

猛暑に立ち向かえ

水冷水耕栽培システムの開発



青森県立名久井農業高等学校

FLORA HUNTERS AQUA

沼畑明日夢、大坊隆司、松橋泰誠

1 序論

温暖化による気温上昇が止まらない。2023年の夏、私の住む北国青森県南部町でも 35℃を超える猛暑日が何度か出現し、明らかに今までとは違う夏になった。温暖化は二酸化炭素やメタンなどの温室効果ガスやゴミの燃焼、自動車の運転、木材の伐採など、いろいろなものが要因といわれている。しかしいずれの要因も私たちの暮らしと密接したものばかりで、すぐ対策できないという問題点がある。

私たちは日頃から学校で、作物栽培という面で自然の恩恵を受けている。植物には二酸化炭素を吸収し、温暖化を抑制する効果があるといわれている。しかしこのまま気温が上昇していったら、植物はその機能を果たせるのだろうかという不安を感じる。また気温上昇が今すぐ止まらないのであれば、それに対応する新しい農業技術が必要になるとも考えるようになった。そこで私たちは気温上昇に伴う植物の二酸化炭素吸収力の変化を探るとともに、猛暑の中で栽培する新しい技術開発に取り組むことにした。

2 研究方法と結果

<猛暑における植物の二酸化炭素吸収力の変化>

(1) 実験に用いる植物

植物はワサビノキ科樹木のモリンガ (*Moringa oleifera*) とした。なぜならモリンガは乾燥地や熱帯、亜熱帯などに広く生息する暑さに比較的強い植物だからである。

(2) 実験の方法

鉢で栽培した草丈約 40cm のモリンガを用意し、大きなビニール袋に入れる。そして袋ごとインキュベーターに入れ、7 時間かけて庫温を 22 度から 38 度までゆっくり上げる。袋の中には二酸化炭素濃度計を入れ、5 分ごとに袋内の濃度を測定する (図 1)。

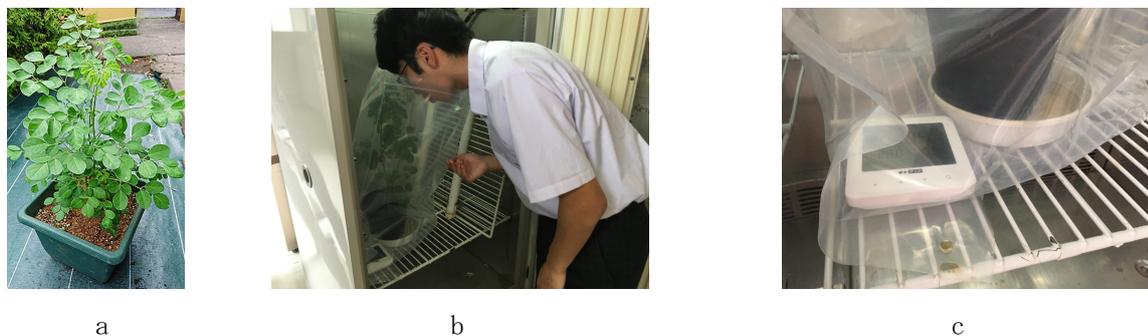
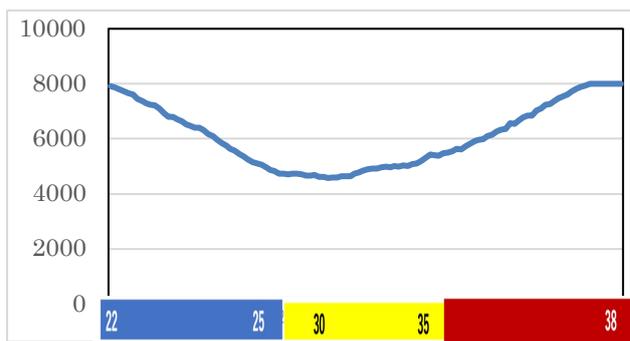


図 1 実験の様子 (a:モリンガ b:インキュベーター c:二酸化炭素濃度計)

(3) 結果

モリンガの二酸化炭素濃度である (図 2)。インキュベーターに入れた直後から二酸化炭素濃度が減少している。これはモリンガが光合成のため吸収しているからである。しかし、35℃を超える辺りから濃度が上昇している。これは呼吸量が増えたからだと考える。これにより高温に強いモリンガでも 35℃を超えると二酸化炭素吸収力が低下することがわかった。図 2 モリンガの二酸化炭素濃度 (ppm)



次に植物なしで本校の畑の土壌、本校の裏山の土壌を採取して同様にインキュベータに入れ、温度による二酸化炭素濃度の変化を測定した(図3)。すると畑の土ではやはり33℃辺りから急に濃度が高まった。また山の土では30℃前後から濃度が高まった。これは土壌微生物の呼吸によるもので山の土は有機物が多く微生物が多いためだと考えられる。このように35℃を超える日が続くと植物の呼吸量が増え、見かけの二酸化炭素吸収力が低下し、逆に土壌微生物の呼吸増加により急激に温暖化が進むものと想像できる。

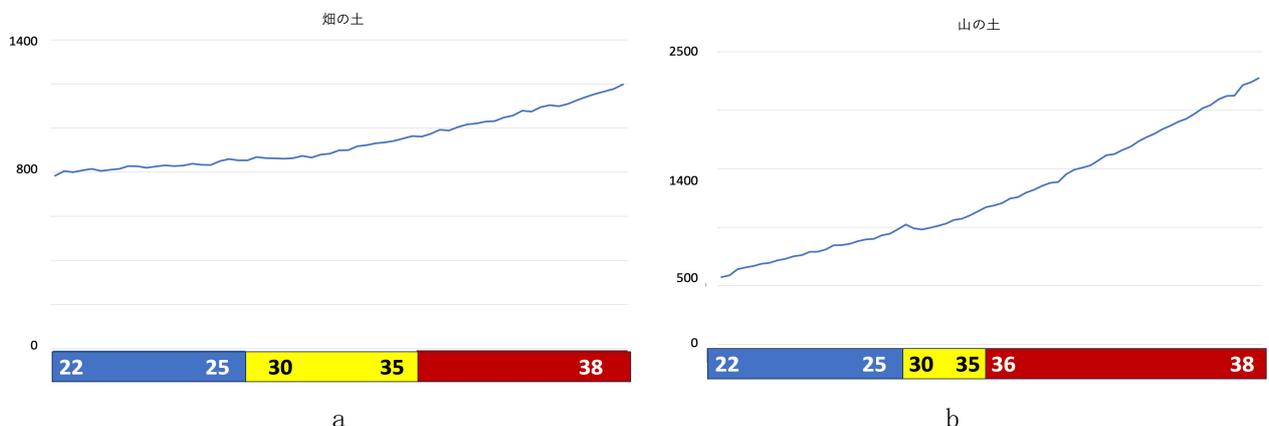


図3 土壌から排出される二酸化炭素 (a:畑の土 b:山の土)

<猛暑に対応する栽培技術の開発>

私たちは環境システム科で水耕栽培を学んでいる。北国の温室には、暖房はあるが冷房装置はない。そのため高額な施設ながら夏場は猛暑のため栽培できなくなっている。そこで私たちは水の入ったプールの中で冷却しながら栽培する新技術の考案を目指した。

(1) 実験に用いる作物

作物はセリ科のパセリとした。パセリは耐寒性、耐暑性が高いが、生育適温は15~20℃と低い。そのため夏場はレタス同様、室温を冷やすか冷涼な高原で栽培しなければならない。そこで私たちの考案した栽培装置で正常に栽培できるか試すために選択した。

(2) 水冷水耕栽培装置

図4に装置の仕組みを示した。小型プールに水140Lの水を入れ、栽培容器を水中に設置して育てるのがシステムの特徴である(図4)。栽培容器は二重のペットボトルで構成されており、パセリは内側の栽培ボトルに植え付ける。外側の養液槽ボトルには1000倍液肥(6-10-6.5)が300ml入っており、栽培ボトルから出した根で吸収させるように設計した。なお根ぐさを防ぐため、チューブで空気を養液槽に送っている。

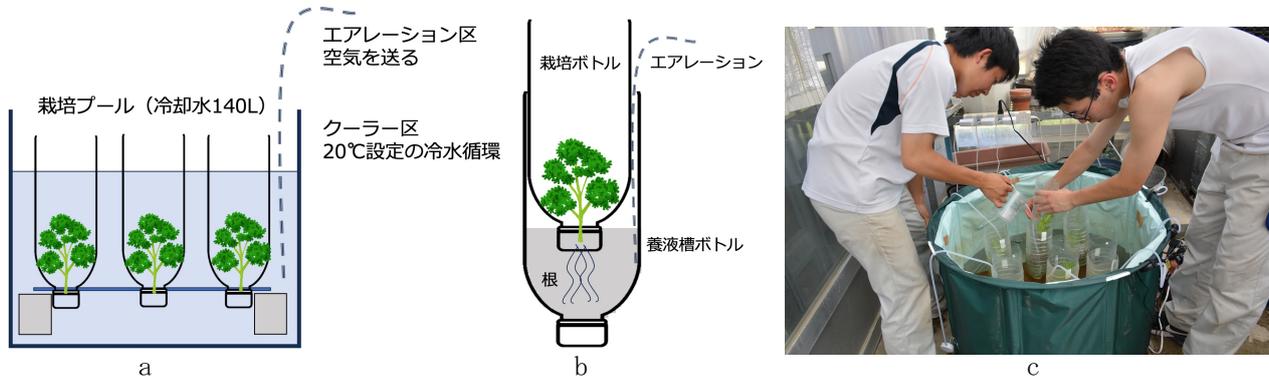


図4 水冷水耕栽培 (a:装置の概要 b:植え付け部の詳細 c:植え付け準備)

(3) 試験区設定

栽培はガラス温室とし、試験区は水を空気で攪拌するエアレーション区、観賞魚用小型クーラーで 20℃設定にして冷却するクーラー区を設けた。また一般的な水耕栽培装置を Control とした。なお試験区は表 1 に示した。

表 1 試験区

試験区	概要
Control	水耕栽培装置
エアレーション区	水を空気で攪拌
クーラー区	水をクーラーで 20℃冷却

(4) 結果

システムの性能を評価するため、温室内の気温、各区のプールの水温とボトル内の気温をデータロガーで測定した (図 5)。その結果、温室はまだ 6 月上旬でも 40℃を超え、栽培が難しい環境であることがわかった。しかしクーラー区は、エアレーション区ではプール水温が 30℃を超える日でも 30℃以下であった。これはプールをクーラーで冷却したため、温室の気温が 40℃を超える場合でも栽培ボトル内気温も 30℃以下に維持できた。

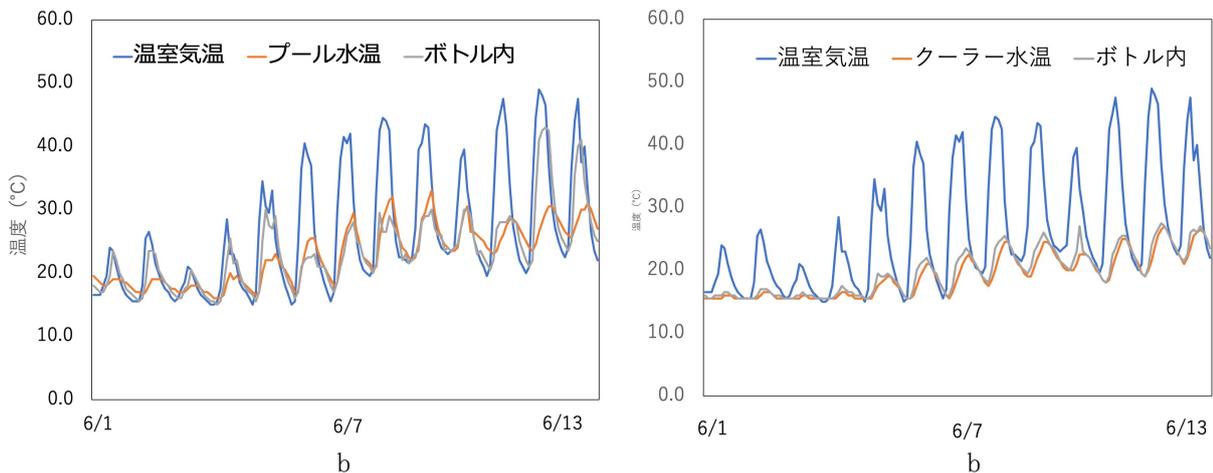


図 5 温度の推移 (a:エアレーション区 b:クーラー区)

栽培ボトル内の気温を比較した (図 6)。その結果、クーラー区は 5℃以上も低いことがわかった。ボトルを取り囲む水を冷却することで、間接的にボトル内の空気を冷やせることを明らかにできた。この冷却効果は猛暑の中で栽培するのに効果的だと考えられる。

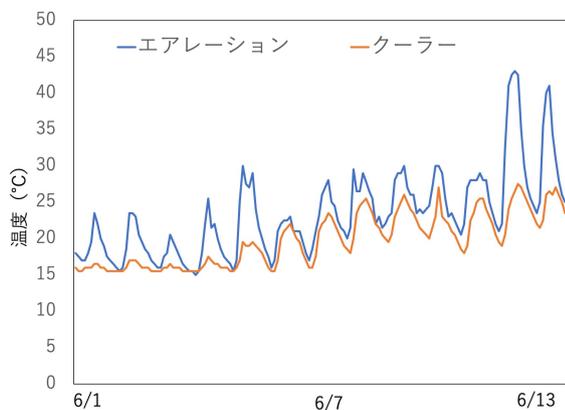


図 6 ボトル内気温の比較



図 7 生育中のパセリ

パセリの生育状況の結果を図8に示した。驚いたのはControlのパセリの地上部が、収穫時に乾燥していたことである。これは高温でパセリが過乾燥したためで、いかに栽培に適さない環境になっているかがわかる。収穫時、草丈はControlに対してクーラー区では約60%、エアレーション区でも38%伸長した。また根の長さもエアレーションとクーラー区で健全に伸長した。これによりControlでは高温障害を起こしたがプールで冷却した両区は高温の影響を回避したことがわかる。なおエアレーション区では、やや葉が黄化したものもあったが、クーラー区は葉色値 (SPAD) も高く、健全に生育しているのがわかる。

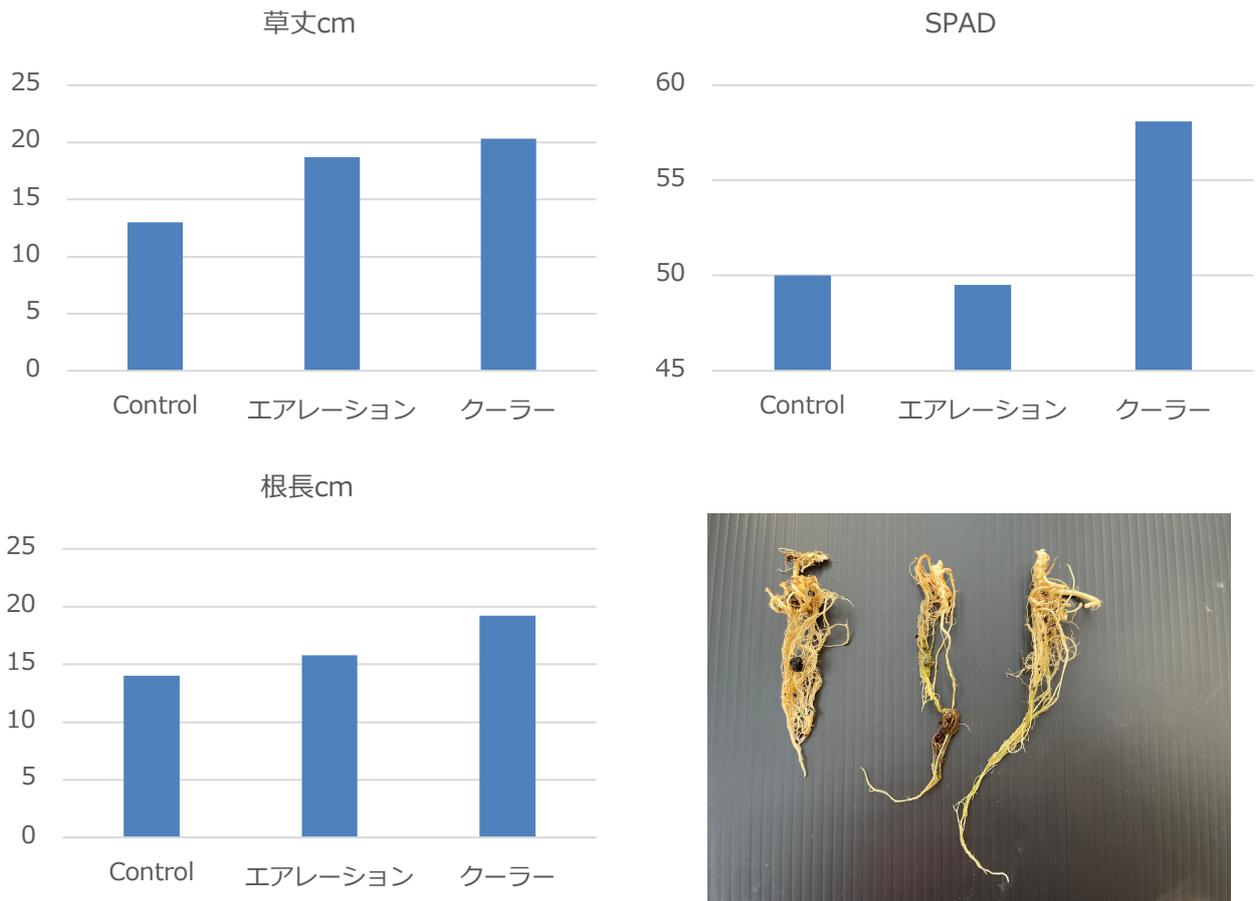
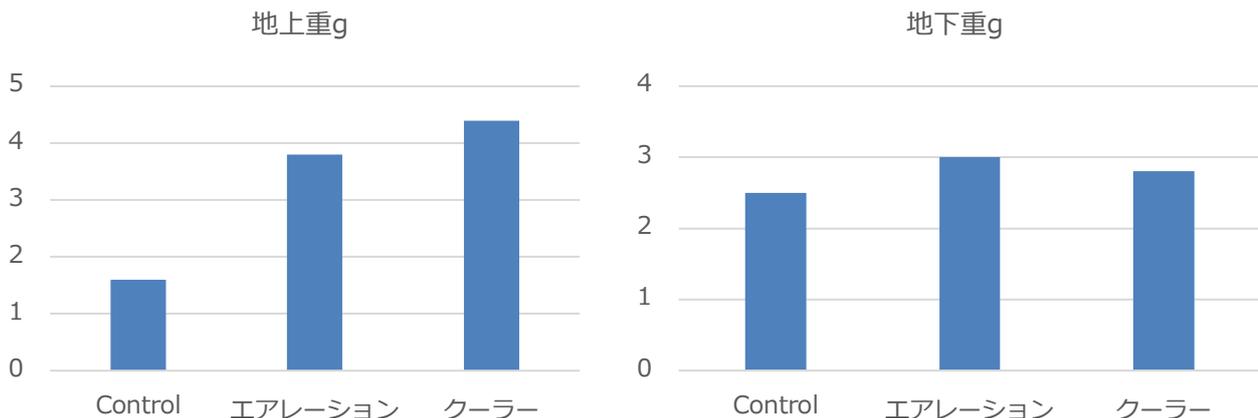


図8 パセリの生育状況 (写真は左からControl, エアレーション区、クーラー区)

図9は6株の収量平均である。その結果、地上重量 (可食部)、地下重量 (根) ともクーラー区、エアレーション区、Control の順に重いことがわかった。順調に成長した結果が終了にも現れている。



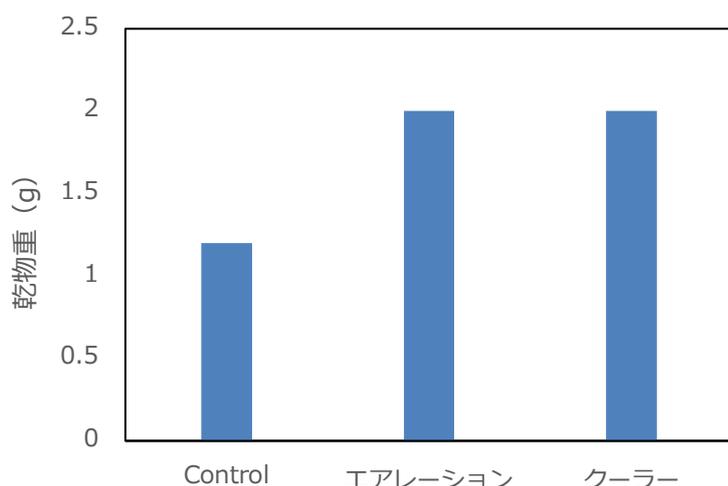


図9 パセリの収量調査 (写真は左から Control, エアレーション区、クーラー区)

また地上部、地下部を3日間乾燥させた乾物重量では、エアレーション、クーラー区とも重量が半減した。これは生育時、たくさんの水分を吸収して茎葉などに蓄えていたことを意味する。しかし Control はほとんど減少しなかった。これにより猛暑の中で水分を失っていたことがわかる。表2はガラス温室内で栽培した際、冷蔵装置を動かすために必要な電力から求めた二酸化炭素排出量の比較である。室内冷房は部屋全体をクーラーで冷やした場合で日中7時間稼働する設定で、水冷水耕は栽培規模を同じにするため、12台設置して24時間冷却した設定である。その結果、水冷水耕は約64%も二酸化炭素排出量が少ないことがわかった。これは空気に対して水の比熱が4倍あり、わずかなエネルギーで冷却しやすく、また温まりにくいという特徴によるものと考えられる。

表2 二酸化炭素排出量の比較

試験区	冷房装置の消費電力 (W)	二酸化炭素排出量/月 (kg-CO2)
室内冷房	1,500	158.8
水冷水耕	81 (小型クーラーとエアポンプ含む)	57.1

3 まとめと今後の展望

高額な施設なのに夏場は使えない本校のガラス温室がもったいなく、猛暑に対応する新栽培技術の開発に取り組んできた(図10)。その結果、現在の水耕栽培よりも生育部分を水に浸け、その水を冷却した方が気温40℃でも栽培できることがわかった。また室内全体を冷房装置で冷却するより、水を冷却した方が効率的であることを実証できた。これは空冷エンジンよりも水冷エンジンの冷却能力が高いことと同じである。栽培期間を通して水冷水耕では蒸発や水質劣化を防ぐため100Lの水を入れ換えたが、それでも経済的である。将来は栽培装置をより工夫した専用の栽培槽をデザインできるとより低コスト、低環境負荷技術に発展できると考えている。今後も新発想の技術開発に挑戦していくつもりである。

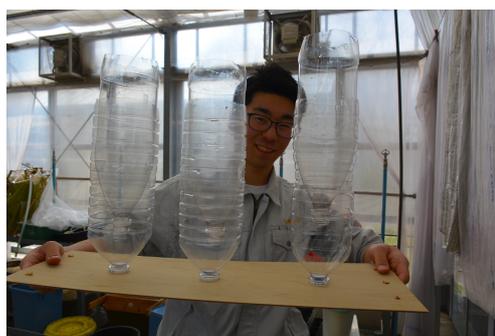


図10 装置の製作風景