

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：11601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06013

研究課題名（和文）トマト水疱症の発生メカニズムの解明と発生予測

研究課題名（英文）Elucidation of the developmental mechanism of tomato intumescence and prediction of its occurrence

研究代表者

深山 陽子（Miyama, Yoko）

福島大学・食農学類・准教授

研究者番号：00502098

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：トマト水疱症の発生度または発生率は品種や栽培環境条件に関わらずトマトS/R比と高い正の相関があることが明らかとなり、S/R比から水疱症発生を予測可能であることが示唆された。また、土壌水分や湿度の変動にともなうトマトの木部圧ポテンシャルの変動幅を小さくすることで水疱症発生を低減できると考えられた。

本研究より、水疱症の発生メカニズムは、栽培環境が乾燥条件から湿潤条件へ変化する際に植物体のS/R比が大きいと地上部の水ポテンシャルの上昇幅が大きくなり地下部からの吸水速度と地上部の蒸散速度のバランスが崩れ、膨圧により細胞壁が破壊されることで発生するものと推察された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水疱症はこれまで紫外線強度が低いときや高湿度条件が続くときに発生すると報告されていた。本研究ではトマト水疱症発生には水環境の変動にともなう木部圧ポテンシャルの変動が関与していると考えられた。また、水疱症発生前のトマトの形状（S/R比）から水疱症の発生が予測できる可能性を示唆した。

トマト水疱症は近年生産現場で育成・収量の低下をもたらすことから問題となっている。本研究成果は水疱症が発生しにくい植物体の育成方法や土壌水分や湿度等の水環境制御方法の構築に寄与できるものである。

研究成果の概要（英文）：The incidence or rate of tomato intumescence was found to be highly positively correlated with the S/R ratio of tomato regardless of cultivar or growing conditions. This suggests that the S/R ratio can predict the occurrence of intumescence. It was also suggested that intumescence development could be reduced by decreasing the range of variation in xylem pressure potential of tomato caused by changes in soil moisture and humidity. The results of this study suggest that when the growing environment changes from dry to wet conditions, intumescence is caused by the breakdown of cell walls due to swelling pressure, which is caused by an imbalance between the water absorption rate from soil and the transpiration rate.

研究分野：園芸科学

キーワード：トマト 水疱症 木部圧ポテンシャル S/R比

## 1. 研究開始当初の背景

近年トマト生産現場では生理障害である水疱症(intumescence、葉瘤症とも呼ばれる)の被害が問題となっている。水疱症は細胞壁のバーストが起こった結果とされており、閉鎖型苗生産施設内での報告例があり、光源の紫外線強度が低いときや高湿度が数日維持されるときに発生することが明らかになっている (Lang and Tibbit.,1983, 淨閑.2015, 三須ら.2018 等)。

しかしながら、太陽光照射下の温室でも水疱症の発生は認められており、生産現場での著しい成育・収量の低下が確認されている (図1)。温室では閉鎖型苗生産施設と異なり低紫外光強度や数日間の高湿度条件が生じることはいないため、既存の報告とは別の原因もあると考えられた。



図1 トマト水疱症被害

AB: 苗の発生(葉に水疱)

C: 温室定植後の発生(葉に水疱、落葉)

## 2. 研究の目的

本研究ではトマト水疱症の発生メカニズムを明らかにするとともにその発生予測法を検討することで、その後の水疱症対策構築に寄与することを目的としている。特に、水疱症が多発した生産者温室で観察された水環境の急激な変化が水疱症発生に及ぼすメカニズムを検討するとともに、水疱症発生前の植物体の形状との関連について明らかにする。

## 3. 研究の方法

### (実験1) 水疱症発生の品種間差と水環境変動時の木部圧ポテンシャルの変化調査

既報にある水疱症発生に品種間差が生じる要因を調べることを目的とした。水疱症が発生していない128穴セルトレイで育成したトマト苗を気温30℃・相対湿度50%に設定した人工気象器に投入して5時間無灌水とした後に相対湿度90%に設定変更すると同時に底面灌水を施した。人工気象器投入0、1.5、3.5、6.5および8.5時間後にトマト苗の茎の地際部で切除してプレッシャーチャンバーを用いて木部圧ポテンシャルを計測した。供試品種は、プレ実験で水疱症の発生程度を調べた結果、発生が甚大な‘桃太郎ピース’、中程度の‘CFハウス桃太郎’、発生程度が低い‘麗容’の3品種とした。

### (実験2) 光源の違いがトマト苗のS/R比および木部圧ポテンシャルの変化に及ぼす影響調査

既報にある閉鎖型苗生産施設内で光源により水疱症発生程度が異なる原因をトマト苗の形状および施設内の水環境から検討した。商用の閉鎖型苗生産施設で用いられている蛍光灯およびLEDを用い、それぞれの照射下で128セルトレイを用いてトマト苗を育成した。供試品種は、‘桃太郎ピース’および‘麗容’とした。水疱症発生前に苗をサンプリングしてS/R比を調べるとともに、(1)と同様に人工気象器内に投入し、木部圧ポテンシャルを計測した。また、これらを測定後にも閉鎖型苗生産施設内での苗育成を継続し、水疱症の発生程度の違いを確認した。

### (実験3) S/R比の異なる同一品種のトマト苗の水疱症発生調査

水疱症発生に及ぼす形状の影響を調べることを目的とした。根量を増やすために *Bacillus pumilus* TUAT1 株をトマト播種時に接種し、72穴セルトレイで育成した苗を(1)、(2)と同様に人工気象器に導入し、水疱症発生程度を調べた。供試品種は‘桃太郎ピース’とした。

## 4. 研究成果

湿度および土壌水分率が急上昇したときにトマト苗の木部圧ポテンシャルの上昇幅は、‘桃太郎ピース’、‘CFハウス桃太郎’、‘麗容’の順に大きく、水疱症の発生が甚だしい品種ほど大きかった (Fig. 1 (Miyama and Yasui, 2021))。また、紫外光のないLED照明下で育成した苗のほうが紫外光を有す蛍光灯下で育成した苗よりも木部圧ポテンシャルの上昇幅は大きかった (Fig. 2 (Miyama, 2022))。

いずれの実験においても水疱症発生前のトマト苗のS/R比が大きいほど水疱症発生が甚大となった。すなわち、品種では‘桃太郎ピース’、‘CFハウス桃太郎’、‘麗容’の順で、光源ではLED照射下育成下苗で蛍光灯照射下で育成した苗よりも、*Bacillus pumilus* TUAT1 株を接種していない苗よりも接種苗で、S/R比が大きく水疱症の発生も甚大であり、両者には高い相関が認められた (Fig. 3 (Miyama, 2022))。

本研究の結果、品種や栽培環境条件に関わらず水疱症の発生度または発生率はトマト植物体のS/R比と高い正の相関があることが明らかとなった。このことから、S/R比から水疱症発生を予測できる可能性が示唆された。また、土壌水分や湿度の変動幅を小さくすることで水疱症発生を低減できると考えられた。これらのことから、水疱症の発生メカニズムは、栽培環境が乾

乾燥条件から湿潤条件へ変化する際に植物体の S/R 比が大きいと地上部の水ポテンシャルの上昇幅が大きくなり地下部からの吸水速度と地上部の蒸散速度のバランスが崩れ、膨圧により細胞壁が破壊されることで発生するものと推察された。

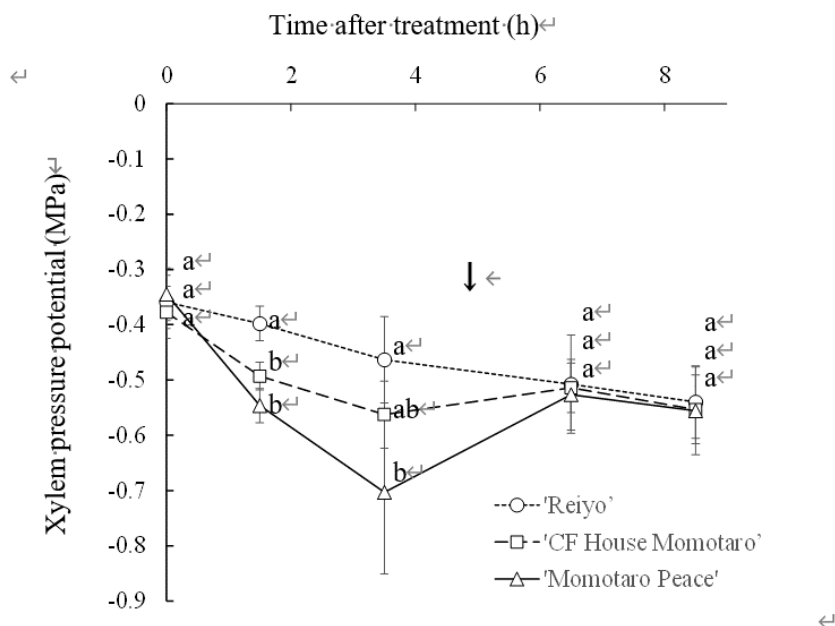


Fig. 1. Changes in the xylem pressure potential of tomato seedlings. At 5 h after treatment initiation ( $\downarrow$ ), seedlings were sub-irrigated, and the relative humidity was changed from 50% to 90%. Error bars indicate standard deviation. Means within columns followed by different lowercase letters are different at the 5% significance level, based on the Tukey–Kramer test ( $n = 4$  or  $5$ ).

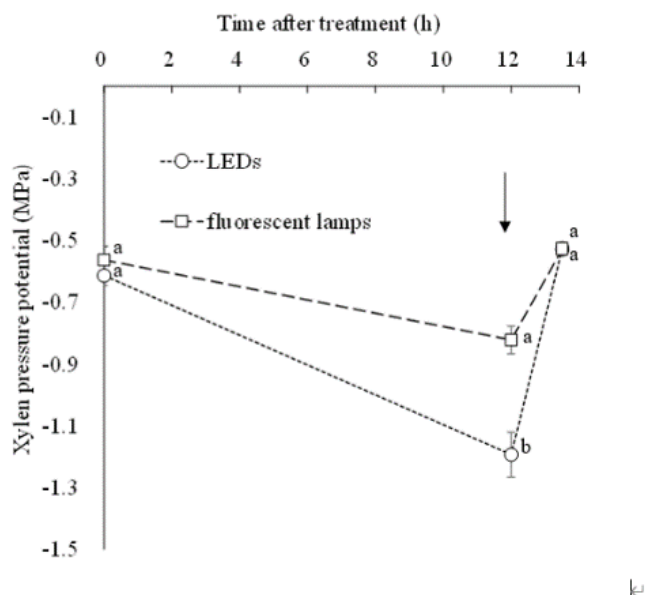


Fig. 2. Changes in the xylem pressure potential of tomato seedlings grown in a closed-type seedling production system. Data pertain to Reiyoo seedlings on day 14 after sowing. Different letters indicate significant difference at the 5% level according to the  $t$ -test results. Vertical bars indicate the standard errors ( $n = 4$ – $6$ ). Temperature:  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; relative humidity: 50%, with no irrigation until 12 h. At 12 h ( $\downarrow$ ), changed relative humidity was 90% with bottom-fed irrigation in a chamber with controlled environment.

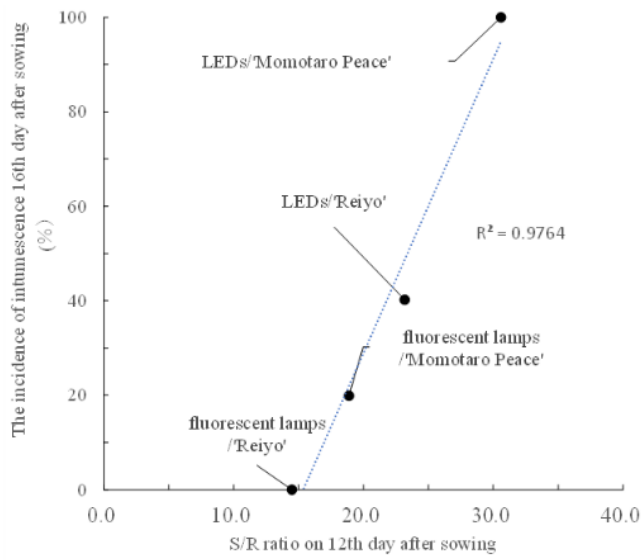


Fig. 3. Effects of the shoot/root (S/R) ratio on day 12 after sowing the tomato seedlings of different varieties on the incidence of intumescence on day 16 (after sowing) under different light sources.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 MIYAMA Yoko, YASUI Nanako	4. 巻 59
2. 論文標題 Varietal Differences in Tomato Intumescence under Changing Water Conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environment Control in Biology	6. 最初と最後の頁 157 ~ 163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2525/ecb.59.157	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 -
1. 著者名 MIYAMA Yoko, KAMIYAMA Kiyomi, TSUJIMOTO Wataru, TAIRA Shu, TERABAYASHI Satoshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Effects of Defoliation on the Occurrence of Internal Browning in Tomatoes Grown in Soilless Cultures	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environment Control in Biology	6. 最初と最後の頁 103 ~ 108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2525/ecb.60.103	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 -
1. 著者名 Yoko Miyama	4. 巻 10
2. 論文標題 Effects of different light sources on the shoot to root ratio and intumescence incidence in tomato seedlings grown in a commercial closed seedling production system	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Horticultural Science and Technology	6. 最初と最後の頁 1 ~ 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22059/IJHST.2022.338357.538	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 -
1. 著者名 深山陽子	4. 巻 734
2. 論文標題 トマト水疱症発生の品種間差異は地上部重と地下部重の割合が関与する	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 農業と科学	6. 最初と最後の頁 1 ~ 4
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 深山陽子	4. 巻 第34巻 第1号
2. 論文標題 トマト水ほう症	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ハイドロポニックス	6. 最初と最後の頁 8 9
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 -

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 深山陽子
2. 発表標題 トマト水ほう症発生に及ぼすSR比の影響
3. 学会等名 園芸学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小沢聖 深山陽子
2. 発表標題 トマト水ほう症の品種間差に及ぼすPressure-Volume Curve(P-V Curve)の影響
3. 学会等名 日本農業気象学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 深山陽子 石川大太郎 横山正
2. 発表標題 UVカットフィルム下におけるBacillus pumilus TUAT1 株接種がトマト水ほう症発生に及ぼす影響
3. 学会等名 日本農業気象学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 深山陽子
2. 発表標題 水環境がトマト水疱症発生に及ぼす影響
3. 学会等名 園芸学会令和元年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 深山陽子
2. 発表標題 水環境がトマト水疱症発生におよぼす品種間差異
3. 学会等名 園芸学会令和2年度春季大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関