新潟におけるハウス促成栽培イチゴの炭酸ガス施肥効果

高橋能彦[1]*・佐藤　巧[1]・伊部　歩[2]・柴崎則久[2]・野水幸一[2]・伊藤道秋[1]

（平成17年12月28日受付）

要　約

新潟特有の冬季低温寡照条件で、2004年秋から2005年春にイチゴ「越後姫」を温室ハウスで高設促成栽培し、灯油燃焼式の炭酸ガス発生機を用いて炭酸ガス施肥効果を検証した。炭酸ガスは日の出から5時間施用し、1月から3月の午前９時から12時までの平均炭酸ガス濃度は約1,500cm^3 m^{-3}であった。炭酸ガス施用でイチゴの硝酸吸収が促進されて葉色は濃く推移した。炭酸ガス施用区の累積収量は炭酸ガス無施用の対照区より17%増収した。規格別収量では炭酸ガス区で20g 以上の大型果実が多くなった。また、炭酸ガス施用で果実糖度は有意に増加し、対照区より1.0～3.5度高くなった。以上、新潟の冬季気象条件で炭酸ガス施肥によるイチゴの増収および品質向上効果が認められた。

新大農研報, 58(2):97-102, 2006

キーワード：イチゴ、炭酸ガス、ハウス、促成栽培

イチゴ（*Fragaria ananassa* Duch.）のハウス促成栽培は冬季から春季にかけて比較的高い販売価格で出荷できるため、栃木県や九州各県等で盛んである。ハウス栽培は限られた施設空間であり、植物体の光合成による炭酸ガス固定でハウス内の炭酸ガス濃度が低下しやすい。このため、早朝から日中における炭酸ガス施用効果が報告され普及している（吉村, 1999）。ただし、晴天による温度上昇によって日中にハウスを換気する場合は施用炭酸ガスが散逸する。したがって炭酸ガス施用は比較的寡照地域で効果が高いとされている（吉村，1999）。

新潟県では冬季の低温・寡照で暖地型イチゴである「とよのか」「女峰」等は充分な生育や品質を得られない場合がある。このため、新潟県園芸研究センターでは新潟の気候に適した高品質イチゴ「越後姫」を育成し､1996年に種苗登録した。現在、本品種は柔らかい果皮・果肉と良好な食味で県内栽培イチゴの約90%を占め、溶液栽培等の研究も進んでいる（新潟県農業総合研究所，2000）。

新潟県内でも新潟市および周辺地域でイチゴのハウス促成栽培が普及しつつある。しかし、冬季の低温・寡照のためハウス内の光合成条件は他のイチゴ生産地域に比べるときびしい状況と考えられる。また、これら条件での炭酸ガス施用効果の研究実績も多くない。そこで、新潟の冬季気象において特産イチゴ「越後姫」に対する炭酸ガス施用効果を検証したので報告する。

材料および方法

１．炭酸ガス処理の概要

新潟大学農学部フィールド科学教育研究センター新通ステーションの鉄骨ハウス（175㎡）内に簡易パイプハウスを２棟設置した（図１，写真）。簡易パイプハウスの１棟には炭酸ガス施肥機（ダイニチ工業社製:RA-4070K）を設置し「炭酸ガス区」とした。炭酸ガス施肥機は日の出から概ね５時間作動させた。内部ハウスの空間容積が小さく炭酸ガス濃度が高くなるので、燃焼火力は基本能力の1/10に設定した。他の１棟は外部吸排気の FF 式暖房機を設置し「対照区」とした。対照区の温度は炭酸ガス区の温度に応じて自動調節した。

12月３日から加温・炭酸ガス施肥を開始し、４月８日に炭酸

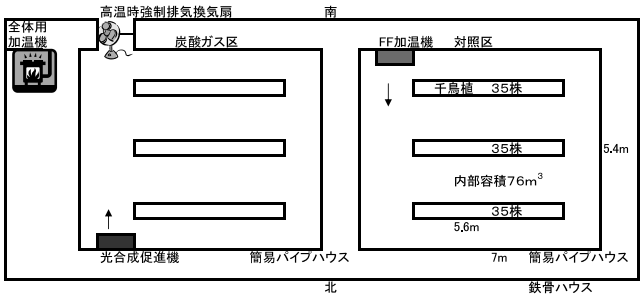


図１．栽培施設の概要



写真　内部ハウスの様子
手前は炭酸ガス区、後方に対照区のハウスがある．

[1]新潟大学農学部

[2]ダイニチ工業株式会社

*代表著者 : takahasi@agr.niigta-u.ac.jp

ガス施肥を終了した。

2．栽　培

両内部ハウスに高設栽培ユニット（高さ75cm，幅30cm，長さ3m）を各区3列設置し、2004年10月14日に「越後姫」の3～4葉苗を定植した。栽植密度は株間25cmの千鳥植（1列2条，条間30cm）とした。灌水と施肥はピートモスを主体とした人工床土に無電源灌水装置から希釈した液肥を1日に2分間2回施用した。4月14日からは植物体の生育に伴い1日3回施用にした。肥料は大塚化学㈱のいちご専用肥料（13.5-10-20）を1000倍希釈して施用した。

内部ハウスの湿度が上昇し結露するため、2月9日から両区に除湿器を設置し終日稼働させた。外部の鉄骨ハウスは最低温度が8℃になると全体の暖房機を稼働させ、温度が25℃になると天窓を開くようにした。また、炭酸ガス区では内部温度が28℃になると換気扇で強制排気した。

うどんこ病が発生したため液剤を適宜散布し、2月10日から夜間硫黄薫蒸を実施した。

古葉は適宜除葉し、草勢を維持した。収穫は2月15日から5月13日まで週2回実施した。

3．調査分析方法

屋内外の光環境を把握するため、適宜Apogee Instruments社製の光量子計QMSSで光量子を計測した。

炭酸ガス濃度は理研計器社製を設置し、主として炭酸ガス区の濃度をモニタリングしたがコック切り替えで対照区の濃度も適宜測定した。同時に両内部ハウスの温度･湿度もデータロガーでモニタリングした。

葉色は12月7日時点での展開第2葉を固定葉としてミノルタ社製SPAD-502で週1回計測した。固定葉が古くなったので4月5日に調査葉を変更した。

収量調査は原則として毎週火曜日と金曜日に実施し、果実数およびそれぞれの果実重を測定した。出荷規格を基準に30g以上を3L、20g以上2L、15g以上L、10g以上M、6g以上をSとして6g以下はその他に分類した。収穫果実をランダムに選択し、Brix糖度計で全絞り果汁の糖度を測定した。また、3月22日と4月5日にビタミンC含有量をメルク社製RQフレックスで計測した。

結　果

1．試験年の気象条件

気象庁ホームページの気象統計から2005年1月～3月の新潟市と宇都宮市および大分市の平均気温と日照時間を集計した（図2）。平均気温は新潟市3.3℃、宇都宮市3.9℃、大分市7.1℃であり、日照時間はそれぞれ22.0時間、66.1時間、46.4時間であった。

2．実験施設の状況

施設の概要は前項に示したが、夕方から夜間に内部ハウスの湿度が飽和状態となり病害の発生や生育に対する影響が考えられたために除湿機を設置した。2月9日の設置以降は夜間相対湿度も約60％で推移した。

11月25日の光量子量調査では晴天時と曇天時含め6回調査した平均光量子量は対照区257 μ mol m^{-2} 秒$^{-1}$に対し炭酸ガス区248 μ mol m^{-2} 秒$^{-1}$と両区の差は認められず、それぞれ屋外の30～40％の光量子量であった。

3月12日から4日間、炭酸ガス区の南列で送液ホースの破断が生じ、植物体の萎ちょうと一部葉枯れが生じたため、両試験区の南列は調査対象から除外した。

3．炭酸ガス濃度

図3に炭酸ガス濃度の日変化について示す。1月26日は日の出から5時間炭酸ガス施用（燃焼）し、8時過ぎに1,500cm^3 m^{-3}を超えて最高は約2,000cm^3 m^{-3}まで上昇した。12時30分頃に供給が停止したためにその後ガス濃度は減少した。2月10日から開始した硫黄薫蒸（夜間）によって炭酸ガス濃度計への悪影響が推定された。したがって、2月10日以降は炭酸ガス濃度計測を終日から日中に変更した。3月7日は午前9時に2,500cm^3 m^{-3}まで濃度が上昇していたが、日射による温度上昇で9時過ぎに温度が30℃に達したため、強制排気の換気扇が作動し炭酸ガス濃度は9時以降急減した。これ以外にも強風の場合は外部の負圧によって換気扇等の間隙から炭酸ガスが漏出するために必ずしも一定の炭酸ガス濃度ではなかったが、1月1日から3月3日までで記録の取れた29日間の午前9時から12時の平均炭酸ガス濃度は1,500cm^3 m^{-3}であった。平均値の最高は1月6日の2,335cm^3 m^{-3}、最低は1月2日の730cm^3 m^{-3}であった。植物によっては1,000-1,200cm^3 m^{-3}以上の条件では生育不良を生じるといわれているが、観察において炭酸ガス区で生育に障害等の兆候は認められなかった。対照区では晴天時の日中に炭酸ガス濃度が100cm^3 m^{-3}程度まで低下する場合があった。

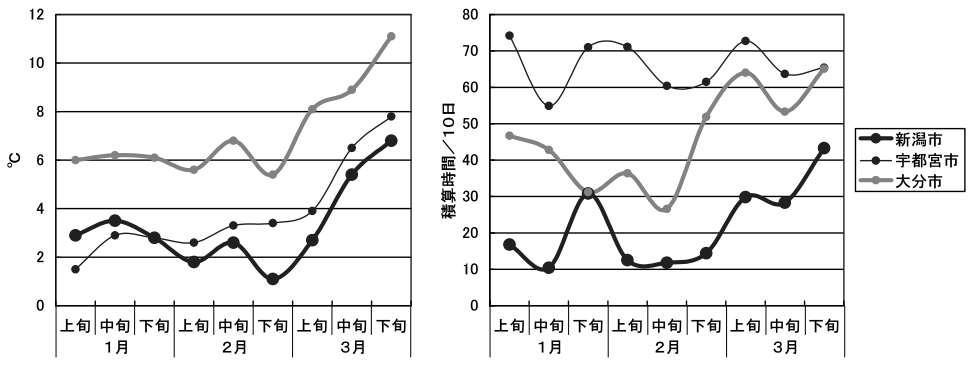


図2．試験年の平均気温と日照時間の推移

４．葉色の推移

12月初めで最大展開葉の次葉を調査葉として葉色を追跡した。当初の葉色値は40台であったが、漸増し３月後半では60近くに達した。対照区に比べて炭酸ガス区は12月後半から葉色が濃く推移した。４月５日に調査葉を交換したが葉色値の差は増大する傾向であった（図４）。

５．果実収量

果実の収穫は２月15日から開始した。平均一果重の推移を図５に示す。一番果収穫の２月中は２Ｌサイズ（20g ～30g 未満）が収穫されたが、３月は一果重が漸減し、４月以降は10～15gで推移した。３月以降、炭酸ガス区の方が対照区より一果重が重く推移する傾向があった。収穫果数の推移は図６に示すが、処理区間での収穫果数の差は認められなかった。図７に累積収量を示す。炭酸ガス区は４月下旬に一果重と収穫数が多く対照区より累積収量が多くなった。図８に累積の規格別収量を示すが、炭酸ガス区ではＬ以上の規格が多く、Ｓ以下が少なかった。

６．果実成分

図９に Brix 糖度計値を示す。２月と３月は対照区に比べて炭酸ガス区は明らかに糖度が高く１.0～3.5度の差があった。３月下旬頃から温度上昇によって強制排気する日数が多くなり、更に４月８日に炭酸ガス施用を中止したために４月１日以降は両区の糖度は同等となった。３月22日と４月５日のビタミンＣ含有量は対照区6.4～6.5mg kg^{-1}、炭酸ガス区6.3～6.6mg kg^{-1}と処理区の差は認められなかった。

７．廃液の硝酸態窒素濃度

図10に廃液の硝酸態窒素濃度の推移を示す。施用液の硝酸窒素は80mg L^{-1}であるが、廃液濃度はそれより上昇している。特に対照区の濃度が高く、炭酸ガス区では比較的低い濃度で推移し、相対的に硝酸吸収量が多いことを示した。

考　　察

2005年の新潟市の１月～３月の日照時間は宇都宮市の33%、

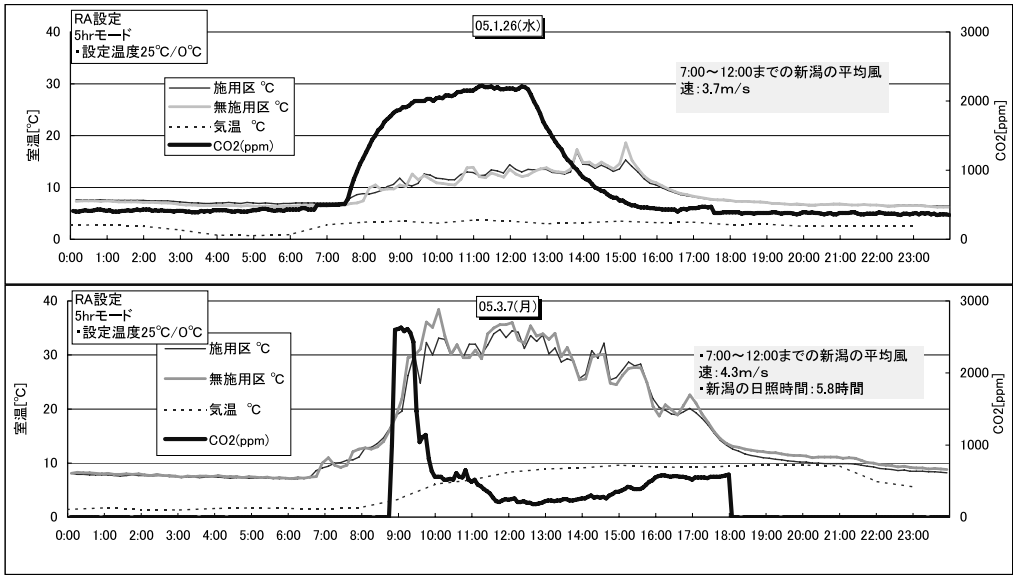


図３．炭酸ガス濃度の日変化事例
１月26日：日の出から炭酸ガス５時間施用.
３月７日：気温上昇により換気扇作動.

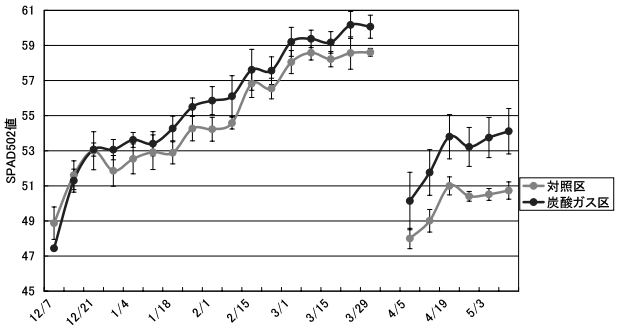


図４．葉色の推移
12月時点で展開第２葉を固定葉として追跡，４月５日に調査葉を変更した．縦棒は標準偏差を示す.

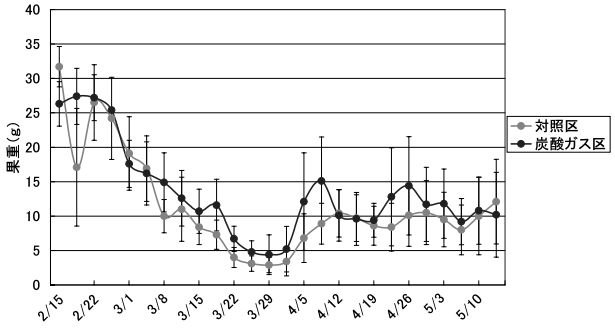


図５．一果重の推移
縦棒は標準偏差を示す.

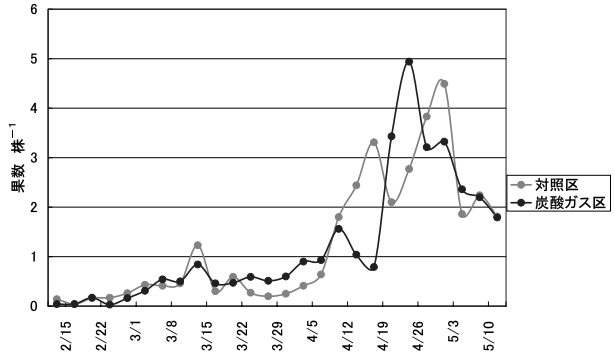


図６．収穫果数の推移

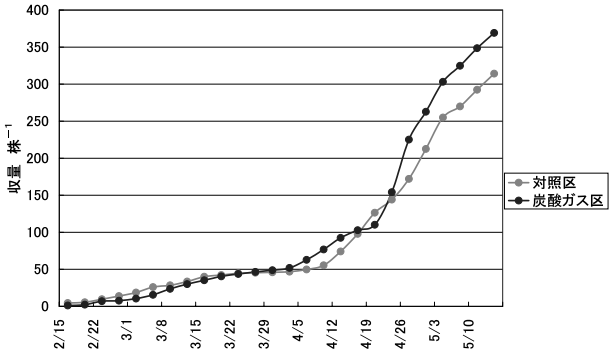


図７．累積収量の推移

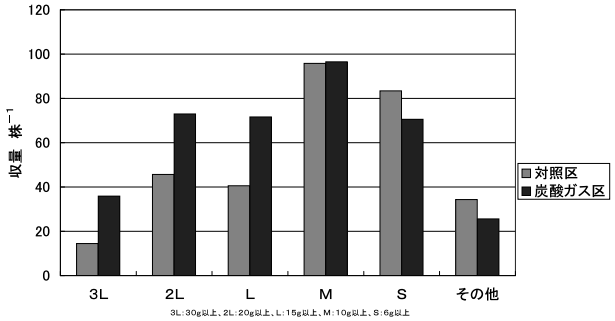


図８．規格別収量

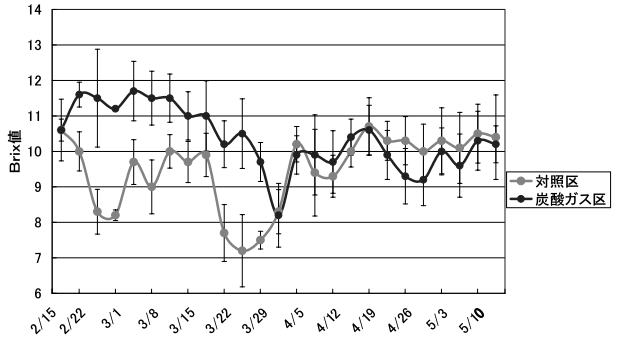


図９．果実糖度の推移
縦棒は標準偏差を示す.

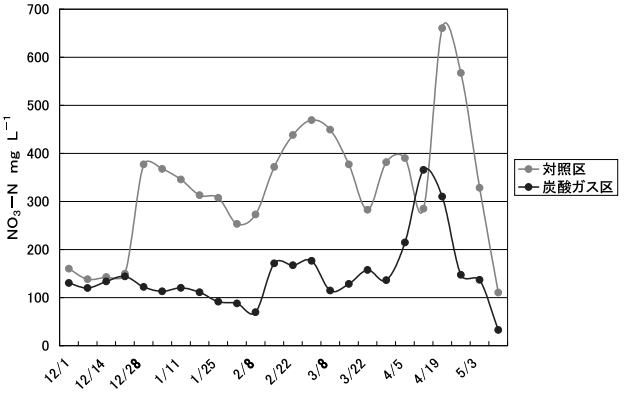


図10．廃液硝酸態窒素の濃度
施用液の硝酸態窒素は約80mgL^{-1}.

大分市の47% しかなく日本海側の冬季気象の特徴を示していた。平均気温は１月下旬から宇都宮市より低くなったが、１月下旬前でも宇都宮市では日中の気温が上昇するのに対して新潟市では日変化が小さいという違いがある。

越後姫の促成栽培の定植適期は９月中旬で10月にはハウスの保温開始が推奨されている。本試験では10月14日に定植しハウスの加温は12月３日と遅れたためにイチゴの収穫は２月15日からになった。苗は２軒の農家から調達したが、１農家の苗がうどんこ病の罹患株であったため、薬剤防除を徹底し、途中からは硫黄薫蒸処理を実施した。

農家のハウスより狭い試験用内部ハウスでの栽培であり、炭酸ガス施用方法を調節するために施用時間等を試行したが、燃焼強度を通常の１/10とし日の出より５時間施用（燃焼）が最適条件と判断した。供試機は農家へ安価に販売するという目的があり、炭酸ガス濃度をモニタリングして濃度調節する機能がなく、外部強風時は負圧で内部ハウスの炭酸ガスが漏出する場合があり、高温時は強制排気されるために炭酸ガス濃度を一定に保持することは困難であった。しかし、１月１日から３月３日までの期間で炭酸ガス濃度の測定値が得られた29日間の午前９時から12時までの平均は約1,500cm^3 m^{-3}であり、概ね期待どおりに炭酸ガスが施用されものと判断できる。大分県農業技術センターの山田らは800cm^3 m^{-3}と1500cm^3 m^{-3}の濃度の炭酸ガスをイチゴに施用し、両濃度の炭酸ガス施用効果は同等であったと論じている（黒木ら，1994；山田ら，1994）。

炭酸ガス施用によって葉色が濃く推移したことは炭酸ガスが直接葉の葉緑素含有量に影響をあたえたのではなく、光合成活性が増加したことで根の養分吸収能が高まり、窒素やマグネシウムの吸収や葉身への転流が増加した結果と推定される。本試験では、直接光合成活性を測定しなかったので、葉身の光合成活性の値は示せないが、葉色が濃く推移したことから炭酸ガス区では光合成活性が高まったと推定できる。

一次花房の一果重は最も重く花房次数によって果重は漸減したが、４月からは10～15ｇと安定した。炭酸ガス区では対照区よりやや一果重が重くなる傾向であった。収穫果実数は開花や肥大時期が両区で若干異なり、それによって収穫果実数のパターンが異なった。炭酸ガス区は４月26日の収穫果実数が特に多く、一果重も比較的重かったために収量が多くなった。収穫期間が短く、一株当たりの累計収量は400g に達せず高い収量レベルではなかったが、炭酸ガス区は対照区より約17%増収し

炭酸ガス施用の効果があったと判断できた。収穫全期間での収量を出荷規格別に累計した結果、炭酸ガス区は対照区より３Ｌ、２Ｌ、Ｌ品が多く商品価値の高い果実が多くなり、商品性の面からも大きな効果があった。

果実のビタミンＣ含量を３月22日と４月５日に分析したが、6.3～6.6mgkg^{-1}の範囲で採取日や処理区間の差は認められず、炭酸ガス施用によるビタミンＣの増減はないと判断した。しかし、果実糖度は炭酸ガス施用によって明確な効果があった。新潟市白根地域のイチゴ栽培農家では糖度９を選別基準の一つにしているが、対照区では２月後半に８近くまで低下し３月中盤から４月にかけて７近くと大きく糖度が低下した。これに対して炭酸ガス施用区では安定して高い糖度を維持し糖度９を下回ったのは４月１日の１回のみであった。炭酸ガス施用中止以降に両区の糖度差がなくなったこともあり、炭酸ガス施用が葉の光合成を増進し、その結果、光合成産物が果実に充分転流して糖含有量が増加した結果と考えられる。

溶液栽培等における廃液の組成変動は養分の種類や濃度でかなり変動することが知られている（岩崎ら,1999）。廃液の硝酸態窒素濃度は施用時の80mg　L^{-1}より高く推移し、特に晴天日に高くなる傾向があった。これは硝酸の吸収より吸水量が多くなったために硝酸が濃縮された結果と考えられる。処理区においては対照区より炭酸ガス区で濃度上昇が抑えられる傾向が明確であり、旺盛な光合成産物が根系に転流して根の硝酸吸収活性が高くなったものと推定された。

参考文献

岩崎泰永・佐々木丈夫・千葉佳朗・三枝正彦．1999．土壌を培地としたトマトの循環型灌水施肥システムにおける排液イオン組成の変動．*園学雑*，**68**：1161-1169.

黒木雄二・山田芳文・佐藤　如．1994．炭酸ガス施用によるイチゴの増収技術第１報　施用濃度と生育・収量．*九州農業研究*，**56**：191.

新潟県農業総合研究所．2000．いちご「越後姫」の促成作型におけるロックウール溶液栽培法．*平成12年度北陸農業研究成果情報*，**16**：105-106.

山田芳文・黒木雄二・佐藤　如．1994．炭酸ガス施用によるイチゴの増収技術第2報．炭酸ガス施用時の濃度管理法．*九州農業研究*，**56**：192.

吉村昭信．1999．炭酸ガス施用．*農業技術体系*．第3巻．追録第**22**号：431-436．農文協．東京.

Effect of CO_2 Gas Application to the Strawberry for Green House Forcing Culture in Niigata Region

Yoshihiko TAKAHASHI[1]*, Takumi SATOH[1], Ayumu IBE[2], Norihisa SHIBASAKI[2], Kouichi NOMIZU[2] and Michiaki ITO[1]

（Received December 28, 2005）

Summary

The present study was made to investigate effect of CO_2 application to strawberry cv. "Echigo-hime" for green house forcing culture in Niigata region, that the climate condition is low temperature and low amount of solar radiation in winter. Experiment was conducted from autumn 2004 till spring 2005 in Niigata University Shindoori Station. CO_2 gas was applied from sunrise for 5 hours, and the average concentration was about 1,500 cm^3 m^{-3}, in the period in Jan. to Mar. in a.m. Leaf color CO_2 treated plants was higher than the control, due to the active NO_3-N absorption. And total yield increased about 17% compared with the control. CO_2 treated plants had much harvest of big fruits of 20g or more. The sugar content (Brix) of fruits was higher about 1.0-3.5 degrees by CO_2 treatment.

Conclusion, CO_2 application to strawberry was effective technique in that winter conditions as Niigata region.

Bull.Facul.Agric.Niigata Univ., 58(2):97-102, 2006

Key words: Strawberry, CO_2 gas, Green house, Forcing culture

[1]Faculty of Agriculture, Niigata University

[2]Dainichi Co., Ltd

*Corresponding author: takahasi@agr.niigata-u.ac.jp