

令和 2 年 11 月 6 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K07592

研究課題名（和文）クチクラ層特性簡易評価法と障害対策技術の開発

研究課題名（英文）Development of evaluation method for cuticular layer characteristics and control of cuticular layer injury.

研究代表者

鈴木 克己（Suzuki, Katsumi）

静岡大学・農学部・教授

研究者番号：70370575

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：トマトの葉の水疱症発生を引き起こす低UV条件が、クチクラ層形成を阻害することを明らかにした。トルイジンブルー水溶液により、クチクラ層の異常を染色することで、障害程度を定量化できた。その簡易的手法を用い、トマトの水疱症の発生について研究を行った結果、低UV、高湿度などクチクラ層の形成が抑制される条件下において、発生が多いことを示した。よって、障害発生抑制のためには、UV照射が十分あること、低湿度であることが有効であることを示した。以上のことを、投稿論文としてまとめた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

トマトの生産現場で問題となっている水疱症について、クチクラ層の異常を伴っていることを明らかにした。クチクラ層の異常を染色する方法を用いることで、簡易に判別できることを示した。また、発生条件に関する研究により、障害発生を抑制する条件として、クチクラ層の形成を促進するUV照射、低湿度が有効であることを示した。これらの条件を生産現場で再現することで、水疱症の発生を抑制できると期待される。

研究成果の概要（英文）：Low UV condition caused the development of intumescence injury on tomato leaves with inhibit cuticular layer formation. The degree of injury could be quantified by staining the cuticular layer with an aqueous toluidine blue solution. As a result of studying the occurrence of intumescence injury in tomato using the simple method, it was shown that the occurrence is large under the condition that formation of cuticular layer is suppressed such as low UV and high humidity. Therefore, it was suggested that sufficient UV irradiation and low humidity are effective for suppressing the occurrence of intumescence injury. The above is summarized as an original paper.

研究分野：野菜園芸学

キーワード：トマト クチクラ層 水疱症 UV 湿度 生理障害

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

陸上植物は海から上陸したため、乾燥、外敵、UV などから身を守るバリアとなるクチクラ層を獲得した。クチクラ層の形状は様でなく、植物種により異なり、また同じ植物でも環境に対して変化する。このような背景から近年のクチクラ層研究は、環境変化とも連動し、それを構成しているワックスやクチン合成のための脂質代謝経路、その合成や制御機構に関与する遺伝子発現、CARS 顕微鏡や SRS 顕微鏡など新規の顕微鏡を用いた構造解析など多岐に亘っている。農業生産の場においてもクチクラ層の形状変化は、UV、乾燥、病害虫からの防除にも大きな影響を与えるものであり、生産性と密接な関係にある。施設トマトでは、強光、高 UV、乾燥条件でトマト果実のクチクラ層に亀裂が入る裂果が収量や品質を低下させる生産上の大きな問題となっている。また病原菌とクチクラ層との関連について研究が多く、農薬開発などに応用されている。一方、弱光、低 UV、高湿度条件では葉の表面が隆起する水疱症の発生が問題となっている。裂果についてクチクラ層との関連を調査した報告はあるが、水疱症については研究がほとんどない。イチゴやナスでは果実が着色するときに UV を必要とし、色素についての報告はあるものの、クチクラ層との関連について着目した研究はない。本研究はクチクラ層を基軸に、環境制御方法の開発に結びつける新規の研究である。

2. 研究の目的

本研究は、園芸作物生産において植物表面を覆うクチクラ層に焦点を当て、どのように植物が紫外線 (UV) や乾燥 (温湿度) などの環境要因から身を守るため、クチクラ層をコントロールしているのかを構造科学的に究明し、その制御システムを解明することによって生産上有利になる環境制御方法を導き出すことを目的としている。そのために、果実や葉のクチクラ層を単離し、紫外線感光フィルム利用による、クチクラ層の特性を簡易的に解析する手法を開発し、研究に適用する。これまで経験的に用いられている光量や UV の制御、温湿度制御を高度化し、クチクラ層を制御するという新しい概念を加えることで、園芸作物の障害発生を抑制し、植物工場や施設園芸に有効な環境制御技術を提案する。

3. 研究の方法

施設栽培学、形態学、植物生理学の手法を組み合わせ取り組む。低 UV 環境など環境要因を人為的に作出し、各種環境要因と障害発生、特にトマトの葉の水疱症との関係を調査し、クチクラ層の環境応答を究明する。クチクラ層の異常を簡易に評価する方法を用いて、障害発生程度を評価する。本解析方法を評価手法として、クチクラ層以上が起こる環境要因、生育ステージを明らかにする。最終的には適切な環境を作ることで、クチクラ層の特性が安定するか調査を行い、障害を抑制する環境制御技術を提案する。

4. 研究成果

クチクラ層の障害としてトマトの葉の水疱症に注目し研究を推進した。トマトの水疱症は葉の背軸側の表面に白い点状の隆起した部位が現れ、その後、隆起した部位は拡大し、褐変し、重症になると葉が枯れる生理障害である。水疱症は UV カットフィルム下や人工光源下で発生することが多く、生産現場でも問題となっている。走査型電子顕微鏡による観察では水疱症により葉の背軸側の個々の細胞が隆起した様子が観察され、葉脈の表皮細胞や気孔の孔辺細胞も隆起していた(図1)。切片での観察では、表皮細胞、海綿状組織の細胞、また柵状組織の細胞でも肥大することが観察された。樹脂切片を作成した場合、正常な向軸側の葉の表皮、正常な背軸側の表皮では、表面と包埋用のテクノビット 7100 樹脂が剥離することがあった。しかし、隆起した表皮では樹脂は剥離することはなかった(図2)。透過型電子顕微鏡による観察では、水疱症を起こした葉の表皮細胞のクチクラ層で、一番外側のワックス層の消失、中間層の異常、クチクラ層の減少などクチクラ層の異常が観察された。

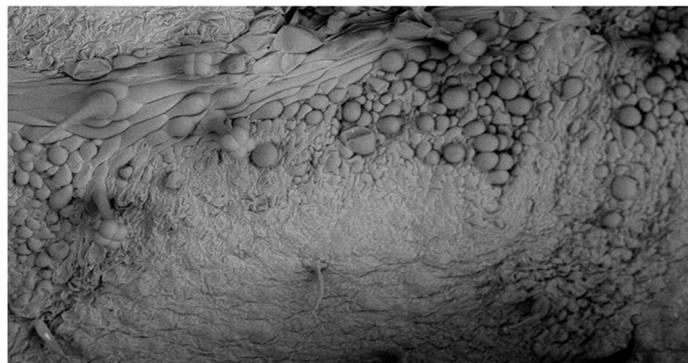


図1 水疱症を発生したトマト葉

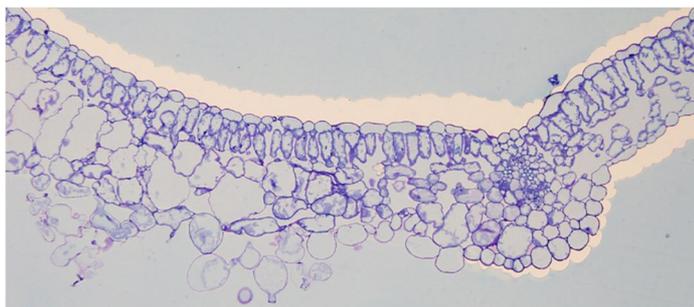


図2 テクノビットで切片にしたトマト葉水疱症の光顕像、白い部分は正常なクチクラ層が存在し樹脂が剥がれているところ

クチクラ層の異常を簡易に識別するためトルイジンブルー染色を行ったところ、水疱症発生部位は紫色に染色された(図3)。この染色法を使用することで葉の全面積に対する染色面積の割合を水疱症発生程度として数値化することが可能になった。低UV条件のグロースチャンパーを使用した実験から、水疱症は若い葉や完全展開葉では発生しにくく、葉面積を拡大する展開葉で発生が多くみられた(図4A)。水疱症を起こした葉の水分含量は正常な葉に比べて低下していた(図4B)。水疱症は低湿度条件で発生が少なく、高湿度条件で発生が多かった。UVや湿度はクチクラ層の発達に影響を与えることが知られており、水疱症はクチクラ層が発達しにくい条件で重度化すると考えられた。以上のことから、葉の水疱症はクチクラ層の異常を伴うことが明らかになり、UV照射や低湿度などクチクラ層がよく発達する条件では障害が少なくなることが示された。



図3 トルイジンブルー水溶液で染色した水疱症を発生したトマト葉

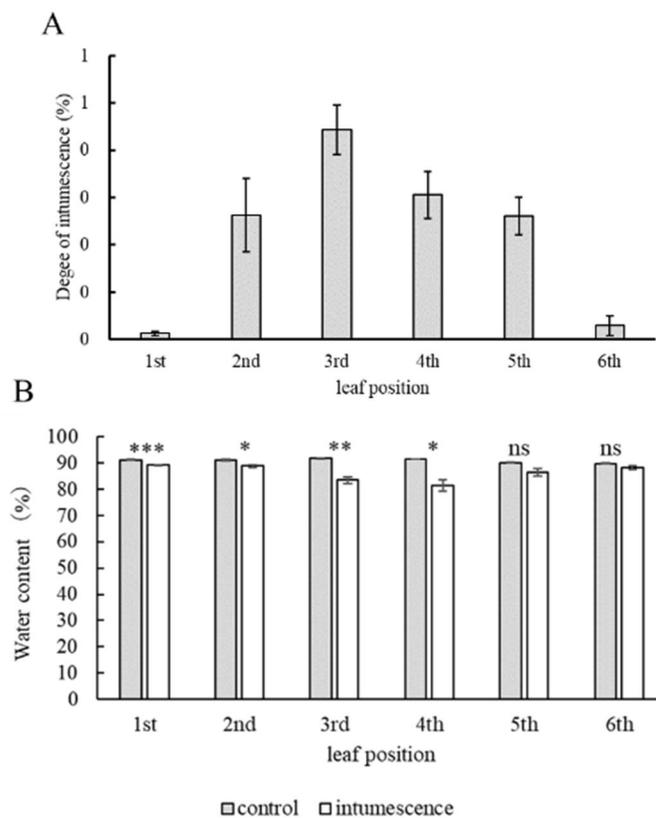


図4 各葉における水疱症発生程度(A) 水疱症を発生した個体と発生していない正常個体の各葉の含水率(B)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 鈴木克己	4. 巻 92
2. 論文標題 トマトの周年安定生産に向けた取組み-夏季高温の克服と冬場の効率的な暖房-	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 農業および園芸	6. 最初と最後の頁 650-656
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Katsumi Suzuki, Chiaki Ozawa, Yoshikazu Kiriwa	4. 巻 89
2. 論文標題 Morphological Study on the Incidence of Intumescence Injury in Tomato Plant Leaves	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Horticulture Journal	6. 最初と最後の頁 567-574
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.2503/hortj.UTD-187	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小澤千秋・外岡千智・切岩祥和・鈴木克己
2. 発表標題 トマトの水疱症発生における品種間差異
3. 学会等名 園芸学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小澤千秋・古屋哲・切岩祥和・鈴木克己
2. 発表標題 トマト水疱症発生に伴う葉のクチクラ層の変化
3. 学会等名 園芸学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古屋哲・鈴木克己・切岩祥和・糠谷明
2. 発表標題 夏秋トマト栽培における環境要因と放射状裂果との関係
3. 学会等名 園芸学会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Katsumi Suzuki	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 228
3. 書名 Adaptation to Climate Change in Agriculture: Research and Practices (Physiological Disorders and Their Management in Greenhouse Tomato Cultivation at High Temperatures)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----