Osaka University Knowledge Archive

Title	特殊害虫アリモドキゾウムシとその根絶技術確立の現状
Author(s)	杉本, 毅
Citation	makoto. 1994, 88, p. 2-7
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/85911
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

特殊害虫アリモドキゾウムシとその根絶技術確立の現状

近畿大学農学部昆虫学研究室
教授 杉本 毅

1．はじめに

サツマイモは、FAOの統計によると、キャッサバに続いて世界で7番目に主要な作物であるが、熱帯、亜熱帯地方ではアリモドキゾウムシが重要害虫の1つとして栽培者を悩ませている。わが国では、南西諸島に限って分布しており、地域農業の大きな障害となっている。ところで、この地域に分布していた特殊害虫のうちミカンコミバエに続いて、ウリミバエも昨年根絶された。引き続いて、残る特殊害虫のうち本種を含むサツマイモ害虫2種の根絶が企図され、1988年から鹿児島、沖縄両県で根絶技術確立事業が始まった。私どもの研究室でも1989年から国の補助金を得てこれに参画、支援してきた。その結果、本年度から奄美諸島の喜界島と沖縄の久米島で小規模ながら根絶試験事業が行われる運びとなった。本文では、アリモドキゾウムシの概略とこれまでの取り組みの様子をご紹介し、農業分野における害虫問題のご理解に供したい。なお、本文に入る前に、これらの害虫がなぜ根絶されなければならないか簡単にご説明申し上げたい。現在南西諸島に限って分布している害虫の中には、もし本土に侵入すれば大被害を及ぼすと危惧されるものが何種類かいる。植物防疫法によって、これらの害虫は特殊害虫に指定され、その虫体はもとより寄主植物の域外への移動も厳しく禁止されている。したがって、これらの害虫が加害する農作物を域外へ出荷するには、法律上、これらの害虫を根絶するほかないわけである。ウリミバエの根絶によって、沖縄、奄美産のメロン、インゲンマメなどの野菜類やマンゴーなどの熱帯果実が大阪市場にも入荷されるようになったことはご存じと思う。これらの害虫の根絶によって、地域農業にもたらされる経済効果には計り知れないものがある。

2．分類と分布

アリモドキゾウムシは、甲虫目ミツギリゾウムシ科の昆虫で、*Cylas formicarius* (Fabricius) と命名され、英名はSweetpotato weevilである。ただし、2亜種に分けられることがあり、*C. formicarius formicarius* Fabriciusは東半球に、*C. formicarius elegantulus* (Summers) は新大陸に分布するとさ

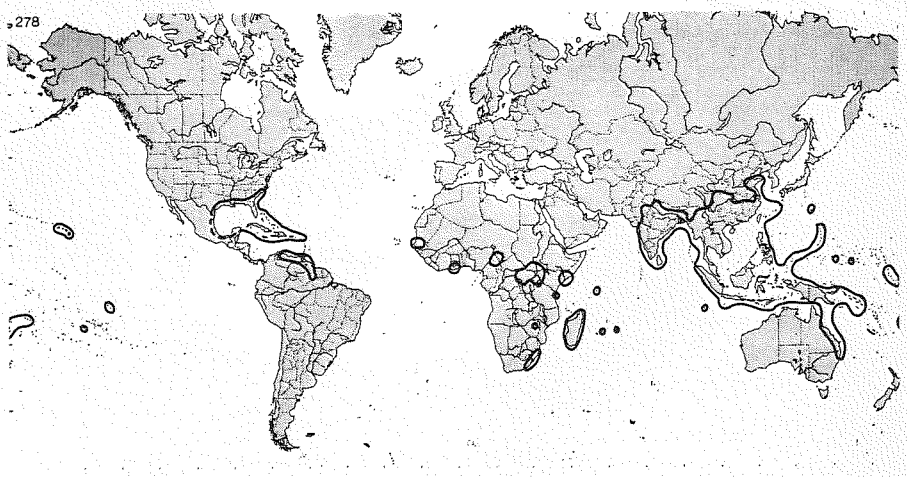

図1　アリモドキゾウムシの地理的分布
Commonwealth Institute of Entomology : Distribution maps of pests (1970) から.

れてきた。USDAでは伝統的にこの分類法が用いられているが、疑義も出されており、わが国では亜種を区分しないのが普通なので、本文でもそのように扱うこととする。

本種は、熱帯、亜熱帯に広く分布し(図1)、50ケ国以上で記録されているが、インド亜大陸起源と考えられている。主に、インドからの移民によって塊根とともに世界各地に運ばれ分布域が拡がったと考えられている (Wolfe, 1991)。アフリカでは、サツマイモ害虫として別種*C. puncticollis*が優勢である。アメリカへは、カリブ諸国から輸入された塊根に混じって入ったと考えられ、1875年にNew Orleansで初めて発見されて以来、徐々に分布を広げ、現在では南東部6州に及び、防除は勿論、分布の拡大を抑えるためにも多大の努力が払われている (Sorensen, 1987)。わが国では、1903(明治36年)にすでに沖縄でかなりの被害が認められ、その後北上し、1965(昭和40年)に薩摩半島南端の開門町で発見されたが、国県あげての撲滅作戦が効を奏し、いったんは北緯30度以南の地域に分布域を押し戻したが(栄、1968)、1990年に種子島に再侵入し、根絶のため只今多大な努力が払われている。現地では、この虫は「サシ」、「ニガムシ」などと俗称されている。

3．生活史

成虫は、体長6－7mmで細長く、一見アリに似ている(図2)。頭部は黒藍色、胸部と脚は赤褐色で、鞘は腹部背面とともに美しい黒藍色の金属光沢を呈する。触角は、10環節から成り、雄の末節は他よりたいへん長いが、雌の末節は脹れただ円形をしてそれほど長くない。触角の形状の違いから、雄雌の区別が容易にできる。成虫は、茎または塊根の表面に径1mm，深さ1～1.5mmの斜孔を作り、その中に乳白色のだ円形をした卵（0.7×0.4mm）を1卵ずつ産み、孔の入口を茶白色の練り潰したふん様のもので蓋をする。幼虫は、乳白色で、成熟すると体長6mm，幅2mmに達する。幼虫令数は3令と考えられている。蛹は、体長5.3mm，幅2.3mmで、蛹化当初は乳白色であるが、羽化近くになると濃色に変化する。羽化直後の成虫は眼だけ黒く、他は柔らかくて乳白色であり、27℃で3日間前後加害塊根の中に留まり、体が固有の色になり、十分に硬化すると塊根の表皮に径2mm位の孔をあけて脱出する。その後直ちに交尾する。発育期間は、温度に左右され、適温範囲は27～30℃で、1世代を経るのに1ケ月余りを要する(表1)。成虫の寿命は、温度の高低や餌の有無などに支配され、30℃、70%RHでは餌のサツマイモが与えられれば3ケ月以上生き(表2)、ほぼその全期間にわたって繁殖可能である。一方、収穫された塊根は、14～15℃で貯蔵されるのが普通である。この温度では、餌があれば8ケ月以上の生存が可能であり(表2)、成虫期には、熱帯、亜熱帯の昆虫の割に

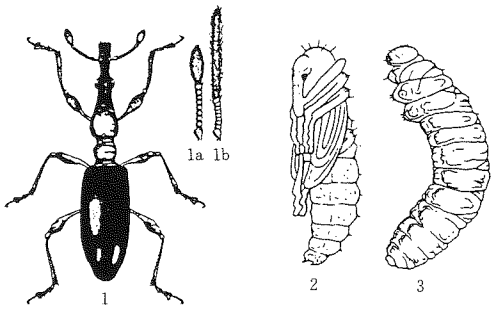

図2　アリモドキゾウムシの形態
1：雌成虫　1a：雌の触角　1b：雄の触角
2：蛹　　3：幼虫

表1　発育に及ぼす温度の影響 (Mullen, 1981)

	平均発育日数			
	20℃	25℃	27℃	30℃
卵期間	7.9	5.7	4.8	4.0
幼虫期間	58.2	23.7	16.3	16.2
蛹期間	10.7	5.0	5.5	8.6
産卵前期間	7.7	6.5	6.3	4.5
計	84.5	40.9	32.9	33.3

表2　成虫の寿命（平均日数±SE）に及ぼす温度と餌の影響 (Mullen, 1981)

温度(℃)	餌条件	♀	♂
15	あり	253.1±18.3	256.3±25.8
	なし	33.1± 1.1	31.2± 5.2
30	あり	93.2± 8.4	104.5±16.7
	なし	8.0± 0.5	7.4± 0.3
40	あり	11.0± 1.4	10.8± 1.0
	なし	10.8± 1.0	11.2± 1.5

は耐寒性が強く、0℃下でも少なくとも10日間生存が可能であった。したがって、貯蔵塊根の上だけでなく、冬の平均最低気温が0℃を上まわる西日本の野外でも、条件によっては成虫越冬が可能なことが示唆される。

寄主植物の多くはヒルガオ科に属し、その中でも、サツマイモの他に、グンバイヒルガオ、ノアサガオ、マメアサガオ、ヌマアサガオなどIpomoea属の植物が30種以上に及び、さらに属は異なるがヨルガオ、ハマヒルガオ、オキナアサガオなどが寄主植物として知られている（Sutherland, 1986）。

4．繁殖行動

雌成虫は多回交尾型と考えられてきたが、著者らの研究（アリモドキゾウムシ研究会、1992）によると、雌は初回交尾以後性フェロモンを分泌しないことやその他の状況から、せいぜい初期集中型の多回交尾と見なされるが、野外では多くの雌は事実上1回しか交尾しないと考えられる。1雌あたり産卵数は条件にもよるが、せいぜい100卵前後で、図3に示したように初期には1日に数個産むが、その後は生涯にわたってせいぜい1日に1卵をダラダラと産み続ける。

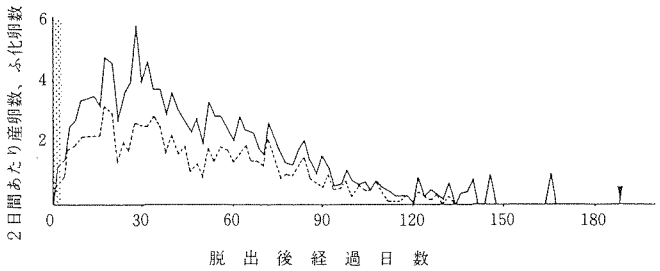

図3　1雌あたり産卵数（実線）とふ化卵数（破線）の経時変化
網掛け部：交尾期間　　矢印：死亡

繁殖行動には、宵に活発化する明らかな日周性が認められる。サツマイモ畑で、夜に処女雌は性フェロモンを分泌し、これに誘われて雄が葉づたいに集まり交尾する。交尾後、雌は産卵のため地上に降りる。このため、夜には雄雌ともに植物上で多く見受けられるが、昼間はいづれも地表に降りるので見出しにくい（Proshold, 1989、Sakuratanіら、1994）。交尾、産卵活動の限界温度はいずれも15℃前後であり、南西諸島でも冬の繁殖活動は無理と思われる（アリモドキゾウムシ研究会、1992）。沖縄では、短日条件下で雌の卵巣が発達しない、いわゆる生殖休眠が認められたが（金城、1994）、以上の事情とよく符号する。雄の配偶行動は、雌が分泌する性フェロモンによって解発され、Heathら（1986）によって、この物質は（Z)-3-dodecen-1-ol(E)-2-butenoateと同定された。同じ程度に高い生理活性を持つ物質がすでに合成され、市販されている。合成フェロモンを用いたフェロモン・トラップの利用によって、雄成虫の中には風に乗って1晩に1000m位の距離を移動できる個体もあり、トラップの近傍に達すると繁みづたいにトラップに近付くことなどが分った（Janssonら、1991）。

5．被害

成虫は、茎、塊根を食害し、食害痕は径1mm、深さ1～1.5mm位で、産卵痕と違って蓋をしないので傷として残る。幼虫は、ふ化するとそのまま茎の株元部分や塊根に食入して孔道を作り、後方に排出物を充填しながら食い進む。被害部は、褐変し壊死が見られ、塊根全体が強い苦みと臭みを伴うので人はもちろん家畜の餌にも適さない。ただし、成虫加害の場合には、人体に感知できるほどでない（アリモドキゾウムシ研究会、1992）。被害部におけるこの変化は、成虫や幼虫によって食害時に分泌される、グリコプロテインやタンパクなどからなるTerpenoid-inducing factorに反応して、被害部にIpomeamaronなどのFurano-terpenoidやUmbelliferoneなどのクマリン類が生成されるためである。Furano-terpenoidはファイトアレキシンに属し、黒斑病菌(*Ceratocystis fimbriata*)に対する防衛反応としてサツマイモによって生成されることが知られている（Uritani, 1963）。

アリモドキゾウムシによる被害には、茎と塊根に対する直接害と茎の被害に起因する地上部の生育不良による塊根の減収という間接害がある。このうち直接害についてみると、茎の被害は苗植え

付け後塊根の肥大期まで急速に高まるが、以後加害は塊根に移り、その被害は日増しに高まる。南西諸島では、収穫が遅れると半分以上の塊根が被害にあう。このため、早い収穫が望まれる。雨の多い年には、塊根の被害が減少する。これは、雨の多い年には畑の地面にひび割れなどができにくいので、雌成虫が割れ目を通って地中の塊根に達しにくいためと考えられている。土寄せして土層を厚くしたり、固まりにくい「軽い」土壌に栽培すると塊根の被害を軽減できるのも同じ理由による。

6．防除

コマユバチ科の寄生蜂類と寄生蠅*Drapetis* sp.などが本種の幼虫、蛹の寄生性天敵として報告されているが応用には至っていない。寄生性線虫として*Heterorhabditis heliothidis*など数種が認められており、フロリダ大学で応用研究が試みられている。病原性微生物としては昆虫寄生菌*Beauveria bassiana*が中国で利用されている。合成性フェロモンと殺虫剤を混合し吸着させたテックス板を用いた雄除去法が奄美大島で試されたが、期待したほどの成果は得られなかった。本種に対する防除努力は、これまで主に耐虫性品種の育成と殺虫剤による化学的防除に向けられてきた。前者については、国際機関であるナイジェリアのIITAや台湾のAVRDCなどで研究されてきたが、強い耐虫性品種の育成には成功していない。化学的防除に関しては、1970年代までは、世界的にDDTなどの有機塩素剤が多用され、たとえば、アルドリンを用いた植え付け前の土面散布、植え付け時の苗浸漬および植え付け後の茎葉散布の併用などが推賞された。その後、有機燐剤、カーバメート剤などに切り替わり、MPP剤、MEP剤などの茎葉散布が有効であることが示され、カルボスルファン粒剤の植溝処理とMPP粉剤の土面散布の併用によって高い防除効果が得られることも分かった。しかし、農薬残留の問題などに絡み、最近では、化学的防除は総合防除の一環として位置付けられる傾向にある。

7．根絶実証事業の現状

ご存じの通り、南西諸島では、ミカンコミバエは誘引剤メチルオイゲノールと殺虫剤を吸着させたテックス板散布を中心としたいわゆる雄除去法によって、またウリミバエは不妊虫放飼法によって根絶された。アリモドキゾウムシの場合には、上述のように防除法として満足できるものはいまだ見出されていない。われわれは、本種の根絶法として不妊虫放飼法を採用することとした。この方法はアメリカのKnipling博士が提唱したもので(Knipling, 1955)、体細胞にさしたる影響を与えない程度に放射線などで不妊化処理した雄を多数野外に放飼し、野生雌と交尾させて野生雄との交尾機会を奪い、子孫を残させないようにする。野生雄よりはるかに多くの不妊雄を繰り返し放せば、野生雌は野生雄との交尾機会が次第に小さくなり、やがて根絶されるはずというのがこの方法の骨子である。実際の根絶事業における作業は、図4に示したフローチャートに従って行われる。この図からも分かるように、この方法を適用するには解決しなければならない多くの技術上の問題がある。

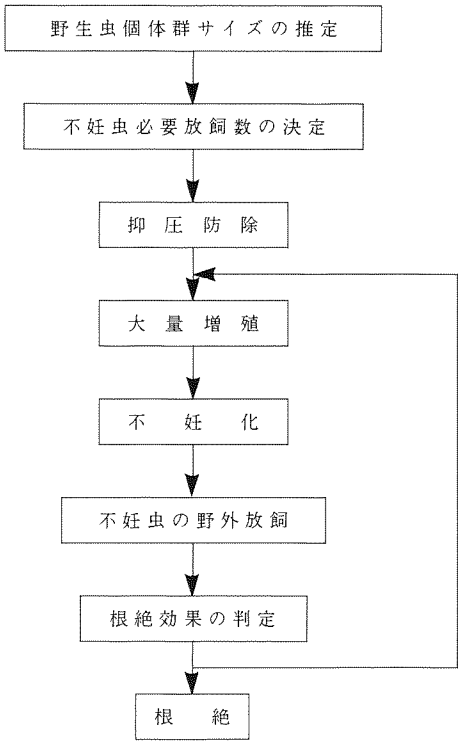

図4　根絶作業のフローチャート

その中でも特に放飼虫の大量増殖と不妊化技術の確立は中心的課題である。後者については、ウリミバエの不妊化のために沖縄本島と奄美大島に設置されていたコバルト60を線源とするガンマー線照射施設を再利用することとした。

先ず、個体群サイズの推定は、標識再捕獲法によることとし、フェロモントラップで虫を捕獲した。喜界島で行った調査では、1992年8月から9月の個体群のピーク時に雄は400万匹弱と推定された（Sugimotoら、1994）。抑圧防除は、経済上の理由から放飼する不妊虫数をできるだけ節約するため、何んらかの方法で前もって野生虫数を減らしておくためで、性フェロモンと殺虫剤を吸着させたテックス板を散布することとした。不妊虫の必要放飼数は、不妊虫の性的競争力や抑圧防除の効果などを組み込んだ簡単な個体群成長モデルから推定された。次に、根絶効果の判定は、根絶対象地域内に設けられた定点に設置した、雄を対象とするフェロモントラップ、雌を対象とするイモトラップによる捕獲虫数の推移および地域内で採取した寄主植物の被害状況に基づいて行う。不妊虫放飼法において常用されるS/N（捕獲された雄のうち野生雄数に対する不妊雄数の比）の推定は、不妊虫に放飼前に蛍光塗料でマークをつけ、野生雄との識別に利用する。マーク脱落虫については解剖によって生殖器官の退化状況から判定する。次に、不妊虫放飼法の核心部分の1つ大量増殖は、この虫の最適発育温度に近い27℃で12L 12D、60～70% RHという条件で行い、とりあえず飼料として生の塊根をそのまま用いることとした。塊根に食入った幼虫は塊根から塊根へと移ることはできないので、個々の塊根は資源量が限られた閉鎖空間とみなすことができる。したがって、塊根内で育つ虫にとって過疎、過密などの影響いわゆる密度効果が働くことになる。150gの塊根に3日間種々の密度で産卵させて得られた次世代成虫数に関し、親が約65対のときに親1対あたりの最大増殖率が得られた。一方、子1匹あたり平均体重は親密度とともに低下した。体重の低下は虫質の低下に繋がる問題であるが、経済性なども考慮してやや過密ながら塊根1gあたり2対の割りで産卵設定することとした。実際の飼育は、1生産ユニットとしてプラスチック製タッパー（30×40×15cm）に約800g分の塊根を入れ、これに3000頭（ほぼ1500対）の虫に3日間産卵させ、その後塊根の腐敗防止のためこれらの塊根をオガクズに埋めて保管して湿度調節を行う（上門ら、1993）。一定期間を経た後これを取り出してガンマー線を照射する。このようにして処理された塊根からやがて脱出する成虫を回収、梱包して使用する。当初は、期待どおりに産卵されなかったり、保管中の塊根が腐敗したり、虫に寄生菌が発生したりと生産量が不安定であったが、その都度改善策を講じて現在ではほぼ期待どおりに安定生産できるようになった。ただし、現段階では手仕事が多く、本格的事業には機械化が必要で、人工飼料の開発とともに只今研究中である。次に、ガンマー線の照射条件についてみると、理想的には体細胞に悪影響を与えないで完全に不妊化できることが望ましいが、そのためには最適の照射すべき虫の発育ステージと照射線量を選ぶことが問題となる。言うまでもなく、照射に対する感受性が生殖細胞の方が体細胞に比べて高ければ高いほど好都合であるが、実際にはその差はそれほど大きくなく、最適照射条件の決定には苦労が多かった。この虫はウリミバエと違って蛹末期から成虫初期に生殖細胞が形成されるので、この時期が照射適期と思われる。ただし、成虫は、すでに述べたように羽化後しばらく塊根の中で過ごしてから脱出するが、脱出時の成虫の日令には個体によってバラツキがあり、他方、照射に対する成虫の感受性は日令が進むにつれて急激に低下した（伊藤ら、1991）。したがって、脱出後の成虫をまとめて照射する場合には、個体内レベルにおいて生殖細胞と体細胞の間の照射に対する感受性の差が小さい上に、発育ステージの違いにともなう個体間の感受性差が絡まって問題解決を複雑化した。感受性のまちまちな成虫集団をまとめて処理してすべての個体を不妊化しようとすると、照射の悪影響もそれなりに大きくなった。一方、脱出前に照射する場合には、虫はまだ塊根の中に留まっているので塊根ごとに照射せざるを得ないが、幸いなことに塊根の組織には照射に対

する遮断効果はほとんど認められなかった。ただし、塊根内の虫の発育ステージにはバラツキがあり、発育の進んだ虫ほど照射に対する感受性は低い。この場合にも、脱出後の成虫照射の場合と同じ悩みに行き当たるわけだが、ただ悪影響の度合いは多少小さいようであった。試行錯誤の末、産卵後27日または28日目（蛹7日令または成虫1日令に相当）に80Gyを照射するのが最適と判断された。図5は、28日目に照射した塊根からの成虫の日ごとの脱出度数を示す。遅く脱出したものほど照射時により若かったと見なしてよい。脱出日を図のように区分し、各区分ごとに得られた虫の妊性と寿命を表3、表4に示した。妊性は、不妊雄または雌に対して健全雌または雄をそれぞれ組み合わせ、それぞれの組み合わせにおいて産下された卵のふ化の有無でもって判定した。この照射条件では、すべての虫が不妊化されたが、寿命がかなり短くなり、体細胞に対する照射の悪影響が認められた。70Gyに線量を落とすと不妊化されない虫が現れた。不妊化の現状は以上の通りであるが、寿命の短縮に見られる虫質の低下に対する改善策の検討に並行して、不妊虫として放飼した虫の中に不妊化できていない虫が含まれる場合の根絶効果に対する影響の理論的見極めなども今後の課題である。

表3　産卵後28日目の塊根に対する80Gy照射が脱出成虫の妊性に及ぼす影響

組合せ	Ⅰ		Ⅱ		Ⅲ		Ⅳ	
	産卵数	ふ化率	産卵数	ふ化率	産卵数	ふ化率	産卵数	ふ化率
Ⅰ♂x N♀	1134	0	974	0	836	0	204	0
N♂x Ⅰ♀	0	0	0	0	0	0	0	0
N♂x N♀	638	98.4	409	98.8	479	99.2	627	99.7

Ⅰ；不妊虫、　N；健全虫

表4　産卵後28日目の塊根に対する80Gy照射が脱出成虫の寿命(日)に及ぼす影響

		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
80 Gy	♂	28.1±11.5	27.0± 7.8	26.2±16.6	26.4±13.7
	♀	30.9±12.0	26.2±10.7	23.1±16.4	18.6±13.0
0 Gy	♂	112.4±57.4	80.4±57.4	106.5±56.8	108.5±45.6
	♀	59.0±30.9	49.6±31.3	47.6±25.7	69.3±24.6

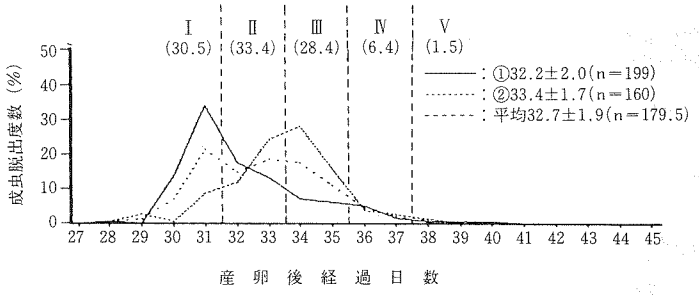

図5　産卵後28日目に照射した塊根からの成虫の脱出状況
2つの塊根①②からの脱出状況