キクの生育および切り花の日持ちに及ぼす CO₂ 施用の影響

谷川孝弘¹・小林泰生¹・松井 洋¹・坂井康弘²

¹ 福岡県農業総合試験場園芸研究所 818 福岡県筑紫野市

² 福岡県久留米地域農業改良普及センター 830-11 福岡県北野町

Effects of CO₂ Enrichment on Growth and Vase Life of Cut Flowers
of *Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura

Takahiro Tanigawa¹, Yasuo Kobayashi¹, Hiroshi Matsui¹ and Yasuhiro Sakai²

¹ Institute of Horticulture, Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818

² Kurume Agricultural Extension Center, Kitano, Fukuoka 830-11

Summary

The effects of CO₂ enrichment of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*) on the subsequent growth and mineral and carbohydrate contents of the plant and on CO₂ and C₂H₄ production and vase life of cut flowers were investigated.

By enriching the atmosphere with 1,000 and 2,000 ppm CO₂ for 2-1/2 hours each morning, stem length, fresh weight, and leaf number of cut flowers were increased by 3 to 11%, and vase life was extended 3 days compared with flowers grown in ambient CO₂ concentration of 350 ppm. N, K, Mg, and Na concentrations, especially in the lower leaves were lower, whereas P and Ca concentrations were either the same or higher in the CO₂ treatment than they were in leaves of plants grown in the ambient CO₂. Starch and sugar contents in the leaves and stem were increased under CO₂ enriched condition. CO₂ production in the leaves was significantly reduced by the CO₂ treatments; C₂H₄ production was unaffected. From these data, we propose that the decline of [N+K]/Ca ratio (Funakoshi, 1984) and the increase in starch and sugar contents in the leaves and stem as a result of the CO₂ enriched atmosphere effectively prolonged vase life of the cut flowers.

緒 言

キクは、わが国の切り花生産額の約 16% (平成 4 年度) を占める重要品目である。主な生産地は西南暖地の静岡県、愛知県、福岡県などであるが、最近では中国地方北部から北陸、東北地方を含め、全国的に作付けが拡大している。しかし、西日本の太平洋岸を除いた地域では、秋冬季には気温および日射量の低下が著しいことから、キクの生育不良や上位葉の充実不足等による切り花品質の低下が指摘され、その改善が求められている。

九州北部の電照ギク産地では、低温・寡日照期における品質向上対策の一環として、4~5 年前から CO₂

施用が実用化されている。しかし、高 CO₂ 濃度下におけるキクの生育・開花反応や、CO₂ 施用時期・濃度などの施用方法に関しては、わが国の主要な品種を用いて詳細に検討した事例がなく、適切な施用が行われているかどうか疑問な場合が少なくない。

著者らはこれまで、電照ギクの主要品種である「秀芳の力」を用い、高 CO₂ 濃度下におけるキクの生育反応について基礎的研究を行ってきた。その結果、秋ギクの光合成速度の CO₂ 飽和点が 1,200 ppm 付近にあること、CO₂ 施用を行ったキクは莖長、葉数、重量が無施用と比較していずれも増加し、中でも根重の増加率が最も高くなることなどを明らかにした (谷川ら, 1991, 1993)。

今後、CO₂ 施用の実用化のためには、わが国の栽培管理法に応じた圃場試験を実施し、日持ち性を含め

1994 年 12 月 26 日 受理

本報告の一部は平成 4 年度園芸学会秋季大会で発表した。

た切り花品質や収量性に及ぼす影響について検討する必要がある。特に、切り花の日持ちは重要であり、この点に関して Gardner (1965) は、CO₂ 施用によりキクの日持ちが最高 4 日長くなったと報告している。しかし、バラに対して CO₂ 施用効果を検討した田中ら (1991) によると、日持ちについては品質や栽培条件によって反応が異なることを認めている。また、CO₂ 施用により葉のエチレン生成が促進される結果、下葉が早く老化するといった指摘もあり (西村ら, 1989; 吉岡ら, 1989)。切り花品質に対する悪影響も懸念される。

キクの切り花の日持ちと植物体の無機成分含有率との関係については、船越 (1984) が詳細に検討しているが、CO₂ 施用を行った場合の生理的側面からの報告はない。そこで本報では、ガラス温室で朝夕 2 時間 30 分の CO₂ 施用を行い、切り花形質と日持ちに及ぼす影響を調べるとともに、茎葉中の無機成分、デンプンおよび全糖含有率、ならびに葉の CO₂・エチレン生成量を測定し、これらと日持ちとの関係について考察した。

材料および方法

実験 1. CO₂ 施用が切り花形質、日持ちおよび茎葉中の成分含有率に及ぼす影響

キク '秀芳の力' を供試し、ガラス温室内で電照抑制 12 月出しを行った後の切り下株を、1991 年 12 月 26 日に地上 10 cm 付近で刈り込み、白熱灯を用いて深夜 3 時間 (22:00~1:00) の電照を開始した。

CO₂ 施用は、ガラス温室内にビニルトンネル (幅 2.6 m, 高さ 2.0 m, 長さ 6.0 m) を 3 室設置し、1 室は CO₂ 濃度を成り行き (対照区)、残りの 2 室は液化 CO₂ ガスを用い、CO₂ 濃度調節器により濃度を 1,000 および 2,000 ppm に設定し、1992 年 1 月 6 日から 4 月 20 日まで施用した。施用時間は 7:00 から 9:30 までの 2 時間 30 分とし、終了後はビニルトンネルを開放すると同時に、ガラス温室の天窓を開放して換気を行った。ガラス温室内の気温は、1 月 4 日から 1 月 13 日までは夜間 (17:00~8:30) 最低 18℃, 1 月 14 日から開花までは夜間最低 15℃ とした。また、1 月 4 日にジベレリン (GA₃) 100 ppm を茎葉散布して冬至芽の伸長を促した。電照は 2 月 17 日まで行い、以後は開花まで自然日長とした。施肥はコーティング肥料 (チッソ旭製ロング 100 日タイプ) を用い、1 月 4 日と 2 月 17 日にそれぞれ 8 kg・a⁻¹ ずつ施用した。

調査は平均開花日、開花時の切り花形質、水生け後

の日持ち日数および茎葉中の成分含有率について行った。切り花の日持ちは、4 月 16 日に 4 分咲きの花を収穫して 60 cm の長さにとろえ、直ちに水生けした後、気温を成り行きとした室内 (調査期間中の日平均気温 12.5~21.1℃) に置いた。日持ち日数は、花卉または茎葉の萎凋や黄化について総合的に判断し、観賞価値がなくなる前日までの期間とした。葉の無機成分は、4 月 17 日に収穫後、葉位別に上から 1~5 葉目、6~15 葉目、16~25 葉目および 26 葉目以下の 4 部分に分け、窒素はガニング変法、カリウム、カルシウム、マグネシウムおよびナトリウムは灰化した後に原子吸光分光光度法、リンは比色法により測定した。また、葉と茎のデンプンおよび全糖をアンスロン硫酸法により測定した。

実験 2. CO₂ 施用が切り花形質、日持ちおよび葉の CO₂・エチレン (C₂H₄) 生成量に及ぼす影響

キク '秀芳の力' を供試し、ガラス温室内で電照抑制 12 月出しを行った後の切り下株を、1992 年 12 月 14 日に実験 1 と同様に刈り込み、白熱灯を用いて深夜 3 時間 (22:00~1:00) の電照を開始した。その後、ガラス温室内にビニルトンネル (幅 2.6 m, 高さ 2.0 m, 長さ 12.0 m) を 2 室設置し、1 室のトンネル内は CO₂ 濃度を成り行き (対照区)、他の 1 室は CO₂ 濃度を 1,000 ppm に設定し、12 月 22 日から 4 月 15 日まで CO₂ 施用を行った。施用方法は実験 1 と同様とした。

ガラス温室内の気温は、12 月 22 日から 12 月 30 日まで夜間 (17:00~8:30) 最低 18℃, 12 月 31 日から開花までは夜間最低 15℃ とした。また、12 月 22 日にジベレリン (GA₃) 100 ppm を茎葉散布して冬至芽の伸長を促した。電照は 2 月 8 日まで行い、以後は開花まで自然日長とした。施肥はコーティング肥料 (チッソ旭製ロング 100 日タイプ) を用い、12 月 22 日と 2 月 8 日にそれぞれ 8 kg・a⁻¹ ずつ施用した。

調査は平均開花日、開花時の切り花形質、水生け後の日持ち日数および葉の CO₂・エチレン生成量について行った。切り花の日持ちは、4 月 12 日に 4 分咲きの花を収穫して 60 cm の長さにとろえ、直ちに水生けした後、7:00 から 19:00 までは光量 250 μmol・m⁻²・sec⁻¹ で気温 25℃, 19:00 から 7:00 までは暗黒条件で気温 15℃ とした室内で、実験 1 と同様の基準で調査した。葉の CO₂ およびエチレン生成量の測定は、4 月 12 日に収穫して葉位別に 1~5 葉目

(上位葉), 11~15 葉目 (中位葉) および 26~30 葉目 (下位葉) に分け, それぞれ 650 ml の容器に 5 葉ずつ入れて密閉し, 一定時間おきに注射器で容器内空気を採取して行った. 容器は日持ち調査と同じ室内に置いて暗黒とし, 常時密閉した状態で分析に供した. CO_2 濃度は島津製ガスクロマトグラフ (GC-8A, TCD 検出器), エチレン濃度は島津製ガスクロマトグラフ (GC-9A, FID 検出器) を用い, カラムはポラパック-Q, キャリヤーガスは窒素とし, 流量は $30 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ で測定した.

結 果

実験 1. CO_2 施用が切り花形質, 日持ちおよび茎葉中の成分含有率に及ぼす影響

ガラス温室内における大気中の CO_2 濃度は, 対照区では天候などの環境条件に左右され, 夜間は 400~800 ppm, 昼間は 250~400 ppm の範囲で変動した. また, CO_2 施用中の 1,000 および 2,000 ppm 区の CO_2 濃度はそれぞれ $1,000 \pm 200 \text{ ppm}$, $2,000 \pm 200 \text{ ppm}$ で推移した.

平均開花日は, CO_2 施用区と対照区のいずれも 4 月 20 日で差がなかった (第 1 表). しかし, CO_2 施用区における開花時の切り花長, 重量および葉数は, 対照区と比較していずれも大きな値を示し, 特に, 重量の増加率は 10.7~10.8% で最も高かった. また, 舌状花数は処理区間の差がなかったが, 筒状花数は CO_2 施用区で多くなった. CO_2 1,000 ppm 区と 2,000 ppm 区との間には切り花形質の差は認められなかった.

常温の室内で調べた水生け後の日持ち日数は, 対照区では 33.3 日であったのに対し, CO_2 1,000 ppm 区では 36.4 日, 2,000 ppm 区では 36.1 日といずれも長くなった. この場合, 花が満開を過ぎた水生け 10 日目ごろから花卉の萎凋が現われ, 下位葉の黄化や萎凋よりも早く進行し, 観賞価値をなくす要因となった. CO_2 施用区では, 花卉の萎凋の進行が対照区より遅

かった.

収穫時における葉中の窒素含有率は, 上位 1~5 葉および 6~10 葉目では処理区間の差がほとんどなかった. しかし, 16~25 葉および 26 葉目以下の葉では, CO_2 施用区における窒素含有率が対照区より最高 6.5% 低下した. また, カリウム, マグネシウムおよびナトリウムについても, CO_2 施用区で最高 12.1~30.6% 低下し, いずれも下位葉ほど低い傾向が認められた (第 1 図). それに対してリンおよびカルシウム含有率は, 1~5 葉目を除くと, CO_2 施用区でそれぞれ最高 22.2% および 11.1% 増加した. 茎葉中のデンプンおよび全糖含有率は, CO_2 施用区でそれぞれ最高 26.0% および 11.6% 増加し, 特に下位葉と茎における増加割合が高かった.

実験 2. CO_2 施用が切り花形質, 日持ちおよび葉の CO_2 ・エチレン (C_2H_4) 生成量に及ぼす影響

実験 2 では, 温室の加温開始日が実験 1 より 13 日早く, また消灯日も 9 日早かったため, 実験 1 の場合より平均開花日が早くなり, 切り花形質の値はいずれも大きくなった (第 2 表). 開花時の葉数は処理区間で有意な差がなかったが, 茎長, 重量および上位 10 葉の葉重・葉面積は, 対照区と比較して CO_2 施用区で大きな値を示した.

昼-夜温を 25°C ~ 15°C に設定し, 実験 1 より平均気温を高くした室内における切り花の日持ち日数は, 対照区の 25.3 日に対し, CO_2 施用区では 28.6 日と約 3 日長くなった. 水生け後の切り花の状態は, 実験 1 の場合と異なり, 花卉の萎凋と葉の黄化・萎凋とがほぼ同時に進行し, 観賞価値をなくす要因となった.

長さを 60 cm に揃えた切り花の重量は, 水生け後 3 日目まで増加したが, その後はほぼ横這いで推移した (第 2 図). それに対して花径は緩やかな増加を示し, 7 日目には約 15 cm に達してほぼ満開となった. 切り花重量と花径は, いずれも CO_2 施用区が対照区をや

Table 1. Effects of CO_2 enrichment on flowering and cut flower quality of chrysanthemum cv. Shuhonochikara (1992).

CO_2 treatment	Average flowering date	Stem length (cm)	Fresh weight (g)	Number of leaves	Number of florets		Vase life (days)
					Ray floret	Tubular floret	
Cont	20 Apr. NS ^z	92.7 a ^y	70.4 a	40.8 a	178 NS	12.0 a	33.3 a
1000 ppm	20 Apr.	97.6 b	78.1 b	43.2 b	172	15.6 b	36.4 b
2000 ppm	20 Apr.	97.5 b	78.0 b	43.8 b	176	15.4 b	36.1 b

^z Non-significant.

^y Mean separation within columns at $P \leq 0.05$ by LSD.

leaf position from the florescence and stem

Fig. 1. Effects of CO₂ enrichment on vegetative mineral, starch and sugar contents in leaves and stem of cut flowers.
 □ : Cont., ■ : 2000 ppm CO₂.

Table 2. Effects of CO₂ enrichment on flowering and cut flower quality of chrysanthemum cv. Shuhonochikara(1993).

CO ₂ treatment	Average flowering date	Stem length (cm)	Fresh weight (g)	Number of leaves	Upper 10 leaves		Vase life (days)
					Fresh weight (g)	Leaf area (cm ²)	
Cont	14 Apr.	103	111	43.7	11.0	290	25.3
1000 ppm	15 Apr.	110	122	45.0	12.7	332	28.6
Significance ^z	NS	**	*	NS	*	*	*

^z NS : Non-significant, *, ** : Significant at $P \leq 0.05$ or $P \leq 0.01$, respectively.

Fig. 2. Effect of CO₂ enrichment on flower diameter and fresh weight of cut flowers after placing in vase.

○ : Fresh weight, ● : Flower diameter,
— : Cont., : 1000 ppm CO₂.

や上回って推移した。

収穫後の葉における CO₂ およびエチレンの積算生成量を第3図に示した。CO₂ の生成は、葉位別では施用区、対照区でいずれも上位葉ほど多く、下位葉で少なかった。また、CO₂ 施用区における生成量は対照区と比較して少ない傾向が認められた。それに対してエチレンの生成は、処理48時間後から検出できるようになり、特に下位葉で多く生成が認められた。しかし、CO₂ 施用区と対照区の差は明らかでなかった。

考 察

切り花生産における CO₂ 施用の効果は、一般的には切り花長、切り花重量、葉数、葉面積あるいは花蕾数の増加となって現れ、実用性も高いことが報告されている (Hand, 1984; Heins ら, 1984; Mortensen, 1987)。しかし、これらの実験の多くは北アメリカや北ヨーロッパなどの高緯度地方で実施されたものであり、CO₂ 施用は日の出から日没まで連続して行われている。それに対して、わが国における冬季の施設内の気温は晴天日には 30℃ を超えるため、換気を行う必要があり、このことが CO₂ 施用時間を制限し、効果を不安定にする要因となっている。田中ら (1991)

によると、神奈川県下で日の出30分前から10時頃までバラに CO₂ 施用を行った結果、収量は対照区の 88.7~136.9% と不安定であり、苗の種類や品種、栽培条件によって反応が異なることを認めている。ところが、アメリカのミネソタ州で行った Mattson・Widmer (1971) の実験では、バラの収量が 14~22% 増加するなど、安定した効果が得られている。

本実験では、電照ギクの主要品種である‘秀芳の力’に対し、1,000 または 2,000 ppm の CO₂ を朝方2時間30分施用した。その結果、切り花長が 5.3~5.8%、切り花重量が 9.9~10.9%、葉数が 3.0~5.9% 増加し、上位葉の葉重と葉面積が増加するなど、品質向上に有効であることが確認された。キクの作型は4月出し栽培で、CO₂ 施用は1月から4月中旬(開花期)まで実施したが、著者らが行った他の実験では、12月出しから4月出しまでの作型に対して効果のあることが確認できている (未発表)。バラと比較すると、キクは地上部すべてが切り花としての生産物であり、光合成により得られた同化産物の蓄積に無駄のないことが施用効果の出やすい一因と考えられる。

今回の実験では、CO₂ 施用が開花日に及ぼす影響は認められなかった。しかし、筒状花数が CO₂ 施用により有意に増加したこと、また既報 (谷川ら, 1991) で、600 および 1,200 ppm 区の発蕾が対照区と比較して3日程度遅れたことから、栄養生長から生殖生長への転換と花芽の発達に対する CO₂ の影響についてはさらに検討する必要がある。

水生け後におけるキク切り花の観賞価値の失われ方は、低温期には葉の黄化や萎凋が遅いため、相対的に花卉の萎凋が先に現れる。それに対して、高温期には葉の黄化や萎凋が花卉の萎凋より早く進み、日持ち日数も短くなる傾向がある。そこで、実験1では常温の室内、実験2では昼夜温を 25℃~15℃ と実験1よりも高く設定した室内で日持ち日数を調査したところ、花卉や葉の萎凋・黄化の現れ方は実験1と2で異なった

Fig. 3. Effects of CO₂ enrichment on cumulative carbon dioxide (CO₂) and ethylene (C₂H₄) production in leaves of cut flowers.

CO₂ production: Upper leaves (○), Middle leaves (△), Lower leaves (□).

C₂H₄ production: Upper leaves (●), Middle leaves (▲), Lower leaves (■).

—: Cont., - - - - -: 1000 ppm CO₂, I: Standard error.

が、いずれも CO₂ 施用区の日持ちが対照区より約 3 日長くなり、日持ち延長の効果が認められた。

キクの日持ちと植物体内の無機成分との関係について船越 (1984) は、窒素およびカリウム含量率が高くなり、カルシウム含量率が低下して、結果的に植物体の「N+K/Ca」の当量比が減少すると日持ちが低下することを指摘している。今回、収穫後の葉と茎の無機成分およびデンプン、全糖含有率を測定した結果、CO₂ 施用により葉の窒素、カリウム、マグネシウムおよびナトリウム含有率が対照区より低下したのに対し、リンおよびカルシウム含有率は CO₂ 施用区で高くなった。切り花全体の窒素、カリウムおよびカルシウム含有量については今回測定していないため、「N+K/Ca」の当量比の比較ができないが、CO₂ 施用を行った場合の無機成分含有率の変化と日持ちとの関係は、船越の指摘と一致すると思われる。また、デンプンと全糖含有率は CO₂ 施用区で高く、特に下位葉と茎で増加率が高くなった。安達ら (1992) は、キクの茎中に存在するフルクタンについて調べ、水生け後、開花が進むにつれて茎のフルクタンが花に移動する可能性を指摘している。デンプンと糖の茎葉への蓄積は、このような作用を通して開花と日持ちに影響し、それらの量的増大が日持ち延長の効果をもたらしたと推定される。

CO₂ 施用が植物体のデンプン含有率に及ぼす影響については、キュウリ (Peet ら, 1986) やホテイア

オイ (Spencer・Bowes, 1986) などを用いた実験があり、CO₂ 施用によりデンプン含有率が増加するという報告が多い。しかし、無機成分に関しては、インゲンマメではほとんどの含有率が低下した (Porter・Grodzinski, 1984)。ホワイトオーク (*Quercus alba* L.) では窒素、硫黄およびホウ素の含有率が大きく低下し、カルシウムとマグネシウムはやや低下したが、リンとカリウムはほとんど差がなかった (Norby ら, 1986)。また、キュウリではカルシウムと窒素含有率は低下したが、カリウム、マグネシウムおよびリンの含有率は差がなかった (Peet ら, 1986) など、作物の種類により CO₂ 施用に対する反応が異なっている。ところが、個体当たりで捉えた無機成分の吸収量は、含有率で比較した場合は異なり、上記のいずれの種類についても CO₂ 施用によって増加していることがわかる。すなわち、作物によって成分含有率に差があるのは、CO₂ 施用によって植物体自身も増大するために、成分吸収量の増加率が植物体重量の増加率に対して低い場合には含有率が低下し、同等か多い場合は含有率が変わらないか、高くなるものと考えられる。

本実験では、CO₂ 施用によるカルシウム含有率の増加が認められたが、CO₂ 高濃度条件下では葉からの蒸散が抑制される結果として、一般的には含有率の低下が指摘されている (Norby ら, 1986; Peet ら, 1986)。この点について、本実験のように 1 日当たり 2 時間 30 分程度の CO₂ 施用では、終日施用の場合と

は異なり、蒸散抑制が主たる要因と考えられるカルシウム吸収量の低下(船越, 1984)は生じなかったものと推定された。しかし、無機成分の吸収量には生育温度の影響も大きい(景山ら, 1991)と考えられることから、CO₂施用中の温度や湿度条件と成分含有率の変化についてはさらに検討が必要と思われる。

カーネーションなど多くの草花類では、植物体からのエチレン生成が生長や切り花の日持ちに大きく関与している(Hyodoら, 1990; 石原ら, 1991; 田中ら, 1985; Reidら, 1989)。高CO₂濃度下におかれた植物のエチレン生成量の変化について、吉岡ら(1989)や西村ら(1989)は、CO₂施用を行ったハウレンソウとカブでエチレン生成量が増加し、葉の黄化が早まったことを報告している。この原因は、高CO₂濃度下における葉からの蒸散の抑制や、葉温の上昇によるとされる。本実験結果から、キクについてはCO₂施用によるエチレン生成量の明らかな増加が認められなかった。しかし、葉のCO₂生成量は、CO₂施用区で対照区より低かったことから、葉の厚みが増したことによって気孔抵抗が大きくなった可能性(今井, 1988)が考えられた。気孔抵抗の上昇が、同時にエチレン生成量の増加として現れなかったことについては、植物の種類によってエチレン生成の反応が異なるか、一日当たりの施用時間が比較的短いため、先のカルシウムの場合と同様、エチレン生成が促進されなかったことなどの理由が考えられるが、この点についてはさらに検討が必要である。いずれにしても、1日当たり2時間30分程度のCO₂施用は、キクの葉のエチレン生成を促進して老化を早めるものではなく、体内の成分含有率の変化にともなって水生け後の日持ちが長くなることが確認された。

摘 要

1. 4月出し電照キクに対するCO₂施用がキクの切り花形質、日持ち、茎葉の無機成分、デンプンおよび全糖含有率、ならびに葉のCO₂・エチレン生成量に及ぼす影響について調べた。

2. 1,000または2,000 ppmのCO₂施用を朝夕2時間30分行うことにより、キクの開花時の茎長、重量および葉数が対照区と比較して3.0~10.9%増加し、また切り花の日持ちが約3日長くなった。

3. CO₂施用を行ったキクの葉の窒素(N)、カリウム(K)、マグネシウム(Mg)およびナトリウム(Na)含有率は、対照区と比較して低く、特に下位葉における低下割合(最高30.6%)が大きかった。そ

れに対して、リン(P)とカルシウム(Ca)含有率は同じか、またはCO₂施用区で高くなった。また、デンプンと全糖の含有率はCO₂施用区で高く、特に中位以下の葉と茎で高くなった。

4. 収穫後の葉のCO₂生成量は、CO₂施用区が対照区よりも少なかったが、エチレン生成量には明らかな差が認められなかった。

5. 以上のことから、CO₂施用によるキク切り花の日持ち延長の効果は、船越(1984)らの指摘している「N+K/Ca」の低下に加え、デンプン・全糖含有率の増加によると考えられた。

引用文献

- 安達めぐみ・河舘実之・崎山亮三. 1992. キク切り花の開花と老化に伴う炭水化物含量の変化について. 園学雑. 61(別2): 542-543.
- 船越桂一. 1984. キク切り花の形質および日持ちにおよぼす栽培環境条件の影響に関する研究. 静岡農試特報. 15.
- Gardner, R. 1965. The response of crops to carbon dioxide enrichment of the glasshouse atmosphere. *Agricultural Progress* 40: 88-93.
- Hand, D. W. 1984. Crop responses to winter and summer CO₂ enrichment. *Acta Hort.* 162: 45-63.
- Heins, R. D., M. G. Karlsson, J. E. Erwin, M. K. Hausbeck and S. H. Miller. 1984. Interaction of CO₂ and environmental factors on crop responses. *Acta Hort.* 162: 21-28.
- Hyodo, H., Y. Terada and S. Noda. 1990. Effects of 2, 5-Norbornadiene and ethylene on the induction of activity of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase, and on increases in the ACC content and the rate of ethylene production in petals of cut carnation flowers during senescence. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 59: 151-156.
- 石原義啓・大川 清・兵藤 宏. 1991. スイートピー切り花の老化とエチレン生成. 園学雑. 60: 141-147.
- 今井 勝. 1988. 二酸化炭素と作物生産. 日作紀. 57: 380-391.
- 景山詳弘・高橋真理・小西国義. 1991. 培養液中の窒素濃度と温度および光強度がキクの初期生育と窒素吸収に及ぼす影響. 園学雑. 60: 133-139.
- Mattson, R. H. and R. E. Widmer 1971. Year 'round effects of carbon dioxide supplemented atmospheres on greenhouse rose (*Rosa hybrida*) production. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96: 487-488.
- Mortensen, L. M. 1987. Review: CO₂ enrichment in greenhouses. *Crop responses. Scientia Hort.* 33: 1-25.
- 西村仁一・吉岡 宏・村上晶子・中川 泉・河田 貢. 1989. 寡日照地域における施設野菜のCO₂施用

- に関する研究. (第3報) ホウレンソウ・カブへのCO₂ 施用が収穫後の品質変化に及ぼす影響. 園学雑 58 (別2) : 354-355.
- Norby, R. J., E. G. O' Neill and R. J. Luxmoore. 1986. Effects of atmospheric CO₂ enrichment on the growth and mineral nutrition of *Quercus alba* seedling in nutrient-poor soil. Plant Physiol. 82 : 83-89.
- Peet, M. M., S. C. Huber and D. T. Patterson. 1986. Acclimation to high CO₂ in monoecious cucumbers. II. Carbon exchange rates, enzyme activities, and starch and nutrient concentrations. Plant Physiol. 80 : 63-67.
- Porter, M. A. and B. Grodzinski. 1984. Acclimation to high CO₂ in bean. Plant Physiol. 74 : 413-416.
- Reid, M. S., R. Y. Evans and L. L. Dodge. 1989. Ethylene and silver thiosulfate influence opening of cut rose flowers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 : 436-440.
- Spencer, W. and G. Bowes. 1986. Photosynthesis and growth of water hyacinth under CO₂ enrichment. Plant Physiol. 82 : 528-533.
- 田中 宏・伝法谷一仁・橋本 徹. 1985. 生育調節剤及びSTS 処理による落花とエチレン生成. 玉川大農学研報. 25 : 72-82.
- 田中千恵・林 勇・水野信義・山崎和雄・山田尚雄. 1991. 神奈川県における温室バラの炭酸ガス施用に関する研究. 神奈川園試研報. 41 : 7-17.
- 谷川孝弘・小林泰生. 1991. キクの光合成に及ぼすCO₂ 濃度, 光及び気温の影響. 福岡農総試研報. B-11 : 57-62.
- 谷川孝弘・長岡正昭・池田 広・清水明美. 1993. キクの生育, 光合成および根の活力に及ぼすCO₂ 施用の影響. 園学雑. 61 : 873-878.
- 吉岡 宏・中川 泉・河田 貢・西村仁一・村上晶子. 1989. 寡日照地域における施設野菜のCO₂ 施用に関する研究. (第1報) ホウレンソウ・イチゴの光合成・蒸散に及ぼすCO₂ 施用の影響. 園学雑 58 (別2) : 350-351.