月まで、B：1月から5月中旬まで）

試験区			採花数	切り花重				切り花長				下垂度			
マルチ	地温	散光化		≤25	26-30	31<		≤50	51-70	71<		≤10	11-20	20<	
無	放任	無	23.4	9.4	12.4	1.6	0	3.9	19.5	0.8	4.7	17.9			
反射	20℃	有	71.9	81.7	10.2	0	7.0	58.6	6.3	2.6	19.9	49.4			
反射	25℃	有	54.7	37.5	17.2	0	0	31.3	23.4	0	4.7	50.2			

試験区			採花数	切り花重				切り花長				下垂度			
マルチ	地温	散光化		≤25	26-30	31<		≤50	51-70	71<		≤10	11-20	20<	
無	放任	無	186.3	106.1	62.5	39.7	5.5	113.2	70.8	43.2	106.5	45.6			
反射	20℃	有	186.4	103.1	50.0	13.3	0	47.7	88.7	32.2	92.8	41.6			
反射	25℃	有	104.1	78.6	61.7	25.8	0	15.6	115.6	23.0	93.5	47.6			

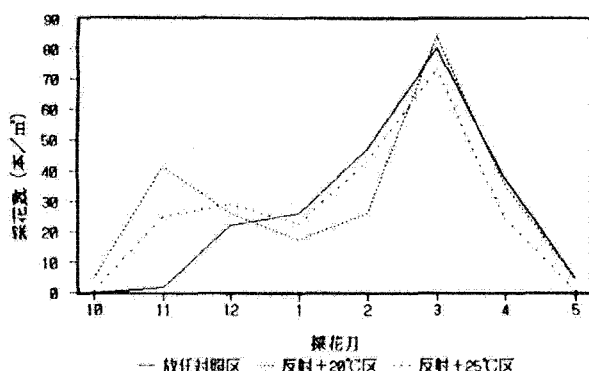


図3-12 反射フィルムマルチ・根域温度管理及び散光資材の被覆がカーネーションの月別採花数に及ぼす影響

し根域温度20℃区で109%、25℃区で100%と、対照区を上回るかそれと並ぶ成績がえられた。切り花品質も、根域温度区は切り花長で上級品の割合が増加し、特に根域温度25℃区でその傾向が強かった。また、切り花重は根域温度20℃区で低いものが増加したが、根域温度25℃区では対照区との差はみられなかった。下垂度も、品質の分類上大きな差はみられなかった。本試験では、反射フィルムマルチ・根域温度管理・散光化資材被覆区の後期の収量と品質が顕著に向上しなかった要因として、これら前期において生育が大幅に改善された処理区に見合った肥培管理が伴わなかった点が指摘される。

以上のように、反射フィルムマルチと、散光化資材による遮光処理に根域の低温度管理を組み合わせた処理は、カーネーションの夏期の高温障害を回避し、品質を落とさずに年内の採花量を高めるためには有効であるといえる。

エ 今後の問題点

実際の栽培上、反射フィルムマルチと根域温度管理を組み合わせた処理が夏期の高温障害を回避する

ためには有効であることが明らかとなったが、根域温度管理については立地条件に応じた経済評価が必要である。

オ 要 約

カーネーションの高温障害を軽減するため、光合成能力の向上と呼吸消耗の抑制を目的とした栽培技術の開発を行った。反射フィルムマルチ及び夏期の散乱化資材による被覆、そして根域の低温管理によって、夏期の生育は抑制されることなく進み、切り花品質を低下させることなく採花期が前進した。その結果、根域温度20℃区では切り花収量が増加し、この方法が有効であることが示された。

カ 文 献

- 1) 山口隆・小野崎隆・上条正昭、カーネーションの反射フィルムマルチ栽培における遮光期間について、野菜茶試・花き部年報4号、37～38、(1991)
- 2) 山口隆・小野崎隆、カーネーションの反射フィルムマルチ栽培における散乱光が生育・収量・品質に及ぼす影響、野菜茶試・花き部年報4号、39～40、(1991)
- 3) 山口隆・小野崎隆、切り花生産における日射エネルギーの効率的利用技術に関する研究(第8報) 反射フィルムマルチ栽培下における散光がカーネーションの生育・収量に及ぼす影響、園芸学会雑誌60別2、554～555、(1991)
- 4) 山口隆・小野崎隆、カーネーションの生育に及ぼす反射フィルムマルチ及び散乱化資材の効果、野菜茶試・花き部年報5号、48～49、(1992)
- 5) 山口隆・由井正明、花き栽培用被覆資材における反射・透過・吸収の分光特性。野菜茶試・花き部年報5号、60～61、(1992)
- 6) 山口隆、花きの反射フィルムマルチ栽培・散乱化資材被覆、全農グリーンレポート、155・174号5-6・12-13、(1992)

(伊東明子・山口隆)

2 高温下における環境制御のシステム化

(1) 環境制御のシステム化

ア 研究目的

温室内の高温抑制に関してコンピュータを用いた制御技術の開発とシステム化を確立する。従来は気

温を制御目標としていたが、本研究では、葉温などの植物体温を制御指標とし、遮光やミスト冷房などエネルギー投入の少ない合理的な昇温抑制方式を実用化する。

イ 研究方法

葉温を含めた温室内気象環境の成立要因を熱・水分収支式を用いて解析する研究は数多くなされているが、花き栽培農家における長期の気象観測に基づいた解析の報告は少ない。そこで、細霧冷房や遮光を利用している花き栽培農家において長期の気象観測を行い、得られたデータを熱・水分収支法で解析する。

代表的な花き3種について栽培農家において1991年7月～9月の間、温室内外の気象観測を行った。コチョウラン、バラ、カーネーションの栽培農家を選んだ。観測内容は、温室内外の日射量、気温、湿度、地表面の温度、地表下10cmの温度で、湿度の計測には高分子センサ湿度計を用い、地温等は熱電対で測定した。コチョウランについては放射温度計を用いて葉温の測定も行った。

測定した気象データを用いて温室内の熱や水分の流れを解析するため、ガラス温室内の気温・湿度の時間変化を外部環境条件から予測する熱・水分収支シュミレーションモデルを作成した。屋根、壁、床面、土層、室内空気、葉面について成立する熱収支の微分方程式を解いて、それぞれの温度の日変化を求めた。熱伝導率等の各種パラメータには、文献に報告されている数値を代入したが、室内気温に決定的な影響を及ぼす床面の対流伝熱係数などは、個別の温室の床面の状態に大きく依存するため、実測に基づいた値を代入した。

このモデルに、測定した地温、外気の温度・湿度、日射量等の外部環境条件を与え、水分収支についての計算も行って温室内気温、湿度を予測し実測値と比較した。快晴日や曇天日などについてこれを繰り返し、パラメータの値の妥当性を検討した。

気象観測では換気量を測定していないため、このシュミレーションモデルはその精度に限界があるが、温室内の熱の流れを解析するためのツールとして有効である。これを用いて、細霧冷房使用時のバラ栽培温室の熱・水分の流れを解析した。

この結果をもとに、このバラ農家の細霧噴霧システムが抱える問題点と改善法を検討した。細霧冷房

の主要な問題は、噴霧過剰によって生じる葉濡れが病害を引き起こしやすい点にある。そこで、葉濡れを最小限にする視点から細霧冷房装置の設備設計法を再構成した。葉濡れを軽減するためには、細霧装置の設備設計段階でノズル個数の適切な算定を行う必要がある。すなわち、気化する量以上の霧滴は噴霧しないようにする。

さらに、噴霧制御法についても改良の余地が存在することが、シュミレーションモデルによる試算から推定された。この推定を実証するため、圃場内に細霧冷房装置を試作して噴霧制御実験を行った。作成した細霧冷房噴霧制御システムは、センサーとコンピュータを用いた自動制御による噴霧である。

噴霧制御実験時の温室内気象データを熱・水分収支シュミレーションモデルで解析して、より合理的な制御法を検討した。

ウ 結果および考察

(ア) 花き栽培農家における長期気象観測結果

花き農家における気象観測結果を時期別、天候（晴天、曇天）別に整理した。測定した日射量データをもとに各期間における快晴日と曇天日の代表的な日をそれぞれ2日～5日選び、その日の温室内の最高気温、夜間の温室内気温、温室内の相対湿度の最低値を調べた。コチョウラン栽培農家については、鉢土内の温度、カーネーション栽培農家についてはベンチ土温の最高温も調べた。これを表3-16に示

表3-16 花き栽培農家における長期気象観測結果

A) コチョウラン農家	7/1～7/25		7/26～8/14		8/15～9/3	
	快晴日	曇天日	快晴日	曇天日	快晴日	曇天日
室内最高気温	33～37℃	27～28℃	32～38℃	28～30℃	32～35℃	28～31℃
夜間室内気温	22～24℃	22～24℃	22～24℃	22～25℃	23～24℃	23～24℃
鉢土内最高温	35～38℃	28～30℃	30～37℃	27～28℃	32～33℃	26～30℃
最低相対湿度	45～55%	70～80%	50～60%	75～80%	45～60%	60～70%
B) バラ農家	7/13～7/25		7/26～8/14		8/14～9/3	
	快晴日	曇天日	快晴日	曇天日	快晴日	曇天日
室内最高気温	37～42℃	29～32℃	35～41℃	28～32℃	37～42℃	30～35℃
夜間室内気温	23～26℃	22～23℃	22～24℃	22～23℃	24～25℃	26～27℃
最低相対湿度	40～45%	60～80%	35～45%	65～80%	30～45%	60～65%
C) カーネーション農家	7/10～7/25		7/26～8/14		8/14～9/3	
	快晴日	曇天日	快晴日	曇天日	快晴日	曇天日
室内最高気温	36～42℃	29～30℃	36～43℃	28～33℃	37～38℃	28～32℃
夜間室内気温	24～26℃	22～23℃	21～27℃	23～27℃	24～25℃	24～27℃
最低相対湿度	30～55%	50～70%	30～32%	65～70%	35～40%	60～75%
ベンチ土最高温	31～34℃	27～28℃	30～34℃	28～29℃	31～32℃	28～30℃

す。1分毎に記録したデータを10分単位で平均化した値をもとに調査したため、実際の温室内気温の瞬時値は、表に示された最高気温以上の温度になっている時間もある。バラ栽培農家のデータについては、快晴日には細霧冷房が作動している場合が多い。細霧冷房はタイマーによって2分間の噴霧と6分間程の噴霧休止が繰り返される。この表に選んだ日は、細霧冷房が作動している日も、作動していない日も含んでいる。

さらに、室内気温の推移の様相を知るため、観測結果をもとに各温室内の室内気温変化が示す傾向を調べた。コチョウラン温室は常時遮光条件下にあるため、カーネーションやバラ温室に比べて日中の室内気温が低く推移している。約60日の全測定期間を通じ、室内気温の最高値は40℃を越えなかった。室

内気温は、日中は30℃前後で推移している。室内気温が35℃を越えるのは、約60日間のうち5日のみであり、合計14時間程度である。バラ温室では、完全な曇天日を除くほとんどの日において、日中の室内気温が35℃を越えている。室内気温が40℃以上を越える日は、全測定期間を通じて13日あったが、これはカーネーション温室での40℃を越える日の日数とほぼ同じである。しかしその総計時間は20時間弱程度で、40℃以上の状態が長時間は継続しない環境となっている。これは、快晴日には細霧冷房が動作して室内気温が36℃～39℃で推移し、噴霧休止時に短時間だけ40℃を越えるという状態が多いことを反映している。この温室では、細霧冷房装置は室内気温が40℃以上になる時間を減少させる機能を果たしている。カーネーション温室においては、曇天日を除

くほぼ全ての日において室内気温は35℃を越えている。測定期間中を通じ、7月下旬～8月上旬が最も高温であったが、この時期カーネーション温室では室内気温が40℃以上の状態が3時間程度持続する日が続いた。同じ時期のバラ温室では、40℃以上の室内気温が2時間を越えて続くことは無かった。

(イ) バラ温室における熱・水分収支のシミュレーション解析

環境制御装置の設備設計や制御法の考察を行うためには、熱・水分の流れの解析をも行う必要があり、作成した熱・水分収支シミュレーションを用いてバラ温室における熱・水分の流れの解析を行った。温室内気温、湿度の予測値と実測値の比較結果を図3-13に示す。図には葉温の予測値も示すが、バラの

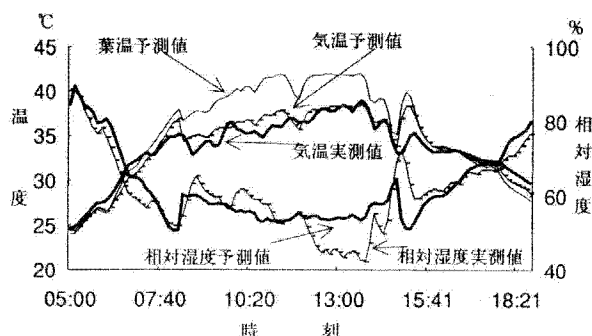


図3-13 気温、葉温、湿度の予測値と実測値の比較

(実測値は1991年7月25日バラ温室での測定値)

気孔抵抗等のパラメータが不明であるため正確さは期待できない。また、換気量を測定していないため室内気温、湿度の予測の精度には一定の限界が存在する。しかし、このモデルは、熱や水分のフローについての試算を簡易に行える環境の構築を可能にした点で有用である。さらに、細霧冷房により噴霧された水の正味の気化量を推定することが容易になった。図3-13において相対湿度が高い状態が持続している部分が、細霧冷房が作動している時間帯である。この時間帯の温度、湿度の予測値と実測値の一致の精度は、モデルにおける気化水量の決め方に依存する。気化水量を大きめに設定すると、気温の予測値は下がり相対湿度の予測値は上がる。気化水量を少し上下させるだけで、温度、湿度の予測値は大幅に変化する。すなわち、予測値と実測値を一致させることにより、良い精度で気化水量が推定可能になる。噴霧水量は測定が可能なので、換気量が決まれば葉や床面に落下した水量が求められる。

シミュレーションの結果から判断すると、このバラ温室では気化水量は噴霧量の10%以下であり、約50%が床面や葉面に落下し、残りは換気によって外気に排出されている。また、落下量の値は、図3-14に示すように、約20g/m²min程度で推移していると推定される。この値は、実験によって確認する必要がある。この落下量を軽減するためには単位時間当たりの噴霧量を減らす必要がある。すなわち、葉濡れは主として設備設計に問題があるために生じていることになる。

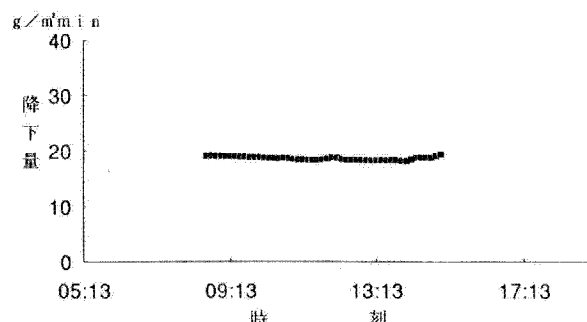


図3-14 温室内1㎡に降下している霧滴量のシミュレーションによる推定値

(1991年7月25日のバラ温室の環境測定データをもとに試算)

測定を行ったバラ栽培温室では、細霧冷房は快晴日のみ利用されるため、葉濡れは強日射によって緩和されている。

(ウ) 細霧冷房装置の設備設計法の問題点と改善法

バラ温室についての熱・水分収支解析の結果、細霧噴霧時の噴霧量が必要以上の状態であることが明らかになった。原因は噴霧法にあるが、メーカーが製作時に行う設備設計にも問題がある。この問題を説明するために、図3-15に設置ノズル個数決定のプロセスと、問題点の内容を示す。この図は、カーネーション温室での測定例をもとに記述した。表3-16に示したように、快晴日の温室内最高気温は日によって大きく異なり、カーネーション温室で36℃

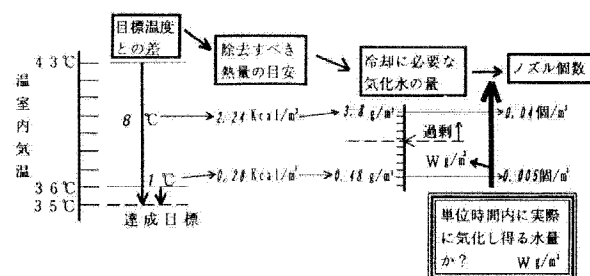


図3-15 ノズル個数決定のプロセスとその問題点

～43℃の範囲になっている。このため、冷房による目標温度を35℃に設定すると、目標温度との温度差は日によって1℃～8℃の間を動く。その結果、除去すべき熱量、冷却に必要な気化水量もそれに比例して変わる。すなわち、必要なノズル個数が日によって大きく変わることになる。現状の技術では、作動するノズルの個数を気象に応じて変化させることは困難であり、設備が製作された時点のノズル個数が固定的に使われる。このため、設計時のノズル個数決定に際しては、その地域の気象（特に湿度）特性やその年次変化、作物の耐暑性、濡れ具合の許容度等の間のバランスを考え、適切な妥協をしなければ最適な個数は決定できない。調整点をどこに定めるかが細霧冷房の設備設計における難しさであり、第一の問題点である。この問題に対して、実際の設備の製作時の現状は、高めの温度を想定してノズル個数を多めに設置し、噴霧時間幅調節によって過剰噴霧を回避することという設計方針に従っている。しかしながら、図3-15に示すように、単位時間内に気化し得る水量には限界がある。この限界はVETH線図上ではT-H線上の各点に対応するE（蒸発散率）についての実現不可能な領域に該当する。この領域は、有効気化率という比率によって間接的に示されてきたが、熱・水分収支シミュレーションモデルによって議論する場合は、直接に値を議論する必要がある。以下、この値をW（T、H、D） $\text{g}/\text{m}^3\text{min}$ と記述する。Wは、T—温度、H—湿度、D—粒径等に依存する。バラ温室での実測データをもとに計算した結果、このバラ温室におけるWは $2\text{g}/\text{m}^3\text{min}$ ～ $5\text{g}/\text{m}^3\text{min}$ と推定された。実際の噴霧量は $6.6\text{g}/\text{m}^3\text{min}$ であり、過剰噴霧時間幅を狭めると、冷却効果が不十分で葉濡れも減らないという状態に陥る。この考え方を単純化して図3-16に示す。Wについては未解決であり、その値の予測法が第二の問題点である。このため、温室内の環境状態の変化

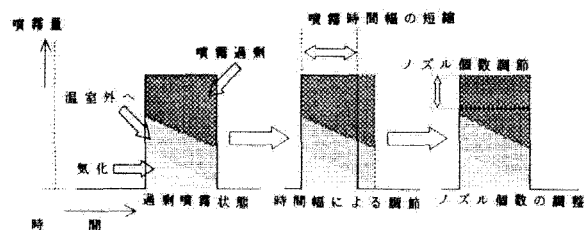


図3-16 噴霧時間幅調節の限界と適切なノズル個数決定

に対してWがどう変化するかを調べる。一般的な定式化は難しいが、実用的には実験に基づいてWの値を求める経験式を決めることは可能と考えられ、実験による調査が必要となる。

以上の問題点をふまえて、最適なノズル個数を総合的に考察する設備設計法を考察した。その手順を以下に述べる。

①、数年間にわたる当該温室の高温期の温室内外の気象データを収集する。

②、熱・水分収支シミュレーションモデルを作成し温室内環境予測を可能にする。

③、①で得たデータをもとに温室内気温、湿度がとりうる値の範囲とその出現頻度を調べる。

④、③で調べた各状態に対応するWの値を求め、その値の範囲を調べる。

⑤、④で算出したWの最小値に対応するノズル個数を計算する。

⑥、⑤で求めたノズル個数による噴霧時の冷房効果を②で作成したモデルで試算する。①で収集した全データに対してこの試算を行い、冷房効果、葉面への落下量を試算する。

⑦、④で算出したWの最大値に対応するノズル個数を計算する。

⑧、⑦で求めたノズル個数による噴霧時の冷房効果を②で作成したモデルで試算する。①で収集した全データに対してこの試算を行い、冷房効果と葉面への落下量を試算する。

⑨、⑥と⑧から得た結果の間の比較を通じて、適切なノズル個数を決める。葉濡れの許容度を大きくすると、外気の湿度が低い時期に大きな冷房効果が期待できる。高温遭遇時間に対する許容度を大きくすると、外気の湿度が低い時期の冷房効果は小さくなるが、葉濡れによる障害発生リスクが小さくなる。

⑩、⑨において決めたノズル個数による噴霧時の冷房効果を②で作成したモデルで試算する。冷房効果が不十分となる日については、遮光の利用を検討する。

この設備設計法の最大の特徴は、従来の設備設計では軽視されていたWを軸として設計を行う点にある。また、葉濡れの量と冷房効果の間の妥協点について考察することも可能になった。

(エ) コンピュータによる噴霧制御

バラ栽培温室では、室内の環境条件に関わりなく、タイマーによって一定の時間だけの噴霧が繰り返される。このため図3-17(a)に示されるように、室内気温は±3℃を越えて上下している。

圃場内に、温度・湿度センサー、パソコンを用いたリアルタイムの噴霧制御システムを構築し噴霧実験を行った。オンオフ制御法を用いて、図3-5(b)に示す±2℃程度の制御性の気温制御が可能となった。比例制御により、さらに精度の良い制御が可能である。

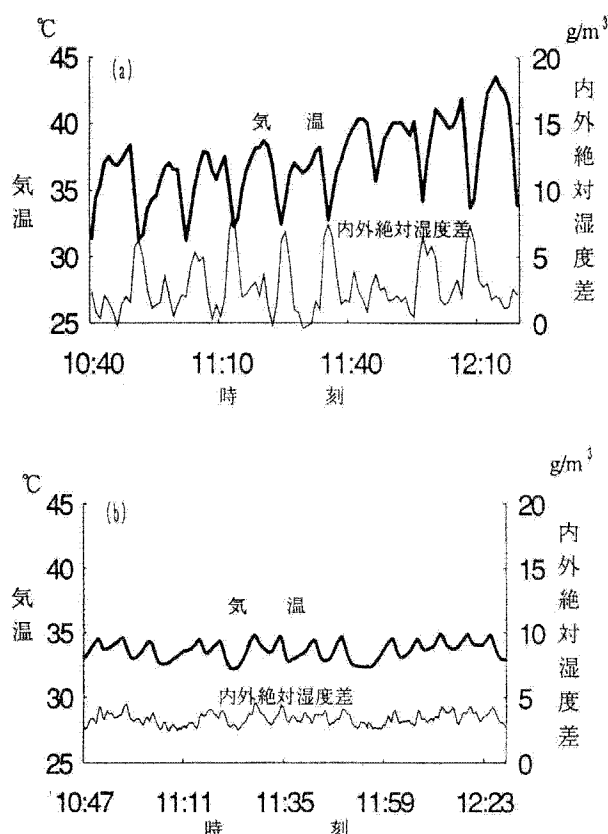


図3-17 細霧冷房時の温室内環境

(a) - バラ農家 (b) - 実験温室

湿度や日射をモニターしながら噴霧するので、湿度や日射が一定の条件を越えた場合は噴霧を中断する。このため、タイマーによる噴霧に比較して葉濡れによる障害発生のリスクは少ない。

(オ) 葉濡れ軽減の可能性とその代償

高温な日本では細霧冷房は葉濡れによる病害を招きやすいとされ、実際の栽培には利用できない冷房手段とみなされてきた。しかし、それは、1年間を通じて僅かしか訪れない気象を想定してノズルを多めに設置し通常の高温期は葉濡れを許容するという

設備設計方針がもたらした誤解である。ノズルの設置個数を抑え、冷房効果が不十分になるような日は最低限の遮光を利用するという設計方針も存在する。今回検討した設備設計法と噴霧制御法を用いることにより、後者の設計方針によるシステムを実現化することが可能になった。このため、葉濡れは大きく緩和される。その反面、外気の湿度が下がり細霧冷房に好適な気象が到来した場合に、ノズル個数の制約によって気象資源の有効活用が阻まれることになる。

エ 今後の問題点

- ① 床面や葉面に落下する霧滴の量のシミュレーション予測値の精度を実験によって確認する必要がある。
- ② 葉面上の熱・水分収支に関するパラメータを葉温の実測結果をもとに解明し、葉温予測値の正確さを向上させる必要がある。
- ③ 遮光条件下での細霧冷房の噴霧制御について実験を行う必要がある。

オ 要 約

- ① 花き栽培農家において高温期における長期の気象観測を行った。この結果、各温室における高温期の室内環境の実態や環境制御装置の設備設計に必要な方針が明らかになった。
- ② 花き温室内の熱・水分の流れを、実測データに基づいた熱・水分収支シミュレーションモデルによって解析した。この結果、熱・水分のフローが明らかになり、遮光条件や換気量を変えた場合の温室内環境や葉温を予測することが可能になった。
- ③ バラ温室における細霧冷房利用時の温室内環境を解析した結果、冷房に貢献している水の量は噴霧量の10%以下であり、常に噴霧過剰状態にあることが明らかになった。この状態は細霧冷房装置の設備設計が過大であるために生じていることが明らかになった。

④ 細霧冷房の噴霧過剰による葉濡れを軽減する設備設計法、噴霧制御法を検討した。

⑤ 圃場内に新技術を利用した細霧冷房噴霧制御システムを構築して噴霧制御実験を行い、より安定した室内気温制御が可能なることを実証した。

(佐藤恵一、島地英夫)