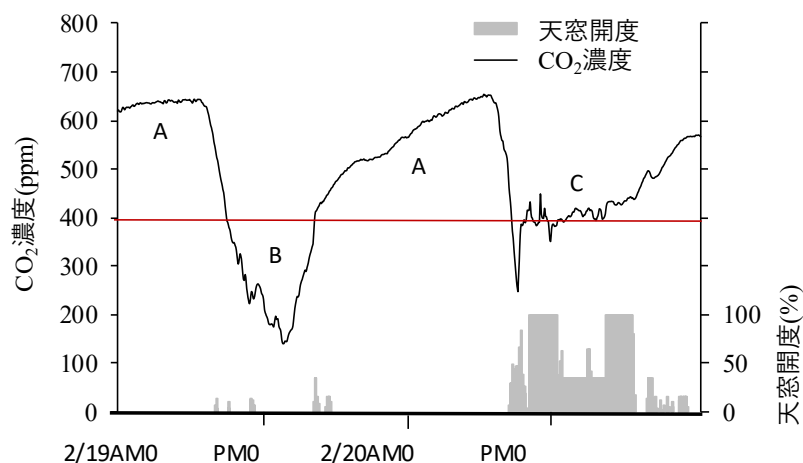


Ⅲ 土耕栽培における栽培管理（既存施設活用）

1 CO₂ 施用効果

（1）土耕栽培でも日中の炭酸ガスは不足

- 土耕栽培では、土中の有機物が分解することで CO₂ が供給されることから、養液栽培に比べると CO₂ 施用の効果は小さい。
- 夜間（暗期）は、天窓が閉じていれば、トマトや土壤微生物の呼吸により CO₂ 濃度は大気中の濃度より高くなる（図Ⅲ-1-1 の A）。
- 日中（明期）は、冬期晴天日で換気がほとんどない場合、CO₂ 濃度は 200ppm 以下まで低下する（図Ⅲ-1-1 の B）。
- 日中換気している場合は、400ppm 前後で推移する（図Ⅲ-1-1 の C）。トマトの光合成は、25°C であれば 800~1000ppm までは高まる（吉田 2014）。そのため、土耕栽培においても CO₂ 施用の効果が期待できる。



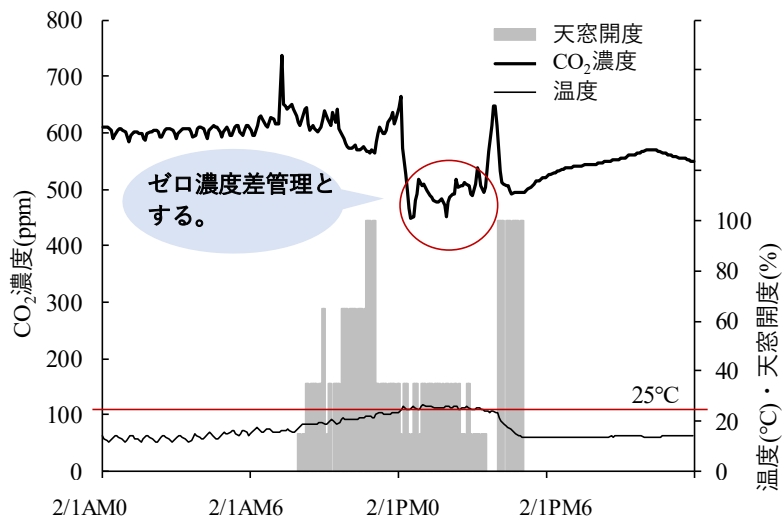
図Ⅲ-1-1 トマト土耕栽培における CO₂ 濃度

測定日：2019 年 2 月 19 日～20 日（CO₂ 無施用）

播種日：2018 年 9 月 4 日、穂木品種：桃太郎ホープ

（2）換気中はゼロ濃度差管理が有効

- 日中の CO₂ 不足を補うため、日の出後から日の入り前まで CO₂ 施用する。
- 施用開始は、4 段花房開花を目安にする。それ以前に施用すると草勢が強くなりすぎるため、1 段果房が着果して肥大が始まっている時期にする。
- CO₂ の施用濃度を 600ppm にした場合、換気中は温室外へ漏出することになる。そこで、換気中は大気中と同じ 400ppm に設定するゼロ濃度差管理が有効である。
- 図Ⅲ-1-2 は、設定濃度を 600ppm とし、換気開始温度の 25°C に達すると 400ppm になるように 2 段階で設定した場合である。換気中は、大気中と同じ濃度に設定することで温室外への漏出を防ぐことができる。なお、CO₂ 施用濃度の設定方法は、天窓の開度で制御する方法など制御機器によって違うため、使用する機器で確認する。



図III-1-2 CO₂施用時のCO₂濃度
測定日：2021年2月1日

(3) CO₂は拡散しやすい

- 所内試験では、液化炭酸ガスを使用した。30kg ボンベからレギュレーターを経由してトマト上部に設置した灌水チューブからCO₂施用した。液化炭酸ガスによる施用は燃焼式に比べてランニングコストが高いが、初期投資が少なくて済む点や燃焼式のように熱や水分、有害なガスを発生しない、高温期の増収効果などの利点がある（太田ら 2014）。
- 液化炭酸ガスが気化する際に熱が奪われ、連続使用するとレギュレーター部分が凍結することがある。そこで1分間施用後2分間のインターバルを設けた。このため施工時は、1分間でチューブの末端までCO₂が届くように、チューブの穴を修復テープで塞いで圧力調整を行った。
- CO₂施用中の温室内のCO₂濃度分布を表III-1-1に示した。CO₂は拡散しやすく、ほぼ均一な分布になっている。なお、CO₂は大気の中では重いいため下方へ沈んでいくと考えてトマト上部から施用したが、外部への漏出を防ぐためには、天窓に近すぎない方がよい。

表III-1-1 CO₂施用時の濃度分布

測定位置	CO ₂ 濃度 (ppm)		
	生長点付近	中央部	地際付近
南側	640	640	640
中央	650	640	650
北側	650	680	680

2019年1月25日午前測定。CO₂施用濃度は650ppm。

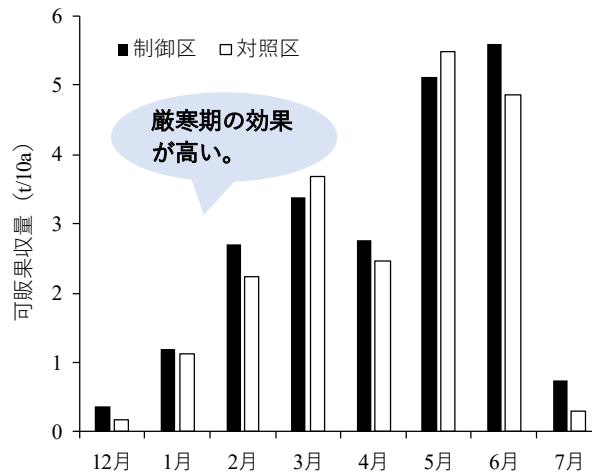


図III-1-3 CO₂の施用方法
矢印は、灌水チューブからCO₂が放出されるイメージ。

(4) CO₂ 施用による増収効果

○CO₂ 施用の効果は、光合成速度を高めることによる同化産物の増加であり、果実肥大や収穫期の前進効果などがある。

○図III-1-4 に示したとおり、CO₂ 施用の効果は時期によって違い、最も増収効果が高いのは12～2月までである。この期間は天窓が閉まっていることが多いため、温室内のCO₂ 濃度を高く維持しやすい。一般的に年内から2月までの市況が高いことから、この時期の収穫を増やすことによる経済的メリットが期待できる。



図III-1-4 月別可販果収量の推移

2019年度データ。播種日：2019年9月4日。

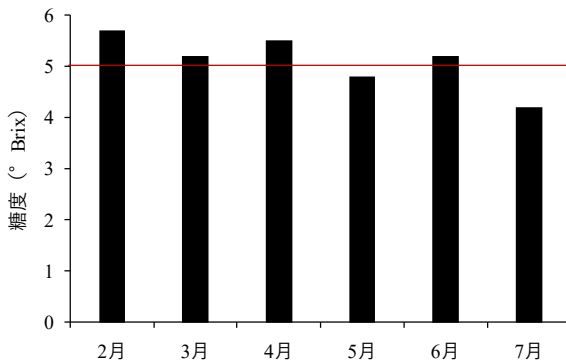
穂木品種：桃太郎ホープ、台木品種：グリーンフォース。

(5) CO₂ 施用時の糖度

○CO₂ 施用の時期別 Brix 糖度は、目標の5.0° に対して、5月、7月を除いて目標値を超えた (図III-1-5)。

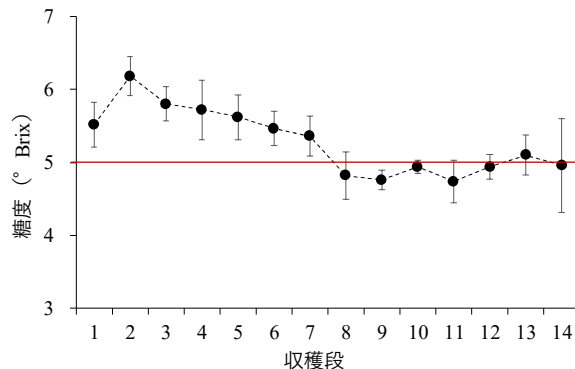
○収穫段別では、1～7段までが5.0° を上回り、8段以降は低下した (図III-1-6)。

○CO₂ 施用により糖度が高まるという報告がある (茨城県 2010)。



図III-1-5 CO₂ 施用時の糖度推移

播種日：2020年10月5日、穂木品種：CF 桃太郎はるか、台木品種：グリーンセーブ



図III-1-6 収穫段別の糖度

播種日、品種は図III-1-5と同じ。

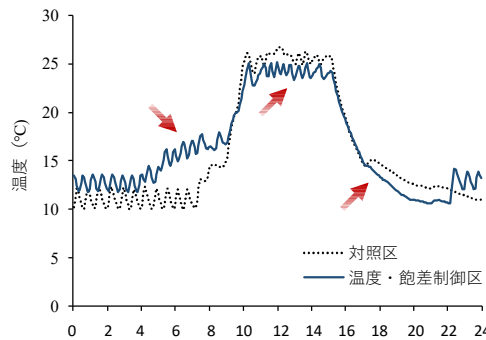
2 温度・飽差制御

(1) 環境制御に合った温度管理

- トマト果実の結露は、病気や裂果を誘発する。そこで、早朝の換気開始温度を段階的に高くすることにより、結露を防止する（図Ⅲ-2-1、図Ⅲ-2-2）。
- 飽差制御した温室は、細霧発生装置（ミスト）の冷却効果により、日中の温度が1～2℃下がる（図Ⅲ-2-2）
- 厳寒期は、日没前の換気により急な温度低下（クイックドロップ）を行うと、比熱の違いから、葉より温度の高い果実への転流が促進される（吉田 2016）。



図Ⅲ-2-1 トマトの結露



図Ⅲ-2-2 環境制御機器による温度管理

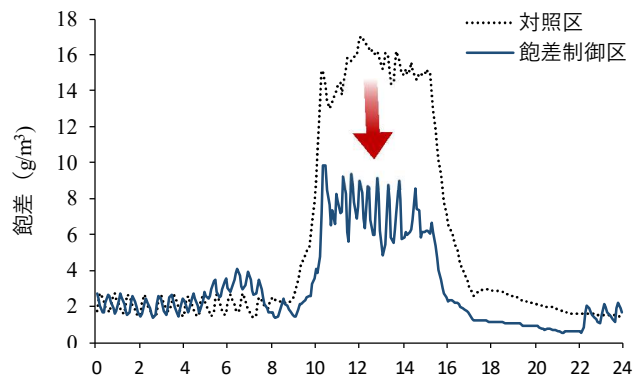
撮影：2020年11月30日晴天、制御機器：スーパーミニ

(2) 飽差制御の効果

- 植物は光合成に必要な CO_2 を葉の裏にある気孔から取り入れている。一方、植物は乾燥や急激な環境変化によるストレスに反応して、気孔を閉じる。
- 飽差は空気中に取り込める水分量を示すもので、値が大きいほどよりたくさんの水分を取り込める、すなわち乾燥していることを意味する。トマトの適正範囲は、 $3 \sim 6 \text{ g/m}^3$ （斉藤 2014）、 $6 \sim 9 \text{ g/m}^3$ （吉田 2014）などの報告がある。
- 晴天日で換気中の温室内は乾燥するので、細霧発生装置（ミスト）による飽差制御が有効である（図Ⅲ-2-4）。
- ミストは粒径によって様々な機種がある。粒径が $100 \sim 300 \mu\text{m}$ （細霧）より小さい $10 \sim 30 \mu\text{m}$ は、葉濡れが少なく、病害発生リスクをより小さくすることができる。



図Ⅲ-2-3 細霧発生装置
粒径は $10 \sim 30 \mu\text{m}$



図Ⅲ-2-4 ミストによる飽差制御の効果

(2020年11月30日晴天、ミストの設定は $3 \sim 5 \text{ g/m}^3$)

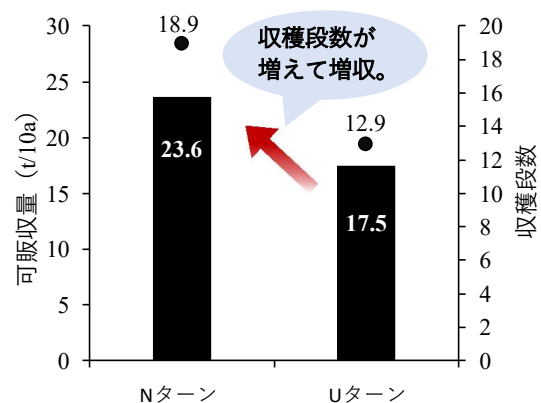
3 長期どり誘引方法

(1) Nターン誘引による増収効果

- Uターン誘引では13段で生長点が地表に到達して収穫終了となるが、Nターン誘引(吉田・大島 2009)では、約20段収穫することが可能となる(図III-3-2)。
- Nターン誘引にするためには通路を広めに確保する必要があり、所内試験では畝間を140cmとした。また、収穫段から下の葉を全摘葉することにより葉が混み合うのを避け、採光性がよくなる。なお、摘葉により収量が低下する傾向がある。
- Nターン誘引にすると、後ろ側の果実が収穫しにくくなるため、上方への誘引を遅らせた方が作業性はよい。その際、収穫前の果実が地表に着かないように、斜め前方に誘引して調整するとよい(図III-3-1)。



図III-3-1 Nターン誘引
撮影日：2020年6月24日



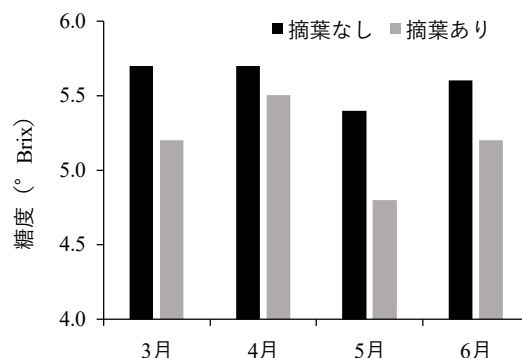
図III-3-2 誘引方法の違いと収量の関係
2019年度データ (CO₂施用温室)

(2) Uターン誘引における摘葉と糖度の関係

- Uターン誘引では、やや密植(畝間：125cm、株間：35cm、栽植本数：2,285本/10a)にして収量を確保する。
- 生長点が下に向くと草勢が低下しやすいので、追肥や灌水量で草勢を維持する。
- 生長点が地表に到達する約13段を目安に、2葉残して摘心する(図III-3-3)。
- 摘葉しない場合の糖度は、収穫段まで摘葉する場合に比べて高くなる(図III-3-4)。



図III-3-3 Uターン誘引での生育状況
播種日：2020年10月5日、穂木品種：CF 桃太郎はるか、撮影日：2021年6月21日



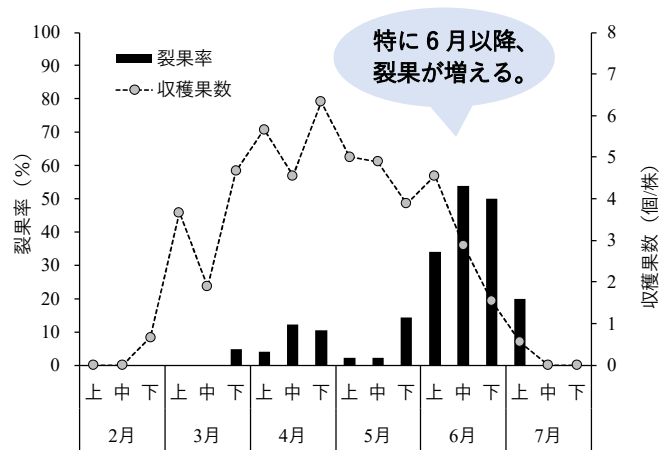
図III-3-4 摘葉の有無が糖度に及ぼす影響
摘葉あり区は、収穫段までを摘葉し、摘葉なし区は、第1段果房まで摘葉した。

(3) 春先の裂果対策

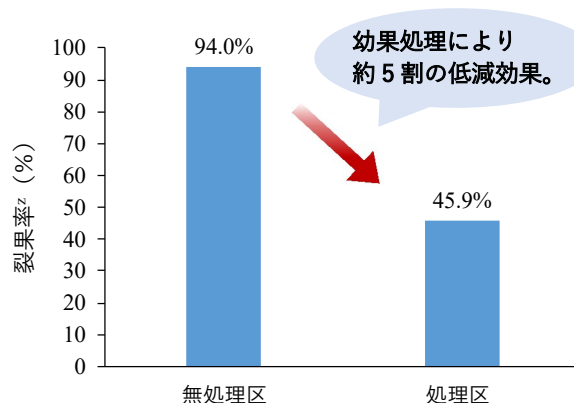
- 裂果には、放射状裂果と同心円裂果があるが、4月以降に発生するのは主に**放射状裂果**である(図III-3-5、図III-3-6)。発生要因は、高温期の**強日射**による果実表皮の硬化、**急激な給水、結露**などである(鈴木 2014)。
- 急に灌水量を増やさないように**少量多灌水**にすることや**遮光**が有効である。また、植物成長調整剤ホルクロルフェニユロン(商品名：**フルメット液剤**)の幼果への散布が放射状裂果に対して効果が高い(岡山県 2015)。
- フルメット液剤は、20ppmに希釈して、**トマト幼果(3-5 cm)に1回のみ散布**する。幼果に対して処理することが大事で、フルメット液剤のサイトカニン活性が裂果抑制に作用する(岡山 2015)。
- 所内試験では、幼果へのフルメット液剤処理により、5月から7月にかけての裂果の**発生率が約半分に低下**した(図III-3-7)。



図III-3-5 高温期の裂果
撮影日：2018年4月26日



図III-3-6 裂果の発生推移



図III-3-7 フルメット液剤の処理効果
2021年5月17日～2021年7月9日までのデータ。
Z：裂果率は裂果個数/収穫個数×100から求めた。