

調査・研究

孵化促進物質によるジャガイモシストセンチュウ 駆除技術の開発

(独) 農研機構 北海道農業研究センター
生産環境研究領域 上席研究員

奈良部 孝

1. シストセンチュウの生存戦略

ジャガイモシストセンチュウはジャガイモの根に寄生し、大幅な減収を引き起こす。日本のみならず世界の主要ジャガイモ生産国において、最も警戒すべき害虫の一つである。このセンチュウは耐久態である「シスト」を形成することで、乾燥や低温などに耐えて長期生存し、農薬の耐性も高く難防除である。

シストを形成する生存戦略は、原産地のアンデス高地における過酷な自然条件下で、寄主植物をジャガイモ（野生種）に特化した結果といえる。すなわち、原産地では寄主植物に出会うチャンスが限られることから、雌成虫は数百個の卵を内包し、死後表皮を硬化させ、耐久態（＝シスト）を作る。これによって、畑地などの安定した環境では、10年以上もの生存が可能である。

一方、次世代を残すためには、耐久態から感染態へ移行し、寄主植物に到達し侵入しなければならない。この感染態が第2期幼虫である（第1期の幼虫は卵の中で脱皮するため、第2期幼虫が孵化幼虫となる）。第2期幼虫は移動中食物を一切摂取できず、卵からの養分のみがエネルギー源である。また、低温や乾燥などの外界からの刺激には弱く、全ステージを通して唯一無防

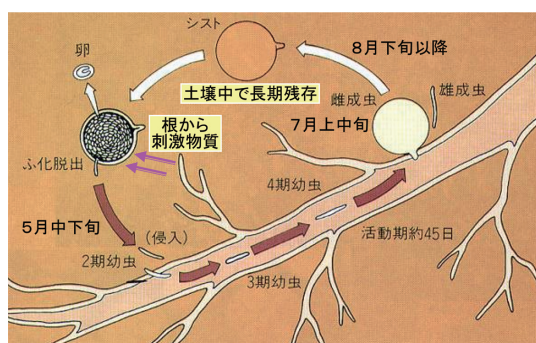


図1 ジャガイモシストセンチュウの生活史（北海道）

備な状態である（図1）。

この無防備な2期幼虫時代を最短とするため、本センチュウは耐久態から感染態の幼虫へ移行するスイッチとして、寄主植物の根が分泌する物質を「孵化促進物質」として利用するシステムを作った。すなわち、シスト内の卵は卵殻の中で第2期幼虫まで成熟して、孵化の待機状態となっている。寄主植物の根が伸長し、孵化促進物質が到達するとすぐに、一連の孵化反応が開始する。孵化促進物質は、卵殻やシストの水の透過性を変え、浸透圧変化によって幼虫を活性化する作用が知られている。

2. 孵化促進物質のセンチュウ駆除への利用

センチュウの生存戦略の鍵となる孵化促進物質を、寄主植物のない時期に圃場に処

理すれば、耐久態のシストから幼虫が一斉に孵化する。孵化した幼虫は寄主植物を求めて土壤中を動き回るため、やがて体内の栄養を使い果たして死滅する。いわば、センチュウの生存戦力を逆手にとって、自殺的孵化に誘導できる。孵化促進物質の利用形態としては、次の3通りが想定される。対抗植物の一部を除いては、いずれもまだ国内外を問わず、研究段階の成果である。

(1) 孵化促進物質を分泌する植物を探索し、輪作の中で栽培する

寄主植物と同様の孵化促進物質を分泌しながら、寄主として線虫が利用できない植物は、一般に、捕獲作物 (trap crop) とか対抗植物 (antagonistic plant) と呼ばれる。ジャガイモシストセンチュウでは、すでにイギリスやオランダなどヨーロッパ各地で実用化されているハリナスビ *Solanum sisymbriifolium* (Scholte 2000) や、わが国で選抜されたトマト野生種 *S. peruvianum* (山田ら 2007) に孵化促進と密度低減の効果がある。北海道内の圃場試験例をまとめると、汚染圃場で夏期約3か月栽培したとき、ジャガイモの抵抗性品種とほぼ同等の70~90%のセンチュウ低減率が得られている。

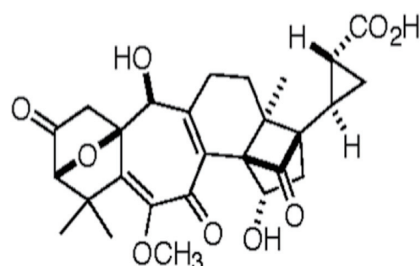
(2) 植物根から孵化促進物質を抽出し、抽出物を圃場に散布する

この方法は、寄主植物であるジャガイモおよびトマトの根または根の浸出液を大量に回収する必要がある。筆者らは、現実的な方法として、トマトの養液栽培に着目し、高濃度の孵化促進物質が含まれると考えられる養灌水の廃液や使用済み培地 (礫) を回収して資材化し、試験に供した。試作段階では、中程度の汚染圃場に土壌混和处理

することで、センチュウ密度を80%程度低減する効果が認められている。一方で、抵抗性品種と同程度の効果を得るためには、大量の資材を施用する必要がある、現段階では供給量に限界がある。

(3) 孵化促進物質を単離・同定し、合成化合物を圃場に処理する

人工合成した孵化促進物質を「農薬」として使用するもので、最も即効的である。農薬でありながら、線虫を直接殺さず、他の生物にも全く影響を与えない使用が可能である。ジャガイモシストセンチュウでは、ジャガイモの根から分泌されるソラノエクレピン solanoecelepin A が孵化促進物質の本体として単離され、構造が決定された (Mulderら1992、図2)。物質同定後はセンチュウ駆除への応用が期待され人工合成が試みられたものの、特異で複雑な構造に阻まれ、達成されないままであった。



solanoecelepin A

図2 単離同定されたシストセンチュウ孵化促進物質

同定から約20年後、Taninoら (2011) が、新しく開発した合成法と既存反応を駆使し、全合成に成功した。筆者らはこの合成ソラノエクレピンAの孵化活性を調査したところ、卵の懸濁液に浸した場合 10^{-9} g/mlの濃度で活性のピークを示し、そのときの孵化率は全卵数の約60%であった。

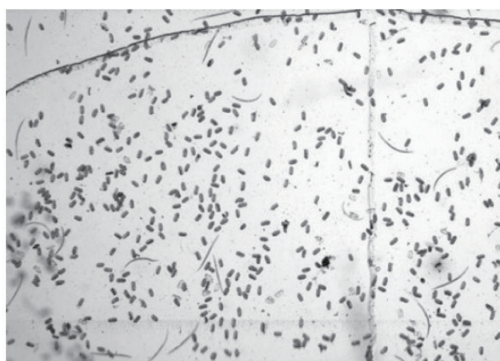
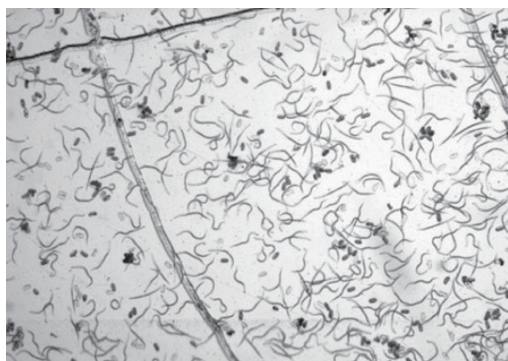


図3 ソラノエクレピンAの 10^{-9} g/ml溶液中(左)および蒸留水中(右)のセンチュウ卵(浸漬7日後)

対照の蒸留水中では約3%しか孵化しなかった(図3)。また、高密度のセンチュウ汚染土壌にソラノエクレピンA水溶液を滴下した室内試験では、1 haあたり3 g相当の土壌処理量で、約50%のセンチュウを低減できた。一般的な殺線虫剤(粒剤)は成分量で1 haあたり3 kg程度処理することから、ごく微量でも効果が高いことが分かる。

この物質が安価で大量に人工合成できれば、理想の農薬となる。現在のところ、この物質は構造が複雑であるため合成に52ステップを要し、収率も0.18%と低い。実用化に向けては、コストの大幅低減のため、合成の中間産物等からより活性の高い類縁体を探索し合成する、あるいは、活性部位を特定し、その構造部分は変えず他の部位を簡略化した物質をデザインする、などの研究が必要である。

3. 孵化促進物質の利点

孵化促進物質はジャガイモまたはトマトの根由来の天然物であり、ジャガイモシストセンチュウ類のみを特異的に活性化させる作用を持つ。今のところ、圃場に散布しても他の生物に影響はなく、ジャガイモ以

外の作物ならば、物質散布後、通常通り栽培しても作物の生育に影響なく、センチュウ密度低減が可能である。

現在、センチュウ抵抗性品種は、汚染圃場で栽培しても減収がほとんどなく、密度低減効果もあり、国内では最も有効な防除手段である。一方海外に目を向けると、ジャガイモシストセンチュウには、病原性の異なる5つの系統(パソタイプ)と、近縁別種のジャガイモシロシストセンチュウの3パソタイプが存在する。これら海外の強病原性パソタイプに対して、有効な国内の抵抗性品種は知られておらず、海外においても、用途にあった高品質な抵抗性品種は少ない。一方、感受性・抵抗性にかかわらずジャガイモ由来の孵化促進物質は、これらすべての種とパソタイプに有効である。したがって、孵化促進物質によるセンチュウ駆除技術が実用化されれば、強病原性パソタイプの分布する海外での需要が高いと期待できる。日本に強病原性パソタイプが侵入した場合の有効な防除手段にもなり得る。

4. おわりに

今後のセンチュウ防除は、抵抗性品種の

利用を中心としつつも、対抗植物を取り入れた輪作や孵化促進物質など多彩な防除メニューを用意するのが望ましい。農業現場に実用的な孵化促進物質製剤を供給するには、まだ時間がかかるものの、これまでの研究でその第一歩を踏み出すことができた。今後は、物質の低コスト合成法の開発に加え、微量の物質を土壤中に広く均一に散布し拡散させる技術や、植物根と同じように物質を徐々に滲出させるような資材の開発などを同時に進めていく必要がある。また孵化促進物質のセンチュウに対する分子レベルでの活性化メカニズムを解明することは、新たな処理法の開発や改良に貢献できる。多くの分野の研究協力により、今後の研究進展を図りたい。

引用文献

- Mulder, J. G., Diepenhorst, P., Plieger P., and Bruggemann-Rotgans, I. E. M. 1992. Patent application No. PCT/NL92/00126.
- Scholte, K. 2000. *Annals of Applied Biology* 136: 239-246.
- Tanino, K., Takahashi, M., Tomata, Y., Tokura, H., Uehara, T., Narabu, T. and Miyashita, M. 2011. *Nature Chemistry* 3, 484-488.
- 山田英一・佐久間太・山下茂・高橋穰 2007. *日本線虫学会誌* 37: 21-36.