

施設栽培における温度調節の省エネルギー化の検討

—太陽熱集熱器と地下水を用いたトマトの根域温度調節栽培—



実施担当者 兵庫県立農業高等学校
教諭 三宅 義貴

1 はじめに

本校園芸科生徒は高校入学後、科目『農業と環境』および『野菜』を通じて、農業と環境の関わり、野菜生産や GAP 等を、科目『農業情報処理』において、農業に関する情報分析と活用の基礎を学んでいる。それらの知識および技術を活かし、東播磨の温暖な気候と豊かな田園の広がる環境の中で、都市近郊型の立地に適した施設を利用した周年栽培による農作物生産についても取組みを進めている。施設を利用することで周年栽培が可能となるトマト栽培においては、低温期にボイラーやヒートポンプで施設を加温することで露地栽培とは異なる作型を作り、高品質な農産物生産を可能としている¹⁾。また、トマト栽培においては、根域温度調節により品質が変化することが知られている²⁾。しかし、加温の際には化石燃料や電力を利用する方法が主流である。近年は SDGs の観点から環境に配慮した持続可能な農業の展開がもてられられており、化石燃料に加え、化学肥料や農薬の使用量削減が喫緊の課題となっている。

そこで、本研究ではトマトの施設栽培における根域温度調節処理方法を検討し実用化することを目的に、トマト生育特性、栽培環境下温度、太陽熱集熱器を利用した施設栽培における根域温度調節に関する調査を行うこととした。また、本研究調査は生徒たちが主体的に栽培管理、データ収集および分析を繰り返し、GAP の理念に適合した栽培方法の確立を目指した。

2 トマトの生育特性調査および根域温度調節栽培方法の検討

2-1 水耕および土耕栽培におけるトマト生育特性

トマトの生育調査は、本校農園にて行なった。調査期間は、2021 年 9 月から 11 月とした。供試材料として、中玉トマト品種‘TY レッドオーレ’を使用した。処理区には、水耕および土耕栽培を設定した。定植時期は、水耕栽培区は 10 月 8 日、土耕栽培区は 10 月 20 日に行なった。水耕栽培における養液管理では、養液循環式装置を用い、養液にはハイポニカを使用した。養液は 1 週間で全量交換し、初期 EC 値は 1.00 mS/cm とした。土耕栽培区では、土壌診断を行なったのち本校が行っている慣行栽培を行なった(図 1)。調査項目として、新梢伸長を毎日測定した。なお、新梢伸長は基部から成長点上部までの長さをメジャーで測定した。その結果、水耕および土耕栽培区共に同様の変化を示し、11 月初旬にかけて新梢伸長が増加し、その後緩やかな増加した(図 2)。

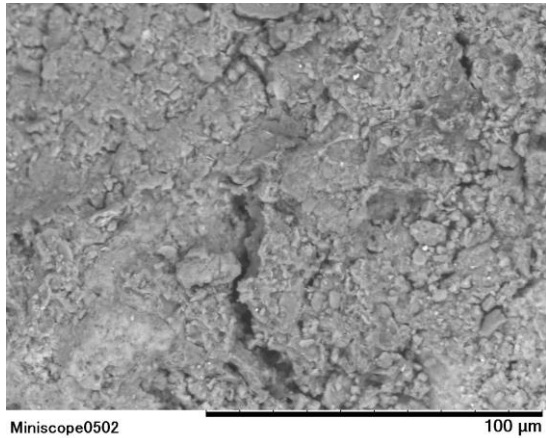


図1 土壌診断の様子

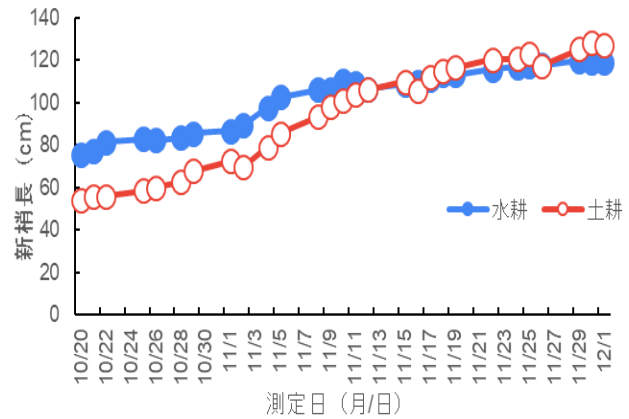


図2 水耕および土耕栽培における新梢伸長

2-2 栽培環境下における気温・水温・地温の関係

根域温度調節処理時期の目安を見つける調査として、施設内の気温を4月から、地温・水温を9月から測定し、1日の平均温度を算出した。水温、地温の変化はともに気温の変化と同じ傾向を示した(図3および4)。また、地温は気温より少し高くなる傾向が見られた。水温、地温の変化はともに気温の変化と同じ傾向が見られたため、それぞれの相関を調査したところ、水耕・土耕ともに正の相関が見られた(図5および6)。4月からの気温の変化をグラフで見ると、生育適温と比べ、7月から10月中旬は高温となり、10月中旬以降は低温となることが分かった。また、11月中旬以降は夜温が10℃以下になる傾向が見られた(図7)。

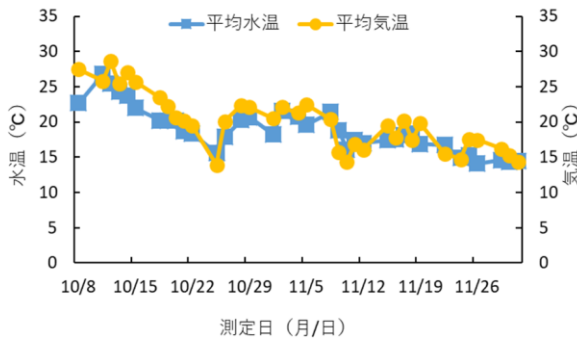


図3 水耕栽培環境化における水温および室内気温の変化

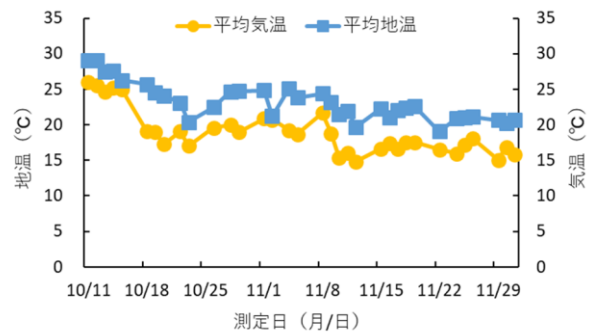


図4 土耕栽培環境化における地温および室内気温の変化

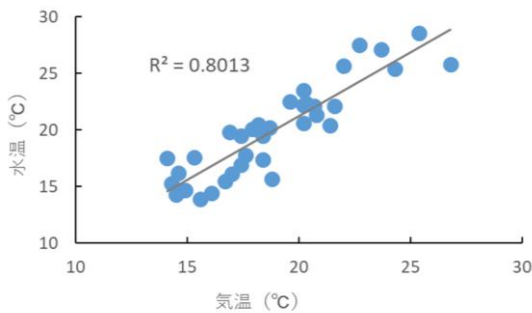


図5 水耕栽培環境下における水温および室内気温の関係

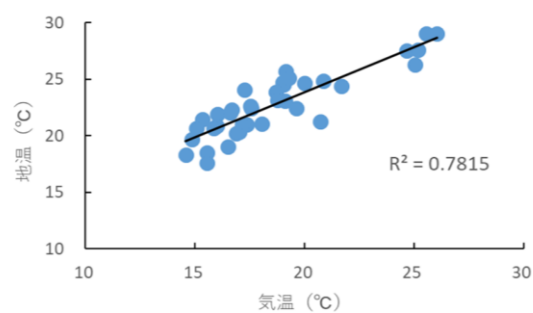


図6 土耕栽培環境下における地温および室内気温の関係

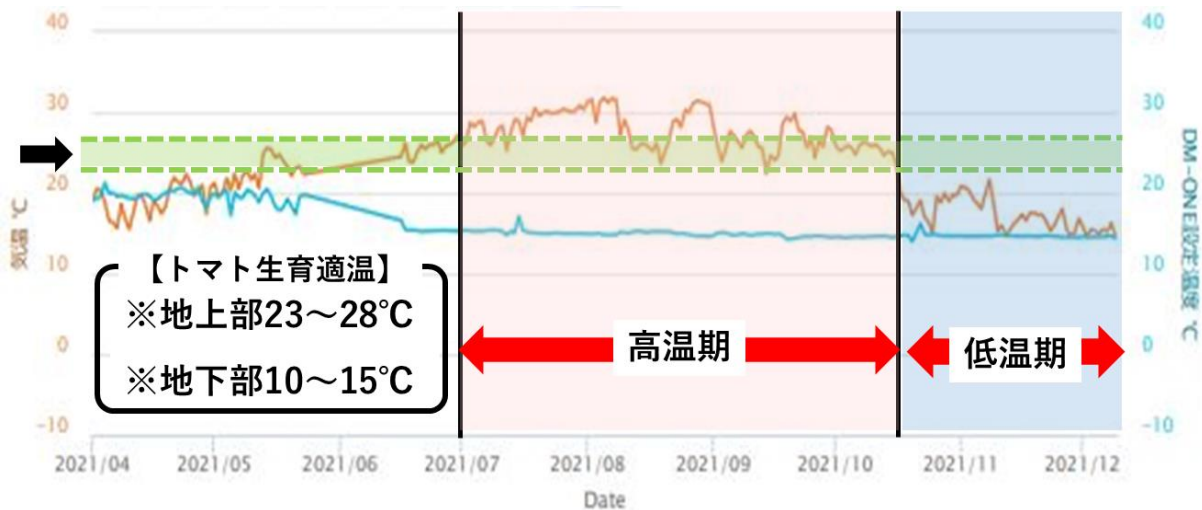


図7 自動環境制御におけるハウス内設定気温および実数値

2-3 太陽熱集熱器を用いたトマト栽培における根域温度調節栽培方法の検討

根域温度調節に適した栽培方法の調査として、兵庫県の試験場の方からアドバイスをいただき、9月から土耕にて、ハイワイヤー栽培を行なった(図8および9)。なお、温度調節に使用する温湯管については、定植時期に合わせて、畝の肩面設置し、その上をマルチで被覆した。また、低温期となる時期には、温湯管に加え、ハウス内に内張カーテンを設置。天窓付近の内張りについては、日射量確保のため可能な限り日中は開放し、夜間には閉じるよう設定し、保温効率を高めた。

収穫は、2022年1月12日から開始し、約4日間隔で3月7日まで行なった。収穫目安は、果実着色度合で判断し、出荷可能なレベルの果実を順次収穫した。果実品質調査として、収穫直後に収穫数(果)、収量(g)、重量(g)、糖度(°Brix)および裂果率(%)を調査した。その結果、収穫期ごとに1収穫あたりの1月、2月および3月の各平均収穫数は、31、60および65果、収量は、1507、3605および3955g、果実重は、49、60および61gといずれも1月が最も少なく、収穫期が進むにつれて増加傾向が見られた(表1)。また、糖度は6、6および7と3月にわずかに増加が見られた(図11)。裂果率は、0、3および6%となり、収穫数、1月が最も少なく、2月および3月は増加傾向が見られた(図12)。なお、収穫した果実はいずれも販売可能であった。

最も寒くなる12月~2月にかけて、化石燃料や電気による加温にかかる燃料動力費³⁾は、今回の実験では発生しなかった。しかし、今回の実験では、保温効果を高めるために遮光および保温カーテンを日中に利用している時間帯があり、換気についても夏場と比べ回数が低いことから、受光環境およびCO₂濃度については最適ではなかった可能性が考えられた。



図8 トマト定植



図9 ハイワイヤー法によるトマト栽培

表1 太陽熱集熱器を用いた根域温度調節栽培における
1収穫あたりのトマト平均収穫数, 収量および果実重

収穫期	収穫数 (果)	収量 (g)	果実重 (g)
1月 ^z	31	1507	49
2月 ^y	60	3605	60
3月 ^x	65	3955	61
全収穫期間	54	3175	59

z: 収穫期 1月12日~17日

y: 収穫期 2月3日~28日

x: 収穫期 3月3日~7日



図10 トマト出荷

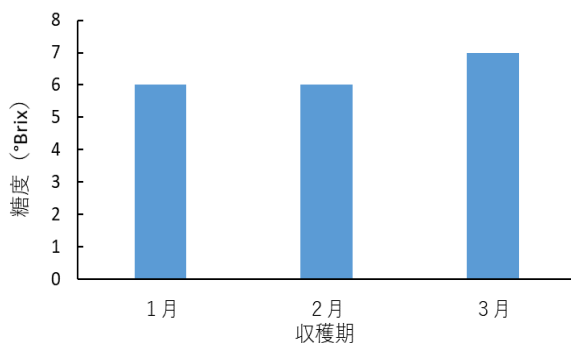


図11 太陽熱集熱器を用いた根域温度調節栽培における収穫期別トマト果実平均糖度

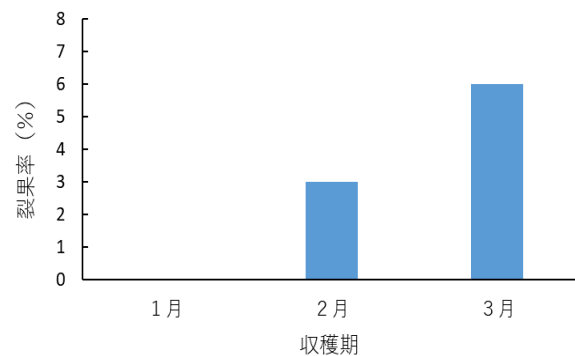


図12 太陽熱集熱器を用いた根域温度調節栽培における収穫期別トマト果実平均裂果率

3 まとめ

水耕および土耕栽培におけるトマトの生育特性調査では、水耕と土耕栽培で新梢伸長増加は同じ傾向となった。栽培環境下における気温、水温および地温に関する調査では、水温と地温は気温の変化と正の相関が見られた。また、気温の変化を見ると、生育適温と比べ7月から10月中旬は高温期、10月中旬以降は低温期となることが分かった。これらのことから、根域温度調節処理時期の目安として、気温を参考にすることができると見えた。太陽光集熱器を用いたトマト栽培における根域温度調節栽培では、最も寒くなる12月~2月にかけて、化石燃料や電気による加温をせず収穫が可能であり、収穫した果実はいずれも販売可能であることが分かった。また、冬季におけるハイワイヤー栽培では、通常最終収穫期は6月頃を想定しており、3月以降さらなる収量増が予想できる。今後、今回調査できなかった温度調節方法の検討として冷水・温湯管位置、保温・換気方法、受光率およびCO₂についても調査し、持続可能な栽培技術の確立につなげたい。

謝辞

本研究を進めるにあたりご助言をいただいた兵庫県立農林水産技術センター渡邊様をはじめ、本校の科学的な視点に立った農業教育の振興にご理解いただき、多大なご支援をいただいた公益財団法人中谷医工計測技術振興財団様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 農林水産省生産局. 平成20年. 施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル
- 2) Yasushi Kawasaki, Satoshi Matsuo, Yoshinori Kanayama and Koki Kanahama. 2014. Effect of Root-zone Heating on Root Growth and Activity, Nutrient Uptake, and Fruit Yield of Tomato at Low Air Temperatures. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 83 (4): 295-301.
- 3) 日本政策金融公庫農林水産事業本部. 平成29年. 施設園芸(トマト)の規模と収益性に関する調査