

冬季の施設輪ギク生産における炭酸ガス施用技術の確立

沼尾貴延¹⁾・木田理紗子・船山卓也²⁾

摘要：キクの冬季の施設栽培において、炭酸ガスを施用することで切花品質、上位等級率の向上が見られた。施用濃度は400ppmと600ppmで切花品質に大きな差がないことから、施用コストの少ない400ppmが良いと考えられた。また天窓換気温度を28℃とし、慣行より高温管理を行うことで施用効果が高まり、栽培期間の短縮や、炭酸ガス施用コストの低下が見られた。経営試算では炭酸ガス施用コストを差し引いても上位等級率の増加に伴う増収が見られることから、実用性が高い技術であると考えられた。

キーワード：キク, 神馬, 炭酸ガス, 栽培法, 換気温度

CO₂ Application Method for Chrysanthemum in Winter Greenhouse Cultivation

Takanobu NUMAO, Risako KIDA and Takuya FUNAYAMA

Summary: The present study was carried out to establish the CO₂ application method which can improve the cut flower qualities of chrysanthemum cultivated in greenhouse. In winter the effect of CO₂ application with 400ppm on the qualities, and frequencies of superior grade was almost identical to that with 600ppm. The 400ppm-application was adequate considering the cost. Additionally, the skylight ventilation at 28°C was more effective than the conventional method, non-application with the corresponding temperature at 23°C, which was along with the shortening of growing season, consequently the reduction in cost of CO₂ application. The above method totally increased the income despite the additional cost of CO₂ application. The method will be helpful in implementing feasible practices on the chrysanthemum production.

Key words : Chrysanthemum, CO₂, Cultivationmethod, Ventilationtemperature

I 緒言

本県のキク栽培は施設利用の周年出荷により産地が形成されている。しかし、冬季は低温および短日照時間の条件が起因となりキクの生育が劣り切花重量の不足、上位等級割合の低下が課題となっている。施設栽培の場合、暖房効率を優先するため、通常閉め切りの状態で栽培されている。そのため早朝から午前中にかけて施設内炭酸ガス濃度が低下し、光合成能力も低下している。

Nederhoff(1994)の報告では、炭酸ガス施用による植物の成長量は、炭酸ガス濃度が 350 ppm から 450 ppm へ増加すると 12% 増加し、600 ppm ~ 700 ppm へ増加すると 4% 増加するとしている。一方、350 ppm から 250 ppm へ減少すると 19% 低下するとされている。

同じ施設作物の、トマトやイチゴなどでは施設内の炭酸ガス濃度を高め、作物の光合成を促進し、生産性を高める技術が報告され実用化されている(羽石ら 2016, 加藤ら 2015, 高橋ら 2012)。花き類ではバラで導入が進んでおり、炭酸ガス施用に加え温度、湿度、培地内水分などの環境要因を改善することで、品質や収量の向上が報告されている(田中ら 1991, 津田ら 2015)。

また、キクでは谷川(1999)が鉢植えによる人工気象室を利用した試験において、炭酸ガス施用による切花品質の向上効果を報告している。また、炭酸ガス施用時の昼温を 20°C、25°C とした場合 25°C の方が切花長が長くなるが、切花重、節数には差がないと報告がある。栽培ほ場での試験についても炭酸ガス施用による切花品質の向上を報告しているが、栽培方法が 2 度切り栽培によるもので、施用濃度が 1000 ~ 2000 ppm と高濃度条件で行われている。

そこで、本県の慣行栽培である無摘心栽培による冬季のキク栽培において、実用的な炭酸ガス施用技術を確立することを目的に検討を行った。また、炭酸ガス施用時の換気温度の差が生育および切花品質に及ぼす影響について検討した。さらに、炭酸ガス施用による生育期間の短縮が可能か検討し、それによる経営改善効果について試算したので報告する。

II 材料および試験方法

試験は栃木県農業試験場花き研究室ほ場内(栃木県宇都宮市)のガラス温室で実施した。

品種は秋咲き系輪ギク‘神馬’を供試した。挿し穂はイノチオ精興園生産苗を使用した。定植は直挿しとし、栽植様式はガラス温室内で畝幅 50 cm のベッドに 12 cm × 4 マスのフラワーネットを用い、条間 6 cm、株間 6 cm の 4 条植えとした。

最低温度は定植から消灯日までが 15°C、消灯日以降 35 日後までが 18°C、それ以降は 15°C とした。

炭酸ガスの施用は定植直後から収穫終了まで、日の出か

ら日没 1 時間前まで行った。炭酸ガス施用には(株)バリテック新潟社製 TC-100SN を使用し、炭酸ガス濃度管理は同社製 CO₂ コントローラ FK-4CS を使用した。なお、栄養成長期間は蛍光灯による暗期中断(電照時間 22:00 ~ 2:00)で日長処理を行った。

試験 1 炭酸ガス施用濃度の検討

処理区は炭酸ガス施用開始濃度を 400 ppm、600 ppm および無施用とした。

定植は 2017 年 10 月 26 日に苗をほ場に直挿ししポリで被覆、11 月 7 日に被覆を外した。消灯日は 12 月 27 日とし、天窓換気温度は 23°C とした。

基肥は、窒素-りん酸-加里を成分で 1.5-1.5-1.5 kg a⁻¹ を施用した。追肥として 12 月 7 日に同 0.5-0.5-0.5 kg a⁻¹ を施用した。

かん水はベッド中央に設置した散水チューブで行い、pF 1.8 ~ 2.3 を目標に管理した。草姿調整のため、ビーナイン顆粒水和剤 1000 倍液を 2018 年 1 月 16 日に散布した。

生育調査は、草丈、節数を調査した。切花品質は収穫日、切花長、切花重、節数、花首長、調製重、L 以上率、可販率を調査した。また、上位 10 枚葉までの葉面積について、LICOR 社製 LI-3100 を用いて調査した。環境調査は、炭酸ガス濃度、温度、湿度を T&D 社製データロガー、TR-76Ui を用いて調査した。

試験 2 炭酸ガス施用時の換気温度の検討

処理区は炭酸ガス施用開始濃度 400 ppm で天窓換気温度を 23°C または 28°C (以下 400 ppm-23°C 区、400 ppm-28°C 区) とした。炭酸ガス無施用区は天窓換気温度を 23°C (以下無施用区) とした。

定植は 2018 年 10 月 23 日に苗をほ場に直挿しし、ポリで被覆、11 月 6 日に被覆を外した。消灯日は 12 月 26 日とした。

基肥は、窒素-りん酸-加里を成分で 1.5-1.5-1.5 kg a⁻¹ を施用した。追肥として 12 月 4 日に同 0.5-0.5-0.5 kg a⁻¹ を施用した。

かん水はベッド中央に設置した散水チューブで行い、pF 1.8 ~ 2.3 を目標に管理した。草姿調整のため、ビーナイン顆粒水和剤 1000 倍液を 2019 年 1 月 9 日および 1 月 18 日に散布した。

生育調査は、草丈を調査した。切花品質は収穫日、切花長、切花重、節数、調製重、L 以上率、可販率を調査した。また、環境調査は試験 1 に加え地下 15 cm の地温を T&D 社製データロガー、TR-71U で調査した。

試験 3 炭酸ガス施用条件下における栄養成長期間の検討

炭酸ガス 400 ppm-換気温度 28°C (400 ppm-28°C) の条件で、定植は 2019 年 10 月 23 日を基準に 7 日後、9 日後、13 日後の 4 回に分けて直挿しを行い、消灯日は一斉に 12 月 24 日とした。また、2020 年 1 月 7 日から 9 日の 3 日間、再電照として 22:00~2:00 の暗期中断を行った。対照区として炭酸ガス無施用-換気温度 23°C (無施用-23°C) を設定した。

基肥は、窒素-りん酸-加里を成分で 2.0-2.0-2.0 kg a⁻¹ を施用した。追肥は 12 月 4 日に同 0.5-0.5-0.5 kg a⁻¹ を施用した。

かん水はベッド中央に設置した散水チューブで行い、pF 1.8~2.1 を目標に管理した。草姿調整のため、ビーナイン顆粒水和剤 1000 倍液を 2020 年 1 月 16 日、1 月 27 日に散布した。

生育調査は、草丈を調査した。切花品質は収穫日、切花長、切花重、調整重、L 以上率、可販率を調査した。環境調査は、試験 1 と同様に調査した。経営評価として販売金額と炭酸ガス施用機の減価償却費、動力光熱費を試算した。

Ⅲ 結果

試験 1 炭酸ガス施用濃度の検討

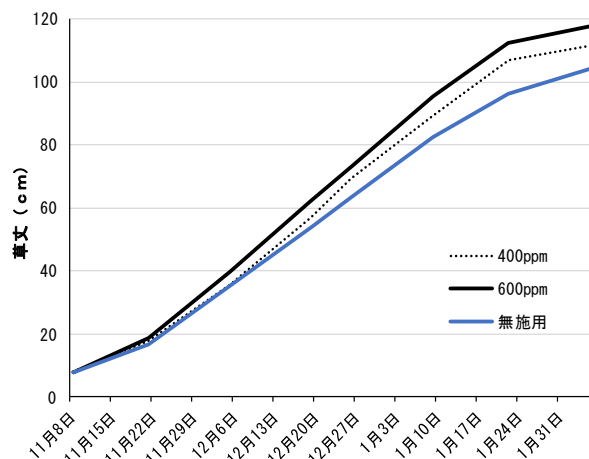
草丈および節数は、600 ppm 施用区が最も高く推移した(第 1 図、第 2 図)。平均収穫日は、400 ppm 施用区が 2 月 14 日、600 ppm 施用区および無施用区が 2 月 15 日で炭酸ガス施用濃度による差は見られなかった(第 1 表)。切花品質は、切花長、切花重、節数、調整重、および L 以上率で、400 ppm、600 ppm 施用区が優位に優れた(第 1 表)。

炭酸ガス施用で上位葉の葉面積が大きくなり、特に上位 1 葉から 8 葉までが 600 ppm 施用区で最も大きくなった(第 3 図)。

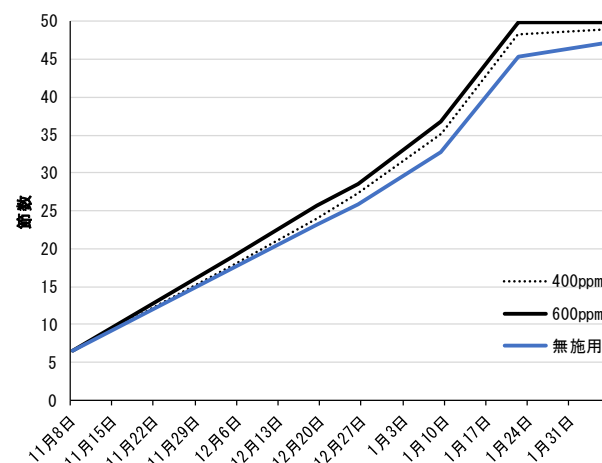
昼間の平均炭酸ガス濃度を第 4 図に示した。400 ppm 施用区はおおむね 450~550 ppm で推移した。600 ppm 施用区は 550~750 ppm で推移し施用開始濃度に達しない日が見られた。無施用区はおおむね 300~350 ppm で推移したが、250 ppm まで低下する日も見られた。炭酸ガス濃度の日変化では、曇天時は各処理区とも設定以上となったが、晴天時には、600 ppm 施用区では 600 ppm 以下となることがあった(第 5 図)。

1 日当たりのガス使用量の推移は、400 ppm 施用区では生育が進むにつれ増加した。600 ppm 施用区では生育初期から 1 月中旬まで 0.3~0.7 m³ day⁻¹ で推移したが、それ以降増加する傾向が見られた(第 6 図)。

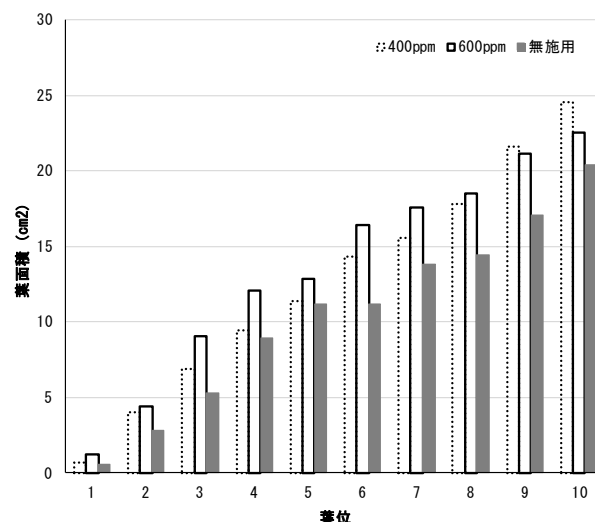
キク 1 本当たりのガス使用コストは 600 ppm 施用区が 11.8 円で 400 ppm 施用区の 5.1 円の 2.4 倍となった(データ略)。



第 1 図 草丈の推移



第 2 図 節数の推移



第 3 図 上位葉の葉面積

第1表 平均収穫日および切花品質

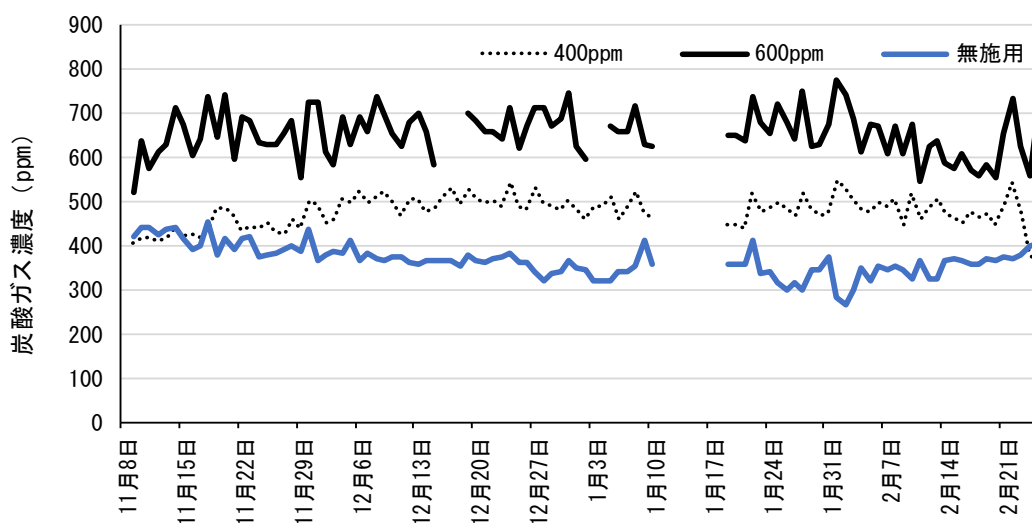
炭酸ガス施用 開始濃度	平均収穫日	切花長 (cm)	切花重 (g)	節数	調製重 ¹ (g)	L以上率 ² (%)
400ppm	2月14日	116.8a ⁴	69.8a	50.3a	57.5a	41.7a
600ppm	2月15日	121.5a	70.2a	53.0a	58.0a	50.0a
無施用	2月15日	109.5b	61.4b	47.3b	51.4b	16.7b
有意性 ³	ns	**	**	**	**	**

注1. 調製重は切花を93cmにした後、基部から20cmの葉を取り除いた重さ。

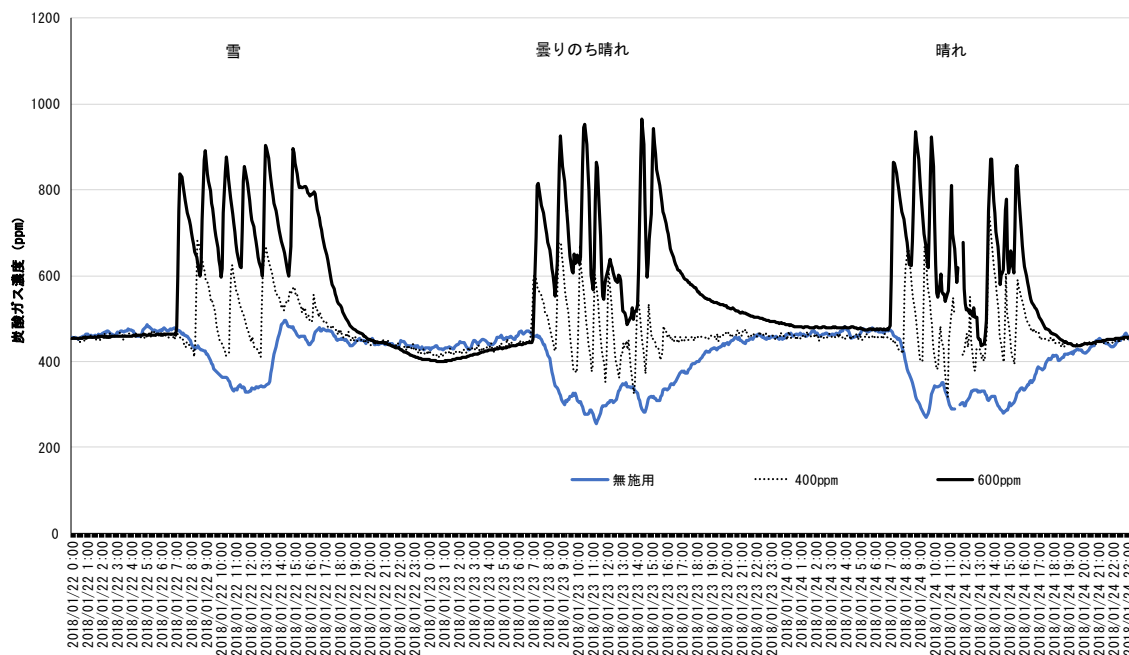
2. L以上率は調製重が60g以上の切花の割合。

3. 有意性は、*で5%、**で1%の有意差有り。

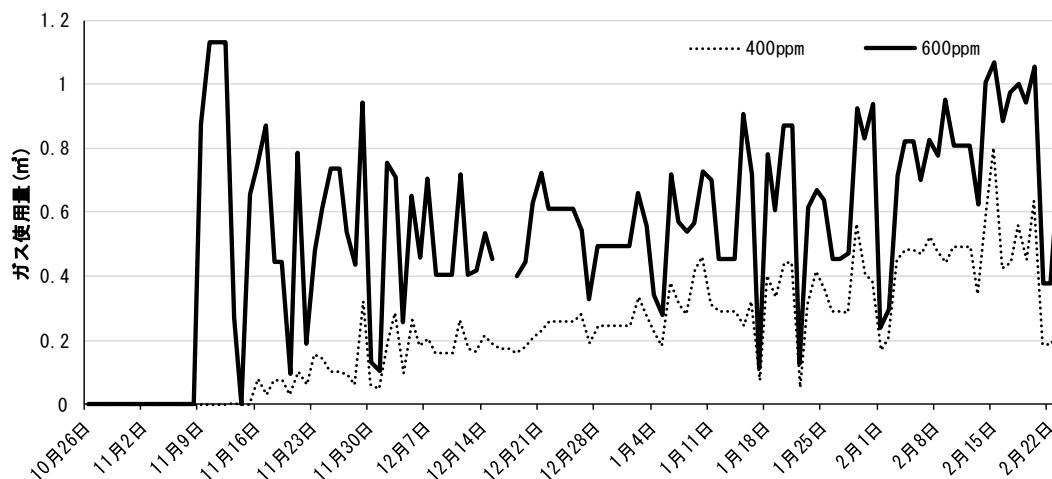
4. Tukeyにより異符号間で5%の有意差有り。



第4図 昼間の平均炭酸ガス濃度の推移



第5図 炭酸ガス濃度の日変化



第6図 1日当たりのガス使用量の推移

試験2 炭酸ガス施用時の換気温度の検討

草丈は、400 ppm-28°C区が最も高く推移し、次いで 400 ppm-23°C区、無施用-23°C区となった。消灯日の目安とする草丈 65 cm に到達した日は、400 ppm-28°C施用区と無施用-23°C区で7日の差があった(第7図)。

平均収穫日は、処理による有意差はなかった(第2表)。

切花品質は、全ての項目で有意差が見られ、切花長、節数が400 ppm-28°C区、切花重、調製重が400 ppm-28°C区および400 ppm-23°C区で優れた。L以上率、可販率も400 ppm-28°C区および400 ppm-23°C区が優れた(第2表)。

日中の平均炭酸ガス濃度は、生育初期11月30日までは全処理区とも400 ppm程度であったが、それ以降は400 ppm-28°C区、400 ppm-23°C区がおおむね450~550 ppm、無施用-23°C区はほぼ350 ppm程度であった(データ略)。

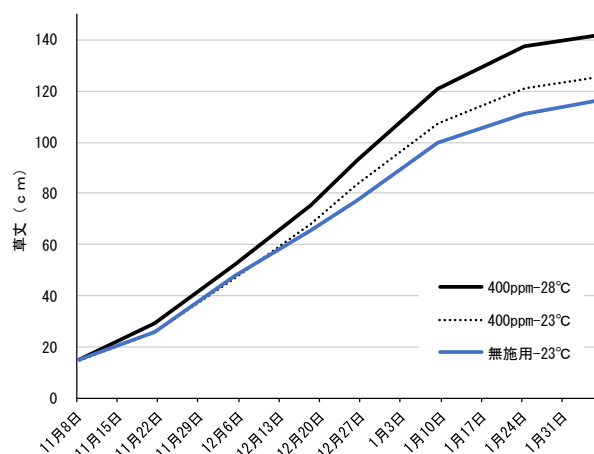
昼間の施設内平均気温は400 ppm-28°C区が最も高く、他区と比較しておおむね2°C程度高く推移した(第8図)。

施設内の日平均気温は400 ppm-28°C区が最も高く、400 ppm-23°C区、無施用-23°C区との差は0.5~0.6°Cとなった。また、栽培全期間の施設内日平均気温の積算温度は400 ppm-28°C区と400 ppm-23°C区で57°C、400 ppm-23°C区と無施用区で9°Cの差となった(第3表)。

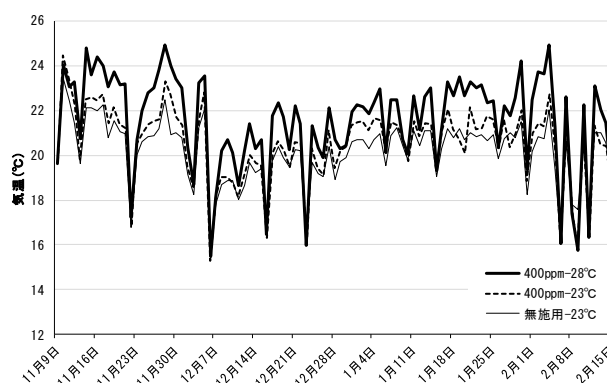
日平均地温は400 ppm-28°C区が400 ppm-23°C区よりも全期間を通し高く推移し、平均で0.6°C高くなった(第9図)。

1日当たりのガス使用量の推移は、400 ppm-28°C区、400 ppm-23°C区とも生育が進むにつれ増加しているが、400 ppm-23°C区の方が使用量が多くなった(第10図)。

キク1本当たりガス使用コストは、400 ppm-23°C区が3.0円で、400 ppm-28°C区の2.2円の1.4倍となった(データ略)。



第7図 草丈の推移



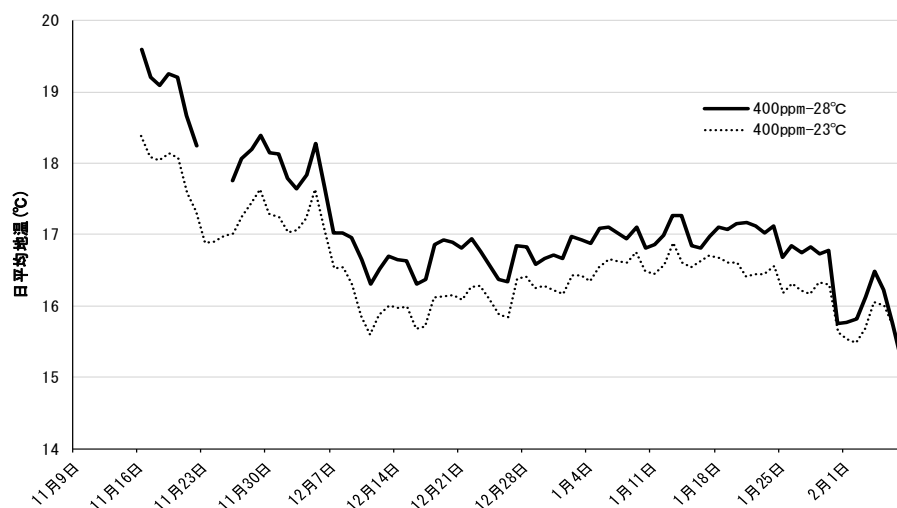
第8図 施設内の昼間平均気温の推移
注日の出から日没までを10分間隔で記録した値の平均

第2表 平均収穫日および切花品質

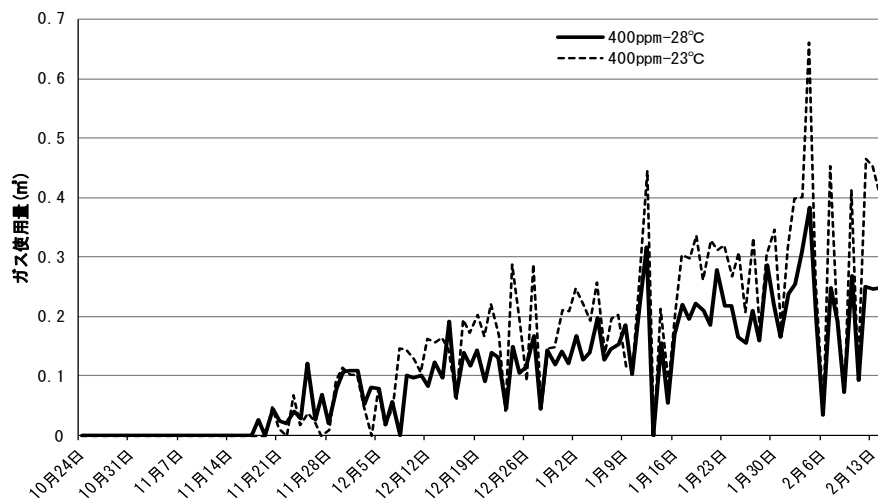
区		平均	切花長	切花重	節数	調製重 ¹⁾	L以上率 ²⁾	可販率 ³⁾
炭酸ガス濃度	換気温度	収穫日	(cm)	(g)		(g)	(%)	(%)
400ppm	28°C	2月14日	142.5a ⁵⁾	81.9a	59.6a	59.4a	40.8a	87.8a
400ppm	23°C	2月14日	128.3b	74.4a	54.6b	55.9a	38.6a	86.5a
無施用	23°C	2月14日	122.1b	63.7b	53.5b	48.6b	20.0b	74.0b
有意性 ⁴⁾		ns	**	**	**	**	**	*

第3表 施設内の日平均気温および積算温度

区		日平均気温(°C)			日平均の積算温度(°C)		
炭酸ガス濃度	換気温度	消灯前	消灯後	全期間	消灯前	消灯後	全期間
400ppm	28°C	18.1	19.5	18.8	870.1	992.1	1862.2
400ppm	23°C	17.5	18.9	18.3	839.2	966.2	1805.4
無施用	23°C	17.3	18.9	18.2	830.4	963.5	1793.9



第9図 施設内の日平均地温の推移



第10図 1日当たりガス使用量の推移

試験3 炭酸ガス施用条件下における栄養成長期間の検討

草丈は、定植日が早い順に高く推移した。収穫時に無施用-23℃区以上の草丈となったのは、400 ppm-28℃区の0, 7 および 9 日後定植区であった。9 日後定植区は消灯日に無施用区の草丈 65cm に到達していなかったが、開花日には同等の草丈となった(第 11 図)。

平均収穫日は、400 ppm-28℃区の 0~9 日後定植区が無施用-23℃区と差は見られなかった(第 4 表)。

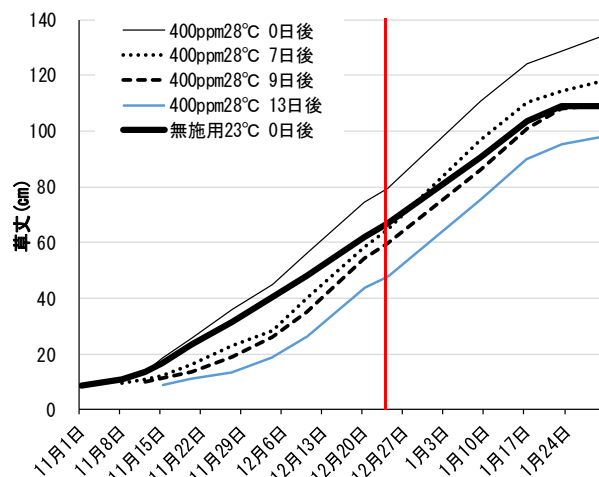
切花品質は、切花長、切花重、調製重、L 以上率、可販率で有意差が見られた。切花長は 400 ppm-28℃区の 0 日後定植区が最も長くなり、13 日後定植区は無施用-23℃区より短くなった。切花重、調製重は 400 ppm-28℃区の 0 日後、7 日後および 9 日後定植区が優れた。L 以上率、可販率は 400 ppm-28℃区がいずれの定植日も無施用区より優れた(第 4 表)。

昼間の平均炭酸ガス濃度は、11 月 23 日までは全処理区とも 400 ppm 程度であったが、それ以降は炭酸ガス施用区でおおむね 450~550ppm、無施用区はおおむね 300~400 ppm で推移した(データ略)。

晴天日の昼間の施設内気温は、無施用区は天窓換気温度である 23℃前後で推移したが、換気温度 28℃区は換気温度の 28℃程度まで上がる時間は少なかった(第 12 図)。

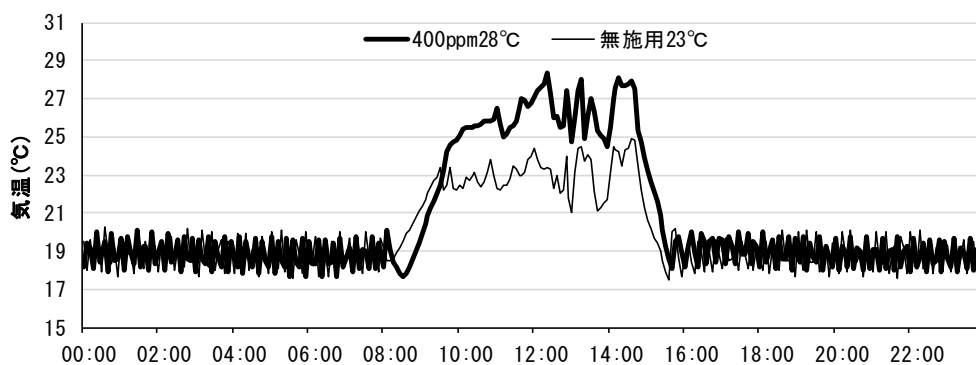
昼間の平均湿度は、換気温度 28℃区がおおむね 80%、無施用区はおおむね 70%で推移した(第 13 図)。

キク 1 本当たりガス施用コストは、400 ppm-28℃の条件で 1.6 円となった(データ略)。10a 当たりの販売金額では、切花長が同等で調製重、L 以上率、可販率に有意差がある換気温度 28℃-7 日後定植区と無施用区を比較した場合、換気温度 28℃-7 日後定植区の方が約 60 万円多くなり、炭酸ガス施用にかかる費用を差し引いた差額では約 45 万円多くなった(第 5 表)。

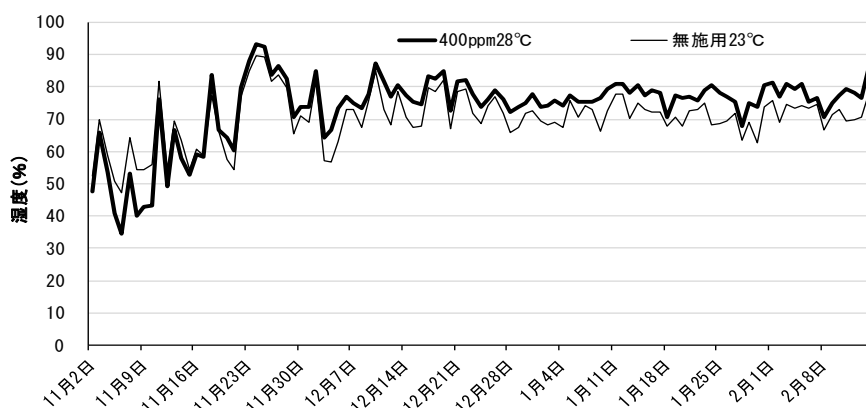


第 11 図 草丈の推移

注: 赤線は消灯日を表す



第 12 図 晴天日の施設内気温の推移 (2020 年 1 月 9 日)



第 13 図 昼間の平均湿度の推移

第 4 表 平均収穫日および切花品質

区		平均	切花長	切花重	調製重 ²	L以上率 ³	可販率 ⁴	
炭酸ガス濃度	換気温度	定植日 ¹ 収穫日	(cm)	(g)	(g)	(%)	(%)	
400ppm	28℃	0日後	2月15日 ab ⁶	138.4a	84.4a	58.8a	40.3a	88.9ab
		7日後	2月13日 ab	122.0bc	69.8bc	53.1ab	33.8a	89.8a
		9日後	2月14日 ab	114.7cd	65.5bcd	52.6ab	31.1ab	84.8abc
		13日後	2月16日 c	102.8d	59.6cd	47.0bc	18.1ab	76.4abc
無施用	23℃	0日後	2月13日 a	115.5c	58.6d	44.3c	5.7b	60.1d
有意性 ⁵			**	**	**	**	*	**

注 1. 定植日は対照区の定植日を基準日とし、そこから処理のとおりの日数後に定植した。
 2. 調製重は切花を93cmにした後、基部から20cmの葉を取り除いた重さ。
 3. L以上率は調製重が60g以上の切花の割合。
 4. 可販率は調整重が38g以上の切花の割合。
 5. 有意性は、*で5%、**で1%の有意差有り。
 6. Tukeyにより異符号間で5%の有意差有り。

第 5 表 10a 当たりの販売金額および炭酸ガス施用に係る経費

区			販売金額 ¹	減価償却費 ²	動力光熱費 ³	差額
炭酸ガス濃度	換気温度	定植日	(円)	(円)	(円)	(円)
400ppm	28℃	7日後	1,299,000	93,830	60,000	1,145,170
無施用	23℃	0日後	692,400	—	—	692,400

注 1. 販売金額は、10a 当たり 36000 本定植とし、等級別単価を 2L:86円、L:56円、M37円、S:22円として計算した。
 2. 減価償却費は、間取りにより導入費用を 656800円とし耐用年数を 7年で計算した。
 3. 動力光熱費は LP ガス 1 m³ と灯油 2.41 L が同じ炭酸ガス発生量であることから、農業試験場ハウスでの LP ガス使用量を灯油で換算し、電気使用量を 30円/kWh として計算した。

IV 考察

試験 1 の炭酸ガス施用濃度の検討では、草丈、節数が 600 ppm 区で最も大きくなった。また、切花品質では 400 ppm 区と 600 ppm 区で有意差は見られなかった。これは Nederhoff(1994)の報告と一致する。無施用区の炭酸ガス濃度は、日平均で通常の空気中の炭酸ガス濃度である 400 ppm に達しないことが多く見られた(第 4 図)。また、日変化をみると曇天時に気温が上がらないために天窓が開かない場合は 400 ppm よりも低下している。天窓が開いた晴天時でも 300 ppm 以下に低下することがあった(第 5 図)。このことは、換気が天窓だけである冬季施設内では炭酸ガスが不足することを示しており施用開始濃度が 400 ppm でも効果は期待できると考えられた。

キクは冬季に、上位葉の葉面積が小さくなる「うらごけ」とよばれる草姿の悪化がみられ、これを防止するため消灯 12~14 日後から 3~4 日間程度、暗期中断を再開する再電照と呼ばれる技術が行われている。これにより上位葉の葉面積を大きくし草姿改善を図っている。しかし、再電照を行うことで花芽の発育が遅れ、暖房コストの増加が懸念される。本試験の結果では、炭酸ガス施用により上位葉の葉面積が増加する効果が認められ、再電照の必要はなくなりコスト面の貢献が期

待できる。

炭酸ガス 600 ppm 区において生育初期と後期に施設内の炭酸ガスの日平均濃度は、設定値の 600 ppm を下回る日が多くなった。これは、日射量の多い時期に施設内気温が 28℃ 以上に上昇する時間が多くなり、天窓からの換気により炭酸ガスも施設外に放出され 600 ppm の維持が難しくなったためと考えられた。また、この時、天窓が開いた状態でも設定値の 600 ppm を維持するためにガス施用が継続されたことで、ガス使用量が増加したと考えられた。

試験 2 の炭酸ガス施用時の換気温度の検討では、400 ppm-28℃区が消灯時の草丈の目標値である 65 cm に無施用区よりも 7 日間早く到達した。消灯後の草丈の伸長も無施用区より大きくなった(第 7 図)。このことは、炭酸ガス施用と慣行より高い換気温度を併用することで栄養成長期間が短くなり、開花までの栽培期間が短縮できる可能性を示している。

炭酸ガス施用は、慣行の換気温度 23℃でも切花長、切花重、節数、調製重を増加させたが、さらに換気温度を 28℃に高くすることで、切花長は無施用区より 20 cm 程度長くなる効果が見られた(第 3 表)。キクは夜間温度より昼間温度の方が高い +DIF により茎の伸長がみられるとされている(Heins ら 1988, Jensen 1993, Jacobsen ら 1991)。さらに、節数、調製重の増加もみられることから、炭酸ガス施用と高温管理は節

間伸長だけでなく、生育促進にも効果が見られると考えられた。一方、ガス使用量は、23℃区より28℃区が少なくなった。これは23℃換気の方が天窓の開閉回数が多く、炭酸ガスが施設外に放出される時間が長いと濃度が低下したと考えられた。

本試験では換気温度を28℃と23℃とで5℃の差を設定したが、実際の昼間平均気温は2℃程度、日平均気温については0.6℃程度の差であった。試験3において晴天時に天窓が開いたと考えられる時間はわずかであり(第12図)、外気温が低い厳冬期の時期は晴天時でも28℃まで達することは少ないと考えられた。また、昼間の平均湿度も28℃区が高くなった。冬季は空気中の湿度が低いと、天窓が開くことで急激に施設内の湿度が低下すると考えられる。急激な湿度低下は気孔開度を減少させ、光合成速度を低下させることが報告されている(斎藤 2015)。このことから、換気温度を28℃とすることで、施設内の湿度が高い値で維持され、光合成能力が高まり切花品質向上に効果が見られたと考えられた。さらに、日平均地温は28℃区と23℃区では28℃区が0.5~1℃高く推移した(第9図)。赤木ら(1968)はイチゴにおいて栽培気温(昼温-夜温)が18-13℃で地温が28~8℃の範囲であれば地温が23℃の時、23-18℃であれば地温が18℃の時に乾物量が最も多くなるとしている。本試験での昼間の平均気温はおおむね18~24℃、平均地温はおおむね15~18℃であり、平均気温、地温が高いという条件が生育を促進させる要因となったとも考えられる。

試験3の炭酸ガス施用400 ppm-28℃条件下における栄養成長期間の検討では、対照とした無施用-23℃区の草丈が65 cm程度となったのは消灯日の12月23日で、栄養成長期間は62日であった。この消灯日に草丈が65 cm以上となったのは、400 ppm-28℃の0日後、7日後定植区であった。また、消灯後の草丈の伸長は400 ppm-28℃とした区すべてで無施用区よりも大きくなった。さらに、消灯日に無施用区の草丈よりも低かった400 ppm-28℃の9日後定植区は、収穫時には同等の草丈となった。切花品質についても400 ppm-28℃の0日後、7日後、9日後定植区は、無施用区より向上していた。これらのことから、炭酸ガス施用と慣行よりも高い換気温度を併用することによって、7~9日程度の栄養成長期間短縮が可能であると考えられた。経営試算では7日後定植区で上位等級率、可販率も高いことから、炭酸ガス発生器等導入コスト、燃料等のランニングコストを差し引くと10 a 当たり45万円程度の所得向上が見込めた。

以上のことから、冬季のキク栽培において炭酸ガス施用濃度を400 ppmとし、天窓換気温度を28℃設定とすることで、草丈の成長速度が大きく、調製重、可販率等も優れ、さらに炭酸ガス濃度を高めるよりも施用のロスを減らし、コストが少な

くになると示唆された。また、消灯までの栄養成長期間が短くなり、収穫までの日数が慣行栽培より7~9日間短縮できることから、10 a 当たり約45万円の増収効果が見込めることが明らかとなった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、栃木県農業試験場の堀井数己技査、高崎恭子技査ならびに栃木県農業試験場花き研究室のパート職員の皆様には、試験ほ場の管理、調査、分析等において多大なるご尽力をいただいた。また、株式会社JAエルサポートには炭酸ガス発生装置一式の貸与についてご協力をいただいた。さらに、JAなすの菊部会からは、試験に使用した苗の協力をいただいた。最後に、本稿を執筆するに当たり、花き研究室をはじめ関係者の方々には貴重なご助言、ご指導をいただいた。ここに記して心から感謝の意を表する。

引用文献

- 赤木博・堀裕(1968) 人工気象室におけるイチゴの生育と結実におよぼす気・地温の影響。栃農試研報第14号:81-88
- 羽石重忠, 木野本真沙江, 菊地聡(2016) トマト促成長期どり栽培における炭酸ガス施用の好適環境条件。栃農試研究成果集第34号:19-20
- Heins RD, Erwin JE, Berghage RD, Karlsson MG, Biermbaum JA, Carlson WH.(1988) Use temperature to control plant height. *Greenhouse Grower* 6(9):32-34
- Jacobsen LH, Amsen MG and Nielsen OF.(1991) Negative DIF: Mean room temperature control and its effect on short-day plants. *Danish Journal of Plant and Soil Science*. 95: 41-447
- Jensen HEK. (1993) Influence of duration and placement of a highnight temperature on morphogenesis of *Dendranthema grandiflorum* Tzvelev. *Scientia Horticulturae* 54(4): 327-335
- 加藤賢治・小林克弘・嶋本千晶・中村嘉孝・小島寛子・大藪哲也・番喜宏・岩崎泰永(2015) イチゴ促成栽培におけるミスト噴霧とCO₂長時間施用が生育・収量に及ぼす影響。愛知農総試研報第47号:51-60
- Nederhoff, E. M.(1994) Effects of CO₂ concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops. PhD dissertation. Wageningen, the Netherlands, p1-17
- 斎藤藤(2015) 3作物の気孔を開かせる飽差管理。光合成

を高めればもつととれるハウスの環境制御ガイドブック・社団法人 農山漁村文化協会:p32-36

高橋太郎・石神靖弘・後藤英司・新堀健二・後藤格士
(2012) 換気窓開放時の大規模温室での CO₂施用が
トマトの成長および収量に及ぼす影響. 植物工学 24:
110-115

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. 神奈川県園試研報 41 号・7-17

谷川孝弘(1999) CO₂施用によるキクの光合成効率お
おび切花委品質の向上に関する研究. 福岡農試特別報
告第 13 号:1-63

津田千織・奥村義秀・平野哲司・堀田真紀子・岩崎泰永・
山口徳之(2015) バラ栽培における超微粒ミスト噴霧
が CO₂施用に及ぼす影響. 愛知農総試研報第 47 号:
69-75