

直流電圧を利用したナメクジ捕虫シートの効果

池田和弘(埼玉県農総研)

要旨: ナメクジ捕虫シートに使用する電極ステンレステーブの形状は頂角 30° の二等辺三角形が最も捕殺効果が高かった。ナメクジ個体を通過する最大電流値は約 $0.01A$ であり、その電気抵抗値は $1,200\Omega$ であった。食用きのこ栽培のナメクジ食害回避を目的として、 $DC12V$ 、最大定格電流 $0.50A$ を利用した電気刺激による捕虫シートを作製し、野外に生息しているナメクジを誘引して捕殺できた。嗜好性はシイタケとマイタケよりもキュウリとキャットフードを混合した餌の方が高かった。捕殺効果は降雨前後で高かった。

キーワード: ナメクジ, ナメクジのきのこ食害防止, ナメクジ捕虫シート, 電気的手法によるナメクジ駆除

I はじめに

食用きのこ栽培ではナメクジによる食害回避が不可欠である。池田(2)はナメクジの電気刺激による捕殺条件を $DC12V$ (最大定格電流 $1.00A$)で“電氣的刺激によるナメクジ捕虫器の開発に応用できる可能性を示し、電極テープの構造に関しても改良が必要であり、感電後に回避すると再度テープに接触して、何度も電氣的刺激を受けるようなデザインを考案し、捕殺の確度を高める必要がある。誘引についてもナメクジが出現する気象条件や誘引性の強い餌の解明を行う事が今後の課題である”と言及している。

そこで今回直流を利用したナメクジ捕虫シートを作製し、その効果について調査したので報告する。

II 材料と方法

1. 電極テープ形状の決定

電極テープとして腐食に強いステンレステーブ(幅 $50mm$ 、厚さ $0.04mm$)を用いた(池田2)。

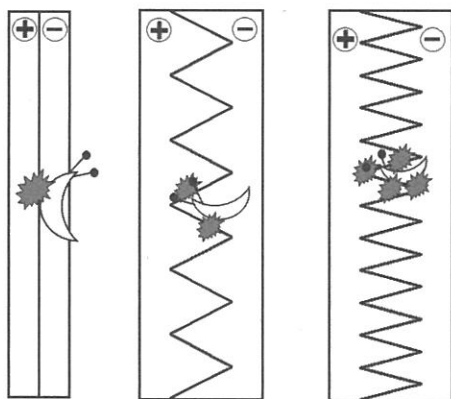


図-1. 電極テープの形状とナメクジ接触回数イメージ図(左から頂角 180° 、 60° 、 30°)

電極テープの形状は平行に貼る場合を 180° 、二等辺三角形の頂角が 60° 、 30° の3種類とした。カッターで切断した後プラスチックシートの上に貼り実験に用いた(図-1)。頂角からテープ辺縁までの距離は 1 cm とした。また、電極の間隔は 3 mm とした。電源には(株)エー・アンド・デイの直流安定化電源AD-8724Dを用いた。電極テープには $DC8.0\sim 12.0V$ まで $0.5V$ 間隔で電圧を負荷し、各頂角ごとにナメクジが感電する回数、死亡率を求めた。最大定格電流は $1.00A$ に設定した。実験はそれぞれの電圧、角度ごとに5反復、合計135回行い感電回数、死亡率の平均値を求め、最適な頂角を求めた。

供試体としてコウラナメクジ科の1種(*Limax* sp.)を用いた。なおナメクジ135匹の平均体重±標準偏差は $0.6g \pm 0.3g$ であった。

2. ナメクジ個体の電気抵抗値の測定

直流安定化電源AD-8724Dは最大定格電流を $0.01A$ 間隔で任意に設定することができる。電流が流れるとその最大電流値が液晶画面に表示される。この機能から個体を流れる最大電流値を確認でき、これから個体の電気抵抗値を推測することができる。そこで電圧を $DC12V$ とし、最大定格電流を $0.01A$ 間隔で $0.01A$ から $0.05A$ まで設定し電極テープにナメクジを通過させ、表示される最大電流値を調査した。実験は各アンペアごとに5回反復、合計25回行った。

3. ナメクジ捕虫シート作製と効果の検証

池田(2)および1.の結果を踏まえて捕虫シートを作製した。その断面図を図-2に示す。①有孔ベニヤ板($480mm \times 350mm$)、②①と同寸法のポリプロピレン製 $5mm$ メッシュ鉢底用ネットを二

枚重ね、ナメクジがネット間に入らないように辺縁をビニールテープで貼り合わせ一体化し、①の上に設置した。③捕虫シートの基板となる 420mm × 310mm のポリプロピレン製シートを②の上に設置した。④ポリプロピレン製シートの表裏に電極となるステンステープを「□」型に貼り、両面で捕殺できるようにした。電極テープの構造は1.の結果を採用するものとした。⑤電極テープの内側には誘引用の餌としてキュウリ、キャットフードを容器に入れて設置した。



図-2. ナメクジ捕虫シートの構造と作製手順

有孔ベニヤ板と二重メッシュはこの上に乗せる電極テープが雨水でショートするのを防止するためである。

この捕虫シートの効果について検証実験を行った。その概略図を図-3に示す。

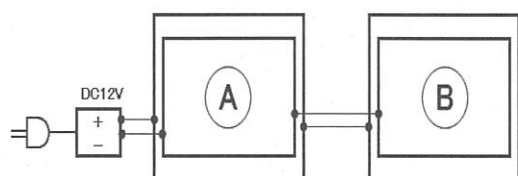


図-3. ナメクジ捕虫シートの効果の検証試験

ナメクジ誘引用の餌としてシートAにはキュウリとキャットフードを電極の内側に設置し、対照区となるシートBにはシイタケとマイタケを設置した。捕獲数は午前7時に計測し、餌は毎日交換した。この捕虫シートを埼玉県大里郡内にある試験地(標高約100m)に設置し、ナメクジの餌の嗜好性および降水量、気温と捕虫数の関係を調査した。降水量、気温は試験地に最も近いアメダス(埼玉県寄居町)のデータを採用した。調査期間は10月1日から22日とした。

III 結果と考察

1. 電極テープ形状の決定

電極テープ形状と接触回数、死亡率の関係を図-4に示す。

180°では1回接触すると進行方向を変えて回避するため接触回数が平均で1回以上になることは無

かった。頂角が60°で2.4回、30°で3.0回であり、頂角を狭めることにより感電回数を増やすことができた。一方死亡率は180°、60°で16%、30°で62%であった。感電回数を増やすことで死亡率を高めることができた。以上より電極テープの頂角は30°と決定した。実験により接触回数が1回でも感電死する個体がある一方、最大で16回接触しても回避して逃げる個体が認められた。理由として移動速度の差異、接触後に回避する慎重さの度合い、接触部位、進入角度等があげられる。最も効果があるのは頭部と足後部の両方が接触して全身を電流が流れる場合であり、両極に張り付く現象が観察された。

電極テープを頂角30°の二等辺三角形の形にすることで捕虫率を上げることができたが、プレス機等でより複雑な図形を抜き取ることができればさらに効果を上げることができると考えられた。また、遅延タイマーと電源を組み合わせることで夜間通電していない時間帯に電極の内部にあえて進入させ、その後帰巢するタイミングを見はからって通電を開始することで閉空間を作り出し、日の出に従い負の走光性を利用して捕殺効果を高める方法も可能であると考えられた。

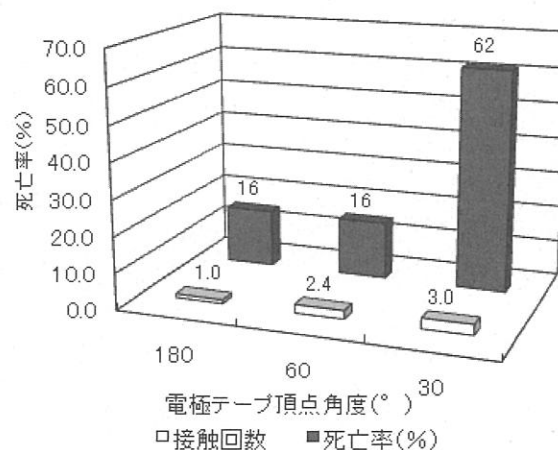


図-4. 電極テープ頂角と接触数、死亡率の関係
※棒グラフ(白)上の数字は平均接触回数を表す
※棒グラフ(黒)上の数字は平均死亡率を表す

2. ナメクジ個体の電気抵抗値の測定

最大定格電流を0.01A～0.05Aに設定したところ実際にナメクジ個体を通過する最大電流値は約0.01Aであった(表-1)。なお、電流値はデジタル表示されるが千分の一レベルで四捨五入されて表示される。このため通過最大電流は0.005Aから0.014Aの幅を持つことになる。

表-1. ナメクジ個体の通過電流と個体抵抗値

設定値(A)	通過電流値(A)	個体抵抗値(Ω)
0.01	0.01	1,200
0.02	0.01	1,200
0.03	0.01	1,200
0.04	0.01	1,200
0.05	0.01	1,200

オームの法則より個体抵抗値を求めたところ 1,200 Ω であり高抵抗であることが判明した。なお、粘液自体の抵抗値は 100k Ω であった池田 (1)。これらの結果からナメクジは電氣的に高抵抗であり、感電による電気刺激を軽減させる効果の高いことが判明した。12V では感電した際に全ての個体が瞬時に張り付くのは困難であることが確認できた。ナメクジの生息環境や進化の過程で電氣的な刺激を回避する必要性は無いと考えられるため、ムチン質の粘液が電気刺激に対する高い防御効果を有することは驚きであった。

3.ナメクジ捕虫シート作製と効果の検証

捕虫数と気温・降水量の関係を図-5に示す。実験最終日の10月22日には累積捕獲数がシートAでは33匹、シートBでは7匹となり、シートAはシートBの約4.7倍効果が高いことが判明した。この結果よりナメクジの嗜好性はシイタケやマイタケよりもキュウリとキャットフードの方が強いと考えられた。

図-5より一日当たりの捕獲数が多い期間は10月2日から5日にかけてシートAとシートBの合計11匹、6日から8日にかけて合計4匹、8日から11日にかけて合計11匹、20日から22日にかけて合計4匹であった。いずれの期間も降雨の前後であり、降雨と捕虫数の間に正の関係が示された。

また、平均最低気温については 15.2 °C ± 1.7 °C、変動係数は 0.11 であり安定傾向にあった。このため気温と捕獲数の間には明瞭な関係が認められなかった。なお、ナメクジは 4 °C でも行動することが確認されている。

ナメクジは負の走光性により日没後に行動するが、捕虫数が多いのは降雨前後であると考えられるため、毎日定期的に散水が行われるきのこ発生舎では毎夜間、露地栽培では散水後の夜間に捕虫シートに通電するのが望ましいと考えられた。

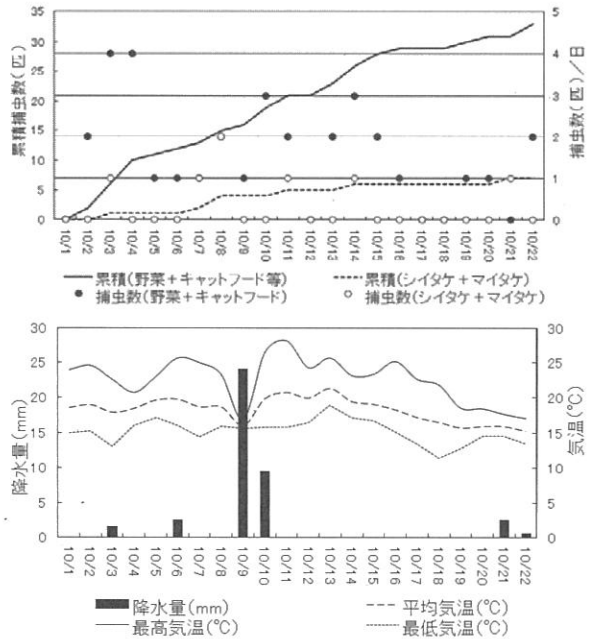


図-5. 捕獲数と気温、降水量の関係

また、上面発生栽培では培養袋の中に散水した水が滞留しているため、菌床に付着したナメクジが移動せず、あるいは餌であるきのこが至近距離にあるため移動の必要が無く、これらの場合は捕虫シートの効果が反映されないことが別の予備実験で示唆された。捕虫シートとナメクジ生息地との平面的、空間的な距離も捕虫効果に大きく影響すると考えられた。複雑な経路を經由して捕虫シート内の餌に向かって移動し、再び戻るとはリスクを伴うためである。本川 (3) によれば動物の捕食のコストと利益が最適な餌探し、すなわち餌に束縛された行動と位置づけて論じ、「より多彩な餌を食べる動物にとっては、少なくともそれは餌個体の選択でもあるし、複数の食物素材の中からどれをとるのかの選択ともなる。それゆえ、生態学的な時間(分, 時間, 日)のうちで、この時この場所で、これをつかまえて消費するかやめて別のものにしようかという複数の行動に直面することになる、つまり『選択』をせまられるのである。」と述べている。さらに「栄養価(摂取した単位重量あたりに換算したもの)は、食物種を選ぶどんな場合でも、唯一の要因であるが、食物をとることで、明らかな利益が得られるものの、それと同時にコストも発生する。食物を得る過程がどんなものであれ、食物を見つけ、とりこみ、処理し、消化するための、エネルギーと時間を要する。」と述べている。

以上の理由から、捕虫シートを使用する場合は菌床や原木を搬入する以前から当該地に設置し、あらかじめ誘引、捕殺する必要があると考えられた。

ナメクジの食害をなくすためには発生舎あるいは露地栽培地においてきのこの発生の有無に係わらず年間を通して、幼体から成体にいたるまで徹底的に駆除を行うことが重要である。

池田(2)は捕殺のための直流条件について12V(1A)としたが、ナメクジ一個体が流しうる最大電流値は約0.01Aである。複数の個体が同時に感電する場合は、個体数に比例した電流が流れるが、電源装置の最大定格電流は余裕を考慮して0.5A程度で十分であると考えられた。

IV おわりに

捕虫シートを直列で複数枚連結させれば広い発生舎や露地でも対応できると考えられた(図-6)。電源には直流安定化電源やACアダプターを用いるが、野外等電源が確保できない場所では12Vのカーバッテリーで代替可能である。

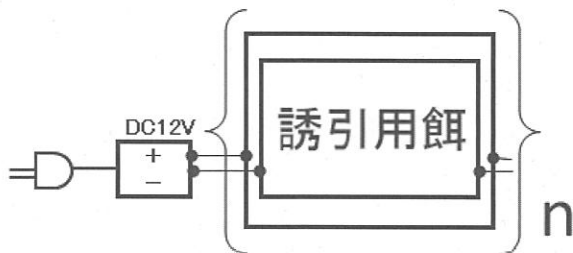


図-6. 連結捕虫シートの概念図

実際のナメクジ捕虫シートと捕殺の様子を図-7に示す。捕殺したナメクジは電気分解され、干からびた状態となり、簡単に取り除くことができた。

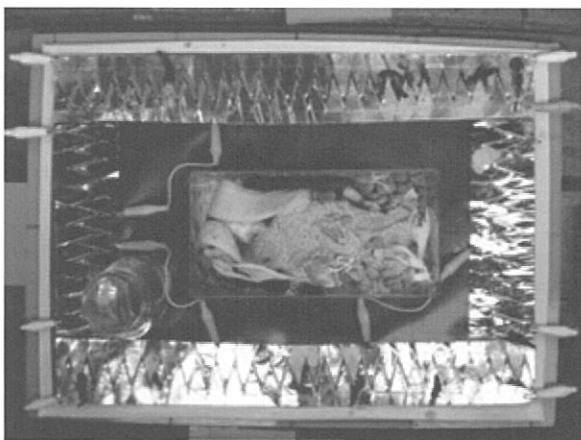


図-7. ナメクジ捕虫シートと捕殺の様子

また、捕虫シートの設置に際しては、雨水やスプリンクラーの水がかかるのを防ぐため、誘引用餌の臭気を拡散させる穴を空けた衣装ケースの中に設置するなど、電極間に滞水しないように防水対策が必要である。

今回報告した駆除方法は直流電圧によるもので構造、原理も簡易であり、農薬によらない新しい方法を提示できたと考えている。

今後の課題として、捕虫シートの更なる改良が必要である。また、菌床きのこの発生舎の棚脚部に取り付けられる電極の形状を考案する必要もある。同時に発生舎や露地におけるナメクジの生態学および行動学的な調査を年間を通して行うことが必要である。

なお、本研究は平成22年度新たな農林水産施策を推進する実用技術開発事業委託事業「関東・中部の中山間地域を活性化する特用林産物の生産技術の開発」(課題番号18021)で得られた成果の一部である。

引用文献

- (1)池田和弘(2009)電圧を負荷したアルミニウム箔テープによるナメクジ食害回避. 関東森林研究 60: 277~280.
- (2)池田和弘(2010)直流, 交流電圧によるナメクジ通過回避特性と捕虫シート試作. 関東森林研究 61: 273~276.
- (3)本川達雄(2009)図説 無脊椎動物学: 256~259. 朝倉出版, 東京.