

「第3のエコ資材」の考案・開発

研究事業化部門 高校の部
静岡県立富岳館高等学校・農業クラブ (代表：加藤 諒)

【背景】

現在、地球温暖化が深刻化している。CO₂排出量は30年前の1.5倍になり、世界の平均気温は100年で0.74℃、日本は1.07℃、上昇した。私達は夏季の高温が、静岡県の作物へどのような影響を及ぼすのかを取材（農家訪問）、過去25年で静岡県内のトマトの収穫量は34%減少していることが分かった（静岡県富士農林事務所への聞き取り）。大井川周辺では、高糖度トマトが生産されているが、温暖化の影響で県外の高冷地の軽井沢に圃場を移転しつつある。大井川の夜間温度は25℃、軽井沢は20℃と5℃の差があり、トマトの収量に大きな悪影響を与えている。そこで、私達は夏季の高温がトマトに及ぼす影響を調べるため、育苗期に高温処理を与えた。その結果、「花芽の発育遅延」や「しり腐れ果（高温障害）」、「奇形花」が発生することを確認した（第1・2図）。私達は温暖化による夏季の高温から産地を守ること（農作物の安定供給）に強く課題意識を持った。



第1図:しり腐れ果(高温障害)



第2図:奇形花(柱頭の伸長)

【目的】

富士山は酪農王国として知られている。私達は牧草地でフェアリーリングが発生していることを確認した（第3図）。フェアリーリングとはシバがリング状に繁り、その後キノコが発生する現象だ。西洋の伝説では「妖精の輪」と言われ、1884年の科学雑誌「Nature」で「妖精（フェアリー）が輪を作り、その中で踊る」と紹介されて以来、妖精の正体は謎とされていた。定説ではシバの病気が原因とされていたが、近年キノコが新たな植物成長調節物質（2-アザヒポキサンチン・AHX）を生成しシバが繁茂、その物質は環境ストレスに強い性質（塩ストレス）を植物に与えることが発表された（第4図、静岡大学農学部・河岸洋和 教授）。私達は「AHXが植物に高温ストレス耐性を与えることができる（未確認）」のであればAHXを活用し「温暖化に負けないトマト生産」が可能ではないかと考えた。



第3図:フェアリーリング(妖精の輪)



第4図:2-アザヒポキサンチン(AHX)

【研究計画】

平成24・25年度：基礎研究

・「植物成長調節物質」の検証

・「植物成長調節物質を含んだ製品」の開発、農家での試験

平成 26 年度：応用研究

・「植物成長調節物質を含んだ製品」の開発・量産、トマト農家への本格導入

【研究結果】

※本実験(AHX 区、AHX チップ区)で活用した AHX 濃度:0.1mM

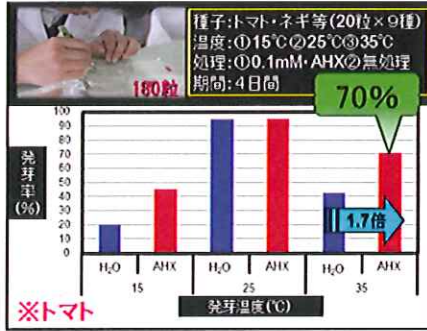
キノコ(フェアリーリングを引き起こす「コムラサキシメジ」)の培養を行った。その結果、菌糸はフェアリーリングと同様、リング状に繁殖することが分かった。その後、シバが生えたシャーレで菌糸を培養、菌糸の量を増やす程、シバが成長した。以上のことから、キノコがシバの成長のヒントであることを確認した。私達は、富士山麓・朝霧高原でサンプリングしたフェアリーリングのキノコ(シバフタケ)からの新物質の濃縮に挑戦、「2-アザヒポキサンチン・AHX」を抽出した(静岡大学協力)。高温ストレス条件下における AHX の効果(未確認)を検証した。数種の野菜の種子に 35℃の高温ストレスを与え、発芽率を調べたところ、AHX 区のトマトの発芽率は 70%、無処理区の 1.7 倍の値を示した(第 5 図)。さらに、培地に植えつけたトマトの根の長さを 1 週間、測定した。その結果、AHX 区の根はストレスを受けずに成長することが分かった。以上のことから、AHX は成長促進だけでなく、高いストレス耐性(耐暑性)の効果があることを確認した。

私達は AHX を取り入れた媒体として、地元・製紙業(富士宮市の主産業)の廃材・ペーパースラッジに着目、AHX チップ(1 粒あたりの大きさ:1cm、質量:1g、ペーパースラッジをチップ化・炭化させ AHX 水溶液に浸漬・乾燥処理)を考案・開発した(第 6 図)。私達は AHX チップによる栽培レベルでの検証を行うため、トマトの養液栽培を行った。4 つの区(無処理区、AHX 区、チップ区、AHX チップ区)を設け、35℃を越える温室で苗を定植・栽培した。その結果、AHX チップ区の苗は無処理区の 1.3 倍、成長するとともに、高い成長速度を示した。根の生育を調査した。AHX チップ区の根は無処理区の 1.6 倍に発達し、栄養成長を高める要因であることを見出した。生殖成長については、AHX チップ区の収量は無処理区の 1.4 倍の値を示し、糖度も高まることが分かった(第 7 図)。

AHX のメカニズムを考えた。私達は栄養成長、生殖成長が旺盛になる要因として、蒸散や呼吸活性の代謝が AHX により活性化すると仮説をたてた。温度と蒸散の関係について重量法(トマトの重量を事前測定→人工気象器で高温処理→トマトの重量を再測定)を用い、検討した。その結果、25℃の常温条件では処理区間に差は見られなかったものの、35℃の高温条件では AHX 区の蒸散量が無処理区に比べ抑制された(第 8 図)。仮説とは逆の結果に、私達は驚いた。このことから、AHX は高温時に蒸散量を抑えることで、植物体内の水分ロスを防ぎ、「しり腐れ果」の発生を軽減させる究極の効果があることを見出した(AHX チップ区のしり腐れ果数:無処理区の約 1/3(検証済み)、植物の水利用効率の向上)。根の呼吸活性については、養液の溶存酸素を 1 時間ごとに測定、高温時(35℃)は AHX 区の根の呼吸活性が抑制されたことにより、植物体内に蓄積された糖は分解されず、AHX チップ区の植物体・果実の成長及び果実の糖度が向上した可能性を確認した(第 9 図、AHX 区の容器に残留した溶存酸素量が多い→呼吸活性抑制)。なお、25℃の常温時の呼吸活性においては処理区間に差は見られなかった。

AHX チップの機能性を考えた。チップ 1g あたりの AHX 供給量は 0.8 μ g、4 か月の AHX の使用量を溶液区の 1/2 に抑えるとともに、保水性を示す(チップの空隙率 86%→スポンジのような吸水効果)ことから養液量を通常の 1/3 に軽減できる(第 10 図)。以上のことから、AHX チップは AHX を徐々に放出する「第 3 のエコ資材」(リサイクル)として、安定したトマト生産を可能にする可能性を認めた。現在、高糖度トマトを生産している農業法人や地域のトマト農家、県外、東南アジア等(複数の農家)へ AHX チップが試験導入され、経営レベルで検証、健全な成長・収穫が認められている。また、平成 26 年 7 月、私達と高島屋と連携し、チップで育てたトマトで「地球に優しい

中元・歳暮ギフト」を開発、全国販売（600食）によりエコ資材「AHXチップ」の可能性が広がった。



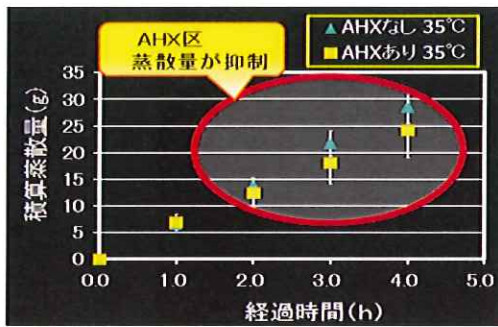
第5図: 高温ストレスが発芽率に及ぼす影響



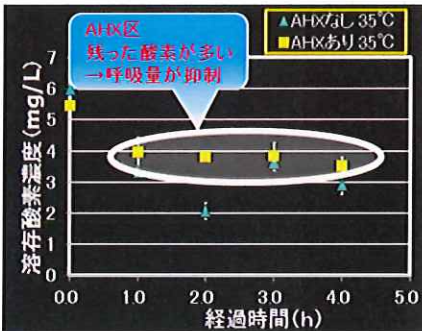
第6図: 「第3のエコ資材」AHXチップ

定植5か月後	無処理	チップ	AHXチップ	AHX溶液
収量 (kg/6株)	3.55	3.72	4.83 (1.4倍)	4.96
果重 (g/果)	73.9	80.8	89.4	90.2
糖度 (°)	6.2	6.4	6.8 (1/3)	6.7
しり腐れ果 (個/6株)	74	38	24	42

第7図: AHX がトマトの生殖成長に及ぼす影響



第8図: AHX がトマトの蒸散量に及ぼす影響



第9図: AHX がトマトの呼吸量に及ぼす影響

AHX供給量 0.8 μg/g

処理区	AHX溶液	AHXチップ
AHX使用量 (mg/4か月)	548	262 (1/2)
養液の灌水量 (L/日)	18.6	6.2 (1/3)

第10図: AHXチップによる養液量の節約効果

【普及活動】

現在、私達は広報活動にも力を注ぎ、環境省シンポジウムや市民講座（富士宮市民カレッジ）、JA、小・中学校等でAHXチップを活用した出前授業を行い、小学生から農家まで世代を超えた富士山エコチームを結成し、環境保護を啓発している。また、私達の輪は東京の小学校（東京都港区立青山小学校）まで広がり、温暖化から江戸野菜を守る活動（屋上での江戸野菜の栽培→東京屋上のため夏季の高温化が野菜栽培に厳しい（ヒートアイランド現象）にAHXチップが試験活用された。

今後はAHXチップの機能性をより改善し静岡県内外のトマト農家にAHXチップの特徴を幅広く理解していただけるよう研究を継続していきたい。そして、トマト以外の農作物（茶・ミカン・メロン・ワサビ等）にも試験し、静岡県の産地・農家を守る活動（農作物の安定供給）を実践していく予定である（私達によるキュウリ・レタス農家での検証→1割収量増加（検証済み））。

さらに、AHXチップの耐塩性を東日本大震災で津波の被害を受けた東北の塩害水田に活用していきたい（AHXによる耐塩性は検証済み）。平成26年9月、他県の農業高校（京都府立桂高等学校・宮城県小牛農林高等学校の生徒）や国土交通省と連携し、宮城県鳴瀬川の河口付近の堤防（東日本

大震災で津波の被害を受けた)の法面緑化(シバ→塩害で生育悪化)にAHXチップ(耐塩性あり)を活用した。

【私達の独自性・AHXチップの特長】

・私達のアイデアでAHXとペーパースラッジの組合せ「AHXチップ」を開発、地域と連携し県内外の複数の農家に試験導入した(私達:AHXチップのアイデアの創出・開発・活動の中心・取りまとめ・実働、静岡大学農学部:AHXの提供・実験の助言、製紙業者:ペーパースラッジの提供)。

・AHXチップはAHXと「ペーパースラッジ」(今まで不要物として廃棄するしかなかった)を組み合わせた新規性・先進性に富んだ土壌改良資材「AHXチップ」(紙の廃材でできているため土に還るリサイクル資源)である。

・AHXチップはAHXを徐々に放出する緩効性型の「第3のエコ資材」(今までにない地球温暖化に対応した土壌改良資材)として、安定したトマト生産を可能にする。

・通常、夏場の温室内の高温を防ぐため、寒冷紗や温室の屋根に特殊な被覆フィルム(熱線カット)を活用したりするが、コストが高くとともに取り付け作業が大掛かりになり作業の効率化が現場から望まれている。AHXチップは従来の方法より低コストで済み、土壌改良資材として、温室内の土壌にチップを混ぜ込むだけで効果を発揮できるため、簡単な作業で済む(試作品を活用した農家からの導入依頼が複数寄せられている(以下に示す))。

・「AHXチップ」は「環境ストレス」に強く、地球温暖化(夏季の高温化)による国内・世界的農作物の減収・品質劣化防止(食料の安定供給)に役立つ。

- 1 静岡県内で温暖化によるトマトの不作に悩む農家
- 2 全国(特に本州以南)で温暖化によるトマトの不作に悩む農家
- 3 静岡県内で温暖化による農作物の不作に悩む農家
- 4 全国(特に本州以南)で温暖化による農作物の不作に悩む農家(特にイネ)
- 5 東日本大震災で被害に遭った塩害水田で稲作を営む農家等(AHXによる耐塩性を確認済み)

【売上計画と課題】

価格の検証。事業化した場合、AHXの価格は25gで9,000円。この価格は他の植物成長調節物質と比較して大差はない(例:既に市販されているオーキシシン:3,000円/25g、サイトカイニン:8,000円/25g、ジベレリン:150,000円/25g)。また、ペーパースラッジ自体は無料で、炭化処理の費用は30Lで700円。以上のことから、AHXチップの価格は30L・840円、利用者が購入しやすい価格であることが分かる(利用者にアンケート済み)。

「AHXチップ」購入対象:野菜農家、種苗業者等

静岡県の主業農家数:11千戸うち300戸→年間100袋(30L/袋)×300戸=30,000袋

準主業農家:9千戸うち100戸→年間50袋(30L/袋)×100戸=5,000袋

副業的農家:19千戸うち400戸→年間40袋(30L/袋)×400戸=16,000袋

対象とする静岡県内の市場規模:年間51,000袋×840円(AHXチップ)=42,840,000円

今後の生産上の課題を以下に示す。

- ・AHXを量産するための設備及びシステムの開発(富岳館高校農業クラブ(私達)、静岡大学農学部)
- ・AHXを炭化ペーパースラッジに浸漬させ短時間で大量に乾燥処理可能な機械・システムの確立(富岳館高校農業クラブ(私達)、地元の製紙業者)。

【参考文献】

「植調」第45巻第7号(財団法人・日本植物調節剤研究協会編)