

# マリーゴールドによる殺センチュウ効果の検証

## — コンパニオンプランツは本当に有効？ —

池田 拓人 小島 凜太郎 洲河 青 瀧口 紗矢 福原 悠介 元村 亘輝  
兵庫県立神戸高等学校 総合理学科2年

近年農業生産においてコンパニオンプランツが注目されている。実際にハーブ類など複数の品種の植物が農業生産の場で用いられている。しかし、その効果が科学的に実証されているものは少なく、経験則でしか確認できていないものが多い。マリーゴールドによるセンチュウ駆除もその一つであり、その効果や仕組みは科学的に検証されていない。そこで我々はマリーゴールドによる殺センチュウのメカニズムを調べるべく実験をおこなった。センチュウの挙動を観察することでセンチュウを死に至らしめる物質はどこにあるのかを検証をした。検証の結果、マリーゴールドはセンチュウを殺す成分を分泌しているのではなく、根から誘引する成分を分泌し、誘引されたセンチュウが根を食べることで根に内在する殺センチュウ物質を取り込み死に至っていると推定した。

### 1. はじめに

#### 1.1. 農業とセンチュウ

現在、農業生産においてセンチュウの被害が深刻な問題となっている。センチュウによる農作物の被害総額は世界中で年間千億ドルに及ぶと見積もられている。通常はセンチュウの駆除には農薬が用いられる。この手法は多くの地域で用いられているが、残留農薬による健康被害が懸念されている。そんな中、健康被害のリスクを抑えるためコンパニオンプランツを用いてセンチュウを駆除する手法が注目されている。このコンパニオンプランツとして用いられている植物がマリーゴールドである。しかし、コンパニオンプランツの中にはその効果について実験系を立てて検証されていないものも多く、科学的に立証されているというには程遠い状況である。マリーゴールドもこの部類に入り、センチュウへの効果も疑問が呈されている状態である。

#### 1.2. コンパニオンプランツとは

コンパニオンプランツとは近傍に栽培することで互いの成長に良い影響を与えるとされる2種以上の植物の組み合わせのことで、共栄作物、共存作物と呼ばれている。その効果のほとんどが科学的な根拠が立証されているわけではなく、一般に知られているものでも期待していた効果が得られないことも多い。農園や家庭菜園などで多く用いられる手法であり、比較的農業生産には浸



図 1: ネグサレセンチュウの被害にあったニンジン

透しているといえる。

#### 1.3. センチュウが植物に与える仕組み

センチュウが根の組織内を移動しながら産卵、増殖することによって根を壊死させ植物を枯死させる。また根端分裂組織付近をセンチュウが移動することによって根端分裂組織が傷つき、植物体に奇形を生じさせるという報告がある。(8) (図1)

#### 1.4. センチュウ駆除のメカニズムの諸説

マリーゴールドにはセンチュウの個体群密度を低下させるなどの効果があり農業において生物農薬としての役割を担っているとされている。マリーゴールドがセンチュウに影響を与えるメカニズムに関して、以下の説が有力とされている。

- ・マリーゴールドそのものからセンチュウに効果のある物質が分泌されている。
- ・マリーゴールドからセンチュウの天敵であるセンチュウ捕食性細菌の活動を促進する物質が分泌されている。

しかしながらどちらの説も検証されていない。

#### 1.5. 先行研究と本研究の特徴

先行研究においては畑で採取した土壌のデータを元に考察を行っており、実験室内での実験系を用いた実験は行われていない。私たちは実験室内においてセンチュウの活動する条件を精査した後に殺センチュウのメカニズムを解明すべく実験室内で実験を行った。

殺センチュウのメカニズムの仮説として、センチュウはマリーゴールドの根より分泌する何らかの化学物質により誘引され、これを摂取することにより変調をきたすことで死亡するのではないか。また、誘引に注目した理由としては、先行研究において、

マリーゴールドが土中のセンチュウ個体群密度を低下させるという結果が得られていた。このことより、私たちはマリーゴールドがセンチュウを誘引することによって根付近に集まることが個体群密度の低下に結びついていると考えた。

## 2. 実験方法

### 2.1. 実験に用いたセンチュウとマリーゴールド キタネグサレセンチュウ (*Pratylenchus penetrans*)

線虫綱チレンクス目ホ  
プロライムス科ネグサレ  
センチュウ属の一種。体  
長0.5~0.8mm、体幅0.1  
mmで植物寄生性線虫であ  
る。植物の根に内  
部寄生し根の組織



図2: *Pratylenchus penetrans*

内を移動しながら産卵、増殖をして生活を行う。主に亜熱帯地域を中心として世界中に幅広く分布し、日本にも約10種が分布している。

### アフリカンマリーゴールド (*Tagetes erecta*)



図3: *Tagetes erecta*

キク科コウオウ  
ソウ族の一種。別  
名は万寿菊。メキ  
シコ原草丈は60  
~100 cmになるが  
30 cmの矮性のも  
もある。茎は直  
立し、最初の花を  
咲かせた後はよく

分枝する。葉は対生し羽状の複葉でつぶすと独特の臭気がある。

### 2.2. 実験環境

センチュウが活発に活動を行うのは25℃付近であり、18℃を下回ると活動が穏やかになる。そのため保存は18℃以下、検証実験は25℃のバイオトロンとインキュベータを用いた。アフリカンマリーゴールドは苗の流通量が少ないため、種子から飼育した。9月に



図4: 分泌液を採取

播種、12月上旬に開花。実験には開花したアフリカンマリーゴールドを使用した。なお今回の実験に用いたセンチュウは農業生物資源ジーンバンク事業提

供のものを用いた。

### 2.3. 実験1 センチュウが誘引される部位の確認

アフリカンマリーゴールドの根、茎、葉、花をよく洗浄し、すり鉢ですりつぶした。シャーレの裏側に方眼紙を張り付ける(この時シャーレの中心が方眼紙の座標軸の原点となるようにして貼る)。2%寒天シャーレの中心にすりつぶしたマリーゴールドの各部位を置き、マリーゴールドから15 mm離れた同心円状に四か所センチュウを5頭ずつ置く。2日間で移動した軌跡を方眼紙に記

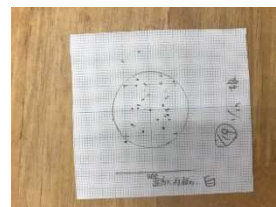


図5: 実験1(上) 記録用紙(下)

### 2.4. 実験2: マリーゴールドの殺センチュウ能力の検証

マリーゴールドの根をよく洗浄し、ホモジナイザーですりつぶす。純水の中にセンチュウを10頭ずつ加え、その中にすりつぶした根を加える。対照実験としてマリーゴールドを入れない純水だけのものも作成した。センチュウを24時間後に取り出し生死を確認する。死亡しているのか麻痺しているのかを区別する必要があるため、動かなくなったセンチュウに待ち針を用いて刺激を与え、センチュウが反応を示さなくなった時点でセンチュウが麻痺していると判断する。麻痺したセンチュウを24時間滅菌水につけ、その後同様にして刺激を与える。刺激に反応を示さなかったものを死んでいるとする。なお、実験はすべてクリーンベンチ内で行った。

### 2.5. 実験3: マリーゴールドの根からの分泌液による殺センチュウ能力の確認

マリーゴールドの根を洗浄する。そののち純水につけ、根から殺センチュウ物質を分泌させる(殺センチュウ物質は水溶性物質であると仮定する)。この液体を濾過し、完全に液体成分だけにする。液体成分を採取し試験官に取り、センチュウを10頭ずつその中に入れる。これを5セット作成する。センチュウを24時間後に取り出し生きていようかどうか確認する。生死の確認は実験2と同様の基準で行う。

### 2.6. 実験4: マリーゴールドの根を食べることによりセンチュウが死ぬことを検証

マリーゴールドの根を効率的に染色するため、マリーゴールドに0.1%のメチレンブルー水溶液を与え、その状態のまま24時間置き吸水させた。24時間後マリーゴールドを取り出し、洗浄後その根を薄く切断して細胞内部まで染色されていることを確認。薄く切断した根を3.0%寒天培地の上に配置した。その近くに直径1mm程度の水滴をたらし、その中にセンチュウを釣り入れた。この時センチュウが寒天培地の中に入り込むことがないように寒天培地に待ち針で傷をつけないようにする。センチュウを入れた水滴に、シャーレ上に配置したマリーゴールドの根に近づけ、水滴に根が付いた後、センチュウの動きを48時間観察した。48時間後センチュウがメチレンブルーを取り込んでいた場合、センチュウがマリーゴールドの根を食べていると判断する。

### 3. 結果

#### 3.1. 結果1：実験1センチュウの誘引効果の確認

マリーゴールドの根はセンチュウを誘引。根以外の茎、葉、花の部分はセンチュウを誘引しないことを確認した。(図6)

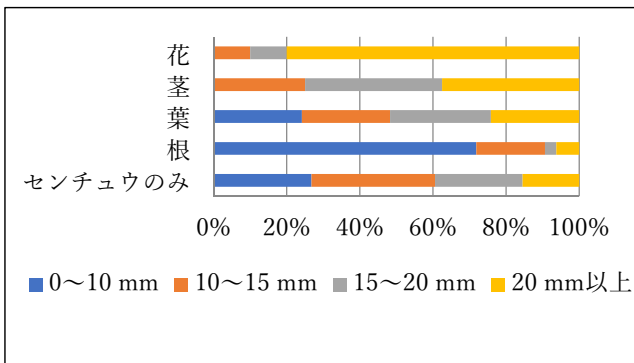


図6：実験1の結果

#### 3.2. 結果2：実験2マリーゴールドの殺センチュウ能力の検証

センチュウは80%死んでいた。マリーゴールドの根には殺センチュウ効果があることを確認した。

#### 3.3. 結果3：実験3マリーゴールド分泌液による殺センチュウ能力の確認

センチュウの死亡率は対照（純水）と変わらない。根から分泌される水溶性の物質に殺センチュウ効果があるとは確認できなかった。(図7)

#### 3.4. 結果4：実験4マリーゴールドの根を食べることによりセンチュウが死ぬことの検証

顕微鏡での観察の結果から、センチュウの体内にメチレンブルーで染色した植物組織が取り込まれていることは確認できなかった。(図8)

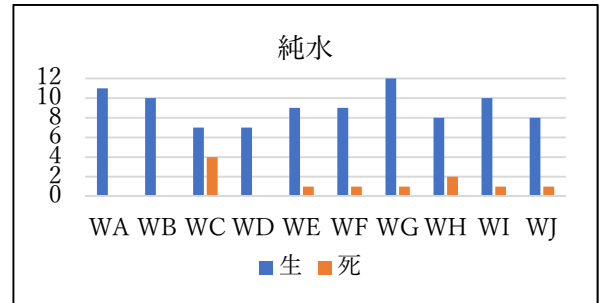
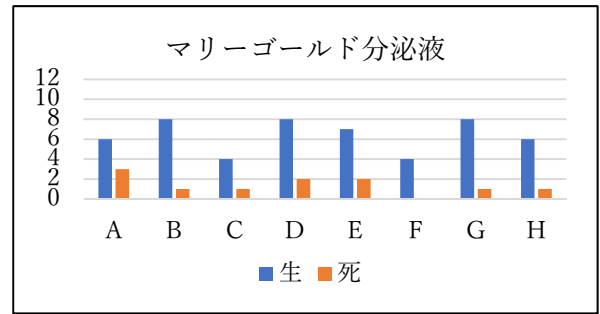


図7：実験3 マリーゴールド分泌液（上）と純水（下）の殺線虫効果の比較 縦軸：頭数 横軸：分類記号Wは純水を表している。



図8：置いた直後（左）、48時間後のセンチュウ（右）

### 4. 考察

実験1からセンチュウはマリーゴールドの根に誘引されることが確認され、マリーゴールドがセンチュウを誘引する何らかの水溶性の化学物質を分泌していることが明らかになった。さらに実験2、3の結果より、殺センチュウ物質は根から分泌されないか水溶性物質ではないことが考えられた。不溶性の何らかの物質がマリーゴールドの根から分泌され殺センチュウ効果を示すとすると、センチュウが根の近くに分泌された高濃度の殺センチュウ物質に自らをさらすように接近するとは考えにくい。そのためセンチュウ誘引物質と殺センチュウ物質は異なるものと考えられる。実験2において一般的にどのような植物の根であっても根をつぶしたのものには殺センチュウ効果があることが考えられる。この可能性を否定するため、マリーゴールド以外の植物の根を用い対象実験を行うことを考えている。また今回の実験4では根の摂食は確認できなかったが、根の細胞を食べることで死亡するのではないかとと思われる。また実験1から先行研究でのセンチュウの土壤中における個体群密度の低下は、センチュウがマリーゴールドに誘引された結果マリーゴールド付近に集中した



ためであり、センチュウの根本的な駆除には結びついていないのではないかと考えた。実験4において、センチュウがマリーゴールドの根を食べることは確認できなかったがセンチュウが死亡しており、マリーゴールドの根の細胞に含まれる何らかの物質がセンチュウを殺す能力を持っていると考えられる。

また、センチュウ捕食性細菌が流入しない環境で実験2を行ったにもかかわらず、センチュウが死亡したことより、マリーゴールドからセンチュウの天敵であるセンチュウ捕食性細菌の活動を促進する物質が分泌され、センチュウ捕食性細菌によってセンチュウが死亡するという説は適切ではないことが示された。今回の実験から、根にのみセンチュウの誘引効果があったことから、誘引→摂食→死亡という順序で土壌中からセンチュウが駆除されると考えられ、誘引効果がないマリーゴールドの根以外の部分である茎、葉、花を畑にすき込んでも殺センチュウ効果は得られず、センチュウを駆除するコンパニオンプラントとしての効果はマリーゴールドの根のみにあるといえる。

## 5. 展望、おわりに

今回の研究においては根に内在している殺センチュウ物質が具体的に何か、またその物質がセンチュウの体内においてどう影響を与えているのかについて検証することはできなかった。しかしながら、この研究においてセンチュウに対してマリーゴールドが明らかに影響を与えていると初めて確認できた。今まで実験系を立てて研究がなされていなかったことから、センチュウに対する効果を確認できたということはマリーゴールドのコンパニオンプラントとしての効果が史上初めて科学的に立証されたということである。それと同時に有力な説の一つであったセンチュウ捕食性細菌による説を否定することができたことも大いなる進歩である。ただ、具体的に何がセンチュウに直接の影響を与えているかはいまだわかっていない。そのため、今後の展望としてはセンチュウに影響を与える物質が何であるか同定することが主な研究対象になるように思われる。この研究を受けてマリーゴールドの殺センチュウ成分について検証が行われ、その検証の結果が農薬を用いた既存のセンチュウ駆除方法に代わる画期的な方法の開発につながることを心より期待している。

## 謝辞

今回の研究は本当に多くの方のご協力のおかげで成し遂げることが出来ました。センチュウについての基礎知識が不足している私たちを丁寧に指導し

てくださった龍谷大学農学部岩堀英晶教授、キタネグサレセンチュウを何度も提供してくださった農業生物資源ジーンバンク事業の皆様、アフリカンマリーゴールドを無償で提供してくださった園芸店ひろせの皆様、たくさんの助言をくださったサイエンスアドバイザーの先生方や産業人OBネットの方々、そして何より、夜遅くまで残って研究を見守ってくださった繁戸克彦先生、本当にありがとうございます。

## 参考文献

- [1]水久保隆之 「対抗植物、天敵微生物等を利用した線虫防除技術」 2005 (2019/01/29最終閲覧日)[https://www.naro.affrc.go.jp/training/files/2005\\_1-06.pdf](https://www.naro.affrc.go.jp/training/files/2005_1-06.pdf)
- [2]光増可奈子, 西山英孝, 中上知, 金丸由実「細胞外空間(細胞壁)に注目した植物寄生性線虫の感染分子機構」日本農薬学会誌, 2015, 40 巻第1号 p44~51,
- [3]三井康,「連作障害と土壌線虫」環境技術, 1985, 14 巻第4号 p318~323
- [4]タキイ種苗お問い合わせフォーム <https://shop.takii.co.jp/CGI/shop/contact/personal/form.cgi> (最終閲覧日 2019/1/23)
- [5]水久保隆之・二井一禎編著, 線虫学実験 京都大学学術出版会, 2014
- [6]線虫の見分け方, 社団法人日本植物防疫協会 2004
- [7] 阿部成人,「砂地畑におけるネコブセンチュウ密度とサツマイモの線虫被害度との関係」, 2016 [https://tuat.repo.nii.ac.jp/index.php?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_action\\_common\\_download&item\\_id=1309&item\\_no=1&attribute\\_id=16&file\\_no=1&page\\_id=13&block\\_id=39,](https://tuat.repo.nii.ac.jp/index.php?action=pages_view_main&active_action=repository_action_common_download&item_id=1309&item_no=1&attribute_id=16&file_no=1&page_id=13&block_id=39) (最終閲覧日 2019/1/23)
- [8]徳田誠,「虫こぶ・虫えい: 昆虫が作る植物の奇形」, 2013
- [9]本実験に使用したキタネグサレセンチュウは農業生物資源ジーンバンク事業により提供していただきました。
- [10]本実験に使用したアフリカンマリーゴールドは園芸店ひろせに提供していただきました。