

3. イモゾウムシとアリモドキゾウムシの総合管理技術

沖縄県農業試験場病虫部 安田 慶次

イモゾウムシ *Euscepes postfasciatus* (FAIRMAIRE) とアリモドキゾウムシ *Cylas formicarius* (FABRICIUS) は沖縄県と鹿児島県の奄美群島に分布し、サツマイモ栽培上の重要な害虫である (栄, 1968)。両種は同様な加害様式を示し、まずサツマイモ圃場へ侵入後、雌成虫が地際部の茎へ産卵してそこで増殖し、羽化脱出した成虫が、地下部塊根を加害するようになる (安田, 1990)。しかし、地表部のサツマイモの様相から、地中にある塊根の被害予測を行う方法はまだ確立されていないため、被害の早期発見には試し掘りが必要である。また、本種幼虫は塊根の内部に食入するが、このような幼虫の直接的な加害に対し、サツマイモの防御反応としてクマリン等の物質が生成された (SATO et al., 1978)、独特の不快感な臭気と苦みを有する。そのため、塊根にわずかな被害痕があっても食用に適さず、商品性がなくなる。そこで、加害時期の予測や防除は地下部塊根が加害される以前に行う必要があり、要防水準の設定にあたっては許容レベルを低く設定しなければならない。

沖縄県では、5月植え、10月収穫を基準とした場合、薬剤による防除法として、茎の被害が出始める7月頃を1回目その後1か月おきに計3回、カルボスルファンなどの粒剤株元処理を行ってきた。(安田, 1991)。しかし、その後の調査により、被害の発現は季節によって時間的な差異が認められ (安田, 1993)、さらに収穫直後の圃場や本種の密度の高い圃場が隣接しているサツマイモ圃場には雌成虫が侵入しやすく (安田, 1996)、そのため被害が早く生じ、かつ大きいことが観察された。従って圃場ごとに発生量を把握して被害を予測し、防除の要否を判断することがのぞましい。

これまで、成虫密度のモニタリングには、マリモドキゾウムシの合成性フェロモン (PROSHOLD et al., 1986; 安田ら, 1992) やサツマイモの塊根を利用したイモゾウムシ用のトラップ (安田, 1996) が開発されている。しかし、このトラップの誘引力はサツマイモの生育が進むにつれ相対的に低下するため、圃場ごとの被害を正確に反映しない。従って、幼虫密度とこれらが引き起こすサツマイモの茎および塊根の被害をトラップに誘引された成虫数から予測することは難しい。そこで植付後、茎および塊根でのイモゾウムシ被害の推移と、茎に生じた幼虫の食害痕を調査し、その後引き続いて起こると予想される塊根での被害が予測できるかどうかについて検討した。さらに茎の被害の割合より設定した要防除水準が適切かどうかを検討した。

また、薬剤の投下量の低減を図るため、アリモドキゾウムシの合成性フェロモントラップと土着の昆虫寄生性天敵微生物 *Beauveria bassiana* を組合わせた感染装置を開発し、その有効性を検討した。さらに、これらの防除方法を中心にサツマイモ圃場での2種ゾウムシ、総合的管理技術について考えた。

サツマイモ圃場におけるイモゾウムシ個体群と被害の推移

1994年および1995年の2年間、イモゾウムシが多発している圃場を選んで、茎と地下部の塊根での虫密度と被害の有無の調査を植付後15日おきに150日(収穫)まで行った。

第1図に1994年無防除区の茎および塊根における株当たりの幼虫、蛹、成虫数の推移を示した。また、茎と塊根別の合計虫数(幼虫、蛹、成虫数)も示した。茎においては幼虫は植付後60日目より発見され、その後徐々に個体数が増加し、植付後120日目の1茎当たり2.40頭をピークに減少した。蛹は植付後75日目から、成虫は105日目から認められ以降、次第に増加した。しかし、茎当たりの合計虫数は120日目以降2.60~3.00頭の間で推移し、あまり増加しなかった。塊根の形成は植付後60日目から認められたが、そこでの幼虫は植付後120日目に初発見となり、その後急増し、135日目に1株当たり3.90頭となった。蛹は135日目より、成虫は収穫時の150日目にのみ認められた。収穫時の1株の塊根には蛹が平均2.82頭、成虫が1.82頭で、幼虫と合わせると7.97頭となった。茎での株当たり2.89頭と合わせると、株全体では平均10.86頭が生息することになる。

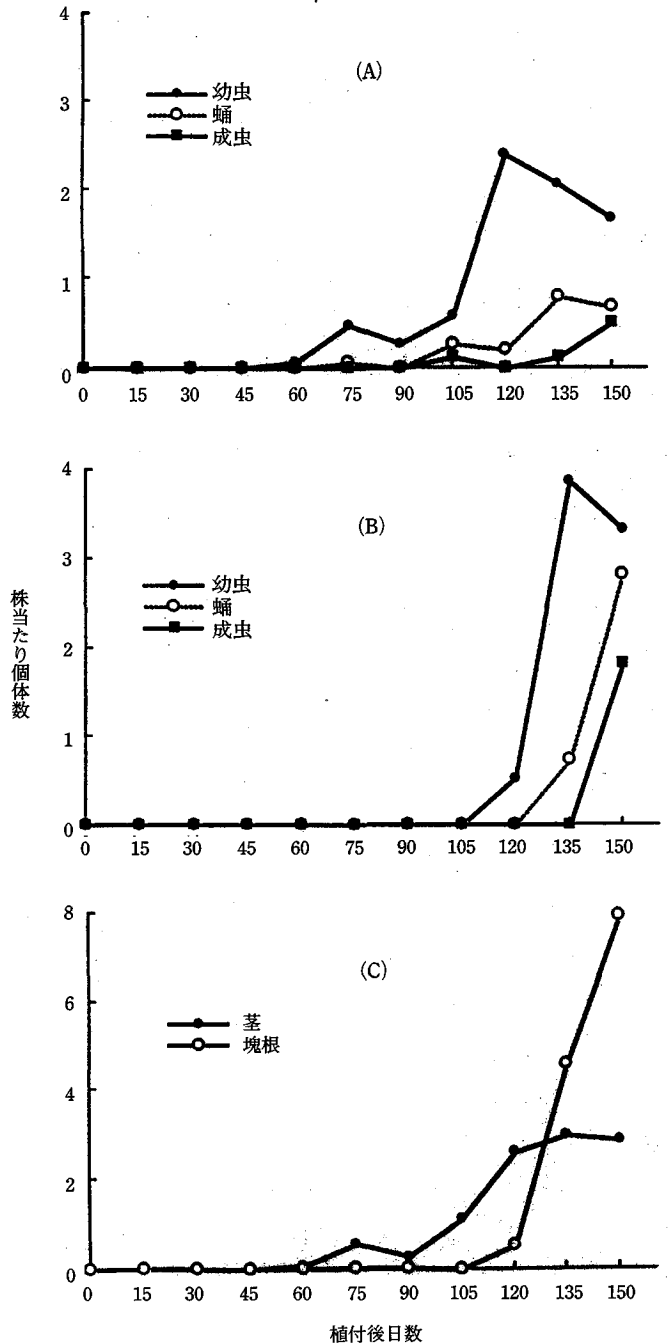
茎での被害は植付後60日あるいは75日目から認められた(第2図)。ほぼ同時期に行われた奄美大島の室内での飼育結果より、幼虫の発育期間が22.7日、蛹の発育期間が7.3日(榮, 1968)であること、発見された虫の齢期が2-3齢期であることおよび圃場では苗として用いる茎の先端部への産卵は認められないこと(安田, 1990)から、被害を与えた幼虫は植付後45日以上経過した後に産下された卵に由来すると考えられる。

塊根の被害は茎よりも1994年が60日、1995年が30日遅れて認められた、また、茎での被害率は塊根の被害率に比較して常に高く推移した。この傾向は安田(1990)の調査結果と一致した。

SHERMAN (1951) は、イモゾウムシは特に塊根における被害が重要で、茎を加害している個体は圃場内個体群が増加するための発生源としての役割を果しており、その増加によってその後塊根に被害が生じるだろうと述べている。今回の調査においても茎の被害は塊根に先行して起こり、かつ茎での個体数の増加は緩やかなのに対し塊根では急速に増加する。このことはイモゾウムシが、茎で増殖した後、塊根へ産卵加害することを示唆していると考えられる。

成虫脱出孔のある株の塊根の被害率は成虫脱出孔のない株の塊根の被害率より高かった。本種の成虫を圃場に放飼すると、その多くが移動することなく放飼地点付近の地中に潜ることが知られており(安田, 1996)、地際部茎から脱出した成虫の多くは、同一株の塊根へ、土壌のひび割れ等をたどって到達し、産卵を行うことが示唆された。したがって、茎の被害の多少から、その次におこる塊根への被害の多少を予測できる可能性があると考えられる。

イモゾウムシのように幼虫が収穫物となる塊根を加害する場合、僅かな加害でも被害となり、経済的被害水準(EIL)は低く設定せざるを得ない。SUTHERLAND(1986)はアリモドクゾウムシによるサツマイモ塊



第1図 無防除区のサツマイモ植付後の1株当たりの茎 (A), 塊根 (B), 茎+塊根 (C) におけるイモゾウムシ幼虫, 蛹, 成虫の推移 (1994年) (安田, 未発表)

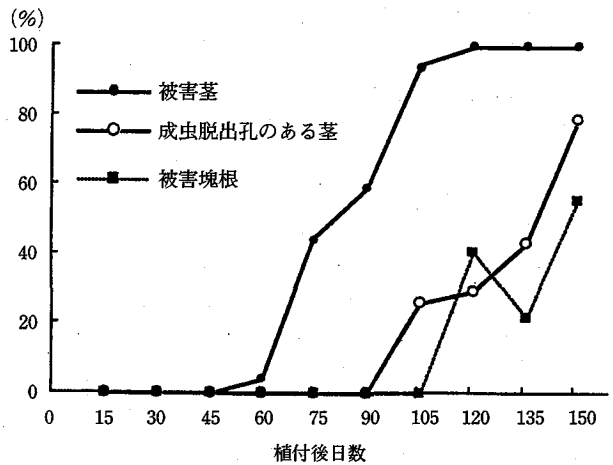
根の被害は低い個体群レベルで起こるから、塊根の被害によって農薬散布要否の個体群密度の閾値を決定することは不可能であるとのべている。今回の結果でも塊根の被害に限ってみると、被害をそれが収量(収益)に影響を与えない程度の低いレベルで察知し、防除の要否の判断に用いるのは困難と考えられる。また、塊根の試し掘りによる調査では多くの標本数を必要とし、それによって防除を決定し塊根内の幼虫を死亡させても、その塊根は商品とならない。さらに、地中の塊根を加害する虫を対象に薬剤を到達させるには多量の浸透移行性のある殺虫剤を用いねばならず、薬量の問題に加えて作物への残留および環境への悪影響が懸念される。

調査区内の被害茎のある株とない株の間で、株の生重量、茎葉および塊根の重量について有意差は認められず、少なくとも沖縄県ではイモゾウムシの茎における被害は許容できる範囲内にある。そのため地際部の茎の被害の割合がある程度増加してもそれが地下の塊根に被害を生じる以前の時期であれば収量には影響しない。一方、茎を加害している時期に株元へ、薬剤散布により茎内の幼虫を殺し、塊根へ産卵する次世代成虫を減少させることによって塊根への被害を軽減することができる(安田, 1991)。したがって、塊根に比較して調査の容易な茎の被害率の推移をモニタリングし、防除の要否の判断に用いることが出来ると考える。

地際部茎の被害率から見た防除要否

サツマイモ圃場で茎の被害の割合と、その後の収穫時の塊根の被害との間の相関関係を調べ、茎の被害から塊根の被害を予測し、それが防除の要否の判断へ利用可能かどうかを検討した。

1994, 1995年に沖縄県のサツマイモ産地である読谷村を中心に14圃場で、無防除区とカルボスルファン3%



第2図 サツマイモ圃場無防除区におけるイモゾウムシ幼虫による茎と被害塊根の被害率と成虫脱出孔茎率の推移(1994年)(安田, 未発表)

第1表 無防除区におけるサツマイモ収穫時の地際部茎の被害, 成虫脱出孔, 被害塊根率

年次	試験地	前作	地際部茎の被害率 (%)	成虫脱出孔率 (%)	被害塊根率 (%)
1994	中頭郡読谷村	サトウキビ	65.0	25.0	24.4
	那覇市	サツマイモ	50.0	39.5	56.0
1995	中頭郡読谷村-1	サトウキビ	100	38.0	30.8
	中頭郡読谷村-2	サトウキビ	100	82.0	44.4
	中頭郡読谷村-3	サトウキビ	44.4	4.0	14.3
	中頭郡読谷村-4	サトウキビ	92.0	40.0	21.8
	中頭郡読谷村-5	サトウキビ	100	76.0	25.7
	中頭郡読谷村-6	サトウキビ	100	72.0	26.2
	中頭郡読谷村-7	サツマイモ	94.0	32.0	40.7
	中頭郡読谷村-8	サツマイモ	70.0	20.0	46.8
	中頭郡読谷村-9	サツマイモ	94.0	46.0	28.3
	中頭郡読谷村-10	サツマイモ	62.0	10.0	10.0
	中頭郡読谷村-11	サツマイモ	100	98.0	31.7
	那覇市	サツマイモ	100	98.0	86.3
	平均		83.6	48.6	34.1

(安田, 未発表)

粒剤 1g 株元処理を植付後 2, 3, 4 か月後に行う防除区を作った。地際部茎の被害とそこから成虫が羽化脱出した時に生じる孔の割合を植付後 15 日おきに 150 日 (収穫) まで調べ、さらに収穫時の塊根の被害率を調べた。無防除区の結果は第 1 表に示した。前作がサトウキビかサツマイモかによる収穫時の塊根被害の差は認められなかった。また、防除区の被害塊根率は平均 12.2% で無防除区の 34.1% と比較してきわめて有意な差 ($p < 0.001$) があり、地際部の被害茎率および成虫羽化脱出孔率でも同様な差が認められた。第 3 図は無防除圃場におけるイモゾウムシに対する茎被害と成虫羽化脱出孔の推移を示すが、茎被害は植付後 45 日から認められ、成虫脱出孔は 90 日から認められ、収穫時にはそれぞれ 83.6%, 48.6% の割合を示した。それに対し、防除区の被害茎率および成虫脱出孔率は増加せず、収穫時でもそれぞれ 28.2% と 10.4% に止まった。また、収穫時に塊根の被害の多い圃場は植付後、茎被害が早く生じる傾向を示した ($p < 0.0001$; 第 4 図)。

植付後 15 日おきに行った各調査時の被害茎率と収穫時の被害塊根率との相関の有意性を検討したところ、植付後 75 日目 ($r = 0.630$, $p = 0.0158$)

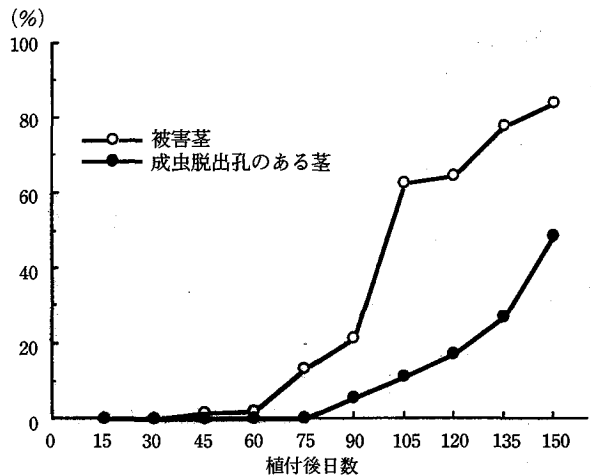
と 135 日 ($r = 0.537$, $p = 0.0476$) で有意な関係が認められた。また、成虫脱出孔率では 120 日目に有意差 ($r = 0.546$, $p = 0.0433$) が認められた。この中から、塊根での被害がまだ認められず、茎葉があまり繁茂せず、調査が容易な、75 日目の被害茎率が適当と考えられた。そこで 75 日目の被害茎率と収穫時の被害塊根率の関係を求めると $Y = 21.981 + 0.9098X$ ($Y =$ 収穫時の被害塊根率, $X =$ 植付 75 日目の被害茎率) が求められた (第 5 図)。

この式の 95% 信頼限界を求め、殺虫剤使用量をする低減という立場からその下限値を取り、14 圃場の防除区の収穫時の平均被害塊根率 12.2% を防除効果の目的とした時、被害茎率は約 5% と推定された。今回調査した 14 圃場の内、従来の防除開始の目安であった植付後 60 日目 (安田, 1991) に、被害茎率が 5% を越えたのは 1 圃場のみで、75 日目においても半数の圃場がまだ防除を必要としなかった。今後、上記の方法にもとづいて散布要否決定を行えば農薬散布の開始を遅らせ、同時に散布量の低減にもつながるものとする。

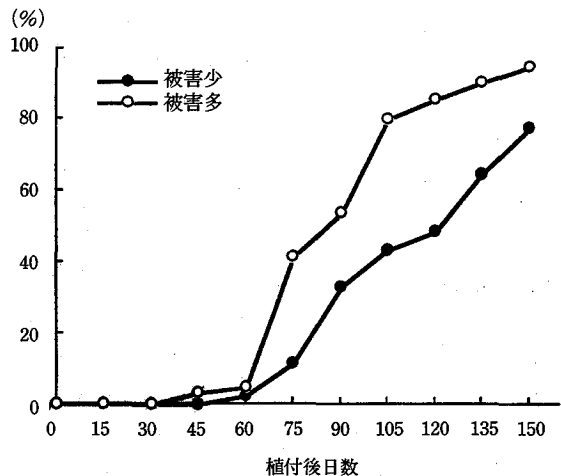
農薬以外の防除手段

アリモドキゾウムシの合成性フェロモンを利用した大量誘殺法:

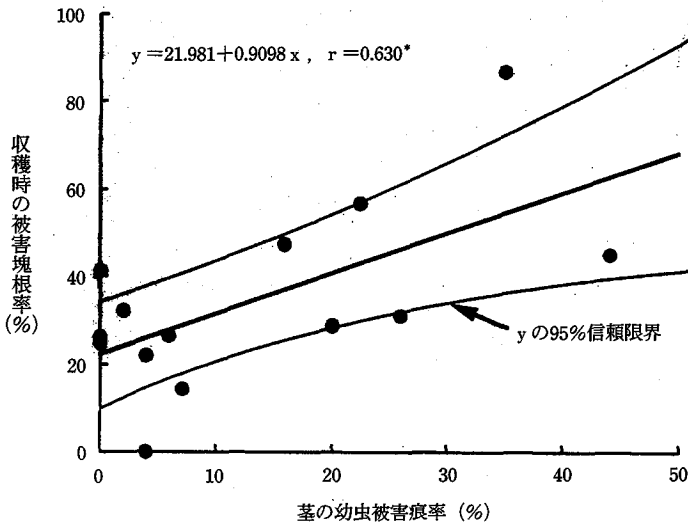
合成性フェロモンを用いたアリモドキゾウムシ雄成虫に対する大量誘殺の効果、本種が多発するサツマイモ圃場 1,200 m^2 で検討した。誘殺は 1mg の合成性フェロモ



第 3 図 サツマイモ圃場 (14カ所) 無防除区におけるイモゾウムシ幼虫による被害茎と成虫脱出孔茎率の推移 (1994, 1995年) (安田, 未発表)



第 4 図 収穫時の被害塊根率 30% 以上 (被害多), および 30% 以下 (被害少) の違いによる地際部の被害茎率の推移 (安田, 未発表)



第5図 植付後75日目の基の幼虫被害痕率と収穫時の被害塊根率の関係 (安田, 未発表)

ンを誘引源とする漏斗型トラップを10個設置して行った。1989年7月から1990年12月までの間に65,214頭の雄成虫と18頭の雌成虫を誘殺した。その間処理区の性比は大きく雌成虫に歪んだのに対し、無処理区はほぼ1:1であった。野生雌成虫およびつなぎ雌の交尾率は処理区で有意に低下し、また既交尾雌成虫の受精囊の精子量も減少した。しかし、処理区のサツマイモトラップへの産卵数は有意に低下しなかった。これらの結果から大量誘殺による防除の可能性は示されたが、十分ではなかった。

防除のための天敵等の致死的要因の検討：

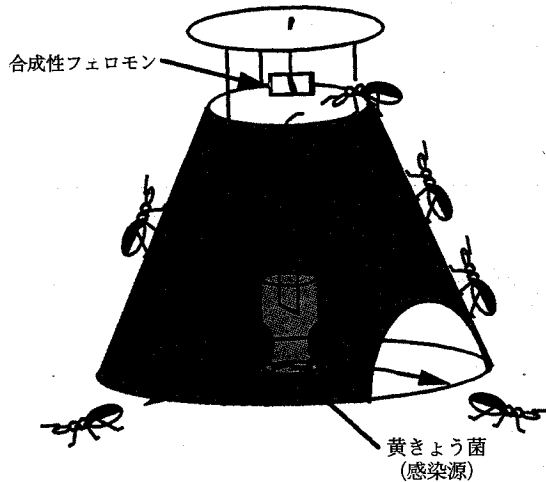
合成性フェロモンによる大量誘殺法や交信攪乱法を上回る防除技術を開発するため、昆虫寄生性線虫、幼若ホルモン様活性物質、および昆虫寄生菌のアリモドキゾウムシに対する致死または不妊化作用について検討した。1) 成虫に対する市販の2種昆虫寄生性線虫の室内殺虫試験を行ったところ、10%程度の死亡率であった。さらに、ガラス室内でのフェロモントラップを利用した感染装置での試験結果でも感染はわずかであった。2) 3種の幼若ホルモン様活性物質を成虫に施用したが寿命、産下卵の孵化率には影響は認められなかった。また、直接卵に施用しても効果は認められなかった。3) コマユバチの1種、*Braconidae* sp. は茎に生息するイモゾウムシ、アリモドキゾウムシ幼虫に寄生が認められ、寄生率が10%に達することもあるが、塊根の個体からは発見されていない。4) 5種の昆虫寄生菌を用いた殺虫試験の結果、読谷村で採集したアリモドキゾウムシから分離された黄きょう菌 *Beauveria bassiana* の殺虫効果は100%で最も効果が高かった。さらに菌の力価、温度、湿度と殺虫効果の関係について検討したところ、菌の分生子の半数致死密度は10⁹/cm³ (10分間処理) でかなり高密度の分生子が必要であった。供試した温度範囲15~31℃ですべて発病したが、湿度の影響は大きく76%以上はすべて感染死亡したが、43%以下はすべて生存した。上記の結果、沖縄県のサツマイモ圃場は、分生子量が十分あれば、黄きょう菌の感染が起こりうる環境条件を備えていると考えられた。

フェロモントラップを利用した天敵微生物 *Beauveria bassiana* の感染装置：

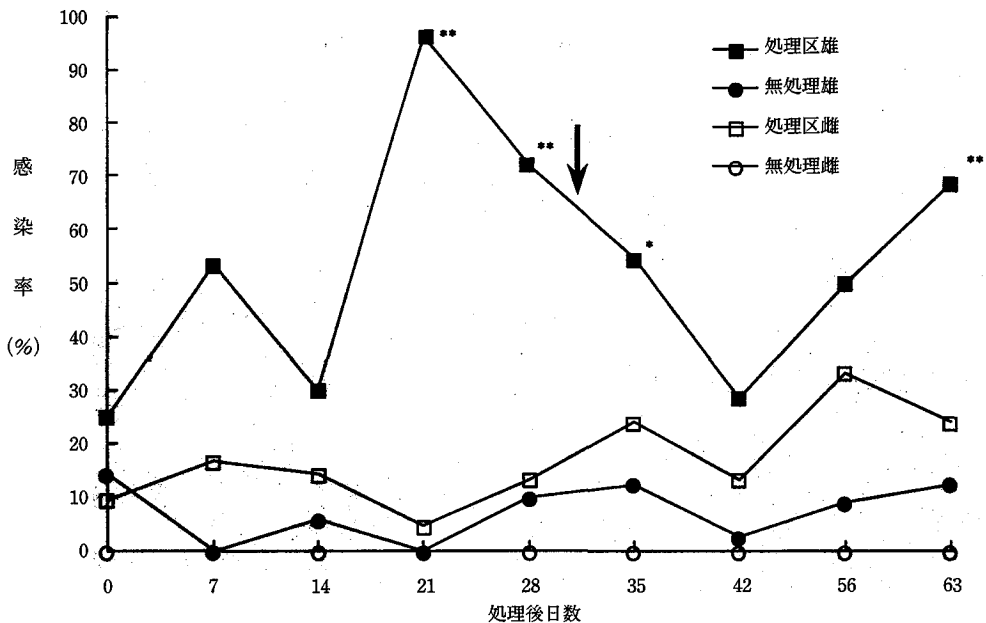
合成性フェロモンを利用して、雄成虫を誘引し、誘引個体に分生子を多量に塗り付ける装置を作成し、その効果を検討した。まず、サツマイモ圃場2箇所約1200m²を調査圃場とし、1箇所感染装置(第6図)2台を30日間置き、残りの1箇所は対照区とした。圃場試験では前記4)の黄きょう菌読谷系統を用いた。効果の判定は以下の3つで行った。a) 両圃場内に10個の調査用の方形区(1m²)を設け、週1回方形区内の生存虫

と菌による感染死亡虫を数える。b) 方形区内で採集される生存成虫の性比を調べる。c) 両圃場の方形区外より生存成虫を採集し、1か月間室内で個体飼育を行い、その後に菌によって死亡した個体を感染虫(キャリア)とみなす。

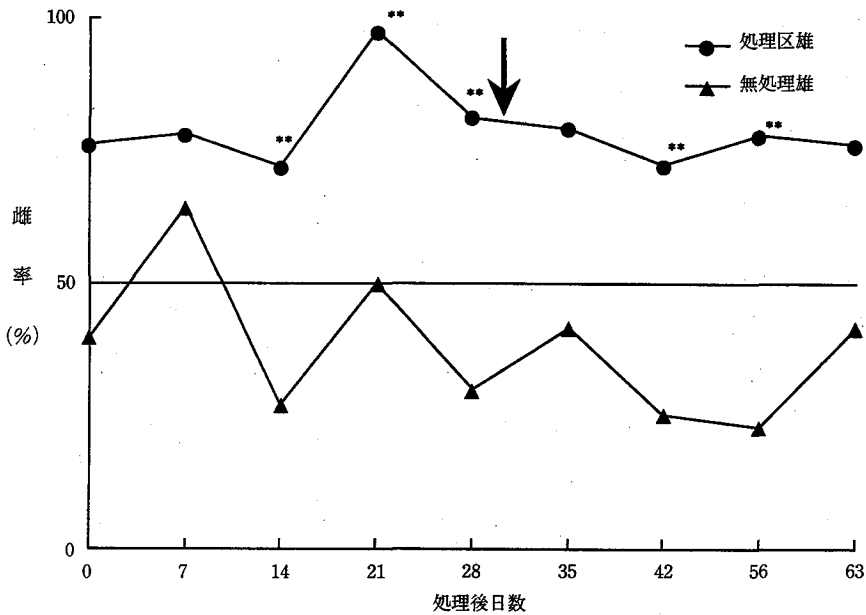
その結果、方形区内の感染死亡虫数の調査(第7図)では、処理区の感染死亡率(10区画合計)は、雄で処理後21日目にピークに達し、96.2%(無処理区0%)となり、処理後21日、28日の無処理区との差は統計的に有意(FISHERの正確確率法)で、感染装置を撤去した(矢印)後の35日、63日後でも有意となり、効果は1か月以上持続することが明らかとなった。また、雌でも処理区の感染率はつねに高く推移した。処理区の生存成虫の雌比(第8図)は72.0~97.6%(無処理区23.1~64.3%)で、性比は大きく雌に傾いた。処理区内の生存成虫の感染率(キャリア)(第9図)は雌雄とも処理21日後にピークとなり、採集した雄で57.9%



第6図 アリモドキゾウムシの天敵糸状菌感染装置(安田, 未発表)



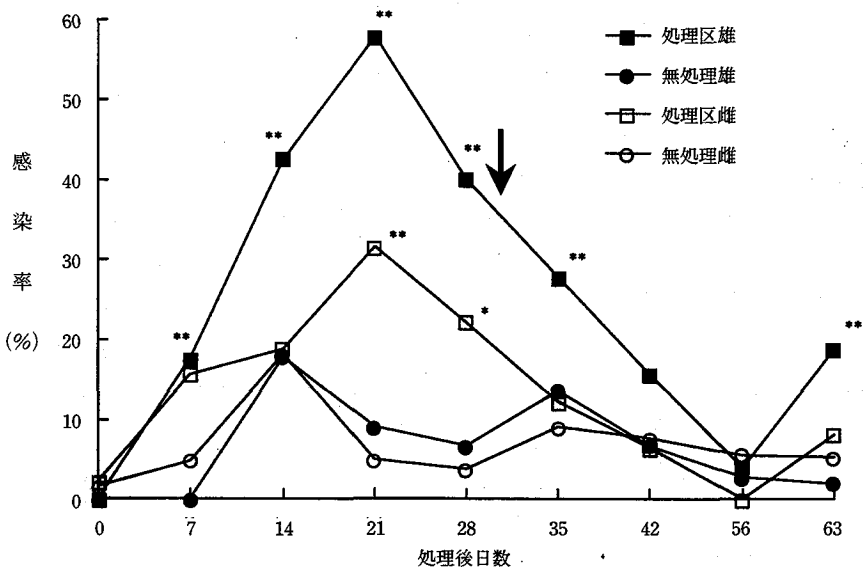
第7図 方形区でのアリモドキゾウムシ感染死亡率(安田, 未発表)(矢印は感染装置の撤去を示す)



第8図 天敵糸状菌感染装置設置後のアリモドキゾウムシ成虫の性比の変化 (安田, 未発表) (矢印は感染装置の撤去を示す)

(無処理 9.0%), 雌で 31.6% (無処理 4.9%) であった。実験期間を通じて処理区の感染率は高く, 処理後8回の調査の内6回で無処理区との差は有意であった (FISHERの正確確率法)。

この装置の利点として a) 慣行的な全面散布より少ない菌量で多量の胞子を成虫に付着させる, b) 感染させた成虫を容易に放飼できる, c) 放飼された成虫が生息密度の高い場所へ移動することにより菌をさらに他個体へ分散させる, d) 配偶行動により雌成虫へ感染も期待できる, e) 装置内で死亡した個体は菌を再生産する等が上げられる。



第9図 アリモドキゾウムシ生存野生虫の感染率 (キャリア) (安田, 未発表) (矢印は感染装置の撤去を示す)

総合管理技術への展望

現在、イモゾウムシ、アリモドキゾウムシの防除を殺虫剤(化学合成殺虫剤)を使用せずに行うことは現実的には不可能に近く、当面は殺虫剤を用いた防除が主流となるだろう。しかし環境保全型農業が叫ばれている今日、より効果の高い、あるいは残効の長い殺虫剤の出現を望むことはできず、むしろ殺虫剤に過度に依存した害虫防除からの脱却を目指すべきだろう。今後、害虫の総合管理技術を導入し定着させるには、防除に必要なコストおよびそれらの効果が、現在行われている殺虫剤を主体とした防除と少なくとも同程度でなければ普及は困難と考える。そのためには各種の防除手段を取り入れ、適正に評価を行い、それらを単独もしくは複数を組み合わせてより有効な防除体系を組み立て、個々の圃場の発生動向に対応した防除を考える必要があるだろう。

1例を示せば、まず予防防除がある。いわゆる耕種的防除法として、発生源を減らすため、収穫後のサツマイモの残渣処理や野生寄生植物の除去を行い、地域での密度を低下させる。また、両種雌成虫はサツマイモに誘引されることから、誘引力を弱めるよう植物を圃場周囲に植え、誘引源となるサツマイモの匂いを攪乱する方法の検討や、あるいは忌避剤または忌避的に作用する殺虫剤(安田, 1995)による侵入の阻止も有効だろう。

圃場で殺虫剤を用いる場合には、生産者自身がサツマイモ茎の被害をモニタリングし、その割合から、塊根への被害とその時期を予測して、防除要否の決定を行うべきだろう。さらには、地域により寄生蜂が高密度で生息する場合、そのような天敵への殺虫剤の影響を最小限にとどめるため茎葉への全面散布は控え、両ゾウムシに対する株元への粒剤処理のみを行い、蜂の寄生率を高めることも有効だろう。さらに、今回示したフェロモントラップと天敵糸状菌を組み合わせた感染装置のように、複数の防除技術を組み合わせることで、より高い効果が期待できる技術の開発も必要であろう。特にアリモドキゾウムシの感染システムにおいてアリモドキゾウムシ用の天敵微生物と共にイモゾウムシ用の天敵微生物も同時に施用し、同一場所に生息するイモゾウムシをもターゲットにしてアリモドキゾウムシを再放飼する方法も検討する価値があるだろう。

また、大量増殖した不妊虫に天敵微生物を塗布して、野外に放飼し、不妊虫放飼法と天敵微生物の併用による方法の高い効果が期待されるだろう(ニップリング, 1989)。

現在進行中の両種の不妊虫放飼法による根絶防除事業においては、両種が高密度で発生するサツマイモ圃場での抑圧防除が重要な鍵となるだろう。無防除の場合、植付後150日の株当たり10頭の密度を10a当たり換算すると5万頭にもなり、すでに羽化した成虫や在圃期間が長くなればさらに個体数は増える。性比が1:1で仮に10倍の不妊雄成虫を放すとすると10a当たり25万頭が必要となる。また、両種成虫の寿命はミバエ類と比較して長く、野生雌成虫は長い交尾受け入れ可能な期間を有することから雄成虫の密度が低くても交尾が成立する可能性が高くなり、その意味からも十分な抑圧防除を行い、野生個体群の密度を極めて低く抑えてから、不妊虫放飼へ移行すべきで、同時に他の防除方法との併用も必要だろう。

引用文献

- ニップリング, E. F. (1989) [小山重郎・小山晴子訳] 害虫総合防除の原理。東京: 東海大学出版会, 305p.
- PROSHOLD, F. I., J. L. GONZALEZ, c. ASENCIO and R. R. HEATH (1986) *J. Econ. Entomol.* **79**: 254-259.
- 柴 政文 (1968) 鹿児島県農試大島支場創立 65 周年記念誌 50-57.
- SATO, K., I. URITANI, T. SAITO and H. HONDA (1978) *Appl. Entomol. Zool.* **13**: 227-228.
- SHERMAN, M. (1951) *J. Econ. Entomol.* **44**: 652-656.
- SUTHERLANDN, J. A. (1986) *Trop. Pest Manag.* **32**: 316-323.
- 安田慶次 (1990) 植物防疫 **44**: 118-120.
- 安田慶次 (1991) 九病虫研会報 **37**: 107-110.
- 安田慶次 (1993) 九病虫研会報 **39**: 88-90.
- 安田慶次 (1996) 応動昆 **40**: 97-102.
- 安田慶次・杉江 元・R. R. HEATH (1992) 応動昆 **36**: 81-87.