

トマトは刃物・害虫からの攻撃で防御反応を示すのか

Do tomatoes react defensively to attacks by cutlery and insects

Abstract

Previous studies have shown that tomatoes defend themselves by sending out electrical signals when attacked by insect pests. In this study, we will investigate whether tomatoes send out the same electrical signals when attacked by cutlery or other pests. We will also compare the differences in the magnitude of the electrical signals when tomatoes are attacked by cutlery and when they are attacked by pests by eating them. These two are the aim of this study.

1. はじめに

先行研究から、トマトは害虫であるオオタバコガの幼虫に実を食べられた際に、攻撃された箇所から電気信号を発生させ、葉や茎を通り、トマト全身に警報を送っていることが明らかになっている (Fruit Herbivory Alters Plant Electrome : Evidence for Fruit - Shoot Long - Distance Electrical Signaling in Tomato plants. [2021], Plants ‘Scream’ in the Face of Stres [2019]). これより本研究では、外部から受ける攻撃が害虫以外のものであっても、攻撃を受けた際に電気信号を発生させるのか、また、攻撃を受ける頻度によって電気信号に変化はあるのかを調査する。さらに、害虫以外の外部からの攻撃により、電気信号を送っていることが確認された場合は、攻撃の種類によって出る防御反応に違いがあるのかどうかを比較する。この研究から、トマトがさまざまな外部からの脅威に対してどのように反応し、自己防衛として電気信号を発生させているのかの理解を深め、トマトの電気信号に関する知識の向上に繋がたいと考えている。

2. 研究目的

本研究では、外部から受ける攻撃が害虫以外のものであっても、攻撃を受けた際に電気信号を発生させるのか、また、攻撃を受ける頻度によって電気信号に変化はあるのかを調査することを目的とする。

3. 研究方法

概要：2つのグループに分けたトマトの内、片方を害虫に攻撃させ、もう片方は爪楊枝で同等の刺激を与えて電気信号を計測する。

- (1) 熟す前の青い実のついたトマトを8苗用意する。これを4苗ずつの2グループに分ける。カメムシを用いて刺激を与えるグループをA、爪楊枝を刺して刺激を与えるグループをBとする。また、Bの中で、2苗ずつの2グループに分け、刺激を与える間隔を5秒に1回とするグループをB-1、3秒に1回のグループをB-2とする。

※1 今回爪楊枝を使用した理由としては、針やハサミなどの金属を用いると、電気信号の計測に影響が出る可能性があると考えたためである。

※2 爪楊枝を刺す際、手で直接トマトを触って刺したが、これは手でトマトを触っても電気信号の数値に影響が出ないと確認した後行っている。

- (2) 刺激を与えるトマトの実がついた茎に、電極を用いてArduinoでプログラミングしたマイコンボードを接続する。プログラムは、電極に流れた電流を計測し数値のデータがリアルタイムにパソコンのArduinoソフトに送信されるものを作成した。

- (3) AおよびBにそれぞれ刺激を与える。カメムシと爪楊枝で与える刺激は同程度になるように揃え

る。攻撃を与えたときの数値を記録しておき、グラフにまとめたものが次ページの図1・図2である。図1が、カメムシによる刺激を与える実験のイメージ図で、図2が、トマトのみに爪楊枝を刺している様子である。

(4) 記録したデータから、攻撃の間隔を変えたときの反応の違いや、害虫からの刺激とそれ以外の刺激に対するトマトの防御反応の違いについて考察する。図3が実験で使用したプログラミングのスケッチである。

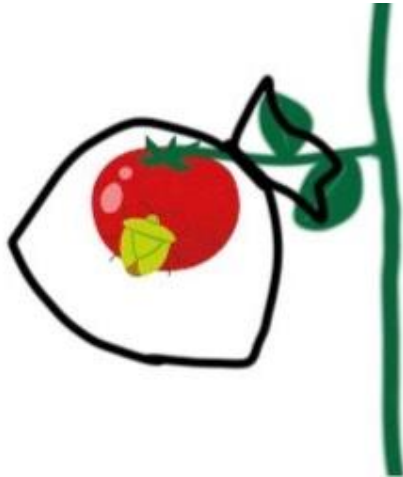


図1 カメムシをつけたトマト



図2 爪楊枝を刺すトマト

```
sketch_jan25a.ino
1  float offset = 512;
2  float slope = 55.25;
3  int times = 1000;
4
5  void setup() {
6    Serial.begin(9600);
7    Serial.println("Current measurement start.");
8  }
9
10 void loop() {
11   float sum = 0;
12   float average = 0;
13
14   for(int i = 0; i < times; i++){
15     sum = sum + (analogRead(A0)-offset)*slope;
16     delay(0.1);
17   }
18
19   average = sum / times;
20
21   Serial.print("Current :");
22   Serial.print(average);
23   Serial.println("mA");
24 }
```

図3 Arduino で用いたプログラム

4. 実験結果

実験を進める中で、カメムシがトマトに対して刺激を与えなかったため、研究方法と異なり爪楊枝での刺激を与えた時の電気信号、何も刺激を与えなかった時の電気信号のデータを記録することにした。その結果、以下の図のような結果を得ることができた。図4では約5秒に1回爪楊枝で刺激を与えた時の電気信号、図5では3秒に1回爪楊枝で刺激を与えた時の電気信号、図6では、カメムシがトマトに対して刺激を与えなかったため、刺激を与えられなかった時の電気信号である。

図4と図5では、刺激を与えた箇所にマーカーで印をつけている。



図4 5秒に1回刺激を与えた時の電気信号
B-1グループのうちの一例

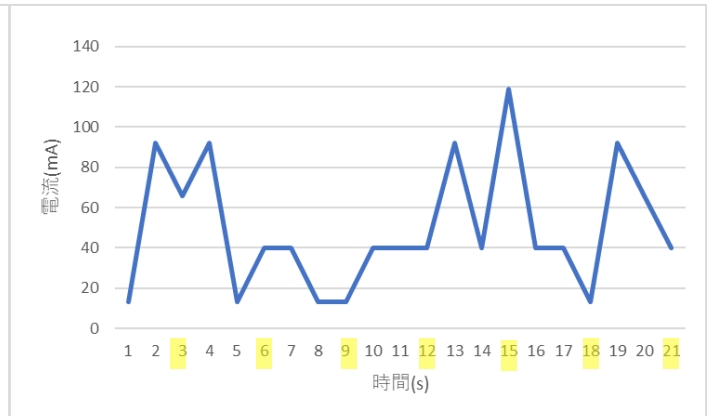


図5 3秒に1回刺激を与えた時の電気信号
B-2グループのうちの一例

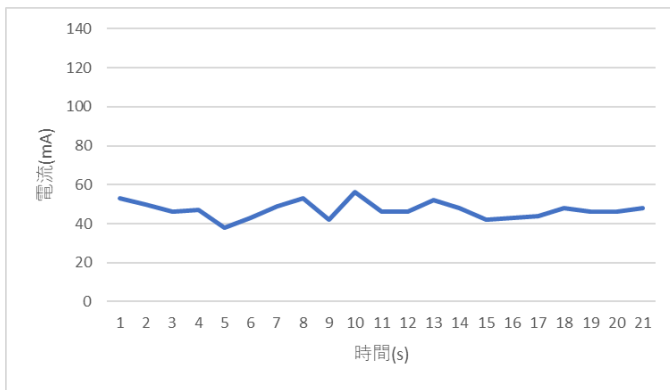


図6 刺激を与えなかった時の電気信号

5. 考察

図4・図5より、トマトは爪楊枝で実を刺激された場合に、微量の電気信号を送っており、防御反応を示していることが分かった。また、図5と図6を比較したとき、短い間隔で刺激を与えることで、より電気信号を送っているということが分かった。このことから、トマトは外部からの刺激に対して、電気信号による反応をしていると考えられる。しかし本研究では、実験中にカメムシがトマトを食さなかったため、害虫の攻撃による防御反応の有無や、爪楊枝による攻撃（物理的な攻撃）と虫の攻撃（生物的な攻撃）を区別しているのかについては分からなかった。

6. 今後の課題

課題は以下の3点である。

- (1) 実験計画を立てた際、先行研究（If Tomatoes Could Talk, Here's What They'd Say | SciShow News. [2022]）と同様にオオタバコガの幼虫を実験に使う予定だったが、実験時と生息時期が合わず入手が難しかったため、カメムシに変更した。先行研究と照らし合わせ、比較をするためにも、再実験をする場合にはオオタバコガの幼虫を用いて実験を行う必要がある。
- (2) 実験中、カメムシがトマトを食べなかったため、害虫からの攻撃による電気信号のデータは計

測できなかった。これを解決するため、観察する時間を増やすことや、実験に用いる害虫の個体数を増やすことが必要である。

- (3) 図6より、刺激を与えなかった時の電気信号には多少の変化がみられる。これは、プログラミングの精度が低いことや、磁場の影響を受けている可能性が考えられる。そのため、電気信号を計測する ACS712 の精度を向上させるために、補正のプログラムを組むことや、磁場を遮る空間での電気信号の計測を行う必要がある。

7. 参考文献・URL

・Plants ‘Scream’ in the Face of Stress [2019]

<https://www.livescience.com/plants-squeal-when-stressed.html>

・Fruit Herbivory Alters Plant Electromyography : Evidence for Fruit - Shoot Long - Distance Electrical Signaling in Tomato plants. [2021]

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2021.657401/full>

・Plants emit informative airborne sounds under stress

<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/507590v4>

・If Tomatoes Could Talk, Here’s What They’d Say | SciShow News [2022]

<https://www.youtube.com/watch?v=QL90hlt16uk>

(全て 2023 年 5 月 17 日閲覧)