

人工傷をつけた葉の成長段階と抑制効果の関係について

班員 黒崎 孝太、中島 汐莉、中山 善仁、萬谷 実央
担当教諭 高橋 玄季

キーワード：傷をつけた葉、発芽、成長、成長段階、抑制効果

The effect of artificially wounded leaves on the growth of other individuals of the same species was examined. Results suggest that there is a relationship between the growth stage of artificially wounded leaves and the inhibitory effect. Also it was suggested that cabbage released substances that inhibited the growth of other individuals for about 7 days after artificial wounding.

1 はじめに

植物間コミュニケーションとは、植物が虫に害された際、害されていない他個体に対して、化学物質を介して影響を及ぼすことである(図1)。化学物質を受け取った個体は防御物質を作るといった反応を示す。例えば、シロイヌナズナは、食害を受けた個体から放出されたβオシメンなどの揮発性物質を近隣の他個体が感知すると、防御遺伝子の転写レベルが増加することがわかっている。

また、ハンノキは人工的に切られた場合に、切られていない他個体の害虫に対する抵抗性が高まることがわかっており、虫の食害でなくても、植物間コミュニケーションと同様の反応が起こると考えられている。



図1 植物間コミュニケーション

本研究を始める前に、以下の予備実験を行った。短期間で簡単に育つカイワレダイコンを使用し、ろ紙を用いて、カイワレダイコンの種子

を発芽させた。その際、ろ紙の中央にハサミで切ったカイワレダイコンの葉を置いたもの、すりつぶした葉を置いたもの、何も置かなかったものの3種類を用意した。7日間観察したところ、7日後の芽の長さは、無処理の個体、切った葉を置いた個体、すりつぶした葉を置いた個体の順に大きいようにみえた。また、芽の伸び方にも違いがあり、すりつぶした葉を加えた場合、茎がまっすぐに伸びなかった(図2)。この実験から、傷つけられた葉は、他個体の成長に何らかの影響を与えると考えた。



図2 7日後の芽の様子
(左：無処理区、中央：切った葉、右：すりつぶした葉)

予備実験より、植物が人工的に害された際に起こる他個体への影響として、害虫に対する抵抗性が高まる以外の反応があると考え、同種他個体の成長の仕方への影響を調べることを目的として研究を行った。

2 材料と方法

〈実験1〉

カイワレダイコンの葉が同種他個体の発芽に与える影響を、サンドイッチ法で調べた。

○材料

カイワレダイコン

○方法(サンドイッチ法)

0.50%の質量パーセント濃度の寒天培地の中に、無処理の葉、1cm角に切った葉、すり鉢ですりつぶした葉を入れた。その上にカイワレダイコンの種子を9つ並べた(図3)。比較対象として、何も入れない寒天培地を作った。温度20℃、湿度100%に設定したインキュベーターに入れ、7日後に芽の長さを測定した。

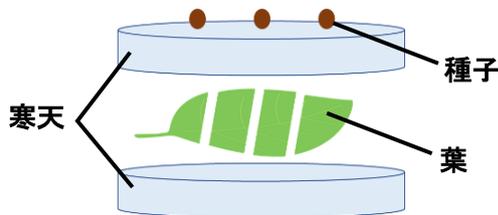


図3 サンドイッチ法のモデル図

〈実験2〉

切った葉から出る物質が同種他個体の発芽に与える影響をサンドイッチ法で調べた。

○材料

カイワレダイコン、キャベツ、レタス、チンゲンサイ、ハクサイ

○方法

寒天培地の作り方、温度や湿度、実験期間は、実験1と同じにして行った。寒天培地の中には、植物の葉をハサミで1cm角に切ったものを3gずつ入れ、その上に同種の種子を並べた。カイワレダイコンの結果は、実験1のものを使用した。

〈実験3〉

キャベツの若い葉を切った場合の、同種他個体の苗に与える影響を調べた。

○材料

キャベツ

○方法

プランターにすべての葉を半分切り取った

キャベツの苗2株を植え、その両側に無処理の苗を2株ずつ、計4株植えた。比較対象として、別のプランターにも無処理のキャベツの苗を4株植えた(図4、図5)。2、3日おきに苗の高さを測定した。



図4 処理区の苗



図5 無処理区の苗

3 結果

〈実験1〉

処理区A(切った葉)と無処理区、処理区B(すりつぶした葉)と無処理区の間には有意差があった。いずれも無処理区の方が有意に長かった($p < 0.05$, Kruskal-Wallis test)(表1、図6)。

表1 実験1の7日後の芽の長さ(cm, 平均±標準偏差, N=9)。

処理区A (切った葉)	6.37 ± 0.80
処理区B (すりつぶした葉)	5.4 ± 1.32
処理区C (無処理の葉)	6.76 ± 1.79
無処理区	7.74 ± 0.65

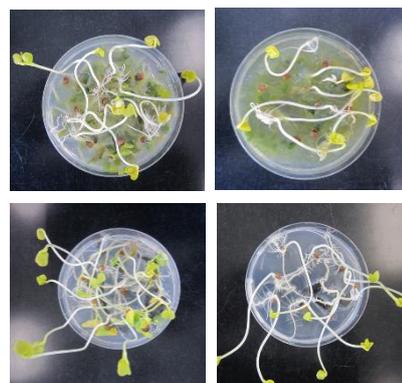


図6 実験2の7日後の芽の様子

〈実験2〉

カイワレダイコンは、実験1の通り処理区で有意に短かった ($p < 0.01$, t-test) が、他の4種類の植物では有意差はみられなかった (図6~10、表2)。

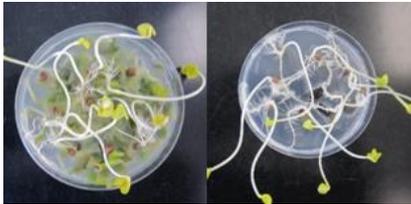


図6 実験2の7日後の寒天培地の様子
カイワレダイコン (左: 処理区、右: 無処理区)

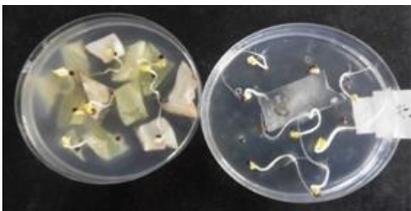


図7 キャベツ (左: 処理区、右: 無処理区)

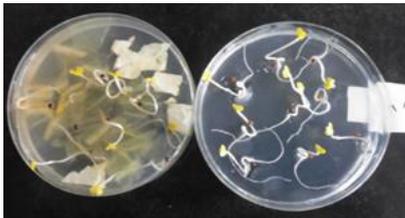


図8 レタス (左: 処理区、右: 無処理区)



図9 チンゲンサイ (左: 処理区、右: 無処理区)



図10 ハクサイ (左: 処理区、右: 無処理区)

表2 実験2の7日後の芽の長さ (cm, 平均±標準偏差、N=9)。

	処理区	無処理区
カイワレダイコン	6.37±0.80	7.74±0.65
キャベツ	1.25±1.04	2.02±1.25
レタス	4.69±1.20	5.48±0.62
チンゲンサイ	3.49±1.06	3.24±1.47
ハクサイ	4.07±0.66	3.89±0.40

〈実験3〉

初日から7日目までの伸びは処理区の方が有意に短かった ($p < 0.05$, t-test)。しかし、10日目以降には有意差は見られなくなった。

処理区における10日間の伸びは、葉を切った苗の左側に植えた2株の方が有意に短かった ($p < 0.05$, t-test)。

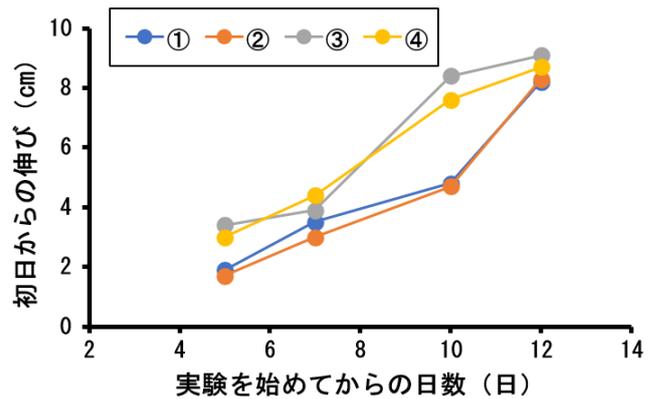


図11 処理区の個体の伸びの長さ。
①~④は、図4の各株と対応する。

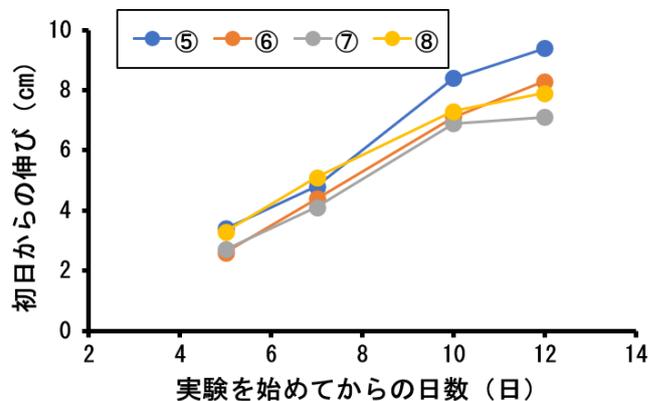


図12 無処理区の個体の伸びの長さ。
⑤~⑧は、図5の各株と対応する。

4 考察

〈実験1〉

処理区①②と無処理区には有意差があり、処理区③と無処理区には有意差がなかったことから、傷つけられた葉から出る物質が、他個体の成長の抑制に関わっていることが示唆される。またサンドイッチ法で行ったことから、成長を抑制する物質は、葉に含まれる水溶性物質と考えられる。

〈実験2〉

実験に用いた5種類の植物のうち、カイワレダイコンは成長初期の葉を使ったが、他の5種類の植物は成長が進んだ葉を使った。今回の実験でカイワレダイコンのみで抑制効果を示したことから、傷をつけた葉の成長段階と抑制効果には関係があり、若い葉が傷つけられると他個体の成長が抑制されることが示唆される。

〈実験3〉

キャベツでは葉を切って7日後に影響が見られ、時間がたつと見られなくなった。このことから、7日目までは成長を抑制する物質が出ていたが、7日目以降は葉の切り口が修復し、物質が出ていなかったことが示唆される。

また、10日目の処理区において、個体の片側（③④の側）では抑制効果を多く受け、もう片側（①②の側）は効果が少なかった。この理由として、実験を屋外で行ったために、風の影響により、葉から揮発した物質が一方向に流れ、濃度が片寄った可能性がある。同様の実験をする際には、この点を考慮して行う必要がある。

これらの考察から、周囲の植物が食害を受けたことを何らかの物質を通じて察知した他個体が、周りに害虫がいるタイミングで芽を伸ばすのを避けている、または、先行研究で明らかになっているような防御応答に専念するために芽の伸長が遅れている可能性がある。さらにサンドイッチ法の結果からは、葉が傷つけられ

たときに生成される物質は根から吸収した場合でも効果を示すことが示唆された。

5 今後の展望

他個体の成長が抑制された原因を突き止めるために、葉が傷つけられたときに生成される物質を直接寒天培地に加えて発芽させ、芽の成長が抑制されるのかを調べたいと考えている。また、実験3の、プランターに植える個体数を揃えた上で、風のない環境下での実験や、故意に片側だけに風を当てる実験を行い、他個体の成長抑制に風の影響があるのか、揮発性物質が関わっているのかを明らかにしたい。

6 参考文献

- (1) 塩尻かおり. かおりの生態学 -葉の香りがつなげる生き物たち-. 共立出版. 2021.
- (2) 被食者の匂いに応答した植物の防御反応発現メカニズムを解明～植物間コミュニケーションによる害虫抵抗性の向上機構の一端が明らかに～. 東京理科大学. 2022.03.10. https://www.tus.ac.jp/today/archive/20223039_2590.html (参照2023-12-7)