

園芸作物の訪花昆虫増殖利用に関する研究

小 林 森 巳

(岩手県園芸試験場)

A Study on Multiplication and Utilization of Insects Pollinating Horticultural Crops

Morimi Kobayashi

(Iwate Horticultural Experiment Station)

目 次	
緒 言	3
謝 辞	4
第1章 訪花昆虫利用の現況と問題点	5
緒 言	5
第1節 リンゴにおける利用の現況と問題点	5
第2節 果菜類(採種を含む)における現況と 問題点	6
第2章 園芸作物における有力訪花昆虫の探索	9
緒 言	9
第1節 落葉果樹園における訪花昆虫相	9
緒 言	9
調査方法	9
1. リンゴ園における訪花昆虫相	9
2. 和ナシ園における訪花昆虫相	9
3. 洋ナシ園における訪花昆虫相	9
4. モモ園における訪花昆虫相	9
5. スモモ園における訪花昆虫相	9
6. オウトウ園における訪花昆虫相	9
調査結果	11
1. リンゴ園における訪花昆虫相	11
(1) 調査園の開花と気象状況	11
(2) 同一園地の訪花昆虫相	11
(3) 相違する2地域の訪花昆虫相	19
(4) 岩手県内環境別の訪花昆虫相	19
考 察	22
1) 訪花昆虫採集種の整理	22
2) 優位順位	23
3) 採集量の年変動	25
4) 日周活動	25
5) 相互関係	27
6) 環境と訪花昆虫	31
7) 訪花昆虫と花粉媒介	31
第2節 シマハナアブの訪花昆虫としての 適合性と生態	32
考 察	32
3. 洋ナシ広域栽培園における訪花昆虫相	36
考 察	42
4. モモ園における訪花昆虫相	42
考 察	43
5. スモモ園における訪花昆虫相	43
考 察	44
6. オウトウ園における訪花昆虫相	44
考 察	44
7. ウメ・アズ園における訪花昆虫相	44
考 察	44
摘 要	44
第2節 シマハナアブの訪花昆虫としての 適合性と生態	54
緒 言	54
実験方法	54
1. シマハナアブの訪花昆虫適合性	54
(1) 花粉付着状況調査	54
(2) 耐低温性	54
(3) 害性の有無	54
(4) 天 敵	54
2. シマハナアブの形態と生態	54
(1) 形 態	54
(2) 成虫の発生消長と生息場所	54
実験結果	54

1. シマハナアブの訪花昆虫適合性	54	実験方法	89
(1) 花粉付着状況	54	1. 雄蕊除去による花粉媒介能力	89
(2) 成虫の温度反応	57	2. ハチ類との比較	89
(3) 害性有無	57	3. 放飼量別による結実効果	89
(4) 天敵	57	4. 圃場放飼の分散状況試験	89
2. シマハナアブの形態と生態	57	5. 圃場での実用効果	89
(1) 形態	57	6. 地域別実用効果	93
(2) 成虫の発生消長	57	7. 広域実用化試験	93
(3) 産卵場所	59	実験結果	96
(4) 幼虫・蛹の生息場所	59	1. 花粉媒介能力	96
考察	60	2. ハチ類との比較	96
摘要	61	3. 圃場分散状況	96
第3章 訪花昆虫シマハナアブの人工増殖に関する試験	63	4. 圃場での実用効果	96
緒言	63	5. 地域別実用効果	99
第1節 成虫飼育に関する試験	63	6. 広域実用効果	105
緒言	63	考察	105
実験方法	63	摘要	108
実験結果	63	第2節 シマハナアブの果菜類実用効果	108
考察	69	緒言	108
摘要	69	1. イチゴにおける訪花生態と花粉媒介能力	109
第2節 幼虫飼育ならびに蛹化・羽化に関する試験	70	緒言	109
緒言	70	実験方法	109
実験方法	70	(1) 訪花回数と日周活動	109
1. 適合飼料の検索	70	(2) ハウス内の訪花分布	109
2. 発育飼料についての検討	70	(3) 放飼虫の有効期間	109
3. 簡易飼料による検討	70	(4) ハウス開放時の逃亡状態	109
4. 穀物・野菜利用による飼育の検討	70	(5) 雄蕊除去による花粉媒介能力	109
実験結果	70	(6) シマハナアブの実用効果	109
1. 適合飼料の検索	70	(7) 現地ハウスイチゴ実用効果	110
2. 発育飼料についての検討	70	(8) ハウスイチゴ利用に関する共同研究	110
3. 幼虫の発育ならびに蛹化・羽化と温度	76	実験結果	110
4. 簡易飼料による検討	76	(1) 訪花回数と日周活動	110
5. 穀物・野菜利用による飼育	76	(2) ハウス内の訪花分布	110
6. 寒天省略飼料	76	(3) 放飼虫の有効期間	110
7. 防腐剤の種類と発育	81	(4) ハウス開放時の逃亡状態	110
8. 幼虫飼育密度	82	(5) 雄蕊除去による花粉媒介能力	115
9. 照明時間と冷蔵時の生存の関係	82	(6) シマハナアブの実用効果	115
10. 年間飼育回数と量	82	(現地実用・共同研究)	
考察	85	考察	118
摘要	86	摘要	119
第4章 シマハナアブの実用化に関する試験と利用	89	第5章 シマハナアブ大量増殖施設と利用法	121
緒言	89	緒言	121
第1節 リンゴ園における実用効果	89	第1節 大量増殖の実験施設	121
緒言	89	緒言	121
		実験方法	121
		実験結果	121

考 察	122
摘 要	125
第2節 利用方法	125
緒 言	125
1. 幼虫態輸送に関する試験	126
緒 言	126
実験方法	126
実験結果	126
考 察	127
摘 要	128
2. 蛹ならびに成虫態輸送に関する試験	128
緒 言	128
実験方法	128
実験結果	129
考 察	129
摘 要	130
3. 果樹園利用方法	130
4. 野菜(果菜)類利用方法	131
第6章 訪花昆虫の保護対策	133
緒 言	133
実験方法	133
1. 虫体散布による影響	133
2. 食毒による影響	133
3. 接触(残効)による影響	133
4. 忌避的影響	133
実験結果	134
1. 虫体散布による影響	134
2. 食毒による影響	134
3. 土壌施用による影響	136
4. 接触(残効)による影響	136
5. 忌避的影響	137
考 察	137
摘 要	140
総 括	141
引用文献	145
Summary	151
写真説明	

緒 言

農作物栽培上、訪花昆虫の果している役割りは極めて大きい。ことに落葉果樹類の大部分は自家不結実性、菊池(1933)、浅見(1939)、永沢(1942)、森(1936)であることから、結実には昆虫による花粉媒介に期待せざるを得ないものがある。

リンゴ園においては、1955年頃より開花量に比較して、結実量低下の現象が各地に生じ、中心果の結実不足や、

受粉不完全による不正果の増加が目だって、生産安定上大きな障害となっている。結実の良否は、昆虫による花粉媒介以外に、受粉樹の混植状態や、前年の結実量の多少、花芽の分化状態に関係し、また剪定、肥培管理、防除状態、開花時の気象状態等による影響も、重要な要因としてあげられるが、開花の多少にかかわらず、結実の有無は受粉が行われたかどうかにかかわる、直接的影響が最も大きいといえよう。結実低下の現象は、この花粉媒介者としての意義をもつ訪花昆虫の減少と密接な関係にあるといえよう。

訪花昆虫の減少は、DDTの出現以来、急速に開発された有機合成農薬の多面使用による自然界の汚染(Carson(1962)⁵、福永(1965)⁶)と、自然環境破壊にともなう生物環境の変化の影響と考えられる。このため、とりわけ果樹園の訪花昆虫相の貧弱化(岡田1963⁷、1955⁸、広瀬1961⁹、前田、北村1964¹⁰、1965¹¹、1969¹²、熊倉ら1973¹³)をまねき、結実不安定化におとし入れたものといえよう。この結実不足に対処する唯一の改善策は、人工受粉(青森苹果試(1937)¹⁴、福島(1965)¹⁵、永沢(1955)¹⁶)の実施以外に対策がなく、リンゴ園においてはこの作業を行わざるを得ないのが実情である。しかしこの作業に要する農村の労力事情と、進展する経営の合理化と規模拡大、省力、能率化の方向のなかにあつて、10a 2万~2万数千花に及ぶ交配作業は極めて実施困難な情勢下にあるといえよう。これらの事情を緩和し、生産安定化を計るためには、本来の訪花昆虫に期待することが最も効果的であることに疑いない。

従来果樹の訪花昆虫といえば、ミツバチによって代表されるようにその依存度は高いが、他花への流動性や、天候問題(前田、北村1965¹¹)があるところから近年マメコバチ *Osmia cornifrons* (RADOSZKOWSKI) を始めとしたハナバチ類の利用や(前田、北村1964¹⁰、1965¹¹、1969¹²、山田1967¹⁷)、本種の効率的利用の研究が各県で行われている(訪花昆虫部会資料1970⁶³、1971⁶⁴)。園芸作物以外ではことに牧草類(Alfalfa. Red clover)の採種にハナバチ類の利用(Bohart1957¹⁸)や、Alfalfaにおける蜂に対するmalathionの影響の検討(C. A. Johansen¹⁹)などの保護についても多面にわたる訪花昆虫の重要性が窺えるものがある。したがって訪花昆虫に対する知見が、多数報告されており、多くの植物花上におけるハナバチ類の研究(宮本1959²⁰、1959²¹、1960²²、1960²³)また訪花昆虫の群集構造の解明(福島、氏家1963²⁴)は昆虫相互間の重要な生態的基礎事項である。落葉果樹類についても訪花昆虫の実態が逐次明らかにされているが(小林ら1966²⁵、横沢ら1957²⁶)、訪花昆虫相の地域的実態の把握(津川ら1967²⁷、熊倉ら1973¹³)は、保護利用上から見ても極めて重要なことといわ

ねばならない。

一方、野菜花卉栽培においても、訪花昆虫の存在は極めて重要なことは言うまでもない。ことに近年農業資材の発展、材質の向上と栽培様式の技術的改良から、著しく作業体系の変化が見られる。ことにハウス利用の栽培法の発展はめざましいものがあり、イチゴ、スイカ、メロンなどの促成、あるいは半促成栽培は、暖地域にとどまらず寒冷地域に至る全国的規模に拡大している。このような栽培様式にあつては、外界との隔離環境、また寒冷期の昆虫不在の状況にあることから、受粉を必要とする果菜類などの栽培にあつては、収量、品質的に著しい障害となろう。したがってこれらの改善に人工受粉、またミツバチ利用(阿部ら1971²⁸)によって対策がたてられている。しかしミツバチは、小規模ハウスでは働蜂の小分が困難であり、また発病や危害など飼育管理にも問題が多い。

筆者は、このようなことから、リンゴを始めとした、落葉果樹類、野菜類での結実低下の改善、品質の向上、安定生産に対する省力化ならびに効率化をはかるため、従来の単に訪花昆虫の生態的究明にとどまらず、ミツバチ以外の有力訪花昆虫を見出し、これの増殖利用に目標をおいて、1962年に研究に着手して以来一連の報告を行った。(小林^{29, 35})

当初は有力種を探索するために花量の多い落葉果樹の訪花昆虫相の解明に着手した。その結果、有力花粉媒介昆虫としてシマハナアブ(*Eristalis cerealis* FABRICIUS)が見出された。そのことによって、利用をふまえた大量人工増殖の解明とともに、利用保護に関する諸研究を進めた結果、その成果を得て工場生産的規模における園芸作物広域利用の実用化の域に達したことから、今日までの研究成果を取纏めて公表することにした。

なお本研究は多くの場所、職員との協力、共同研究によるものであり、つぎの各位に対し、感謝の意を表するものである。

東京都農業試験場
鳥取県農業試験場西伯分場
香川県農業試験場三木分場
奈良県農業試験場
福井県農業試験場
佐賀県農業試験場
徳島県果樹試験場上板分場
茨城県園芸試験場
群馬県園芸試験場
岩手県二戸市役所農産課

謝 辞

本研究実施に際し、元農林省東北農業試験場園芸部虫害研究室長豊島在寛氏、前農林省園芸試験場盛岡支場長森英男博士、同星野好博氏、同巢山太郎氏、同虫害研究室長菅原寛夫博士の御指導を煩わした。

成績の取纏めにあたっては、東京農業大学教授沢田玄正博士、教授永沢勝雄博士、教授杉山直義博士、前岩手県園芸試験場長渋谷潤一博士の御配慮を煩わした。

研究の遂行にあたっては、前岩手県園芸試験場長渋谷潤一博士の御指導を戴いた。

また標本の同定については、前農林省農業技術研究所昆虫同定分類研究室長長谷川仁室長、現福原楯男主任研究官と、特にハナバチ類については農林省東北農業試験場環境部虫害第一研究室前田泰生博士、シマハナアブの害性の有無については、国立予防衛生研究所朝比奈正二郎博士、東京医科歯科大学医動物学教室教授加納六郎博士の御指導、御協力を得た。ここに各位に対し、深甚の謝意を表する次第である。

本研究は、1962年に着手したが、1969年から1973年までの研究は、農林省総合助成によって実施されたものであることを付記し、御支援に感謝申し上げる次第である。

第1章 訪花昆虫利用の現況と問題点

緒 言

花粉媒介昆虫 (Pollinators) は、広く社会に関わりがあるのみならず、農作物栽培者にとっては重要な意味を持っている。多くの顕科植物は花粉の運搬なしには結実を得られない。花粉が運搬される方法には、風や雨水、動物類あるいは自らの力で落下によることが主な要因であり、これらのなかで最も関係深いのが動物による運搬である。リンゴ、ナシで実施している人工受粉も人間が媒介の役目を果しているが、なかでも昆虫による花粉の媒介が最も関係深いといえよう。また野菜類の栽培にあっても、ことに果菜類や、採種において訪花昆虫との関係は密接なものがある。とりわけ施設利用の果菜類では、受粉問題の解決なしに生産向上は計れないであろう。したがってその現状と問題を解明し、生産の安定化を計らなければならない。

第1節 リンゴ園における利用の現状と問題点

リンゴの全国栽培面積は、56,900haであり、栽培県は17県に及んでいる⁶⁶。栽培の主体は東北地方にあって、その内40,400haを占めている。岩手県の面積は4,170haにあり、長野県を除き第2位である。リンゴの生産量は、全国の962,700tに対し、ミカンの3,383,000tに比較すれば著しく低いといえよう。勿論リンゴの栽培面積の少いことに起因するが、果樹の栽培は、結実が得られてこそ生産が成り立つことからすれば、その基本となる受粉問題を抜きにしては考えられないものがある。とりわけ果樹のなかでの、リンゴ、ナシを始めとした落葉果樹にあっては、Pollinator不在の栽培はあり得ない。しかし一般にPollinatorは自然依存、自然の恵みとしての関心程度にとどまって、昆虫と結実との関係について、積極的改善が計られなかったことはいなめない。

結実に関与する他の多くの技術的管理ことに受粉樹の混植状況の影響を忘れてはならないが、そのなかにおいて結実確保のためのPollinatorに対する改善は、一部のミツバチ利用にとどまり、終局的には人工的に受粉せざるを得ないのが現状であろう。

リンゴ園における人工受粉の技術は一般に定着して行われているが、当初の花の採集→花粉の調製→保存→利用の手順において、多くの細かな技術、労力ならびに器材を要し、実施の段階においては、使用器材と10aに要する労費が他の作業に要する配分比から見ても高い位置にある。10a当りに要する労働時間の配分は一般的に袋

かけ作業が第1位であって、全体の14%前後、ついで摘果(花)作業と収穫作業がそれぞれ13%前後にあり、人工受粉作業は整枝剪定や除袋作業と同程度の6%前後の労力を要しているのが現状である。諸作業のなかで袋かけの労力が最も高率をしめ、また除袋に多時間を費やしているが、無袋栽培の地域においては、除外されることから収穫、摘果(花)について人工受粉作業は高い労力投入のあることから見ても、実施を容易にするものではない。ことに農村の実情は経済状況から見ても労力投入は限界にあるといわねばならないであろう。

受粉効率を高めるためには、本来の訪花昆虫に依存することが、最も能率的であり、経済的であることから、近年減少傾向に対する憂慮からその保護対策に考慮がはられるようになった反面、積極的な利用のきざしが見られる。リンゴ園の結実向上に昆虫を利用の試みは新しいことではなく、欧米における栽培地帯では、(蜂の家)と称するミツバチ、ハナバチ類の巣箱を設置し、受粉はすべて昆虫に行わせることは、ごく常識的なことである。わが国においても、その重要性の再認識により、Pollinator利用として、ミツバチ、ハナバチ類の研究が進められるようになった。しかしその視野は従来からのPollinatorは、ミツバチ、という観念から脱却し得ず、蜂類の利用改善にとどまっているといえよう。

リンゴ園に利用されているミツバチは、その量的制限もあって、面積的に見ても一部の園地にとどまっているほか、Pollinator用としての主目的のもとに導入している例は極めてとぼしいのが現状である。その多くは採蜜のための二次的波及効果を狙った用い方である。今後における方策としては、採蜜を度外視した飼育方法について検討しなければならないが、ミツバチ利用にともなう問題として、①他花への流動が多い。②低温時の活動性が低い。③飼育管理経費の高負担。④利用効果の実態把握不足。⑤危険性。等があげられ、リンゴ園利用時の効率的解明が必要とされよう。一方このミツバチに対して一部の篤志家によって、飼育利用が試みられていた。ハキリバチ科のマメコバチが近年Pollinatorとしての価値が見直され、その効率的利用を目的に多くの実験が試みられるようになって成果が収められつつある。

マメコバチは、①訪花性がすぐれ受粉効果が高い。②行動半径が小さいため、利用効率がよい。③危険性が低い。などがあげられる。しかし反面、問題も多くあり、①増殖力が低い。②定着率が低い。③天敵による被害が多い。④低温環境に弱い。⑤早期開花のウメ、アンズ、オウトウ、モモ等には適合性が低い、などがあり年一回

の発生であり1雌の産卵数は最高20卵前後にとどまることから、大量増殖には向かない点や、導入時の巣の条件、環境によって逃亡個体の生ずること、また増殖に関係することとして、ダニの一種、寄生菌の一種や、ヒメマルカツオブシ (*Attageus japonica* REITTER)、シリアゲコバチ (*Leucospis japonica* WAIKER) など多くの天敵をもっている。また発消長から見て、成虫の出現はリンゴの開花時に最も適応するが、これより早期開花果樹に対する利用性は低下するほか、ミツバチ同様に低温環境に弱い性質から、その普及的実態は、一部園地、篤志家に限られているのが現状といえよう。これらの点から考えると、リンゴにおける Pollinator 利用の現状は、ミツバチ、マメコバチ等のごく限られた種類にとどまり、また多くの改善を要する問題が残されているといえよう。

リンゴ園の結実低下の現象は、とりもなおさず訪花昆虫減少と密接であるが、そのための人工交配は究極的手段としての方策にとどめ、その改善の主眼を、本来の訪花昆虫利用においた、結実確保による生産安定化を目標にすべきであろう。リンゴの栽培はより省力化、経済効果を狙いとして従来の大樹栽培様式から、わい化栽培様式へと移りつつある。その場合、樹容積の大小を問わず、受粉についての昆虫との関係はさらに重要度が増し、より密接な関係を生ずるであろう。

進展する栽培技術のなかにあつて、受粉に利用される昆虫の種類が極めてとぼしい現状からすれば、よりすぐれた Pollinator の開発につとめることが重要と考える。

第2節 野菜類(採種含む)における利用現状と問題点

野菜はその種類が多種であり、性状、利用目的によって、それぞれの栽培方法が異なるが、訪花昆虫利用上から見れば、果実利用を目的とする作目が最も関係が深いといえよう。即ち果菜類としてのスイカ、メロン、カボチャ、キュウリなどの瓜科野菜は雌雄異花であつて他から花粉の運搬がなければ結実が得られない野菜と、またイチゴ、トマト、ピーマン、ナスなどのような果菜類の両性花にあつても、昆虫の訪花による花粉接触率が高められることにより、結実の増進が計られよう。これらの果菜類の栽培の現状を大別すれば、露地による一般的な栽培と施設利用の栽培にあるが、露地での栽培は、訪花昆虫利用によって結実の増加を計り、また品質改善を計っている事例は極めてとぼしいのが現状であろう。したがつて、自然の昆虫への依存が第一といえる。果菜類も果樹と同様に結実を高めるためには、土壌改善、施肥、病虫害防除、除草等管理をとつて植物体を健全に育成することが重要であり、これらに対する幾多の技術改善が

行われているが、結実に関係する訪花昆虫についての究明は甚だとぼしいものがある。したがつて結実確保の改善手段として、人工受粉によって補助しているのが現状である。

近年、畑作地域に大規模のスイカ、あるいはメロン産地が出現し、かなりの成果があげられているが、最大の悩みは早朝における受粉作業にあることは言を待たない。その作業の労力投入の有無は直接的に生産量に影響することから広く普及されているが、これら作業に要する労力を如何に軽減し、生産の安定化を計る技術の確立は急務であると思われ、また今後に残された大きな課題ともなろう。

これらのことがらは反面、利用可能な訪花昆虫が存在しないことや、訪花昆虫減少にともなう不安定な結実にあることから、必然的に人工受粉は実施せざるを得ない技術といえよう。したがつて省力化による経営の合理化を考えるならば、他に有効な改善方法の確立を計らなければならない。アメリカやヨーロッパでは古くから牧草類に対する蜂類の利用が行われ、その採種量に大きな成果が収められているが、わが国においても採種上における花粉の交配は極めて重要な問題である。葉根菜類の栽培についても、その採種は、自然昆虫に依存または、人工交配によって行われているのが現状であろう。ニンジン、タマネギ、ネギあるいはゴボウなどはほとんど自然訪花昆虫に依存が多く、大根、白菜、レタス、キャベツなど十字科野菜は自然昆虫以外に人工的に採種が行われる。また花卉の採種においては、まったく自然依存にあり、特殊な例としてはパンジーにおける極めて集約的な多労費を要する人工交配を行うほか、ハエ類、あるいはクマバチ、ミツバチなど一部の昆虫が利用されているが、その昆虫自体の大量あるいは人工飼育の不可能やまた性状、効率の差異から極端に利用の範囲が狭められている。露地栽培の野菜、花卉類の栽培上において、結実を得るためには、それぞれの作目における訪花昆虫の実態の究明を行い、有力 Pollinator の利用性を検討し、収量増加を計る必要がある。そのことによつて得られる省力化は経営の合理化と生産の安定に寄与するものと思われる。

一方ハウス園芸における野菜、花卉の栽培技術は、生理生態学的研究に立脚して長足の進歩を遂げている。またこのことの基盤は、有機化学の急速な進歩による農業生産資材の豊富な供給と需要拡大にささえられているといえよう。この人工的な特異環境下での施設園芸における訪花昆虫の利用は、露地栽培の場合よりもさらに重要かつ急務を要する問題であろう。

施設における訪花昆虫介入の必要な作目は、イチゴを

始めスイカ、メロンなど果菜類があげられる。また採種上の利用が必要であろう。

ここに収益の高いイチゴについて見ると、この作目は、作型の改良にともなうハウス栽培技術の確立により、その資材の質的向上と相まって全国的な普及に達している。しかしハウス栽培なるが故に外界からの遮断と、昆虫不在期の寒冷期栽培に重点があることから、受粉障害による奇型果の高率発生による品質低下、生産不安定化をまねいているのが現状である。

ハウスイチゴの奇型果の発生は、低温、多湿、あるいは光線不足の環境要因のほかに薬剤散布による受精機能の低下など原因があげられているが、最大の要因は受粉が円滑に行われないことから生じているといえよう。この対策として人工交配やTappingによる受精補助が行われている。しかしこの方法は著しい労力を要して、経営に圧迫が加えられている。したがってハウスイチゴ栽培上この技術の改善策として1968年頃よりミツバチの導入が一部で行われた結果、その交配効果の極めて高いことが判明し、昆虫利用の重要性が認識されるものである。

現在、ハウスイチゴの奇型果防除対策技術としてとり入れられているミツバチは、促成栽培型では11月から12月、半促成栽培型では1～3月の開花に用いられている。この場合著しい効果の反面、利用上に多くの問題を提起している。その①ハウスの大きさと働蜂細分化。②耐低温性。③供給、需要の不均衡。④危険性。⑤維持管理の5つがあげられる。①の問題はそれぞれの経営規模の事情によって生ずるハウスの大きさが小形が一般的であるがために、その場合の利用上、ミツバチを小群単位にすることに無理が生じてくる。即ち働蜂群の活動に制約が生じ、花量と働蜂量の均衡をはかりにくいことがある。

したがって、大形ハウスあるいは、小形であっても通路を用いた連棟式の改善を要し、またあらかじめ働蜂群をハウス面積に応じた小分け飼育準備の必要があろう。②の耐低温性は、ミツバチを有効に利用するならば、活動に適したハウス環境を維持することが必要であろう。ミツバチの耐低温性は弱く、活動開始温度も16℃以上を要することから見て、寒冷期のハウス環境を好適温度に保つためには経済的負担が増大してくる。③の問題としてはミツバチ飼育者は、その目的を採蜜用におき、ハウス利用を目的とした飼育は行われていないことや、年間における増殖量に限度があって増殖の急速な進展が望めない反面、需要者数は著しく多いことから、必然的に手軽な利用に制約を受け、また入手経費の負担増が生じてくる。④の危険性について見ると、その多くは習性の無理解による取扱い不十分から生ずることが多いが、本質

的に危害性を具備していることから、利用上は常に注意しなければならない。⑤の問題は、利用前後における飼育上にかかわる労力経費の増加である。したがって専門業者からの借入等による利用方法が考慮されるが、利用上の効率化は失われ易い。

ミツバチ利用について見ると、以上のような問題点が存在し、また学習の必要性や利用効率上に幾多の改善、究明すべき点が残されている。

昆虫を利用する果菜類は、イチゴにとどまらず、スイカ、メロンについても受粉の効率化改善を計ることが今後に果せられた大きな問題であるが、その利用の現状は、ミツバチのみにとどまる種類の制限と、それにとまらぬ多くの問題点から見れば、今後により多種の利用昆虫の開発に主眼をおき、より経済的に容易にかつ安全な、高能率Pollinatorの究明確立を計ることが、将来農業に極めて重要なことであることを理解しなければならない。

第2章 園芸作物における有力訪花昆虫の探索

緒 言

自家不親和性にある落葉果樹類の結実は、訪花昆虫の存在なしでの栽培は困難であるといえよう。栽培者にとって開花期における訪花昆虫の動勢には、最も関心がはられるものである。その訪花昆虫の密度低下の現象が各地に生じていることから、結実は必然的に不安定化を招いている。当初ナシで開始された人工交配の技術が、リンゴ園に導入されて、モニリア病による実ぐされ防止の効果をあげるとともに、現今、結実確保の唯一の手段となっている。しかし果樹園に要望される経営の省力化とは相反するものであって、より集約的多労栽培となって合理化をはばんでいるといえよう。また野菜栽培においても、施設利用による栽培方法の進展にともなって、受粉の解決なしには生産の向上化が計られないものがある。

これら園芸作物の栽培は訪花昆虫と密接なつながりがありながら、省力化の唯一の改善策としての訪花昆虫利用に関する究明が、著しく立ち遅れていたことに起因することがあげられる。

従来のミツバチに代り得る有力訪花昆虫の探索は、利用を必要としている作物、ことに花量の多い落葉果樹類において実施するのが適切と考える。したがってその実態を樹種別、地域、環境別に実施して、園芸作物での効率的利用可能な訪花昆虫を選出するものである。

第1節 落葉果樹園における訪花昆虫相

緒 言

対象樹種として、リンゴ、和ナシ、洋ナシ、モモ、スモモ、オウトウ、ウメ、アンズについて地域、環境差をもとにして、その実態について把握しようとするものである。ことにリンゴについては継続調査による変動、また洋ナシについては集団栽培園の位置別訪花昆虫相について調査を実施する。

この調査によって地域性、環境差による訪花昆虫の実態とともに、気象関係、日周活動、相互関係等について知るとともに、樹種別優位種の順位について検討し、ミツバチに代る人工的利用可能な有力訪花昆虫の探索を実施するものである。

調 査 方 法

1. リンゴ園における訪花昆虫相

調査は1962年から、71年に至る10年間実施した。1962

年から64年の3年間は、同一園地で満開期の日中午前10時から午後2時の間、任意1時間園内を巡回して全種を採集、毒ビンに収容後種類の同定、量の記録をした。

1965年から1971年の調査は、A園と同じく、1970年まではB園の異った環境下のリンゴ園で、満開期1日、午前7時から午後5時の間、園内を巡回し、1時間ごとに採集した種類の同定、量の記録をした。

調査はいずれも Jonathan 成木におき、また Starking Delicious・American summer Peamain・Ralls、印度の品種別訪花昆虫相について調査した。このほか立地条件を考慮して1970年に県内12ヶ所のリンゴ主産地別の園で12時前後1時間の採集を試み種類の同定、量を把握した。

2. 和ナシ園における訪花昆虫相

1966年に20世紀成木、1967、71年に千両成木対象とした2地域で、満開期1日、午前7時から午後5時の間園内を巡回して、1時間ごとに採集を行い、種類の同定、量を記録した。

3. 洋ナシ園における訪花昆虫相

1969年に40haの集団栽培地域において、一地域の中心部、東西南北の外周部の5ヶ所をとり、満開期の日中、午前8時から午後5時間、1時間ごとに採集を試み、種類の同定、量を記録して、集団栽培地域における訪花昆虫相を把握しようとした。

4. モモ園における訪花昆虫相

1967、71年の2ヶ年同一地点の大久保主体の成木園で、午前10～11時の1時間に訪花した全種を巡回しながら採集し、種類の同定、量を記録した。

5. スモモ園における訪花昆虫相

1967年から1971年の5年間、1のリンゴ園に接続する園において、午前7時から午後5時に至る間に1時間ごとに園内を巡回して、種類の同定、量を記録した。

6. オウトウ園における訪花昆虫相

1970、71年にモモ園同様の調査を実施した。

ウメについては1970年に白加賀主体園で12時前後に1時間の採集を行い、アンズは1969年から72年に同一地域の平和号主体園について採集を行い、1970年に異った環境下の場所の白加賀園でウメ同様の時間帯に調査を実施した。

採集は洋ナシを除いた各樹種については同一人が行き、柄の長さ50cm、直径30cmの nylon 製捕虫網を用いて採集し、毒ビンに収容後、種類の同定と量について記録した。なお、調査に併行して気象状況（温度、湿度、風速、晴雨）を記録するとともに、盛岡地方気象台、花巻気象通報所の観測資料を参考にした。

各対象樹種別の調査地ならびに調査年、園地の環境の概略を表1に示した。

表 1. 樹種別調査圃場と環境

対象品種	調査場所	調査年	調査年数	調査園の環境
リンゴ	盛岡市 中野	1962 ~64	3	旧岩手農試中野果樹試験地圃場、南面傾斜4°内外、南側平坦水田地帯、東北面松林、雑木林岩山 345.1m に接す、東西側はリンゴ園と点在農家、土壌管理草生、主品種 Jonathan、樹令35年
	盛岡市 上田 (A)	1965 ~1971	7	個人園 5 ha 西北北上川沿いに杉、栗林、東側杉林雑木林、南側畑地住宅点在水田はない、園中央北寄りに住宅作業屋と乳牛、豚舎、草生園
	北上市 飯豊 (B)	1965 ~1970	6	Jonathan、Ralls 主体30年生、岩手園試に隣接個人園50a 園周囲は水田地帯、北側 500m 附近に小川ありJonathan主体26年生
	県内 12ヶ所	1972	1	a~d 地域 北上山系北部盆地栽培の個人園、畑作中心地帯園地周囲松林、雑木、草地が点在、Jonathan 主体、草生園、樹令20~25年生 l~h 地域 山間部にあるも園の周囲は水田、住宅があり雑木、草地は少ない、Jonathan 主体草生、25年生個人園、 i~l 地域 園周囲は水田地帯内にあり、雑木、草生はない h 園は北上山系傾斜地にあつて、西側水田に展開、近くに若干の雑木林等存在Jonathan主体草生園20~30年生
和ナシ	盛岡市 上田 (a)	1967 1971	2	リンゴと同一環境園内、10a、千両15年生草生園
	北上市 飯豊 (b)	1966	1	リンゴと同一環境園内、10a 20世紀13年生、草生園
洋ナシ	紫波郡 水分	1969	1	40ha集団栽培園、周囲西側雑木林奥羽山脈に接し、北側松、雑木林、草生地、東側は水田地帯に展開、南側は農家が点在する。圃地の中央部に小川があり、東側にゆるやかな傾斜地、雑草草生、バートレット、ラフランス主体10年生
モモ	北上市 飯豊	1967 1971	1 1	園芸試験場圃場内10a 周囲に洋ナシ、ブドウ、クリ、リンゴが栽植され、圃場全体は水田地帯内にある。大久保主体15年生
スモモ	盛岡市 上田	1967~1971	5	リンゴ、ナシと同一圃場内にあり、34年生草生園
オウトウ	北上市 飯豊	1970~1971	2	モモと同一環境10a、9年生、草生
ウメ	北上市 飯豊	1970	1	モモと同一環境5a
アンズ	北上市 飯豊	1969~72	4	モモと同一環境5a、8年生
	二戸市 福岡	1970	1	西側に面した傾斜地個人園5a、白加賀主体園の周囲は畑地に農家点在、草地、雑木が点在する。草生、12年生

調 査 結 果

1. リンゴ園における訪花昆虫相

(1) 調査園の開花と気象状況

1962年からの調査園の主要品種の開花状況、ならびに天候と1時間ごとに採集記録を試みた1965年以降の温湿度観測結果を表2～4 (A圃場) 表5～7 (B圃場) に示した。

(2) 同一園地の訪花昆虫相

1962年から3年間、開花日中任意1時間について採集を実施した結果は、表8のとおりである。

この地域環境では、3年間のうち初年度が最も豊富な採集があり、4目10科19種であった。2年目は3目7科11種に減少した。ことに双翅目昆虫の減少が目立ち、量的には、コフキヒメショウジョウバエが少かった。3年目は前年同様な傾向で3目6科9種にとどまった。1年目の最優位種はコフキヒメショウジョウバエであり、つづいてミツバチ>シマハナアブの順であるが、2年目は

表2. リンゴの開花状況と気象観測 (Orchards-A)

品種 年	品 種 別 開 花 状 況 と 調 査 日						調 査 時 の 天 候	平 均 風 速
	Jonathan			starking Delicious				
	開 花 始	満 開 期	落 花 期	開 花 始	満 開 始	落 花 期		
1962	5月7日	5月11日 (11)	5月17日	5月8日	5月13日	5月18日	○	4.3% _{sc}
1963	5. 2.	5. 8 (8)	5. 16	—	—	—	○	2. 2
1964	5. 4.	5. 9 (9)	5. 13	—	—	—	○	2. 7
1965	5. 7.	5. 13 (11)	5. 19	5. 18	5. 23	5. 26	○	4. 1
1966	5. 12	5. 14 (13)	5. 20	5. 11	5. 14	5. 18	○	5. 5
1967	5. 12	5. 14 (16)	5. 19	5. 10	5. 14	5. 17	○	0. 4
1968	5. 7	5. 9 (10)	5. 19	5. 7	5. 9	5. 18	○	0. 3
1969	5. 9	5. 11 (14)	5. 16	5. 8	5. 10	5. 18	○	0. 3
1970	5. 12	5. 14 (17)	5. 19	5. 12	5. 14	5. 18	○	0. 3
1971	5. 13	5. 17 (18)	5. 21	5. 14	5. 16	5. 20	○	1. 0

() 調査日 ○ 晴天

表3. 温 度 (°C)

時間 年度	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
1965	12. 5	14. 3	16. 2	18. 0	18. 7	18. 5	16. 7	16. 0	14. 8	15. 2
66	13. 0	17. 0	19. 6	21. 4	22. 0	22. 5	23. 5	23. 9	23. 0	21. 9
67	16. 0	17. 0	17. 5	18. 0	19. 0	19. 0	19. 2	19. 0	16. 8	16. 0
68	15. 1	16. 0	18. 0	19. 0	19. 7	20. 0	20. 2	19. 8	19. 0	18. 5
69	14. 8	14. 3	19. 5	21. 0	24. 0	25. 6	26. 0	22. 0	21. 0	20. 0
70	13. 5	14. 5	17. 0	17. 0	18. 5	17. 5	17. 5	16. 4	15. 0	14. 5
71	13. 0	15. 0	15. 5	19. 5	20. 0	23. 0	22. 0	21. 5	21. 5	20. 0

表4. 湿度 (%)

時間 年度	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
1965	71.0	65.0	56.0	40.5	40.5	40.0	42.0	42.5	45.1	44.0
66	74.5	62.5	46.0	45.0	42.5	40.5	38.0	34.0	34.0	36.0
67	56.0	54.0	46.0	38.0	39.0	40.0	40.0	38.0	39.5	40.5
68	63.0	51.5	44.0	40.5	34.5	29.0	23.0	17.0	16.0	17.0
69	80.0	75.0	66.0	56.0	44.0	35.5	35.0	34.5	37.0	38.0
70	79.0	83.5	75.0	66.0	63.5	67.0	66.5	68.5	68.1	72.0
71	64.0	76.0	61.0	49.0	46.0	43.0	42.0	59.0	38.0	46.0

表5. リンゴの開花状況と気象観測 (Orchards B)

品種 年度	品種別開花状況と調査日												調査 時の 天候	平均 風速
	Jonathan			Ralls			American summerpeamain			Starking Delicious				
	開花始	満開期	落花期	開花始	満開期	落花期	開花始	満開期	落花期	開花始	満開期	落花期		
1965	16	20(18)	24	21	25	29	18	21	25	18	23	26	○	2.4
1966	8	13(12)	19	12	17(18)	22	8	11(10)	16	11	13(13)	17	○	1.6
1967	5	10(8)	16	11	15	23	7	11	15	9	13	18	○	1.8
1968	5	11(10)	22	8	14	24	3	6	18	6	10	17	○	1.7
1969	9	12(13)	15	10	14	16	6	11	13	9	11	14	○	3.0
1970	10	13(15)	18	12	16	21	9	12	7	11	13	18	○	1.1

() 調査日 ○晴天

表6. 温度 (°C)

時間 年度	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
1965	14.5	15.5	16.3	17.1	18.5	19.5	21.0	21.3	22.0	21.0
66	10.4	13.4	16.0	17.4	18.4	17.0	18.0	18.4	17.2	15.2
67	15.0	16.0	17.0	16.0	16.0	16.0	16.0	17.0	17.0	17.0
68	15.6	16.5	18.7	21.3	22.0	22.1	22.2	21.7	20.5	19.5
69	14.0	15.0	15.4	18.8	21.0	23.0	21.8	19.8	17.0	—
70	13.0	13.6	14.2	19.2	21.5	22.3	24.5	23.1	18.8	—

表7. 湿度 (%)

時間 年度	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
1965	60.0	55.0	58.0	55.0	53.0	50.0	48.0	47.0	46.0	46.0
66	55.0	51.0	38.0	34.0	34.0	52.0	52.0	50.0	54.0	58.0
67	67.0	65.0	62.0	63.0	65.0	62.0	60.0	60.0	57.0	60.0
68	75.0	52.0	43.0	38.0	30.0	30.0	28.0	25.0	25.0	26.0
69	60.0	55.0	41.0	32.0	23.0	21.0	20.0	24.0	33.0	—
70	85.0	79.0	74.0	37.0	37.0	37.0	55.0	50.0	67.0	—

表8 リンゴ園における訪花昆虫の採集種 (Orchards A)

種 名	調査年次									
	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
Arachhnida										
Araneae										
Thomisidae (カニグモ科)										
1. <i>Misumena tricuspidata</i> FABRICIUS (ハナグモ)	1				1					1
Insecta										
Neuroptera										
Osmylidae (ヒロバカゲロウ科)										
2. <i>Hemerobius japonicus</i> NAKAHARA (ヤマトヒメカゲロウ)										1
Hemiptera										
Cicadellidae (オオヨコバイ科)										
3. <i>Bothrogonia ferruginea</i> FABRICIUS (ツマグロオオヨコバイ)									2	
Lepidoptera										
Papilionidae (アゲハチョウ科)										
4. <i>Papilio bianir dehaanii</i> FELDER et FELDER (カラスアゲハ)					1					
Pieridae (シロチョウ科)										
5. <i>Pieris rapae crucivora</i> BOISDUVAL (モンシロチョウ)	1									1
Lycaenidae (シジミチョウ科)										
6. <i>Celastrina argiolus ladonides</i> De L'ORAZ (ルリシジミ)										1
7. <i>Lycaena phlaeas daimio</i> SEITZ (ベニシジミ)									1	
Nymphalidae (タテハチョウ科)										
8. <i>Vanessa indica</i> HERBST (アカタテハ)			1							
Diptera										
Stratiomyidae (ミズアブ科)										
9. <i>Craspedometopon frontale</i> KERTESZ (ネグロミズアブ)							3			
Tabanidae (アブ科)										
10. <i>Chrysops japonicus</i> WIEDEMANN (クロメクラアブ)							1			
Bombyliidae (ツリアブ科)										
11. <i>Bombylius major</i> LINNEE' (ピロードツリアブ)	1			3		4	3			5
Syrphidae (ショクガバエ科)										
12. <i>Cheilosia</i> sp (クロハナアブの1種)									1	
13. <i>Didea alneti</i> FALLEN (ヘリヒラタアブ)				1		2	2			9

14. <i>Epistrophe aino</i> MATSUMURA (アイノヒラタアブ)	1			1						
15. <i>Epistrophe balteata</i> DEGEER (ホソヒラタアブ)				2		4		1		8
16. <i>Eristalis cerealis</i> FABRICIUS (シマハナアブ)	10	2	6	41	99	40	86	96	59	114
17. <i>Eristalomyia tenax</i> LINNE' (ハナアブ)	1		1							5
18. <i>Helophilus sapporensis</i> MATSUMURA (キベリアシブトハナアブ)									1	
19. <i>Helophilus virgatus</i> COQUILLET (アシブトハナアブ)	2	2		25	47	65	40	15	17	57
20. <i>Lathyrrophthalmus ocularis</i> COQUILLET (ホシメハナアブ)										2
21. <i>Melanostoma scalare</i> FABRICIUS (ホシツヤヒラタアブ)	2			14	7	11	2	5	19	37
22. <i>Mesembrius flavipes</i> MATSUMURA (シマアシブトハナアブ)									1	
23. <i>Melasyrphus corollae</i> FABRICIUS (フタホシヒラタアブ)	3	1								6
24. <i>Melasyrphus nitens</i> ZETTERSTED (ナミホシヒラタアブ)									1	
25. <i>Rhingia laevigata</i> LOEW (ハナダカハナアブ)							1			
26. <i>Sphaerophoria formosana</i> MATSUMURA (ホソヒメヒラタアブ)									1	
27. <i>Sphaerophoria menthastris</i> LINNE' (ヒメヒラタアブ)	6	2	5	1	3	5	7		5	1
28. <i>Syrphus japonicus</i> LOEW (ケヒラタアブ)	1	1			1		3			
29. <i>Syrphus ribesii</i> LINNE' (ヤマトヒラタアブ)										
30. <i>Syrphus vitripennis</i> MEIGEN (コガタノヒラタアブ)							2			
Bibionidae										
31. <i>Bibio yufiventris</i> DUDA (メスアカケバエ)										8
Tephritidae (ミバエ科)										
32. <i>Gn. sp.</i> (ミバエの1種)									1	
Sepsidae (ツヤホソバエ科)										
33. <i>Sepsis sp.</i> (ツヤホソバエの1種)						1				
Sciomyzidae (チャバエ科)										
34. <i>Sepedon sauteri</i> HENDEL (ヒゲナガチャバエ)						1				
Lauxaniidae (シマバエ科)										
35. <i>Minettia longipennis</i> FABRICIUS (ヤブクロバエ)	1								1	1

Drosophilidae (ショウジョウバエ科)										
36. <i>Scaptomyza pallida</i> ZETTERSTEDT	28	5								
(コフキヒメショウジョウバエ)										
Muscidae (イエバエ科)										
37. <i>Fannia scalaris</i> FABRICIUS								1		
(コブアシヒメイエバエ)										
38. <i>Hylemyia platura</i> MEIOEN		7	1	4		3		1		12
(タネバエ)										
39. <i>Muscina stabulans</i> FALLEN						1				
(オオイエバエ)										
Calliphoridae (クロバエ科)										
40. <i>Calliphora lata</i> COQUILLET	2		1	1	6	9	4	20	15	21
(オオクロバエ)										
41. <i>Lucilia caesar</i> LINNE'	3		2		2	5		26	4	7
(キンバエ)										
42. <i>Protophormia terraenovae</i> ROBINEAU-DESVOIDY					1					
(ルリキンバエ)										
43. <i>Triceratopyga calliphoroides</i> ROHDENDORF										1
(フタオクロバエ)										
Tachinidae (ヤドリバエ科)										
44. <i>Gn. sp.</i>									1	
(ヤドリバエの1種)										
Coleoptera										
Cantharidae (ジョウカイ科)										
45. <i>Cantharis oedemeroides</i> KIESENWETTER										1
(クビアカジョウカイ)										
Dasytidae (ジョウカイモドキ科)										
46. <i>Malachius prolongatus</i> MOTSCHULSKY										1
(ツマキアオジョウカイモドキ)										
Elateridae (コメツキムシ科)										
47. <i>Cardiophorus subaeneus</i> ELEUTIAUX					1					
(クロハナコメツキ)										
Coccinellidae (テントウムシ科)										
48. <i>Harmonia oxyridis</i> PALLAS				1						12
(テントウムシ)										
49. <i>Propylaea quatuordecimpunctata japonica</i> THUNBERG		1						1		
(ヒメカメノコテントウ)										
Curculionidae (ゾウムシ科)										
50. <i>Anthonomus pomorum</i> LINNE'	2									
(リンゴハナゾウ)										
Scarabaeidae (コガネムシ科)										
51. <i>Maladera japonica</i> MOTSCHULSKY										1
(ビロードコガネ)										
52. <i>Nipponovalgus angusticollis</i> WATERHOUSE				2				1		
(ヒラタハナムグリ)										
53. <i>Oxyctonia jucunda</i> FALDERMANN (コアオハナムグリ)										3

54. <i>Phyllopertha pubicollis</i> WATERHOUSE (ナラノチャイロコガネ)													1
Hymenoptera													
Scoliidae (ツチバチ科)													
55. <i>Lampsomeris</i> sp. (ツチバチの1種)													1
Vespidae (スズメバチ科)													
56. <i>Polistes fadwigae</i> DALLA TORRE (セグロアシナガバチ)													1
57. <i>Polistes chinensis antennalis</i> PEREZ (フタモンアシナガバチ)													1
58. <i>Vespula lewisi</i> CAMERON (クロスズメバチ)					1								
Eormicidae (アリ科)													
59. <i>Camponotus herculeanus japonicus</i> MAYR (クロオオアリ)													1
Andrenidae (ヒメハナバチ科)													
60. <i>Andrena (Mitsukuriella) fukaii</i> COCKERELL (フカイヒメハナバチ)	3		1	1	4	3	28	3	7	15			
61. <i>Andrena</i> sp. (ヒメハナバチの1種)	5	1		10	5	5	17		3	15			
62. <i>Andrena (Micrandrena)</i> sp. (ヒメハナバチの1種)					7		6	1	3	7			
Halictidae (コハナバチ科)													
63. <i>Halictus</i> sp. (コハナバチの1種)							6						
64. <i>Lagioglossum</i> sp. (コハナバチの1種)				2	2	2							23
Megachilidae (ハキリバチ科)													
65. <i>Osmia cornifrons</i> (RADOSZKOWSKI) (マメコバチ)													1
Anthophoridae (シロスジハナバチ科)													
66. <i>Ceratina (Ceratinidia) flavipes</i> SMITH (キオビツヤヒメハナバチ)				5	4	3	19	3		9			
67. <i>Tetralonia nipponensis</i> PEREZ (ニッポンヒゲナガハナバチ)													3
68. <i>Xylocopa appendiculata circumvolans</i> SMITH (クマバチ)		1						1	5	3			
Apidae (ミツバチ科)													
69. <i>Apis mellifera</i> LINNE' (ミツバチ)	18	7	10	1			76	20	9	64			
70. <i>Apis cerana</i> FABRICIUS (ニホンミツバチ)							4			14			
71. <i>Bombus ignitus</i> SMITH (クロマルハナバチ)													1

表9 リンゴ園における訪花昆虫の採集種 (Orchads B)

種名	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Hemiptera						
Cicadellidae (オオヨコバイ科)						
3. <i>Bothrogonia ferruginea</i> FABRICIUS (ツマグロオオヨコバイ)						2
Diptera						
Syrphidae (シヨクガバエ科)						
13. <i>Didea alneti</i> FALLEN (ヘリヒラタアブ)						1
15. <i>Epistrophe balteata</i> DEGEER (ホソヒラタアブ)					1	
16. <i>Eristalis cerealis</i> FABRICIUS (シマハナアブ)	16	15	2	90	11	17
17. <i>Eristalomyia tenax</i> LINNE' (ハナアブ)	2		3		2	
19. <i>Helophilus virgatus</i> COQUILLET (アシプトハナアブ)		1	2		3	
21. <i>Melanostoma scalare</i> FABRICIUS (ホシツギヒラタアブ)	23	2	7			3
24. <i>Metasyrphus nitens</i> ZETTERSTED (ナミホシヒラタアブ)	1					1
25. <i>Rhingia laevigata</i> LOEW (ハナダカハナアブ)						1
26. <i>Sphaerophoria formosana</i> MATSUMURA (ホソヒメヒラタアブ)					2	
27. <i>Sphaerophoria menthastri</i> LINNE' (ヒメヒラタアブ)	2	1	1	3	9	1
28. <i>Syrphus japonicus</i> LOEW (ケヒラタアブ)		2		2		
29. <i>Syrphus ribesii</i> LINNE' (ヤマトヒラタアブ)			1			
Muscidae (イエバエ科)						
38. <i>Hylemyia platura</i> MEIGEN (タネバエ)	1	1	1		1	
Calliphoridae (クロバエ科)						
40. <i>Calliphora lata</i> COQUILLET (オオクロバエ)		2				
41. <i>Lucilia caesar</i> LINNE' (キンバエ)			1			
Tachinidae (ヤドリバエ科)						
44. <i>Gn. sp.</i> (ヤドリバエの1種)					1	1
Coleoptera						
Elateridae (コメツキムシ科)						

47. <i>Cardiophorus subaeneus</i> ELEUTIAUX (クロハナコメツキ)	1					
Coccinellidae (テントウムシ科)						
48. <i>Harmonia oxymidis</i> PALLAS (テントウムシ)	1					
Scarabaeidae (コガネムシ科)						
51. <i>Malsdera japonica</i> MOTSCHUKSKY (ビロードコガネ)						1
52. <i>Nipponovalgus angusticollis</i> WATERHOUSE (ヒラタハナムグリ)						1
53. <i>Oxycetonia jucunda</i> FALDERMANN (コアオハナムグリ)				1		1
Hymenoptera						
Vespidae (スズメバチ科)						
56. <i>Polistes fadwigae</i> DALLA TORRE (セグロアシナガバチ)	2					
57. <i>Polistes chinensis antennalis</i> PEREZ (フタモンアシナガバチ)				1		
Formicidae (アリ科)						
59. <i>Camponotus herculeanus japonicus</i> MAYR (クロオオアリ)						
Andrenidae (ヒメハナバチ科)						
60. <i>Andrena (Mitsukuriella) fukaii</i> COCKERELL (フカイヒメハナバチ)	2	2	7	17		
61. <i>Andrena</i> sp. (ヒメハナバチの1種)	4		13	32	2	1
62. <i>Andrena (Micrandrena)</i> sp. (ヒメハナバチの1種)				27		
Halictidae (コハナバチ科)						
63. <i>Halictus</i> sp. (コハナバチの1種)				2		
64. <i>Lagioglossum</i> sp. (コハナバチの1種)				7		
Megachilidae (ハキリバチ科)						
65. <i>Osmia cornifrons</i> (RADOSZKOWSKI) (マメコバチ)				3		
Anthophoridae (シロスジハナバチ科)						
66. <i>Ceratima (Ceratiniidia) flavipes</i> SMITH (キオビツヤヒメハナバチ)				12		1
68. <i>Xylocopa appendiculata circumvolans</i> SMITH (クマバチ)				1		
Apidae (ミツバチ科)						
69. <i>Apis mellifera</i> LINNE' (ミツバチ)	2	19	26	32	127	22
71. <i>Bombus ignitus</i> SMITH (クロマルハナバチ)				1		

ミツバチ>コフキヒメショウジョウバエに代り、全体量も減少した。3年目はミツバチ>シマハナアブ>ヒメヒラタアブの順に構成が見られた。

(3) 相違する2地域の訪花昆虫相

1965年以降7年間継続調査を実施したA圃場と6年間比較採集を試みたB圃場の結果は表8、9のとおりである。

A圃場における1965年の採集状況を見ると、1965年頭初の最優位種はシマハナアブであり、全体採集量の36.2%を占めた。ついでアシトハナアブ>ホシツヤヒラタアブの順であって、この3種で全体量の70.8%を占めて双翅目昆虫の構成が主であった。膜翅目昆虫のなかでは、ヒメハナバチ科の *Andrena sp* が最も多かったが全体量の8.8%にとどまり、ミツバチの訪花は僅少であった。全体として4目11科18種の採集があった。

1966年は前年同様にシマハナアブが最優位にあり、全体量の50.5%を占めた。ついでアシトハナアブが23.9%と、この2種の構成主体となり、膜翅目昆虫の採集は量的にも少く、ミツバチの訪花はなかった。

1967年の3年目の調査では、シマハナアブは第2位にとどまり、かわってアシトハナアブが全体量の39.3%を占め最優位であった。前年同様にこの2種で61.5%に達した、膜翅目昆虫4種に対し、双翅目昆虫は11種であって、種類、量とも優勢であった。全体的に2目7科17種であった。

1968年この年の特徴は、過去に訪花の少かったミツバチが人工的に導入されたことから、全体採集量の25%に達した。しかし最優位種はシマハナアブによって占められ28.4%である。膜翅目昆虫は双翅目昆虫と同じく7種を採集、量的にもフカイヒメハナバチ、キオビツヤヒメハナバチ、*Andrena sp* などハチ類の訪花活動が盛んであった。

1969年前年に比較して、1目3科の昆虫が増加したが、全体採集種は16種にとどまった。最優位種はシマハナアブによって48.4%が占められた。つづいてキンバエ>オオクロバエ>ミツバチの順であって、ハナバチ類の減少が目立った。

1970年は15種の採集を行った。最優位種はシマハナアブであって全体採集量の49.7%を占めた。ついでホシツヤヒラタアブ>アシトハナアブ>オオクロバエの順に上位4種を双翅目昆虫によって構成されていた。ミツバチは量的に前年より更に減少した。

1971年は調査の最終年であるが、調査年間で最も豊富な構成であって、採集種類は29種に達した。採集量では双翅目昆虫のシマハナアブ、アシトハナアブ、ホシツヤヒラタアブが前年より著しく多く、またハエ類の増

加が目立った。ことに膜翅目昆虫では9種の採集があり、調査年間で最も豊富な構成を見せて、量的にも多かった。優位種の順序はシマハナアブ>ミツバチ>アシトハナアブ>ホシツヤヒラタアブ>コハナバチの1種の順であり、全体でAraneae 1科1種と、6目14科29種の採集を行った。

B圃場での1965年から70年に至る間の採集結果は表9に示し、つぎのようであった。

1965年は3目7科12種を採用したが、A圃場に比較して、はるかに少かった。この圃場での最優位種はホシツヤヒラタアブであり、全体採集量の40.1%、ついでシマハナアブが28.5%を占め、これ以外の訪花昆虫相は極めて貧弱であった。

1966年では前年より更に種類は減少し、9種にとどまった。構成に変化があり前年最優位であったホシツヤヒラタアブは著しく減少し、ミツバチが最優位となり42.2%を占め、ついでシマハナアブ33.3%であって、この2種が主構成となっていた。

1967年の3年目調査では、過去2年より豊富な状況となり、3目8科15種の採集を見た。量的には膜翅目昆虫が多く採集され、最優位種はミツバチが全体量の37%を占め、ついで *Andrena sp* の18.6%と、この2種で50%を越えた。

1968年は、双翅目昆虫の採集種量が著しく多く、また膜翅目昆虫の豊富な構成を示した。採集は2目6科11種であり、鞘翅目昆虫は採集出来なかった。膜翅目昆虫は前年の4科6種に対し、5科8種を数え、採集量が著しく増加した。しかし最優位種はシマハナアブであり、ついで *Andrena sp*、ミツバチ> *Andrena (Micrandrena)* sp の順であった。

1969年採集5年目では前年とまったく対象的であって、膜翅目昆虫は2科2種にとどまり、ハナバチ類の訪花が著しく少かった。これに対し、双翅目昆虫は3科8種の採集を行った。しかし最優位はミツバチによって占められ全体採集量の83.0%に達した。ついでシマハナアブは9.0%にとどまり前年より著しく採集量が減った。

1970年の6年目の結果は3目6科10種を採集した。鞘翅目昆虫の採集は出来ず、今迄採集のなかった半翅目昆虫1種の採集があった。最優位種はミツバチに見られ、ついでシマハナアブ>ホシツヤヒラタアブの順であったが、ミツバチの採集量は前年より減少し、シマハナアブは若干増加した。

(4) 岩手県内環境別の訪花昆虫相

県内リング主産地の、地域環境を考慮した採集結果を、表10に示した。

畑作を主体にしたa~d地域の園で、共通して採集の

表10 リンゴ園訪花昆虫環境別採集種 (量)

種 名	畑作地域				畑・水田地域				水田地域			
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
1. <i>Mismena tricuspidata</i> FABRICIUS (ハナグモ)	1											
2. <i>Bothrogonia ferrugiea</i> FABRICIUS (ツماغロオオヨコバイ)	1											
3. <i>Pieris rapae crucivora</i> BOISDUVAL (モンシロチョウ)	1											
6. <i>Celastrina argiolus ladonideus</i> Oe L'ORZA (ルリシジミ)												1
7. <i>Lycaena phlaeas daimio</i> SEITZ (ベニシジミ)												1
11. <i>Bombylius majnr</i> LINNE' (ピロードツリアブ)		1	3	1								
12. <i>Cheilosia</i> sp. (クロハナアブの1種)												
15. <i>Epistrophe balteata</i> DEGEER (ホソヒラタアブ)		1										
16. <i>Eristalis cerealis</i> FABRICIUS (シマハナアブ)	1	12	4	2	2		1		5	3	2	1
19. <i>Helophilus virgatus</i> COQUILLET (アシブトナナアブ)	1	1										
21. <i>Melanostoma scalare</i> FABRICIUS (ホシツヤヒラタアブ)												
24. <i>Metasyrphus nilens</i> ZETTERSTEDT (ナミホシヒラタアブ)												2
26. <i>Sphaerophoria formosana</i> MATSUMURA (ホソヒメヒラタアブ)												1
27. <i>Sphaerophria menthastris</i> LINNE' (ヒメヒラタアブ)					1							
35. <i>Minettia longipennis</i> FABRICIUS (ヤブクロバエ)										1		
38. <i>Hylemyia platura</i> MEIGEN (タネバエ)		4										
41. <i>Lucilia caesar</i> LINNE' (キンバエ)												1
45. <i>Cantharis oedemeroides</i> KIESENWETTER (クビアカジョウカイ)											1	
46. <i>Malachius prolongatus</i> MOTSCHULSKY (ツマキアオジョウカイモドキ)									1			
48. <i>Harmonia oxyridis</i> PALLAS (テントウムシ)							2					
49. <i>Propylaea quatuordecimpunctata japonica</i> THUNBERG (ヒメカメノコテントウ)				1	1							

51. <i>Maladera japonica</i> MOTSCHULSKY (ビロードコガネ)				1				2					
54. <i>Phyllopertha pubicollis</i> WATEROUSE (ナラノチャイロコガネ)	1	1	1	1					1	2			
55. <i>Lampsomeris</i> sp. (ツチバチの1種)												1	
56. <i>Andrena</i> (<i>Mitsukuriella</i>) <i>fukaii</i> COCKERELL (フカイヒメハナバチ)	2												1
61. <i>Andrena</i> sp. (ヒメハナバチの1種)		7	2	1		1							
62. <i>Andrena</i> (<i>Micrandrena</i>) sp. (ヒメハナバチの1種)	2	6	3	2								1	
64. <i>Lagiologssum</i> sp. (コハナバチの1種)						2							
66. <i>Ceratina</i> (<i>Ceratinidia</i>) <i>flavipes</i> SMITH (キオビツヤヒメハナバチ)		1	3	2	1				4	3			
67. <i>Tetralonia nipponensis</i> PEREZ (ニホンヒゲナガバチ)										1	1		
68. <i>Xylocopa appendiculata ciremvolans</i> SMITH (クマバチ)									1	1			
69. <i>Apis mellifera</i> LINNE' (ミツバチ)	36	18	34	34		2		18	13		25	10	
計	54	48	50	43	8	4	1	20	28	10	33	17	

あった種類はミツバチ、ヒメハナバチ、ナラノチャイロコガネ、シマハナアブであった。この4園共通しての最優位種はミツバチであり、種類数ではa園が最も豊富であり12種、c、d園は各6種、b園は8種である。ヒメハナバチは共通して採集されたが、b園が最も多く、シマハナアブについても同様であった。

つぎに畑作と水田の混在地域のe～h園での採集は極めてとぼしく、4園の全採集種は9種にとどまった。ことにg園では1種、h園は2種を採集したのみで極めて貧弱であった。

水田単作地域のi～l園での採集結果では、共通採種はシマハナアブであるが、量的にとぼしかった。ミツバチはj園を除いた以外の場所では、最優位種であり、量的に多く採集された。総体的に19種の採集を行った。

考 察

1) 訪花昆虫採集種の整理

本調査で採集した全昆虫は、表11に示したように6目33科61属71種であり、津川ら(1967)²⁷の7目59科158種より少い。これは膜翅目、双翅目、鞘翅目昆虫の構成が豊富であったことにほかならないが、小林ら(1966)²⁵の採集種62種と同程度であり、また熊谷ら(1973)¹³の平坦地園での4目10科14種より豊富であり、山際園地採集の5目24科57種よりやや多い結果であった。年度別の全採集種について整理した結果を表12に示した。クモ類の採集は極めて少かった。半翅目昆虫は最終年に1科1属1種を採集するのみであって訪花昆虫の構成種とはいえない存在といえよう。鱗翅目昆虫の採集も少かった。双翅目昆虫の採集では、科の構成では1962年と1971年が最も豊富であり、採集個体数も多かった。鞘翅目昆虫では10年間のうち採集のなかった年が4年あり貧弱な傾向にあった。膜翅目昆虫は比較的各年平均的な採集であって、構成に著しい変化はなかった。

表11. リンゴ園訪花昆虫採集種の整理

目	科	属	種
クモ	1	1	1
積翅目	1	1	1
半翅目	1	1	1
鱗翅目	4	5	5
双翅目	12	30	36
鞘翅目	6	10	10
膜翅目	8	13	17
計	33	61	71

表13. リンゴ園の相違する2環境

(A 変化に富む、B 水田単作地帯) の訪花昆虫の構成差

目	科		属		種	
	A	B	A	B	A	B
クモ	1		1		1	
積翅目	1		1		1	
半翅目		1		1		1
鱗翅目	3		3		3	
双翅目	11	4	28	12	29	15
鞘翅目	4	3	5	4	5	4
膜翅目	5	7	7	10	11	13
計	24	15	44	27	49	33

A、B異った環境2ヶ所での構成は表13のとおりである。山林雑木、草地やまた園内に畜舎の存在する環境変化のあるA園は、水田単作地帯のなかにあるB園よりはるかに豊富な構成が見られる。ことに膜翅目昆虫の種類より、畜舎排泄物に繁殖源のあるハエ類や、周囲の草地、雑木林等は、ヒラタアブ類の繁殖に有利となっていることがいえる。一方水田地域内にあつては、これらの昆虫の繁殖場所は極めて制約されてくる。したがってPollinator不足から必然的にミツバチの導入のあつたことや、比較的ヒメハナバチ科や、コハナバチ科の種類を多くしていることは、土中営巣性であることから、園内に適合場所のあつたことがあげられる。

県内12ヶ所での採集結果の整理は表14に示した。各環境別とも膜翅目昆虫中心に構成されていたが、これは、畑作、水田の混在環境の3園と水田地帯の1園を除いた以外の園地はミツバチ導入のためによるものである。量的には畑作中心環境園が著しく多く、ついで水田単作内園であつて、その両者の混在環境の園地ではとぼしかった。これは多分に薬剤散布などの介入があるためと思われる。自然生活の訪花昆虫として見た場合、畑作中心地帯での園地にあつては、膜翅目昆虫ではヒメハナバチ類を中心に、双翅目昆虫ではシマハナアブを中心に構成されている。水田との混在地域内の園地では、極めて貧弱な状態であつて、種類、量的にもとぼしかった。周囲環境としては、昆虫の生息に不適合性は見られないことから、多分に他の影響として薬剤散布、水質などによる環境汚染が著しく進展していることが考えられる。水田単作内の園地での構成は膜翅目昆虫が中心であり、双翅目昆虫ではシマハナアブが普遍的に採集されている。しかし量的に畑作地帯園地と比較すれば、とぼしい状況にあつて、訪花昆虫不足から、人工交配の実施せざるを得ない状況といえよう。

表12. 採集種の年度別整理

年 度	圃 場	襃翅目			半翅目			鱗翅目			双翅目			鞘翅目			膜翅目		
		科	属	種	科	属	種	科	属	種	科	属	種	科	属	種	科	属	種
1962		0	0	0	0	0	0	1	1	1	6	14	14	1	1	1	2	2	2
1963		0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	7	1	1	1	3	3	3
1964		0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	6	6	0	0	0	2	2	2
1965	A	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	9	9	2	2	2	5	5	6
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	6	2	2	2	3	3	4
1966	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	9	9	1	1	1	3	3	5
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	7	0	0	0	2	2	2
1967	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	13	13	0	0	0	3	3	4
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8	8	1	1	1	4	5	6
1968	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8	8	0	0	0	4	4	7
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	0	0	0	5	6	8
1969	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	9	2	2	2	3	4	5
	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	8	1	2	2	2	2	2
1970	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9	10	0	0	0	3	3	5
	B	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2	6	6	0	0	0	3	3	3
1971	A	1	1	1	0	0	0	1	1	1	6	15	15	2	2	2	4	6	9

表14. リンゴ園の環境別訪花昆虫の構成と比率

環 境	畑作中心地(4園)			個体数の比率 %	畑水田混在地(4園)			個体数の比率 %	水田単作(4園)			個体数の比率 %
	目	科数	種類数		個体数	科数	種類数		個体数	科数	種類数	
クモ	1	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
半翅目	1	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
鱗翅目	1	1	1	0.5	0	0	0	0	1	2	2	2.0
双翅目	3	7	35	18.0	1	2	4	11.1	3	6	17	19.0
鞘翅目	1	1	4	2.0	2	3	5	15.2	3	4	7	8.0
膜翅目	3	5	153	78.5	4	4	24	72.7	4	7	62	71.0
計	10	16	195	100	7	9	33	100	11	19	88	100

2) 優位順位

調査年間をとおしてA、B両園地での年次別優位種の順位について第4位まで見ると、表15、16のとおりである。10年間の4位まで占める訪花昆虫は双翅目と膜翅目昆虫によってであった。1962年から64年の同一園地では始めコフキヒメシヨウジョウバエの訪花量が最も多かったが、2年目は2位になり、3年目は著しく減少していた。1年目2位のミツバチは、2年目より第1位となり、シマハナアブは2～3位にとどまり、調査2年目の訪花量は極めて少かった。1965年以降の7年間のA園の環境下では、双翅目昆虫のシマハナアブによって占める年数は6年であり、アシトハナアブが1回最優位を示している。これはシマハナアブの生活に適合する腐敗性有機質をふくんだ多湿な場所の存在や、またアシトハナアブが2～4位にとどまることの多かったのは腐敗植物に寄生する性質から見ても、それに適合した環境によるもの

のと考える。またホシツヤヒラタアブが比較的高密度で訪花が見られたのは、食源としてのアブラムシ類が周辺の樹木、草地に多く求められている結果と見られる。ハエ類では、オオクロバエ、キンバエが年によって訪花量の高まりを見せ、1969年はキンバエが2位にあった。膜翅目昆虫では人工的介入のあったミツバチが、1968、71年に2位に見られるほか、ヒメハナバチ類の訪花量が多く認められた。いずれにしても、A園環境下では、シマハナアブによる訪花量が絶対的多量の傾向にあり、しかも安定した訪花昆虫として花粉媒介の役割りが果たされていることがいえる。

B園環境ではA園と多少おもむきを異にして、A園で最優位にあったシマハナアブは、1968年の場合を除いては2位にとどまり、1967年、68年は4位以下の訪花量であった。これは周囲の生活場所、すなわち、水質の汚染や、多湿場所の埋立等環境変化による減少の現れと思わ

表15. リンゴ園訪花昆虫優位種の年次差 () 数は全体に占める%、orchards A)

年	順位			
	1	2	3	4
1962	コフキヒメ (28.7) ショウジョウバエ	ミツバチ (18.5)	シマハナアブ (10.3)	ヒメヒラタアブ (6.1)
1963	ミツバチ (29.1)	コフキヒメ (20.8) ショウジョウバエ	シマハナアブ他3種33.3	タネバエ他3種16.8
1964	ミツバチ (31.2)	シマハナアブ (18.7)	ヒメヒラタアブ (15.6)	タネバエ (12.5)
1965	シマハナアブ (36.2)	アシトハナアブ(22.1)	ホシツヤヒラタアブ (12.3)	ヒメハナバチの1種 (8.8)
1966	シマハナアブ (50.5)	アシトハナアブ(23.9)	ホシツヤヒラタアブ(3.5) ヒメハナバチの1種 (3.5)	オオクロバエ (3.1)
1967	アシトハナアブ(39.3)	シマハナアブ (24.2)	ホシツヤヒラタアブ(6.7)	オオクロバエ (5.3)
1968	シマハナアブ (28.3)	ミツバチ (25.0)	アシトハナアブ (13.1)	フカイヒメハナバチ (9.2)
1969	シマハナアブ (48.4)	キンバエ (13.4)	ミツバチ (10.3) オオクロバエ (10.3)	アシトハナアブ(7.7)
1970	シマハナアブ (39.3)	ホシツヤヒラタアブ(12.7)	アシトハナアブ (11.3)	オオクロバエ (10.0)
1971	シマハナアブ (21.3)	ミツバチ (13.6)	アシトハナアブ(12.1)	ホシツヤヒラタアブ(7.9)

表16. リンゴ園訪花昆虫優位種の年次差 () 数は全体に占める%、orchards B ,

年	順位			
	1	2	3	4
1965	ホシツヤヒラタアブ(40.1)	シマハナアブ (28.5)	ヒメハナバチの1種(7.5)	他9種 (23.9)
1966	ミツバチ (42.2)	シマハナアブ (33.3)	他7種 (24.5)	—
1967	ミツバチ (37.0)	ヒメハナバチの1種 (18.6)	ホシツヤヒラタアブ(10.0) フカイヒメハナバチ(10.0)	ハナアブ (4.3)
1968	シマハナアブ (40.2)	ミツバチ (14.1) ヒメハナバチの1種(14.1)	ヒメハナバチの1種(11.8)	フカイヒメハナバチ (7.4)
1969	ミツバチ (78.8)	シマハナアブ (6.3)	ヒメヒラタアブ (5.6)	アシトハナアブ(1.8)
1970	ミツバチ (41.3)	シマハナアブ (33.3)	ホシツヤヒラタアブ(5.9)	他7種 (19.5)

れる。ヒラタアブ類ではホシツヤヒラタアブ、ヒメヒラタアブが3位に見られ、またアシトハナアブ、ハナアブが上位に見られている。このような環境下ではpollinator 不足から人工交配の作業の必要にせまられ、また、これを解消するためにミツバチが導入されてくる。このため、6年間のうちミツバチの1位を占める年数が4回あり、訪花昆虫構成種の中心をなしている。またヒメハナバチ類がA園よりも高い位置にあって、特異性を示し

ている。しかし、ミツバチを除いた自然昆虫として見た場合、このような場所にあってもシマハナアブは上位にあって、安定した傾向にあり、この種とヒメハナバチ類主体に花粉媒介の役目が果されているといえよう。熊倉ら¹³⁾(1973)の調査でもリンゴ園での双翅目昆虫ではシマハナアブが普遍的かつ優勢な位置にあり、また膜翅目昆虫ではandrena属の種類が、山沿、平坦地果樹園を問わず多いという。また津川ら²⁷⁾(1967)によれば、30年前リン

ゴ園ではミツバチ>テントウムシ>シマハナアブ>アシ
 プトハナアブ モンシロチョウの順が、現在ミツバチ>
 マメコバチ>シマハナアブ>スジグロチョウ>アシ
 プトハナアブの順であるという。このことから見ても、ミツ
 バチを除いた自然生息昆虫として見た場合、シマハナア
 ブ、アシプトハナアブなど訪花昆虫として重要な位置に
 あることがいえる。

3) 採集量の年変動

A、B圃場での1965年以降の全採集個体数の比較につ
 いて表17に示した。これによるとA圃場では1971、1968年
 の採集量が著しく多くB圃場では1968年である。これは
 訪花昆虫の活動に影響の大きい気象条件が好適であった
 結果と考える。1968年のA圃場で見ると、天候状態は晴
 天で風速0.3/sec、温度は午前10時~午後5時間は18度
 以上(平均19.3度)を保ち、ことに湿度は平均33.6%、
 午後4時には16%まで低下して異常乾燥状態を示した。
 採集種(表8)を見ても、好天、乾燥傾向にあつては、
 ことに膜翅目昆虫の活動を盛んにし、訪花量を高めている。

表17. A・B圃場における年度別採集個体数の
 年変動

圃地	年	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
A		113	196	165	304	196	150	463
B		57	45	69	227	161	51	-

B圃場においても、この年に著しく多くて同様な傾向を
 示した。ただB圃場では翌年もひき続いて採集量が多か
 った。これらの年を除いた以外の年にあつては、A、B
 圃場とも大きな変動が見られていない。

つぎに訪花の主構成をなす双翅目昆虫3種と、膜翅目
 昆虫5種についての年変動を見ると(図1、2)1968年
 に各種類とも高まりを見せている以外、種類間にも大き
 な差が見られなく同様な経過を示している。一方ショク
 ガバエ科3種について見るとシマハナアブを除いたアシ
 プトハナアブ、ホシツヤヒラタアブは天候と関係なく19
 68年が訪花量を少なくしている。シマハナアブは、ハナバ
 チ類とは異り、総体的に1~2年ごとに増減が繰り返さ
 れていることから、一定の周期性があると思われる。ア
 シプトハナアブはシマハナアブより、さらに大きな周期
 性があると思われるところから、さらに長期の調査が望
 まれる。これらの種類は、ハナバチ類のように天候に大
 きく左右されることは少いと考える。

B圃場についても同様のことが窺える。ミツバチは19
 69年に至って著しいピークを現しているが、これは調査
 圃の西方600mに5群を導入したためである。ショクガ

バエ科の昆虫では、シマハナアブが1968年に訪花量を高
 めているが、それ以外の年においては、A圃場のような
 明瞭なピークの変動が見られない。これは周辺環境に関
 係した生息密度の影響と思われる。

4) 日周活動

A、B圃場6年間の時間別の平均訪花量の変化を図3
 に示した。環境は異っていても、2圃場とも日中の活動
 量は、午前7時以後から訪花があり、温度の上昇に伴い
 量を増して、12時に最も多い。午後に至ると時間経過と
 ともに減少し、午後5時以降の訪花は極めて少い。この
 ように全体の訪花量について見ると環境による差はない
 が、さらに個々の昆虫について見ると、かなり様相が異
 ってくる。図4、5、6、7は訪花昆虫相の豊富なA圃
 場において、日中継続的に採集のあったハナアブ3種と、
 ハエ2種、ハナバチ4種とミツバチの日周活動の変化を
 年次別に示した。また1965年からの6年間の同圃場にお
 ける優位4種の時間別採集量を表18に示した。図8、9
 は6年間集計による、膜翅目、双翅目昆虫の優位種の時
 間別訪花量の変動を示した。

シマハナアブは7時以降訪花を行い、次第に活動量を増
 している。時間的遅速の相違があるが、午前と午後
 に各1回活動の高まる時間帯がある。午後3時以降は減少
 している。ピークは日中の温度較差の変化のある時点や、
 その差の大きいときに活動を高めている。1970年の場合
 は他の年のように明瞭な2つのピークが現われていない
 が温湿度の較差は午前11時以降小さく経過していること
 に関係すると考える。

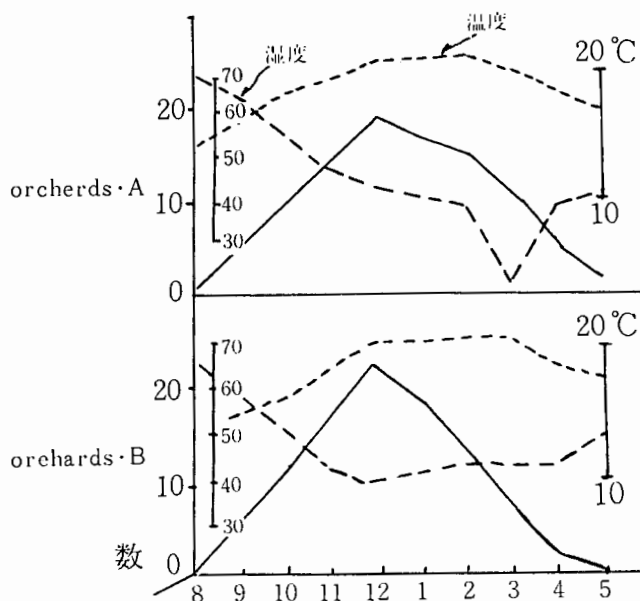


図3. 訪花昆虫の日中活動の変動

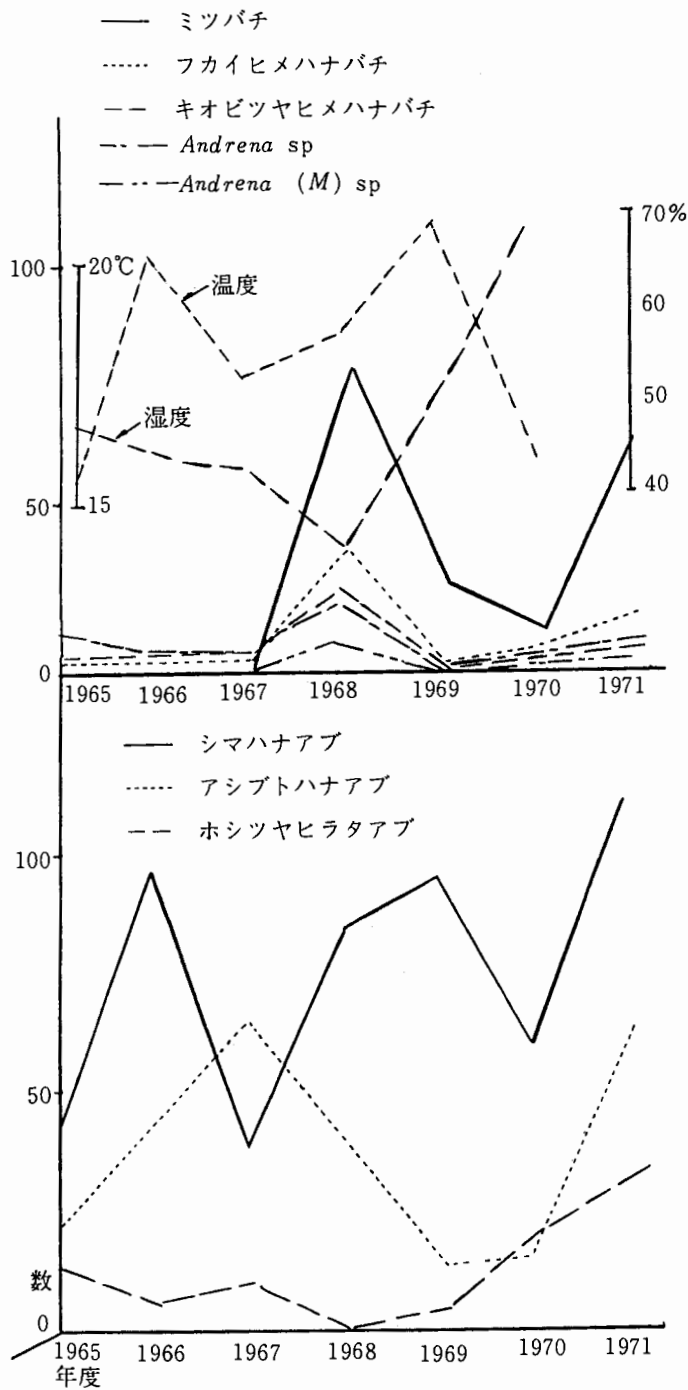


図1. A園における主要8種の年変動

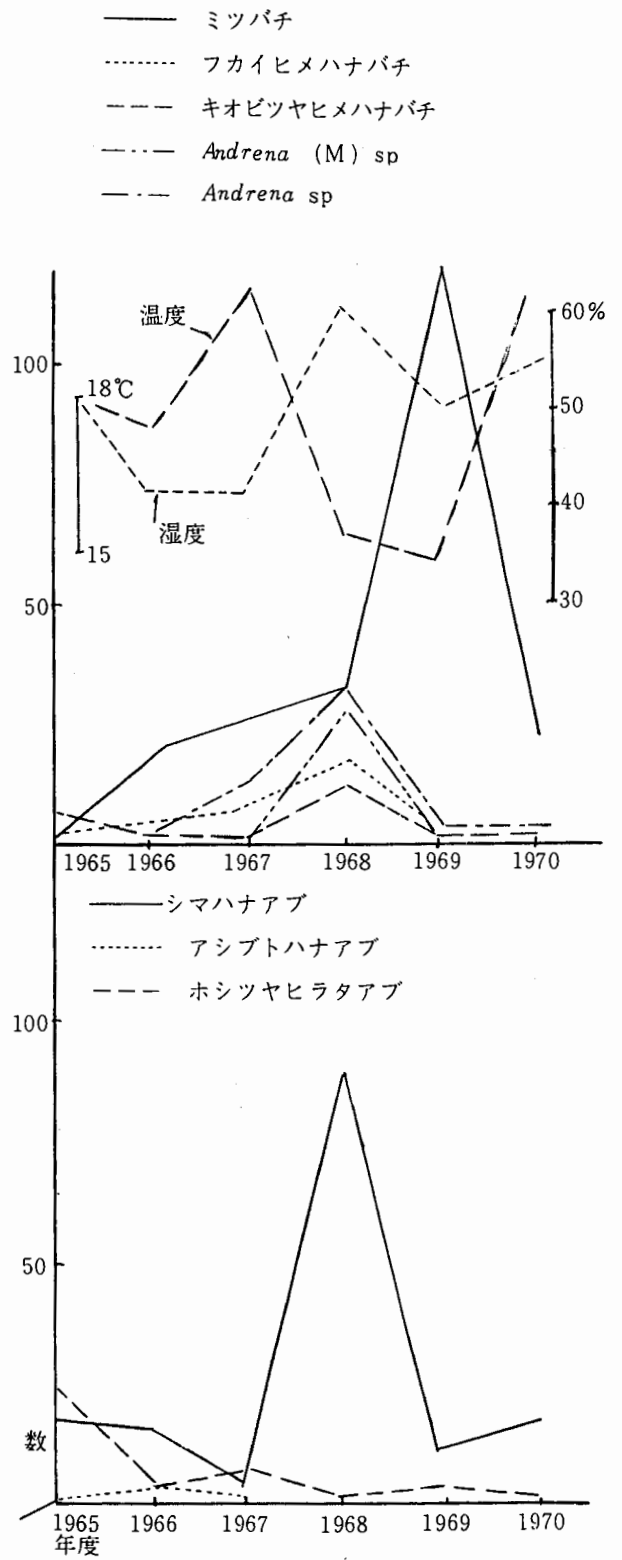


図2. B園における主要8種の年変動

アシトハナアブはシマハナアブより、訪花開始時間が遅く、また明らかな午後2時頃の時間帯に活動を盛んにするようである。ホシツヤヒラタアブの訪花開始も遅い傾向にあり、その後の経過は午後2時頃までが主な訪花時間のようなものである。

ハエ類2種のうち、オオクロバエは、1967年と68年は量的に少かったが、以外の年においては午前7時以後から活動し、しかも午前9時前後の早朝に最初のピークを現している

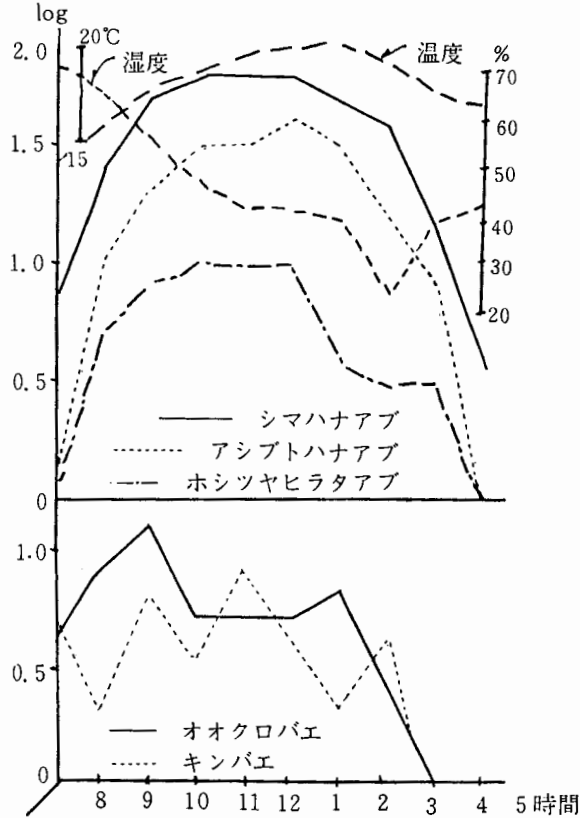


図8. 双翅目5種の日周活動

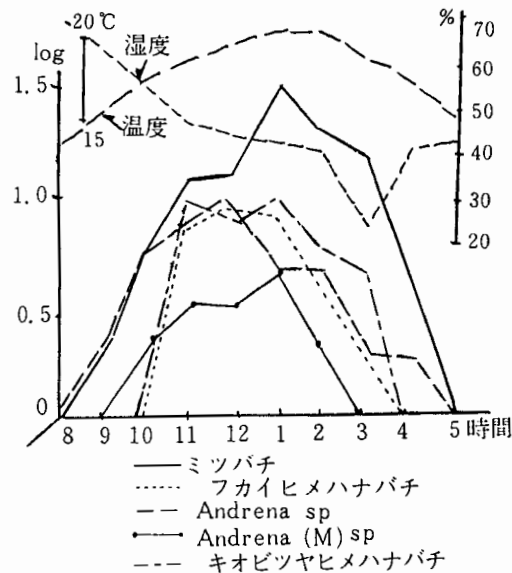


図9. 膜翅目5種の日周活動

1966年は3回、1969年は午前10時と午後2時の2回明瞭なピークを示している。本種の主な活動時間帯は午前中であり、しかも他の昆虫の訪花活動を盛んにする以前に最初の訪花を終了させる性質のあることがいえよう。キンバエの訪花活動は、1969、70年のように早朝から訪花の見られる年もあるが、概してオオクロバエより遅く訪花を開始するようである。1967年や、ことに1969年の場合は、オオクロバエ同様に日中3回のピークが見られ、時間的変動が大きい。

ハナバチ類では、フカイヒメハナバチの訪花活動の盛んな年(1968年)は、午前9時から訪花が見られているが、概して開始時間は遅い傾向にある。またこの年のピークは午前と午後2回生じているが、主な活動時間帯は温度が15℃以上あり、湿度の低い条件下の時にあるといえよう。キオビツヤヒメハナバチも同様と考える。

Andrena sp や、*Andrena (Micrandrena)* sp、ミツバチについても活動開始時間はハナアブ、ハエ類より遅い。ミツバチは15℃以下では活動しないことから、同様にハナバチ類の活動も温度との関係が深いといえよう。同時に湿度関係の影響も大きく、日中の活動が盛んになるためには乾燥条件を必要としよう。

5) 相互関係

リンゴの花に訪れる昆虫は、或る特定の限られた種類ではなく、極めて多種類の昆虫が集ってくる。したがってその花上では当然生ずるであろう、昆虫相互の関係を知らぬことは重要なことである。訪花した昆虫がPallinatorとしての効率は低い、量的に多かった場合、有効な昆虫は他に駆逐されるか、あるいはその間隙を利用して訪花しなければならないような関係がしばしば生じているであろう。このような関係は、訪花種類や、また量的に少ない場合は円満な訪花が行われるであろうが、実際花上では複雑な事態が生じているものと思われる。1968年の訪花活動が盛んであった年について膜翅目昆虫5種と双翅目昆虫4種の日中における訪花状況を図10、11に示した。ハナバチ類5種間の関係で見ると、量的に著しいミツバチに対して、フカイヒメハナバチは、ミツバチの高まり以前に訪花を盛んにしておりその多訪花時は小康状態を保っているといえよう。他の3種も同様な傾向にあると思われる。双翅目昆虫4種では(図11)シマハナアブの訪花量が絶対的であるが、この種に対してアシトハナアブは、シマハナアブのピークを避けて訪花を高めるといえよう。この場合ホシツヤヒラタアブやキンバエは明らかでないが量的な制約を受けているものと思われる。

この膜翅目と双翅目昆虫相互では、訪花量の多いミツバチとシマハナアブで見ると、同一環境条件のなかにあ

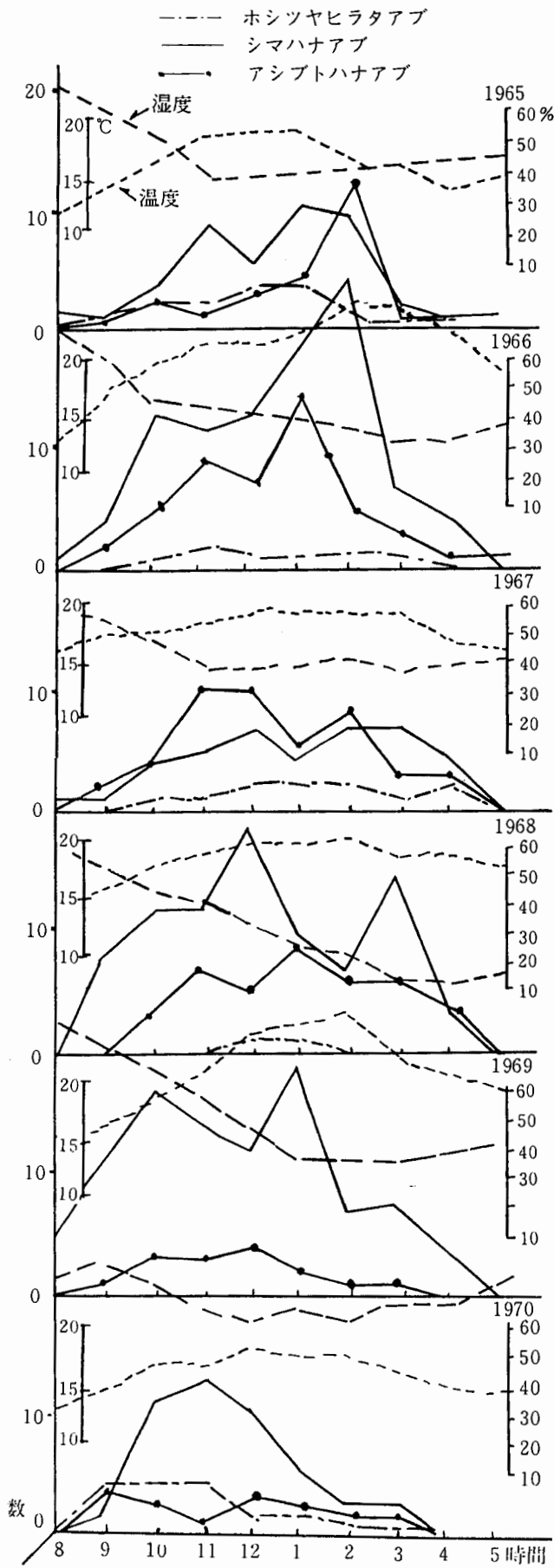


図4. ショクガバエ科3種の年度別日周活動

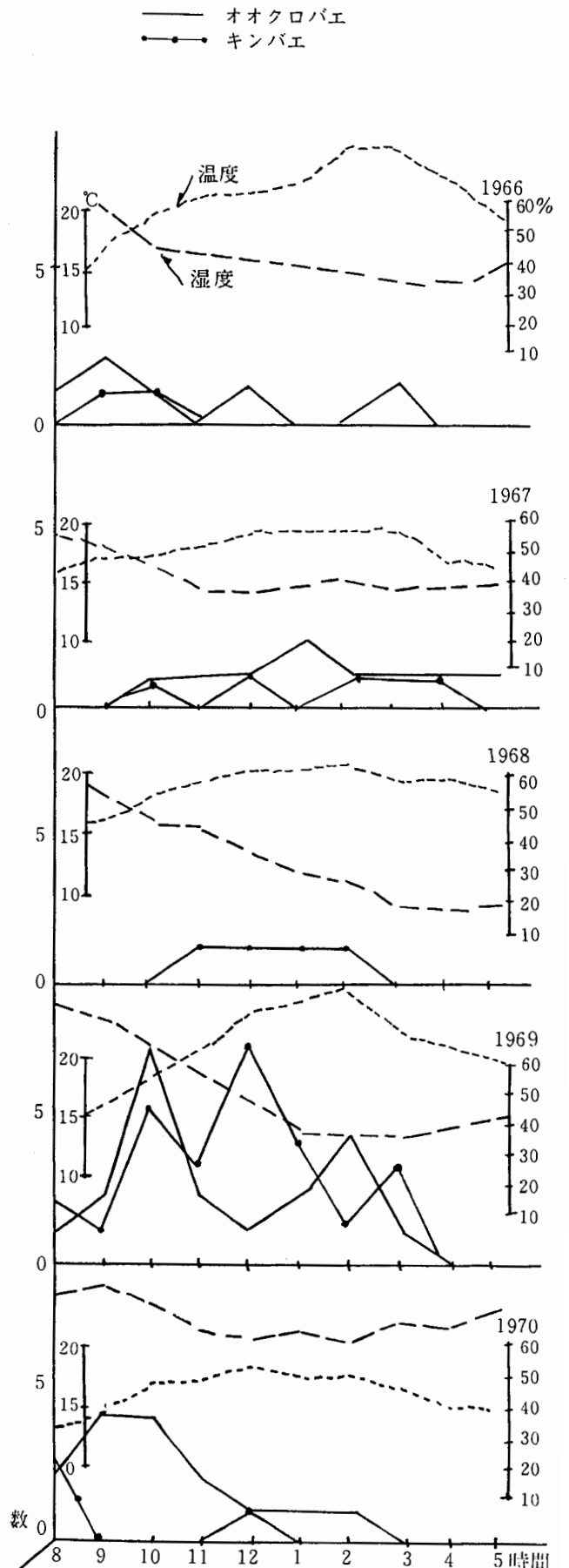


図5. イエバエ科2種の年度別日周活動

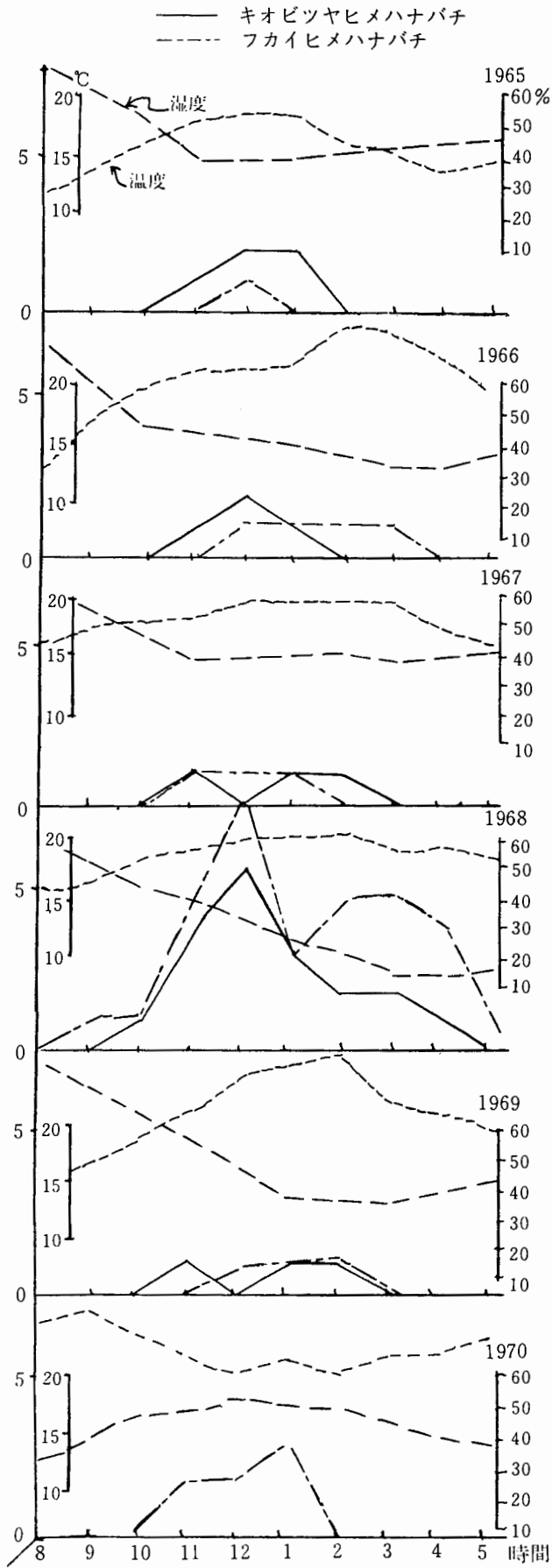


図 6 . 膜翅目 2 種の年度別日周活動

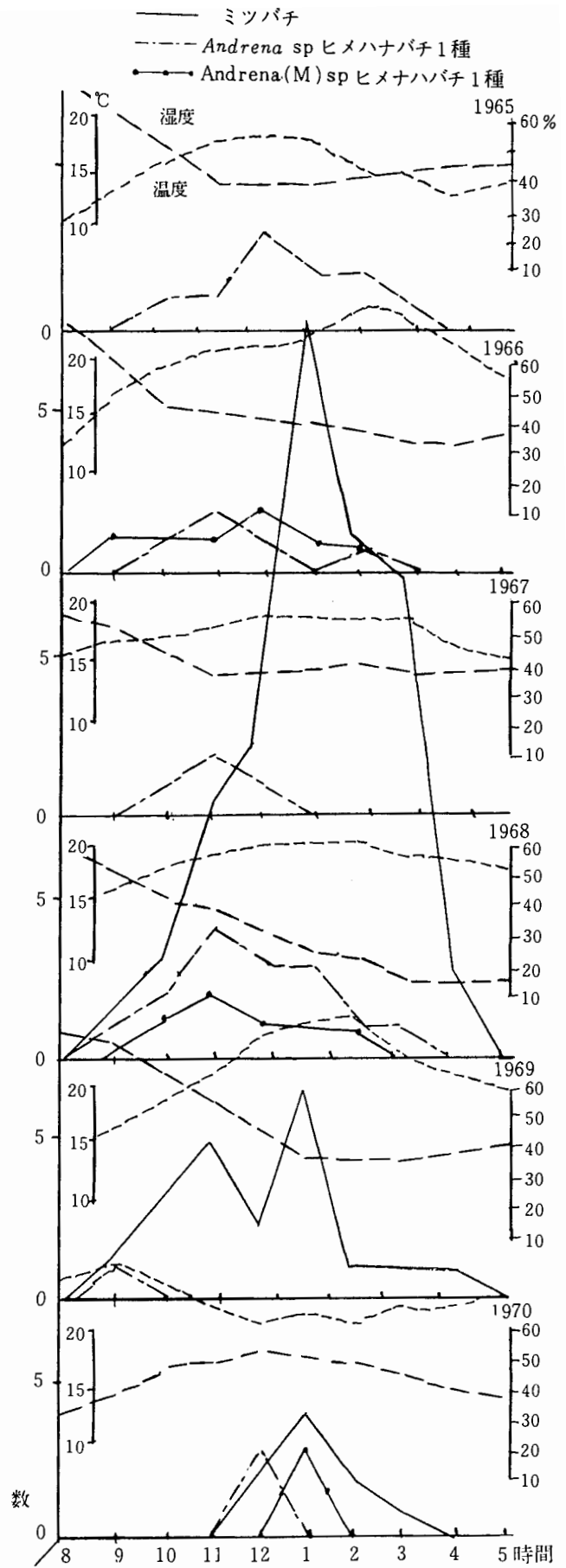


図 7 . 膜翅目 3 種の年度別日周活動

表18. リンゴ園における優位4種の時間別採集量 (Orchards・A)

年	種類	採集時間										計	
		7~8 8	8~9 9	9~10 10	10~11 11	11~12 12	12~1 1	1~2 2	2~3 3	3~4 4	4~5 5		
1965	温度℃	12.5	14.3	16.2	18.0	18.7	18.5	16.7	16.0	14.8	15.2		
	湿度%	71.0	65.0	56.0	40.5	40.5	40.0	42.0	42.5	45.1	44.0		
	シマハナアブ	1	1	3	8	5	10	9	2	1	1	41	
	アシブトハナアブ		1	2	1	3	4	12	1	1		25	
	ホシツヤヒラタアブ		1	2	2	3	3	1	1	1		14	
	Andrinan sp			1	1	3	2	2	1			10	
1966	温度℃	13.0	17.0	19.6	21.4	22.0	22.5	23.5	23.9	23.0	21.9		
	湿度%	74.0	62.5	46.0	45.0	42.5	40.5	38.0	34.0	34.0	36.0		
	シマハナアブ	1	4	13	12	13	19	24	7	5	1	99	
	アシブトハナアブ		2	5	9	7	14	5	3	1	1	47	
	ホシツヤヒラタアブ			1	2	1	1	1	1			7	
		Andrena(M)sp			1	1	1	2					7
		オオクロバエ	1	2	1		1						6
1967	温度℃	16.0	17.0	17.5	18.0	19.0	19.0	19.2	19.0	16.8	16.0		
	湿度%	56.0	54.0	46.0	38.0	39.0	40.0	40.0	38.0	39.5	40.5		
	アシブトハナアブ		2	4	10	10	20	5	8		3	65	
	シマハナアブ	1	1	4	5	7	4	7	7	2	2	40	
	ホシツヤヒラタアブ			1	1	2	2	2	1	2		11	
		オオクロバエ			1	1	1	2	1	1	1	1	9
1968	温度℃	15.1	16.0	18.0	19.0	19.7	20.0	20.2	19.8	19.0	18.5		
	湿度%	63.0	51.5	44.0	40.5	34.5	29.0	23.0	17.0	16.0	17.0		
	シマハナアブ		8	12	12	18	10	7	15	4		86	
	ミツバチ		1	3	8	10	22	15	14	3		76	
	アシブトハナアブ			3	7	5	9	6	6	4		40	
		フカイヒメハナバチ		1	1	8	3	5	5	4	1		28
1969	温度℃	14.8	16.3	19.5	21.0	24.0	25.6	26.0	22.0	21.0	20.0		
	湿度%	80.0	75.0	66.0	56.0	44.0	35.5	35.0	34.5	37.0	38.0		
	シマハナアブ	4	11	17	14	12	19	7	8	4		96	
	キンバエ	2	1	5	3	7	4	1	3			26	
	ミツバチ		1	3	5	2	6	1	1	1		20	
		オオクロバエ	1	2	7	2	1	2	4	1			20
1970	温度℃	13.5	14.5	17.0	17.0	18.5	17.5	17.5	16.4	15.0	14.5		
	湿度%	79.0	89.5	75.0	66.0	63.5	67.0	66.5	68.5	88.1	72.0		
	シマハナアブ		2	11	13	10	11	6	3	3		59	
	ホシツヤヒラタアブ	1	4	4	4	2	2	1	1			19	
	アシブトハナアブ		4	3	1	3	2	2	2			17	
		オオクロバエ	2	4	4	2	1	1	1				15

って、明らかに両種の訪花は互いにピーク時を避けて行われているといえよう。

相互の関係は、同種目間や異種目間の関係が、量、気象条件、開花状態など複雑化していると思われるが、同一種の間でも排他的性質はハナバチ類には少ないようである。しかしシマハナアブやアシフトハナアブの雄虫が一定小範囲の花上を飛び廻って、他を駆逐していることがしばしば観察された。このような関係はさらに受粉の効率と合せて今後の研究を待たなければならない。

6) 環境と訪花昆虫

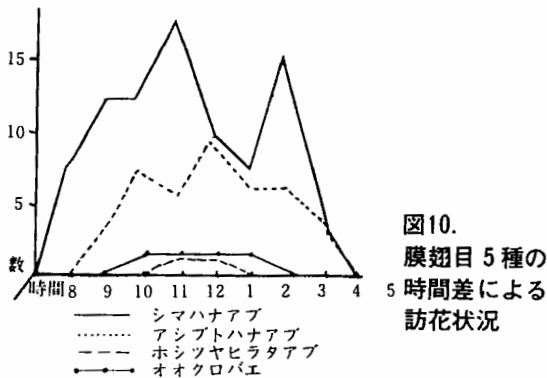


図10. 膜翅目5種の時間差による訪花状況

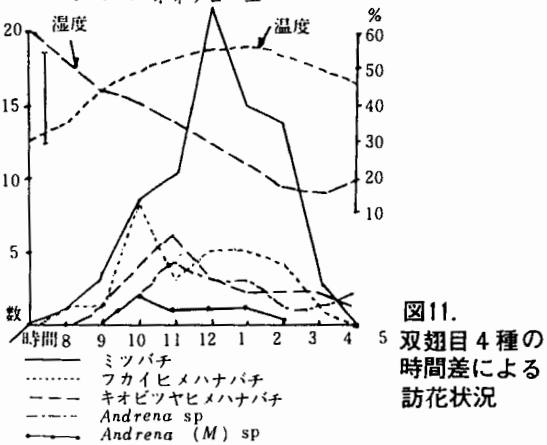


図11. 双翅目4種の時間差による訪花状況

訪花昆虫構成種の多少は、その地域、環境に著しく影響される。A、B 圃場での構成を見ても大きな差があるが、A 圃場の環境は園地周辺が雑木林、草地に囲まれていることがヒラタアブ類やハナバチ類の訪花を高めているといえよう。また畜舎や多量湿場所の存在はハナアブ類、ハエ類の構成を豊富にしているものと考えられる。一方B 圃場では、周囲水田という単純環境からして訪花昆虫の種類が制約されて貧弱化を招き易い。

双翅目昆虫のなかで、ミツバチは山林接近園など野性ミツバチの訪花が見られているが、訪花の主体は洋種系の飼育虫であるため、Pollinator として導入有無がその園の構成を異にしてくる。したがってミツバチは他の昆虫のように周囲環境の影響を受けることは少ないといえよう。しかし野性ハナバチ類ではハキリバチ科のマメコバチ、キオビツヤヒメハナバチなど山林雑木の枯死枝や

幹などが好適な生活場所としてあげられ、またマメコバチについて小林 (1967)⁵⁶ は山林に近い農家のスタレや、屋根ふき用に保存してあるヨシ束での生息数が極めて高くなっている。またヒメハナバチ科やコハナバチ科の種にあつては、土中営巣性を基とするため園内の土質環境が整っていれば訪花量も高くなる。水田地帯内の園で比較的この種の訪花が見られるのは、園内の通路などが重要な繁殖場所となっている。

また双翅目昆虫について言えば、園内に畜舎などの存在は、ことにクロバエ科の昆虫の好適な繁殖源となろう。ことにA 圃場で訪花量の著しいシマハナアブは、水中の腐敗有機質を食源としていることからして、近くの川や園内の多湿場所の存在が重要な意義をもっている。B 圃場でも比較的訪花量が高まっているのは、農薬等による汚染されない場所が残されていることも考えられる。訪花量の著しく少ないハナアブ (*Erystalomyia tenax* L) は畜舎排泄物の貯留所など主な繁殖場所となる。またアシフトハナアブは、このような場所とは関係なく土中の腐敗有機物に寄生していることから、園が肥沃であるかないか、即ち土壌の有機質の多少に関係してくる。ヒラタアブ類について見るとA 圃場では種類が豊富であり訪花量の多い傾向にあるが、食源としてのアブラムシ類を主に周辺草地、雑木林に求められていることが言える。平坦水田単作地域内園地では、その植物相の貧弱傾向からアブラムシが必然的に少くなり、このための影響が少くないといえよう。リンゴに訪花性の見られるホソヒラタアブについて見ると、二宮 (1956)⁷⁴ によれば補食アブラムシの種類は19属37種に達し、その植物は畑作物、林木、草生含めて22科57種であるという。したがって園周辺の植物相が豊富であることが必要である。

積翅目昆虫や鱗翅目、あるいは鞘翅目昆虫の大部分は訪花昆虫としての役割りは殆どないが、全体の構成から見れば周囲環境の影響が大きいと思われる。

7) 訪花昆虫と花粉媒介

昆虫が花を訪れるのは目的があるからであるが、その行動について安松 (1944)⁷⁵ はハチ類について5つに分けている。それは、1、花粉蜜を幼虫の飼料とする。2、自らの食源。3、交尾、4、狩猟。5、花卉採集、であるが、また津川ら (1967)²⁷ は交尾、花卉採集を除いた3つに要約している。しかし実際はリンゴ園での訪花昆虫全体として見た場合に、小林 (1971)⁴⁷ の指摘にあるように花には何ら関係なく、花上で採集される昆虫があり、また休息のためと思われる種類や、純然たる加害目的のための種類のあることから、リンゴ園の訪花昆虫として見た場合はこれらの目的行動を同時に考慮しなければならない。

花粉媒介上有益な役目を果たす昆虫は、花粉の採集にある膜翅目昆虫と、自らの食源を主にする双翅目昆虫にあって、他の目的で訪花する昆虫の花粉媒介の役割りは極めて低いといえよう。さらに加害を目的とするリンゴハナゾウムシやコガネムシ科の昆虫は有害昆虫となるし、狩猟を目的としたハナグモは、害虫に対する天敵としての役割りは評価されても、花粉の媒介性の高い昆虫にとっては有害な存在となる。これらすべてを含めて一口に訪花昆虫と見なされているが、農業上から見た場合の訪花昆虫は常に有益性を考慮しなければならないであろう。表19は花粉粒の付着程度を注のような段階に分けて、6種の訪花昆虫について、体の場所別にみた結果である。花粉の付着段階は、多、中、少、無とした。

昆虫の体に付着が多いか少いかは、訪花回数、時間、性別、開葯状況（開花状況）、樹種、品種等によって異ってくるが、*Andrena* sp、フカイヒメハナバチ、シマハナアブ、オオクロバエは付着個体が高率で見られた。花粉の付着する場所も、訪花目的に添って膜翅目昆虫は腹部と脚に多く、双翅目昆虫は頭胸部と腹部に多いのが普通である。

2. 和ナシにおける訪花昆虫相

和ナシについての調査は、1967年と71年は同一園地で実施し（盛岡市）、1966年は異った場所（北上市）行った。

両地域の園地で採集を行った結果は表20のとおりである。北上市で *Johathan* の採集は3目7科13種であり、

表19. 訪花昆虫6種の花粉付着状況 1966 Jonathan 5.18満開

種類	器管 調査個体数	頭 部	胸 部	腹 部	脚 部	付 着 個 数	同 %
		多 中 少 0	多 中 少 0	多 中 少 0	多 中 少 0		
<i>Andrena</i> sp	23	1	1 4	4 2 2	7 2	21	91.3
フカイヒメハナバチ	10	2	3 1	1 1	1 1 1	10	100
シマハナアブ	10	1 1	2 1	1 1	1 1 1	8	80
ヒメヒラタアブ	20	1 2 3	1 3	3 2	6	7	35.0
オオクロバエ	14		4	5	5	14	100
タネバエ	8	3	1	2	2	0	0

注、多～脚に花粉団子がある。頭胸腹部に付着が多い。
中～脚に花粉団子が無い。頭部胸部に付着が見られる

少～頭部腹部に付着がわずかに見られる
無～付着しない。

優位種はシマハナアブであって、全体採集量に占める割合は31.5%であった。ついでホシメハナアブ(26.5%)>ミツバチ(10.9%)>ケヒラタアブ、タネバエの2種が各6.7%であった。廿世紀においては、双翅目昆虫主体の構成であって、膜翅目昆虫の種類は少かった。

盛岡市での千両を対象とした調査は、1967年は4目11科20種の採集があり、豊富な状況が見られた。優位種はシマハナアブによって占められ、全体の56.1%に達した。ついでミツバチ(13.4%)>アシトハナアブ(8.4%)>*Andrena* spが6.7%の順であった。この場所でさらに1971年に採集を試み、4目11科22種を記録した。この年の最優位は、シマハナアブ(60.5%)、ハナモグリの1種(15.5%)>*Andrena* sp、*Andrena* (*Micrandrena*) sp' ミツバチ(6.7%)>ホシツヤヒラタアブ(6.1%)の順であって、1967年より変動が見られた。

考 察

和ナシにおける訪花昆虫相は、リンゴと同じく双翅目昆虫と膜翅目昆虫主体の構成である。熊倉ら(1973)¹³は山沿園地では6目35科87種と極めて豊富な採集があり、平坦地園地では3目5科7種に過ぎなかったが、環境に左右されることはナシ園の場合も例外ではなく、本調査においても、平坦水田地帯内の園地では、貧弱な傾向を示している。ことに膜翅目昆虫の訪花が少なく、4種を数えるのみであった。双翅目昆虫のなかで特異的であったのは、ホシメハナアブの訪花が多く見られたことである。本種はリンゴ園からの採集は極めて僅少であるところから、樹種による相違か、あるいは、腐敗有機物に食源のあることから、それに起因するものと思われるが、その場所は周囲になかった。盛岡市での結果は、園地がリンゴ園と同一環境内にあるために、構成状況が豊富である。ことに膜翅目昆虫の *Andrena* 属は量的にも多く採集され

表20 和ナシにおける採集種

種 名	場 所	北 上	盛 岡
	年	1966	1967
Lepidoptera			
Papilionidae (アゲハチョウ科)			
1. <i>Papilio xuthus</i> LINNE' (アゲハチョウ)			1
Pieridae (シロチョウ科)			
2. <i>Pieris rapae crucivora</i> BOISDUVAL (モンシロチョウ)			2
Nymphalidae (タテハチョウ科)			
3. <i>Nymphalis io geisha</i> STICHEL (クジャクチョウ)			1
Diptera			
Bombyliidae (ツリアブ科)			
4. <i>Bombylius major</i> LINNE (ビロードツリアブ)	4	2	6
Syrphidae (シヨクガバエ科)			
5. <i>Cheilosia</i> sp. (クロハナアブの1種)			3
6. <i>Didea alneti</i> FALLEN (ヘリヒラタアブ)		2	
7. <i>Eristalomyia tenax</i> LINNE' (ハナアブ)			1
8. <i>Eristalis cerealis</i> FABRICIUS (シマハナアブ)	75	134	57
9. <i>Epistrophe balteata</i> DEGEER (ホンヒラタアブ)			1
10. <i>Helophilus virgatus</i> COQUILLET (アシプトハナアブ)	4	20	9
11. <i>Lathyrrophthalmus ocularis</i> COQUILLET (ホシメハナアブ)	63		2
12. <i>Melanostoma scalare</i> FABRICIUS (ホシツヤヒラタアブ)		3	12
13. <i>Metasyrphus nitens</i> ZETTERSTEDT (ナミホシヒラタアブ)		7	
14. <i>Metasyrphus corollae</i> FABRICIUS (フタホシヒラタアブ)			1
15. <i>Sphaerophoria menthastris</i> LINNE' (ヒメヒラタアブ)	6	2	
16. <i>Syrphus japonicus</i> LOEW (ケヒラタアブ)	16	1	
17. <i>Syrphus ribesii</i> LINNE' (ヤマトヒラタアブ)			3
Scatophagidae (フンバエ科)			
18. <i>Scatophaga stercoria</i> LINNE' (ヒメフンバエ)			1

Muscidae (イエバエ科)			
19. <i>Hylemyia platura</i> MEIGEN (タネバエ)	16		
Lauxaniidae (シマバエ科)			
20. <i>Minettia longipennis</i> FABRICIUS (ヤブクロバエ)			1
Calliphoridae (クロバエ科)			
21. <i>Calliphora lata</i> COQUILLET (オオクロバエ)	2		11
22. <i>Lucilia caesar</i> LINNE' (キンバエ)	1		5
Coleoptera			
Elateridae (コメツキムシ科)			
23. <i>Gn. sp.</i> (コメツキムシの1種) (ハナモグリの1種)			30
24. <i>Corymbitodes gratus</i> LEWIS' (ヒラタコメツキ)		2	
Scarabaeidae (コガネムシ科)			
25. <i>Oxycetonia jucunda</i> FALDERMANN (コアオハナムグリ)		1	
Hymenoptera			
Vespidae (スズメバチ科)			
26. <i>Polites fadwigae</i> DALLA TORRE (セグロアシナガバチ)			
27. <i>Vespa parallela</i> ANDRE (コガタノスズメバチ)			1
Andrenidae (ヒメハナバチ科)			
28. <i>Andrena (Mitsukuriella) fukaii</i> COCKERELL (フカイヒメハナバチ)	14	4	7
29. <i>Andrena sp.</i> (ヒメハナバチの1種)	9	16	13
30. <i>Andrena (Micrandrena) sp.</i> (ヒメハナバチの1種)		2	3
Halictidae (コハナバチ科)			
31. <i>Lagioglossum sp.</i> (コハナバチの1種)			
Megachilidae (ハキリバチ科)			
32. <i>Osmia cornifrons</i> (RADOSZKOWSKI) (マメコバチ)		1	
Anthophoridae (シロスジハナバチ科)			
33. <i>Ceratina (Ceratini) flavipes</i> SMITH (キオビツヤヒメハナバチ)		4	2
34. <i>Xylocopa appendiculata circumvolans</i> SMITH (クマバチ)	2		

Apidae (ミツバチ科)

35. *Apis cerana* FABRICIUS
(ニホンミツバチ)

36. *Apis mellifera* LINNE'
(ミツバチ)

26

1

32

13

ている。また鞘翅目昆虫ではハナモグリ1種が1971年に著しく多く採集されたが、多訪花の原因は明らかでない。

表21に優位4種の時間別採集量を示した。シマハナアブは地域を問わず、午前と午後各1回の訪花ピークがあり、リンゴでの訪花と同様な傾向を示している。訪花開始時間も早朝から見られ、1967年(盛岡市)は、午前7時30分(温度11℃)から採集があった。

ナシ園の場合構成の主体は、人工的介入のあるミツバチを除いた自然訪花昆虫として見れば、リンゴ園同様にシマハナアブの訪花量が最も多いところから、pollinatorとしての重要な位置にあるといえよう。これに続いてアシトハナアブ、ホシツヤヒラタアブも有力であるといえる。また膜翅目昆虫のなかでは、*Andrena*属を主にするハナバチ類が主な交配の役割りを果たしている。

表21. 和ナシにおける優位4種の時間別採集数

時 間	7-8 8	8-9 9	9-10 10	10-11 11	11-12 12	12-1 1	1-2 2	2-3 3	3-4 4	4-5 5	
年度 1966・種類	温度C	12.0	15.5	20.0	23.0	24.5	26.0	26.0	25.5	24.0	22.0
	湿度%	73.0	60.0	34.0	76.0	24.0	23.5	22.0	25.0	25.5	23.0
(北上)シマハナアブ ホシツヤヒラタアブ ミツバチ ケヒラタアブ タネバエ			4 5 1	13 9 1	9 5 2	6 13 2	15 8 6	13 10 8	11 6 4	4 7 2	
				1 1 1	2 2 3	2 2 2	3 3 2	4 4 5	1 2	3 1	
	温度C	12.0	15.5	20.0	23.0	24.5	26.0	26.0	25.5	24.0	22.0
	湿度%	73.0	60.0	34.0	26.0	24.0	23.5	22.0	25.0	24.5	23.0
	シマハナアブ ミツバチ アシトハナアブ <i>Andrena</i> sp	5	14 2	15 10	17 9 2 5	16 5 2 1	8 4 11 4	18 2 3 4	19 1 1	12 1 1	
1971	温度C	13.0	14.5	15.0	17.0	20.5	23.0	22.0	20.5	19.5	17.0
	湿度%	63.0	70.0	64.0	58.0	50.0	44.0	44.0	45.0	50.0	55.5
シマハナアブ ハナモグリ1種 <i>Andrena</i> sp <i>Andrena</i> (<i>Mictandrena</i>)sp ミツバチ		8	9 3 1	6 14 2	5 8 1	9 1 1	10 1 3	7 3 3	2 2	1	
				6 6	1 1			3 3	3		
		1	2	4	2	3	1				

3. 洋ナシ広域栽培園における訪花昆虫相

40haの集団栽培園での訪花昆虫採集地点環境を図12に示した。表22は5地点において採集した全種について目別に示した。表23は地点ごとにおける採集種の整理結果であるが、その種類の見出し番号は表22の整理した番号と同一であるように関連づけた。

園の中央部、即ちA地点での採集は3目3科6種のみであり、優位種はシマハナアブであった。東側のB地点では2目4科6種を採集した。この地点でも最優位種はシマハナアブであり、全体採集量の75%を占め、A地点より量的に多かった。西側のC地点は2目6科12種の採

集があり、A、B地点より種類が豊富であった。最優位種はシマハナアブであり、全体の33.0%を占めた。ついでヒメヒラタアブ(22.2%)>ホシツヤヒラタアブの順であった。南側のC地点では、3目5科12種を採集し、先のC地点と同種類数であるが、訪花量は多く認められた。この地点の優位種もシマハナアブであって全体量の30.6%を占め、ついでホシツヤヒラタアブ>ヒメヒラタアブ>オオクロバエの順に上位4種が双翅目昆虫によって構成されていた。北側のE地点では、先の4地点と同様に、種類、量とも極めて豊富な採集があった。最優位種は、ホシツヤヒラタアブであり全体量の29.5%

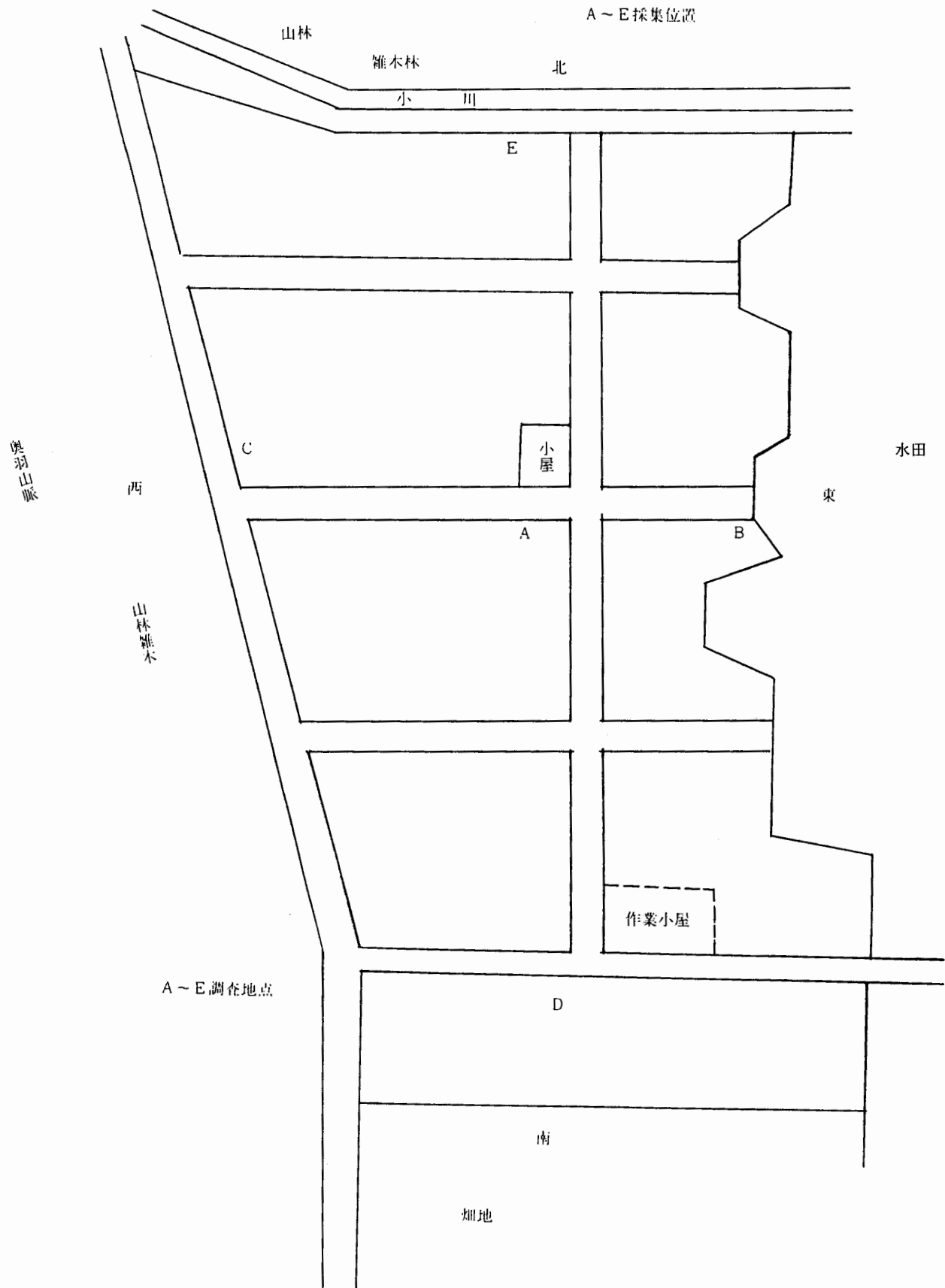


図12. 洋ナシ栽培団地における採集位置と周囲環境(面積40ha)

表22 洋ナシ園における訪花昆虫の採集種

Neuroptera

Osmylidae (ヒロバカゲロウ科)

1. Gn. sp. (カゲロウの1種)

Hemiptera

Pentatomidae (カメムシ科)

2. *Halyomorpha brevis* WALKER (クサギカメムシ)

Diptera

Tabanidae (アブ科)

3. *Chrysops japonicus* WIEDEMANN (クロメクラアブ)

Syrphidae (シヨクガエ科)

4. *Cheilosia* sp. (クロハナアブの1種)
 5. *Epistrophe balteate* DEGEER (ホソヒラタアブ)
 6. *Eristalis cerealis* FABRICIUS (シマハナアブ)
 7. *Helophilus virgatus* COQUILLET (アシプトハナアブ)
 8. *Melanostoma scalare* FABRICIUS (ホシツヤヒラタアブ)
 9. *Metasyrphus corollae* FABRICIUS (フタホシヒラタアブ)
 10. *Metasyrphus nitens* ZETTERSTEDT (ナミホシヒラタアブ)
 11. *Sphaerophoria menthastris* LINNE' (ヒメヒラタアブ)
 12. *Syrphus ribesii* LINNE' (ヤマトヒラタアブ)
 13. *Xylota longa* COQUILLET (クロナガハナアブ)

Muscidae (イエバエ科)

14. *Graphomya maculata* SCOPOLI (セマダラハナバエ)

Calliphoridae (クロバエ科)

15. *Calliphora lata* COQUILLET (オオクロバエ)
 16. *Lucilia caesar* LINNE' (キンバエ)

Coleoptera

Coccinellidae (テントウムシ科)

17. *Harmonia oxydis* PALLAS (テントウムシ)

Elateridae (コメツキムシ科)

18. *Anostirus daimio* LEWIS (ダイミョウコメツキ)

Oedemeridae (カミキリモドキ科)

19. Gn. sp. (カミキリモドキの1種)

Pyrochroidae (アカハネムシ科)

20. *Pseudopyrochroa rubricollis* LEWIS (ヒメアカハネムシ)

Chrysomellidae (ハムシ科)

21. Gn. sp. (ハムシの1種)

Cerambycidae (カミキリムシ科)

22. Gn. sp. (カミキリムシの1種)

Scarabaeidae (コガネムシ科)

23. *Proagopertha puicollis* WATERHOUSE (ナラノチャイロコガネ)

Hymenoptera

Andrenidae (ヒメハナバチ科)

24. *Andrena* sp. (ヒメハナバチの1種)
 25. *Andrena (Mitsukuriella) fukaii* COCKERELL (フカイヒメハナバチ)
 26. *Andrena (Micrandrena)* sp. (ヒメハナバチの1種)

Halictidae (コハナバチ科)

27. *Lasioglossum* sp. (コハナバチの1種)

Megachilidae (ハキリバチ科)

28. *Osmia cornifrons* (RADOSZKOWSKI) (マメコバチ)

Anthophoridae (シロスジハナバチ科)

29. *Ceratina* (*Ceratinidia*) *flavipes* SMITH (キオビツヤヒメハナバチ)

Apidae (ミツバチ科)

30. *Apis mellifera* LINNE' (ミツバチ)

表23. 地点別採集種と量

種	類	時 間 温度C 湿度%	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	計
			18.0 55.0	20.5 35.0	21.1 28.0	22.3 24.0	24.0 23.0	24.1 21.0	22.6 20.0	22.2 24.0	20.0 26.0	18.5 35.0	
A. (中 央)													
6.	(シマハナアブ)								3	1	2		6
8.	(ホシツヤヒラタアブ)				1								1
11.	(ヒメヒラタアブ)				1								1
15.	(セマダラハナバエ)			1		1	1						1
19.	(カミキリモドキの1種)			1		1	1			1			4
25.	(フカイヒメハナバチ)			1									1
B. (東 側)													
6.	(シマハナアブ)		1	5	4	2	7	2	2	2	1		24
8.	(ホシツヤヒラタアブ)				1			1					2
11.	(ヒメヒラタアブ)					1	1						2
24.	(ヒメハナバチの1種)					1							1
28.	(マメコバチ)			1	1								2
29.	(キオビツヤヒメハナバチ)							1					1
C. (西 側)													
5.	(ホソヒラタアブ)				1								1
6.	(シマハナアブ)			1	7	3	1						12
7.	(アシプトハナアブ)				1								1
8.	(ホシツヤヒラタアブ)				1		1	2					4
11.	(ヒメヒラタアブ)		3	1	3		1						8
12.	(ヤマトヒラタアブ)							1					1
15.	(オオクロバエ)							2					2
24.	(ヒメハナバチの1種)				1								1
25.	(フカイヒメハナバチ)				1	2							3
27.	(コハナバチの1種)				1								1
29.	(キオビツヤヒメハナバチ)						1						1
30.	(ミツバチ)	1											1
D. (南 側)													
2.	(クサギカメムシ)					1							1
4.	(クロハナアブの1種)				1	1							2

種 類	時 間 温度C 湿度%	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	計
		18.0 55.0	20.5 35.0	21.1 28.0	22.3 24.0	24.0 23.0	24.1 21.0	22.6 20.0	22.2 24.0	20.0 26.0	18.5 35.0	
5. (ホソヒラタアブ)							1					1
6. (シマハナアブ)			6	1	6	2	4	1	1	2		23
8. (ホシツヤヒラタアブ)			6	4	6	1	1	1				19
9. (フタホシヒラタアブ)				1								1
11. (ヒメヒラタアブ)				1	5	2		1	5			14
15. (オオクロバエ)			2		1	1	2	1	1			8
16. (キンバエ)			1									1
24. (ヒメハナバチの1種)						1						1
25. (フカイヒメハナバチ)				1	1		1					3
E. (北側)												
1. (カゲロウの1種)		1										1
4. (クロハナアブの1種)				1		4	1	2	2	2		12
5. (ホソヒラタアブ)			2				2	1	1	2		8
6. (シマハナアブ)		5	4	3	4	3	2	4	4	2	1	32
7. (アシプトハナアブ)						1						1
8. (ホシツヤヒラタアブ)		36	15	6	4	4	2	1	2	10		80
9. (フタホシヒラタアブ)							1					1
10. (ナミホシヒラタアブ)											1	1
11. (ヒメヒラタアブ)		6	3	1	1	6	4	2	1	1		25
12. (ヤマトヒラタアブ)											1	1
13. (クロナガハナアブ)					1	1						2
14. (セマダラハナバエ)				1								1
15. (オオクロバエ)		5	4	1					2	1		13
16. (キンバエ)									2		1	3
17. (テントウムシ)								1				1
18. (ダイショウコメツキ)						1						1
19. (カミキリモドキの1種)		5	2	9	11	5	11	2				45
20. (ヒメアカハネムシ)					1							1
21. (ハムシの1種)		1	2	2	4	3	7	5	3	1		28
22. (カミキリムシの1種)											1	1
23. (ナラノチャイロコガネ)				1								1
24. (ヒメハナバチの1種)			2									2
26. (ヒメハナバチの1種)			2									2
29. (キオビツヤヒメハナバチ)			2	2	4							8

を占め、ついで *Oedemeridae* Gn sp > シマハナアブ > *Chrysomelidae* Gn sp の順であった。

考 察

5地点で採集のあった訪花昆虫全体について整理した結果を表24、25に示した。リンゴに比較し、日別では変りないが、科、種類はかなり少い傾向にあって、5目18科30種であった。科における構成では、双翅目 > 鞘翅目 > 膜翅目の順であるが、種類では双翅目 > 鞘翅目 = 膜翅目である。これをさらに地点別に見ると表25のようである。この結果から判明するように、集団栽植した場合、場所的に訪花昆虫相が著しく変動してくることが窺える。その構成の豊貧は、隣接する環境に著しく影響を受けるとともに、中央部の内部地点で貧弱な状態にあることは、広域なるが故に、昆虫は外辺部にとどまって、園内部へ波及しない事がいえる。この現象は、リンゴ園においても集団園の場合しばしば中心部結実の減少となって観察される。したがって集団園地の場合の結実を重視するならば、受粉樹の混植とともに、園内部に訪花昆虫の出現し易い環境条件を整えることが極めて重要である。

中央部と同様な傾向にあるB地点は、そこに接する環境が水田地帯に展開していたための影響があげられる。この2地点に対し、C、D、E地点は、接続する環境全体に変化があるといえよう。ことにE地点の訪花量を高めているのは、雑木林、草地、小川の変化ある自然環境の形成が豊富な訪花昆虫相を示している大きな要因となっていると考えられる。

各地点の時間別採集割合の状況を表26に示した。環境に恵まれたE地点と、C地点は早朝からの訪花が見られているが、そのほかの地点では訪花時間が遅く、特に中央では9時以後になっている。したがって訪花昆虫の活動は外周樹から内部に向かって波及しているといえよう。また訪花の状況では、C地点で午後2時以降訪花がなくなっていることは、西側に奥羽山脈をひかえているため、日没の早いことが大きな要因と考える。

表27は地点別の優位4種についての整理結果である。洋ナシについて、しかも集団栽植地の環境にあっても、E地点を除いた各地点での最優位種はシマハナアブであった。E地点では特にホシツヤヒラタアブが最優位を示した。2位についても双翅目昆虫の占める割合が高く、3位になってハナバチ類が見られた。いずれにしても洋ナシ園では、リンゴ、和ナシ園と同様に、シマハナアブはPollinatorとして重要な位置にあり、これを中心にしたヒラタアブ類、ハナバチ類によって構成されていることが窺える。

表24. 洋ナシ園訪花昆虫採集の整理

目	科	属	種
脈翅目	1	1	1
半翅目	1	1	1
双翅目	4	13	14
鞘翅目	7	7	7
膜翅目	5	5	7
計	18	27	30

表25. 洋ナシ園の位置別昆虫の構成

場所		centre	east	west	south	north
脈翅目	科	0	0	0	0	1
	属	0	0	0	0	1
	種	0	0	0	0	1
半翅目	科	0	0	0	1	0
	属	0	0	0	1	0
	種	0	0	0	1	0
双翅目	科	2	1	2	2	3
	属	4	3	7	9	12
	種	4	3	7	9	13
鞘翅目	科	1	0	0	0	7
	属	1	0	0	0	7
	種	1	0	0	0	7
膜翅目	科	1	3	4	1	2
	属	1	3	4	1	2
	種	1	3	5	2	3
計	科	4	4	6	4	13
	属	6	6	11	11	22
	種	6	6	12	13	24

4. モモ園における訪花昆虫相

1967年と71年の2年間実施したモモ園での採集結果は表28のとおりである。両年とも双翅目、膜翅目昆虫のみによって構成されていた。1年目の採集種は2目4科7種であり、その最優位種はミツバチであり、量的にも圧倒的であった。ついでフカイヒメハナバチ、*Andrena* (*Micradrena*) sp が多かった。双翅目昆虫は3種のみで少かった。2年目は2目6科7種であり前年同様にミツバチが最優位であり全体採集量の87.2%を占めた。ハナバチ類の採集種で前年多かった2種については採集されなかった。また双翅目昆虫ではイエバエ科のオオクロバエが前年より多く採集した以外は極めて少かった。

表26. 時間別採集量の場所別割合 (%)

時間 地点	7-8 8	8-9 9	9-10 10	10-11 11	11-12 12	12-1 1	1-2 2	2-3 3	3-4 4	4-5 5
A (中央)	0	0	6.4	2.8	2.2	1.9	8.3	7.4	8.7	0
B (東)	0	1.7	12.7	8.1	8.7	15.4	11.1	7.4	4.3	0
C (西)	2.0	5.3	4.3	21.6	10.9	7.7	13.9	0	0	0
D (南)	0	26.3	19.2	27.0	17.3	17.3	11.1	25.9	8.7	0
E (北)	98.0	66.7	57.4	40.5	60.9	57.7	55.6	59.3	78.3	100.0

表27. 場所別採集種の優位順 (4位まで)

場所 順位	1	2	3	4
A (Centre)	シマハナアブ (43.0)	ダイショウコメツキ (29.0)	ホシツヤヒラタアブ (7.0) ヒメヒラタアブ (7.0) オオクロバエ (7.0) フカイヒメハナバチ (7.0)	—
B (east)	シマハナアブ (75.0)	ホシツヤヒラタアブ (6.2) ヒメヒラタアブ (6.2) マメコバチ (6.2)	<i>Andrena</i> sp (3.2) キオビツヤヒメハナバチ (3.2)	—
C (west)	シマハナアブ (33.3)	ヒメヒラタアブ (22.2)	ホシツヤヒラタアブ (11.1)	フカイヒメハナバチ (8.3)
D (south)	シマハナアブ (30.6)	ホシツヤヒラタアブ (25.3)	ヒメヒラタアブ (18.6)	オオクロバエ (10.6)
E (north)	ホシツヤヒラタアブ (29.5)	<i>oedemeridae</i> Gn sp (16.6)	シマハナアブ (11.8)	<i>Chnysonitidae</i> Gn sp (9.2)

考 察

リンゴ、ナシ等と異って、モモの場合の訪花昆虫の構成は貧弱な傾向が見られた。構成の主体は膜翅目昆虫にあり、ことにミツバチがその主な受粉の役割りを果たしているといえよう。横沢ら (1957)²⁴⁾ の調査では曇天下では双翅目昆虫が主であり、4目7亜目21科59種を採集し、また晴天下では膜翅目昆虫主体となって、4目6亜目20科46種を記録している。また熊倉ら (1973)¹³⁾ も5目27科46種を得ているが、この場合も双翅目昆虫を最も多く認めている。天候の影響することは他の果樹でも同様であって、

晴天乾燥時には膜翅目昆虫の活動を多くするが、モモの場合、花粉の有無、品種的な差があることが関係し、他の果樹に比較して開花が早いことから、時期的に訪花昆虫出現の制約があり地域差も関係してくる。

5. スモモ園における訪花昆虫相

5年間における全体採集種類を表29に、その採集量を表30に示した。また年度別に採集種を整理した結果を表31に示した。これによると、全体採集種は4目11科33属41種である。優位種の時間別採集量について表32に示した

が、5年間のうち、シマハナアブが4回を占め、1970年にフカイヒメハナバチが4位、1971年にミツバチが3位に見られた以外の上位4種は双翅目昆虫によって占められた。

考 察

ソルダムを中心としたスモモ園での訪花昆虫相は、双翅目昆虫主体の構成が見られ、膜翅目昆虫の構成はやや貧弱であった。調査日はいずれも晴天であったが、1970、71年の科の構成が豊富であり、種類数としては、1971年はことに膜翅目昆虫の採集を多くしたほか、ついで1969年と70年に多く採集している。これは、比較的天候が良好であったことに関係すると思われるが、双翅目昆虫主体の構成はリンゴ園(A環境)に準じた好環境下にあるための影響によるものと思われる。図13はシマハナアブの年度別の日周活動について示した。1971年を除いては、いずれも午前、午後に各1回のピークが見られ、日周活動は、リンゴと同様な傾向を示している。

6. オウトウ園における訪花昆虫相

2年間の結果を表33に示した。1970年は4目7科10種を採集した。この年の最優位種は *Andrena* spであり、全体採集量の32.0%を占め、ついで *Andrena* (*Micrandrena*) sp、ミツバチがそれぞれ16.0%であった。またフカイヒメハナバチの訪花量も多く認めた。膜翅目昆虫に比較し、双翅目昆虫の種類は4種のみであり量的に少かった。

1971年の調査では3目5科7種であって、膜翅目昆虫ではミツバチ以外にフカイヒメハナバチを認めたのみであった。双翅目昆虫は同様に4種にとどまった。両年膜翅目昆虫を採集したが極めて少かった。優位種はミツバチであって全体の53%を占めた。

考 察

オウトウ園においては、モモ園同様に、双翅目昆虫は少ない状況にあり、膜翅目昆虫主体の構成傾向が見られる。しかし膜翅目昆虫の訪花は天候状態と深い関係のあることから、開花期の天候に左右されるよう。2年間に採集した種類は表33に示した。

7. ウメ、アンズ園における訪花昆虫相

1970年に実施したウメ園での採集結果を表34に示した。採集種は3目12科18種であった。優位種の順位は、フカイヒメハナバチ>キオビツヤヒメハナバチ>*Andrena* sp>ミツバチであって、圧倒的に膜翅目昆虫優位に構成されている。双翅目昆虫の種類では変化があるが、量的に少かった。

アンズ園での調査は表35のとおりである。4年間の場

内園採集では3目7科9種であった。1年目の最優位種はホシツヤヒラタアブであり、ついでミツバチ、*Andrena* sp、フカイヒメハナバチが主であった。シヨクガバエ科のホシツヤヒラタアブを除けば、膜翅目昆虫主体の傾向にある。2年目は4種を採集するのみで構成は貧弱化していた。3年目では3種の採集で主体はミツバチであった。4年目はさらに貧弱化して2種を採集のみであった。その主体はミツバチによって占められた。

県北部にある二戸郡福岡での採集では3目7科8種を採集した。訪花の主体は膜翅目昆虫5種によって構成され、双翅目昆虫は1種を見るに過ぎなかった。

考 察

ウメ、アンズはリンゴ、ナシ園と様相を異にして、モモやオウトウ園と同様な膜翅目昆虫を主体にして構成されているといえよう。ウメ園では、ヒメハナバチ類が優先しているが、人工的介入があればミツバチの訪花が高められる。双翅目昆虫の少い傾向は、開花の時期的な関係の影響によるものと考えられる。

ウメと同様な時期に開花するアンズの場合も、時期、環境、天候状態などによる影響が考えられるが、双翅目昆虫は少く、膜翅目昆虫主体に構成されているといえよう。ことにヒメハナバチ類による活動が盛んであるが、人工的にミツバチが導入されると、本種の訪花量が高まってくる。ウメ、アンズの樹種においては、他の果樹よりも早期の低温時開花にあるため、ことに受粉関係が問題になる。低温であるがために、訪花昆虫の活動は制約を受け、種類にしても限定されるといえよう。アンズ園の4年間の採集結果にあるように、年による変動が大きく、また地域による差がある。

摘 要

有力訪花昆虫探索のために、花量の多い落葉果樹園を対象にリンゴの10年間調査を主体にした和ナシ、洋ナシ、モモ、オウトウ、ウメ、アンズにおける訪花昆虫相、優位種、地域環境差ならびに訪花生態に関する結果はつぎのようである。

1. リンゴ園における訪花昆虫相と優位種の10年間における全体採集種は、6目33科61属71種とクモ1科1属1種であった。年次的に構成のすぐれたのは1971年の14科25属28種について1965年の11科16属18種があった。構成の主体は双翅目昆虫によるものが最高であって、12科30属36種であり、ついで膜翅目での8科13属17種と鞘翅目昆虫6科10属10種である。

2. A、B異った環境(A変化に富む、B水田地域)での訪花昆虫相は、A環境下が豊富な構成であり、構成

表28 モモ園における訪花昆虫採集種と主要種の時間別採集量

種名	1956. 5. 6 (大久保)	1971. 5. 13 (大久保)
Diptera		
Syrphidae (シヨクガバエ科)		
1. <i>Eristalis cerealis</i> FABRICIUS (シマハナアブ)	2	1
2. <i>Lctasyrphus corollae</i> FABRICIUS (フタホシヒラタアブ)		1
3. <i>Sphaerochoria mentri</i> LINNE (ヒメヒラタアブ)	2	
Muscidae (イエバエ科)		
4. <i>Hyiemyia platura</i> MEIGEN (タネバエ)		1
Calliphoridae (クロバエ科)		
5. <i>Calliphora lata</i> COQUILLET (オオクロバエ)	3	6
Hymenoptera		
Andrenidae (ヒメハナバチ科)		
6. <i>Andrena (Mitsukuriella) fukaii</i> COCKERELL (フカイヒメハナバチ)	7	
7. <i>Andrena</i> sp. (ヒメハナバチの1種)	3	4
8. <i>Andrena (Micrandrena)</i> sp. (ヒメハナバチの1種)		7
Anthophoribae (シロスジハナバチ科)		
9. <i>Xylocopa appendiculata circumvolans</i> SMITH (クマバチ)		1
Apidae (ミツバチ科)		
10. <i>Apis mellifera</i> LINNE (ミツバチ)	43	95

種類	時間									
	8-9 9	9-10 10	10-11 11	11-12 12	12-1 1	1-2 2	2-3 3	3-4 4	4-5 5	
温温度 °C	15.5	20.0	23.0	24.5	26.0	26.2	25.5	22.0	21.0	
湿度 %	60.0	34.0	26.0	24.0	23.5	22.0	25.0	25.5	26.0	
ミツバチ	1	3	6	11	8	7	5	2		
フカイヒメハナバチ			2	3	1	1				
<i>Andrena (M)</i> sp.		1	2	1	2	1				
タネバエ				1	1	1				

表29 スモモ園における訪花昆虫の採集種

Lepidoptera

Pieridae (シロチョウ科)

1. *Pieris rapae crucivora* BOISDUVAL (モンシロチョウ)

Lycaenidae (シジミチョウ科)

2. *Celastrina argiolus ladonides* De L' ORZA (ルリシジミ)

Nymphalidae (タテハチョウ科)

3. *Nymphalis io geisha* STICHEL (クジャクチョウ)
4. *Polygonia c-album hamigera* BUTEER (シータテハ)
5. *Vanessa indica* HERBST (アカタテハ)

Diptera

Bombyliidae (ツリアブ科)

6. *Bombylus major* LINNE' (ビロードツリアブ)

Syrphidae (ショクガバエ科)

7. *Cheilosia* sp. (クロハナアブの1種)
8. *Didea alneti* FALLEN (へりヒラタアブ)
9. *Epistrophe aino* MATSUMURA (アイノヒラタアブ)
10. *Eristalis cerealis* FABRICIUS (シマハナアブ)
11. *Eristalomyia tenax* LINNE' (ハナアブ)
12. *Epistrophe balteata* DEGEER (ホソヒラタアブ)
13. *Helophilus virgatus* COQUILLET (アジプトハナアブ)
14. *Lathyrrophthalmus ocularis* COQUILLET (ホシメハナアブ)
15. *Melanostoma scalare* FABRICIUS (ホシツヤヒラタアブ)
16. *Metasyrphus corollae* FABRICIUS (フタホシヒラタアブ)
17. *Metasyrphus nitens* ZETTERSTEDT (ナミホシヒラタアブ)
18. *Scaeva komabensis* MATSUMURA (コマバムツボシヒラタアブ)
19. *Sphaerophoria menthastri* LINNE (ヒメヒラタアブ)
20. *Syrphus japonicus* LOEW (ケヒラタアブ)
21. *Syrphus ribesii* LINNE' (ヤマトヒラタアブ)
22. *Syrphus vitripennis* MEIGEN (コガタノヒラタアブ)

Tephritidae (ミバエ科)

23. Gn. sp. (ミバエの1種)

Scatophagidae (フンバエ科)

24. *Scatophaga stercoraria* LINNE' (ヒメフンバエ)

Muscidae (イエバエ科)

25. *Hylemyia platura* MEIGEN (タネバエ)

Calliphoridae (クロバエ科)

26. *Calliphora lata* COQUILLET (オオクロバエ)
27. *Lucilia caesar* LINNE' (キンバエ)

Tachinidae (ヤドリバエ科)

28. Gn. sp. (ヤドリバエの1種)

Coleoptera

Coccinellidae (テントウムシ科)

29. *Harmonia corydis* PALLAS (テントウムシ)
30. *Propylaea quatuordecimpunctata japonica* THUNBERG (ヒメカメノコテントウ)

Oedemeridae (カミキリモドキ科)

31. Gn. sp. (カミキリモドキの1種)

Chrysomllidae (ハムシ科)

32. Gn. sp. (ハムシの1種)

Hymenoptera

Vespidae (スズメバチ科)

33. *Polistes chinensis antennalis* PEREZ (フタモンアシナガバチ)

34. *Polistes fadwigae* DALLA TORRE (セグロアシナガバチ)

Andrenidae (ヒメハナバチ科)

35. *Andrena* sp. (ヒメハナバチの1種)

36. *Andrena (Mitsukuriella) fukaii* COCKERELL (フカイヒメハナバチ)

37. *Andrena (Micrandrena)* sp. (ヒメハナバチの1種)

Anthophoridae (シロスジハナバチ科)

38. *Ceratina (Ceratindia) flavipes* SMITH (キオビツヤヒメハナバチ)

39. *Xylocopa appendiculata circumvolans* SMITH (クマバチ)

Apidae (ミツバチ科)

40. *Apis mellifera* LINNE' (ミツバチ)

41. *Apis indica japonica* RADOSZKOWSKI (ニホンミツバチ)

表30 スモモ園における年度別採集量と割合

品 種 年 No.※	寺 田		Soldam		Soldam		Soldam		Soldam		Soldam		計
	1967	%	1967	%	1968	%	1969	%	1970	%	1971	%	
1					1	0.5	1	0.3					2
2									1	0.3			1
3	1	0.9	1	0.6									2
4								1	0.3	2	0.6		3
5										1	0.3		1
6	2	1.6	3	1.8	2	1.0	2	0.5	5	1.4	2	0.6	16
7									5	1.4	3	1.0	8
8							1	0.3					1
9							3	0.8					3
10	99	84.0	94	56.8	107	57.4	109	28.8	160	45.5	63	20.0	632
11			3	1.8							3	1.0	6
12											1	0.3	1
13	5	4.3	10	6.0	8	4.3	21	5.4	26	7.4	25	7.9	95
14											4	1.3	4
15			12	7.2	9	4.8	69	18.2	17	4.8	12	3.8	119
16					2	1.0	6	1.6			4	1.3	12
17			1	0.6	1	0.5							2
18									1	0.3			1
19	2	1.6	1	0.6			1	0.3					4
20	1	0.6	1	0.6			2	0.5	5	1.4			9
21									1	0.3	6	1.9	7
22							4	1.1					4
23									4	1.1	1	0.3	5
24									1	0.3			1
25					4	2.1	22	5.7	10	2.8	10	3.2	46
26	2	1.6	14	8.4	22	11.8	78	20.4	60	17.0	72	22.9	248
27			8	4.8	11	5.9	17	4.5	17	4.8	25	7.9	78
28									1	0.3			1
29			1	0.6			1	0.3			2	0.6	4
30							1	0.3			1	0.3	2
31											3	1.0	3
32									2	0.6			2
33							1	0.3			2	0.6	3
34											2	0.6	2
35			5	3.0	8	4.3	18	4.8			8	2.5	39
36	4	3.5	4	2.4	9	4.8	18	4.8	21	6.0	13	4.1	69
37			3	1.8			4	1.1	13	3.7	9	2.9	29
38			5	3.0							4	1.3	9
39											2	0.6	2
40					3	1.6			1	0.3	35	11.2	39
41	2	1.6											2
計	118		166		187		379		352		315		1,517

※ No.は表29と同種

表31. スモモ園における年度別採集種の整理

年 度	1967	1967	1968	1969	1970	1971
品 種	寺 田	Soldam	Soldam	Soldam	Soldam	Soldam
目 分類	科 属 種	科 属 種	科 属 種	科 属 種	科 属 種	科 属 種
鱗 翅 目	1 1 1	1 1 1	1 1 1	1 1 1	2 2 2	1 2 2
双 翅 目	3 6 6	3 10 10	4 8 9	4 13 13	7 13 14	5 14 14
鞘 翅 目	0 0 0	1 1 1	0 0 0	1 2 2	1 1 1	1 3 3
膜 翅 目	2 2 2	2 2 4	2 2 3	2 2 4	2 2 3	4 6 8
計	6 9 9	7 14 16	7 11 13	8 18 20	12 18 20	11 15 27

(全体4目11科33属41種)

表32. 優位種の時間別採集量 (Plum orchards)

調 査 時 間		7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~1	1~2	2~3	3~4	4~5	計
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
年	温 度 °C	16.5	18.0	20.0	20.3	21.5	21.0	21.0	19.7	18.0	17.0	
	湿 度 %	41.0	28.0	28.0	28.0	25.0	25.0	23.0	21.0	27.5	32.5	
1967 (5.4) 晴	シマハナアブ	10	12	19	14	14	2	6	11	9	8	94
	オオクロバエ	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1	14
	ホツツヤヒラタアブ	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	12
	アシフトハナアブ		2	3	2	1	1	1				10
1968 (5.2) 晴	温 度 °C	13.0	15.4	17.3	20.5	22.5	23.8	24.0	22.8	21.0	20.0	
	湿 度 %	63.5	52.0	39.0	33.0	25.0	16.5	21.0	17.0	16.5	23.5	
	シマハナアブ	3	10	20	26	13	17	16	9	2	1	107
	オオクロバエ	1	3	5	1	2	4	3	1	1	1	22
1969 (5.2) 晴	温 度 °C	12.8	16.0	19.0	20.5	21.1	24.0	24.0	25.0	24.0	23.5	
	湿 度 %	54.0	48.0	61.0	50.0	51.0	43.0	43.0	45.0	45.0	50.0	
	シマハナアブ	9	16	17	12	15	15	13	9	3		109
	オオクロバエ	10	8	5	6	15	12	8	11	3		78
1970 (5.6) 晴	温 度 °C	12.3	15.1	17.3	20.0	21.0	23.0	23.0	21.5	20.0	17.0	
	湿 度 %	65.0	59.0	65.0	45.0	46.0	36.0	36.0	44.0	46.0	59.0	
	シマハナアブ		9	21	31	32	22	24	11	7	3	160
	オオクロバエ	4	18	9	7	5	1	3	6	7		60
1971 (5.13) 晴	温 度 °C	18.0	19.0	23.5	26.5	29.0	27.0	29.5	28.5	28.5	27.0	
	湿 度 %											
	オオクロバエ		10	17	5	6	5	8	10	2		72
	シマハナアブ	10	13	9	9	8	8	2	4			63
ミツバチ		2		4	4	3	12	3	6	1		35
	キンバエ	2	4	1	1	5	2	1	7	1		25
Ahdreha(M)tuka				3	6	5	3	3	4			21

() . . . 調査月日

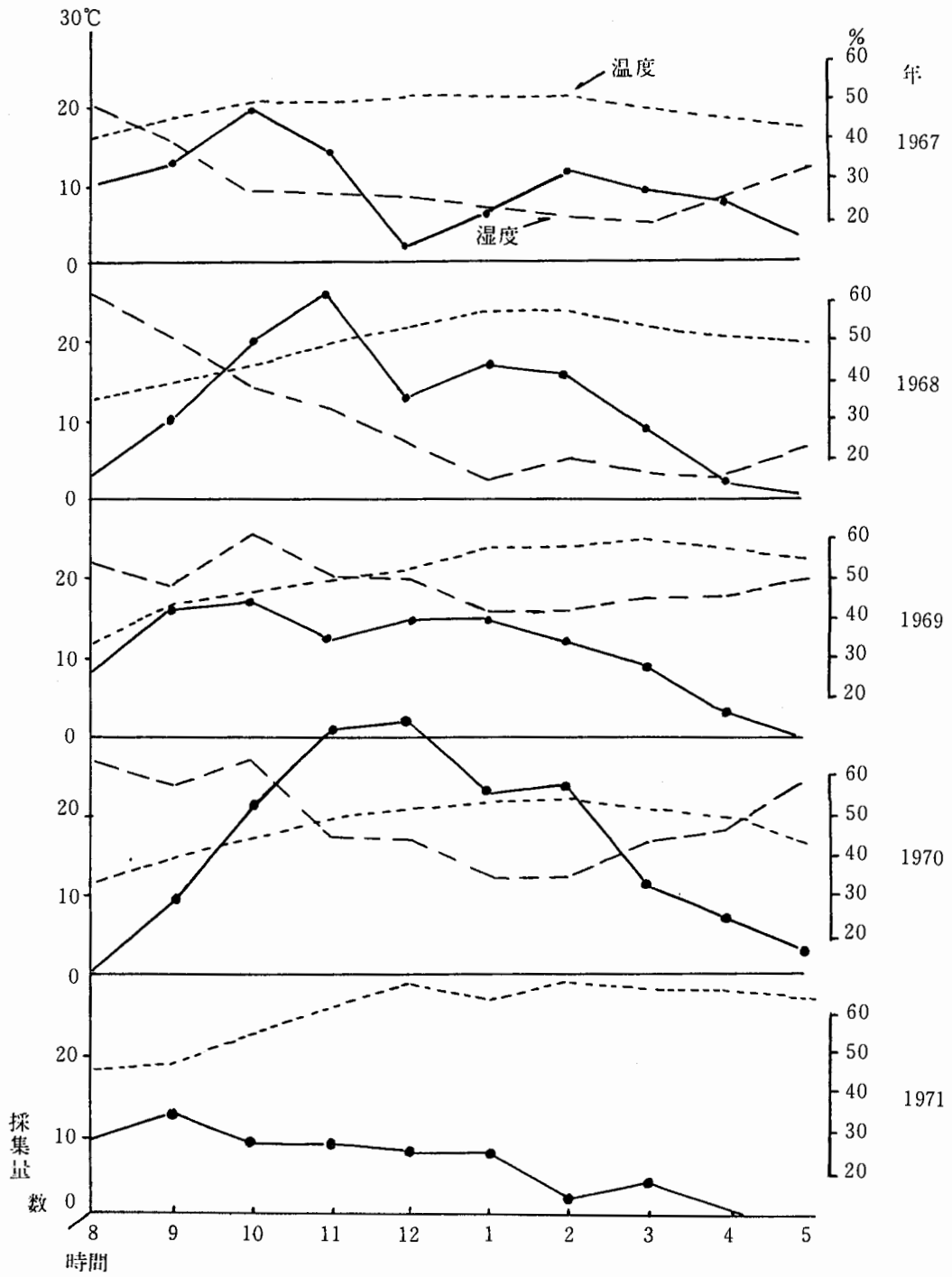


図13. シマハナアブの日周活動(1967~1971 Soldam)

表33 オウトウ園における訪花昆虫採集種

種	名	1970 5.4	1971 5.12
1. <i>Pieris rapae crucivara</i> BOISDUVAL (モンシロチョウ)		1	
2. <i>Vanessa indica</i> HERBST (アカタテハ)			1
3. <i>Epistrophe balteata</i> DEGEER (ホソヒラタアブ)			3
4. <i>Eristalis cerealis</i> FABRICIUS (シマハナアブ)		1	5
5. <i>Nelanstoma scalare</i> FABRICIUS (ホシツヤヒラタアブ)		4	4
6. <i>Metasyrphus corollae</i> FABRICIUS (フタホシヒラタアブ)		1	
7. <i>Myopa</i> sp. (メバエの1種)		4	
8. <i>Calliphora lata</i> COQUILLET (オオクロバエ)			1
9. <i>Harmonia oxyridis</i> PALLAS (テントウムシ)		1	
10. <i>Andrena (Mitsukuriella) fukaii</i> COCKERELL (フカイヒメハナバチ)		7	2
11. <i>Andrena</i> sp. (ヒメハナバチの1種)		16	
12. <i>Andrena (Micrandrena)</i> sp. (ヒメハナバチの1種)		8	
13. <i>Apis mellifera</i> LINNE (ミツバチ)		8	18
計		50	34

表34 ウメ園における訪花昆虫採集種

種	名	数
Lepidoptera		
Nymphalidae (タテハチョウ科)		
1. <i>Polygonia c-album hamigera</i> BUTLER (シータテハ)		1
Diptera		
Bombyliidae (ツリアブ科)		
2. <i>Bombylus major</i> LINNE (ビロードツリアブ)		2
Syrphidae (ショクガバエ科)		
3. <i>Cheilosia</i> sp. (クロハナアブの1種)		2
4. <i>Eristalis cerealis</i> FABRICIUS (シマハナアブ)		1
5. <i>Heophilus virgatus</i> COQUILLET (アシブトハナアブ)		1
6. <i>Metasyrphus corollae</i> FABRICIUS (フタホシヒラタアブ)		1
Muscidae (イエバエ科)		
7. <i>Hylemyia platura</i> MEIGEN (タネバエ)		2
Tachinidae (ヤドリバエ科)		
8. Gn sp. (ヤドリバエの1種)		1
Coleoptera		
Coccinellidae (テントウムシ科)		
9. <i>Harmonia axyridis</i> PALLAS (テントウムシ)		1
Hymenoptera		
Vespidae (スズメバチ科)		
10. <i>Polistes yamanakai</i> SONAN (キボシアシナガバチ)		1
11. <i>Polistes chinensis antennalis</i> PEREZ (フタモンアシナガバチ)		1
Andrenidae (ヒメハナバチ科)		
12. <i>Andrana (Mitsukuriella) fukaii</i> COCKERELL (フカイヒメハナバチ)		13

13. <i>Andrena</i> sp. (ヒメハナバチの1種)	6
14. <i>Andrena</i> (<i>Micrandrena</i>) sp. (ヒメハナバチの1種)	1
Halictidae (コハナバチ科)	
15. <i>Lagioglossum</i> sp. (コハナバチの1種)	3
Megachilidae (ハキリバチ科)	
16. <i>Osmia cornifrons</i> (RADOSZKOWSKI) (マメコバチ)	2
Anthophoridae (シロスジハナバチ科)	
17. <i>Ceratina</i> (<i>Ceratinidia</i>) <i>flavipes</i> SMITH (キオビツヤヒメハナバチ)	9
Apidae (ミツバチ科)	
18. <i>Apis mellifera</i> LINNE' (ミツバチ)	4

表35 アンス園における訪花昆虫採集種

種名	場所 年月日	試験場内				
		1969 4.30	1970 5.4	1971 4.28	1972 4.28	北福岡町 1970 5.1
Lepidoptera						
Pieridae (シロチョウ科)						
1. <i>Pieris rapae crucivora</i> BOISDUVAL (モンシロチョウ)		1				
Nymphalidae (タテハチョウ科)						
2. <i>Nymphalis io geisha</i> STICHEL (クジャクチョウ)						1
3. <i>Poivygonia album hamigera</i> BUTLER (シータテハ)						2
Diptera						
Syrphidae (シヨクガバエ科)						
4. <i>Eristalis cerealis</i> FABRICIUS (シマハナアブ)						3
5. <i>Eristalomyia tenax</i> LINNE' (ハナアブ)		1				
6. <i>Melanostoma scalare</i> FABRICIUS (ホシツヤヒラタアブ)		15	6			
Calliphoridae (クロバエ科)						
7. <i>Calliphora lata</i> COQUILLET (オオクロバエ)		2		3	2	
Muscidae (イエバエ科)						
8. <i>Hylemyia pittura</i> MEIGEN (タネバエ)				1		
Hymenoptera						
Vespidae (スズメバチ科)						
9. <i>Polistes chinensis antennalis</i> PEREZ (フタモンアシナガバチ)			1			
Andrenidae (ヒメハナバチ科)						
10. <i>Andrena</i> (<i>Mitsukuriella</i>) <i>fukaii</i> COCKERELL (フカイヒメハナバチ)		6	2			10
11. <i>Andrena</i> sp. (ヒメハナバチの1種)		8				5
Anthophoridae (シロスジハナバチ科)						
12. <i>Ceratina</i> (<i>Ceratinidia</i>) <i>flavipes</i> SMITH (キオビツヤヒメハナバチ)						5 1
13. <i>Xylocopa appendiculata circumvolans</i> SMITH (クマバチ)						
Apidae (ミツバチ科)						
14. <i>Apis mellifera</i> LINNE (ミツバチ)		8	4	63	45	24

は、A～4目24科44属49種に対し、B～4目15科27属33種である。また畑作地帯の5目10科16種に対し、水田、畑作混合地帯は3目7科9種、水田単作地帯では4目11科19種であって、変化の少ない水田地帯や一部畑の混合地帯などに存在するリンゴ園の訪花昆虫相は極めて貧弱な傾向が窺える。

3、目別に見た10年間継続的にしかも密度の高かった種類では、A環境では目別中双翅目 *Syrphidae* のシマバナアブが第1位である。ついでアシトハナアブ>ホシツヤヒラタアブ>オオクロバエ>キンバエ>ヒメヒラタアブ>タネバエの順であった。膜翅目昆虫では1～2年不採集があったが、ミツバチ>フカイヒメハナバチ>*Andrena* sp (ヒメハナバチの1種)>キオビツヤヒメハナバチ>*Lagioglossum* spコハナバチの1種>*Andrena* sp (*Micrandrena* sp) (ヒメハナバチの1種)の順であった。B環境での目別中の継続採集と高密度訪花種の順位は、ミツバチが最高であり、ついでシマバナアブ>*Andrena* sp (ヒメハナバチの1種)>ホシツヤヒラタアブ>フカイヒメハナバチの順にあった。これらの主体を占めた訪花昆虫の年次訪花種は、双翅目昆虫の平均的な傾向に対し、膜翅目昆虫は種類の豊富な年と、極めてとぼしい年が判然とした傾向にあり、天候状態等による影響の受け易いことが窺える。

4、10年間における(A環境)優位種の順位では、6年間はシマバナアブによって占められ、他はミツバチ2年、アシトハナアブ1年、コフキヒメシヨウジョウバエ1年であり、シマバナアブは1位以下の年でも2～3位にあって、訪花昆虫の最優位であることが判明した。B環境の6年間では、ミツバチの第1位の年数が4年、ホシツヤヒラタアブ1年、シマバナアブ1年であり、2位ではシマバナアブが4年を占めた。両地域とも4位までの種類は双翅目昆虫と膜翅目昆虫によって占められた。

5、訪花昆虫の採集量の年変動を見るにA圃場の環境下では1971、1968年に、B圃場では1968年が多かった。少ない年はA圃場で1965年、B圃場は1966年にあり、1971年ならびに1968年の開花期は乾燥傾向にあり、訪花の多少は開花期の天候に大きく左右されていることが窺える。

しかしこの傾向は膜翅目昆虫が影響され易く、双翅目昆虫は比較的順天候であっても訪花活動は高められている。ことに最優位種であったシマバナアブの年次的訪花量を見ると、訪花ピークは1～2年周期をもって繰り返されていることが窺えた。

6、日周活動は訪花昆虫総体の6年平均では、正午に最も高まりを見せているが、個々の昆虫で見ると、それぞれ特徴ある訪花性が見られる。ショクガハエ科のシマバナアブは午前8時頃から訪花行動し、午前10時前後と

午後2時前後明瞭な2回のピークを現す。午後5時以降の活動は殆んど見られない。アシトハナアブもこの傾向があると思われるが、クロバエ科のオオクロバエ、キンバエは日中数回の訪花ピークを現わし、午前中しかも早い時間帯に訪花を高めるようである。膜翅目昆虫の開始時間は遅く12時前後の高温時に訪花を高め、午後の訪花活動は減少する傾向にある。このような訪花活動は、異種間や同属間の相互の關係に複雑化し、互いに同時訪花を避ける傾向にある。

7、訪花昆虫相の豊富と貧弱は、その地域、環境に大きく左右される。山林原野畑作地帯に展開する果樹園は豊富であり、水田単作地域の単純な環境内にある圃場の貧弱化はまぬがれない。

8、訪花昆虫には有益、有害、無益な種類によって構成されている。したがってPollinatorとしての有益性の第1は花粉の付着のあることである。双翅目、膜翅目昆虫はその条件をよく備えている。

9、和ナシの千両と廿世紀について3年調査した結果4目17科30属36種を採集した。リンゴ園同様に環境に変化の富んだa場所では豊富であり、bでの水田など単純環境では貧弱化の傾向がある。

10、優位種の順位を見るとa環境下では(千両対象)シマバナアブ>ミツバチ>アシトハナアブ>*Andrena* sp (ハナバチの1種)の順であった。b環境では(廿世紀対象)シマバナアブ>ホシツヤヒラタアブ>ミツバチ>ケヒラタアブ>タネバエの順である。

11、洋ナシ広域園での訪花昆虫相40haにおける集団栽植園での採集は、5目18科27属30種であり、科の構成における順位は鞘翅目>膜翅目>双翅目>半翅目=脈翅目の順であった。

12、園の中心と東、西、南、北の外園4地点での相違は中心が最も貧弱な構成であり、また水田地帯に接した東面が少い。豊富な構成は雑木林原野に接した北面にあり、また同様な環境に近い西、南面も多い傾向を示した。

13、優位種の順位は北側のホシツヤヒラタアブ>*Oedermeridae* Gx sp>シマバナアブ>*Onry somelidae* Gn spの順で、以外の地点ではシマバナアブが第1位であって全体訪花量の30～75%を占めている。た。

14、モモ園における訪花昆虫相

2年間調査の結果、2目6科10種の採集であって極めて少かった。構成の主体は膜翅目昆虫にあって量的にも高かった。したがって優位種の順位はミツバチ>フカイヒメハナバチ>*Andrena* (*Micrandrena* sp) (ヒメハナバチの1種) タネバエの順であった。

15、オウトウ園における訪花昆虫相。

2年間調査4目8科13種であった。構成の主体は膜翅

目昆虫にあり、優位種の順位もミツバチ>*Andrena* sp (ヒメハナバチの1種)>フカイヒメハナバチ>ホシツヤヒラタアブ>シマハナアブの順に見られた。

16. ウメ、アンズにおける訪花昆虫相

ウメでは1年の調査であるが、4目12科18種の採集があり、膜翅目昆虫による構成が主であった。アンズでの同一場所の4年間調査結果では3目8科9種であり、ミツバチ、ホシツヤヒラタアブの訪花が高かった。2箇所全体では3目9科14種を採集した。

第2節 シマハナアブの 訪花昆虫としての適合性と生態

緒 言

訪花昆虫として具備しなければならない条件としてはつぎのようなことがあげられよう。①訪花性が高く、体に花粉が付着している。②低温環境に耐える。③天敵による被害が少く増殖力が高い。④有害性を備えていない、等のことがあげられる。①の条件の訪花性が高いことは、反面その花における訪花量の多いことを意味しているが Pollinator としての役割りは体に花粉の付着があつて始めて果たされる。蜂類が訪花昆虫としての地位が高いことは、花粉の採集による体の付着性を具備しているにほかならない。つぎに②の条件としての耐低温性については、利用上における重要な事項であつて、ミツバチのリングにおける訪花不十分の生ずる要因の一つに低温環境下での活動低下にある。したがってリング等の開花期は例年、不順天候に陥り易く低温にしばしば見舞われていることから、このような環境下においても活動性の高い性質を備えた訪花昆虫の存在が望ましい。③④については、利用場面に大きく関係のある事項であつて、利用効果が著しく優れていても、その昆虫に対する天敵の被害が高ければ、利用上大きな支障となる。マメコバチはミツバチ以上の優れた Pollinator としての実用性が判明しているが、利用拡大に至らない最大の原因は、増殖力、定着性の低率のほかに、コナダニの一種、シリアゲゴバチ (*Leucopis Japonica* WALKER)、トゲアシコバチの1種 (*Monodontomerus osmia* KAMIJO、ナガヒョウホンムシ *ptinus Japonicus* REITTER) の各種有力天敵の多数存在 (前田、北村1965) があげられる。また増殖利用を考慮すれば、その昆虫に有害性を備えるならば、他の事項が如何に優れていても Pollinator としての利用価値は解消されなければならない。選抜したシマハナアブをこれらのことから該当させ、花粉の付着状況、耐低温性、有害性有無、天敵関係について検討するとともに、生態に関する調査を実施した。

実 験 方 法

1. シマハナアブの訪花昆虫適合性

(1) 花粉付着状況調査

落葉果樹類の訪花昆虫相の調査に併行してシマハナアブを主体においてリングで6種、和ナシ7種、スモモ8種、オウトウ7種の訪花昆虫について、花粉の付着状況調査を実施した。また和ナシ、スモモでのシマハナアブの訪花時間別花粉の付着について、雌雄別に調査を行った。他の植物ではヒメジョオン (*Erigeron annuus* PERS) 花において採集した個体についても検討した。花粉の付着状況は、表19の注による段階をもとにして実施した。花粉の付着は、肉眼観察に併行して検鏡による方法を行い、程度の区分けを実施した。

(2) 耐低温性

恒温水槽 (3~5分に1℃上昇) を用いて、雄虫5個体を、それぞれ大型管瓶に收容し、水槽内に置き、水温の調節によってシマハナアブの行動を観察した。

また0℃条件下での成虫の死亡状況について、つぎの実験を実施した。イチゴ容器に多湿オガクズを5cmの厚みに敷いて、雌雄各15匹を收容した後ビニール製網蓋をした容器を3連式電子冷却恒温装置の0℃に保ったなかに收容して、成虫の耐低温性について実験した。

(3) 害性の有無

汚水中での生活が記録されているため、国立衛生予防研究所に依頼して、その有無を確認した。

(4) 天 敵

形態別に天敵の有無を人工飼育虫について行うほか、野外の観察を行い、種類、影響の程度等について調査を実施した。

2. シマハナアブの形態と生態

(1) 形態

成虫の形態については、図鑑の参照によるほか、卵、幼虫、蛹は野外採集虫について調査した。

(2) 成虫の発生消長調査と生息場所

場内リング (Jonathan) 園ならびにその周辺にある植物を対象に、時期別に逐次巡回して成虫の採集を実施した。

野外の異った環境を対象に、巡回によって植物花上以外における飛来場所、産卵ならびに幼虫の生息状況と蛹化環境等について調査を実施した。

実 験 結 果

1. シマハナアブの訪花昆虫適合性

(1) 花粉付着状況

シマハナアブの、4樹種における付着状況は表36に示

表36. シマハナアブの樹種別花粉附着

樹種	性別	調査 個体	多	中	少	0	全体の 附着
リンゴ (紅玉)	♀	21	14.3	4.8	33.3	47.6	} 56.4%
	♂	18	11.1	5.6	44.4	38.9	
ナシ (千両)	♀	57	28.1	17.5	24.6	29.8	} 58.1
	♂	67	4.5	4.5	38.8	52.2	
スモモ (ソルダム)	♀	40	10.0	5.0	30.0	55.0	} 37.1
	♂	66	3.8	2.8	31.0	62.1	
オウトウ (ナポレオン)	-	5	0	0	40.0	60.0	40.0

表37. 訪花昆虫の花粉附着状況

樹種	種類	調査 個体数	花粉附着程度				附着 個体 計	同 %
			多	中	少	0		
リンゴ	シマハナアブ	10	0	4	3	3	7	70.0
	ヒメヒラタアブ	5	0	0	1	4	1	20.0
	オオクロバエ	14	0	0	5	9	5	35.7
	タネバエ	8	0	0	0	8	0	0
	フカイヒメハナバチ	10	2	1	5	2	8	80.0
	Andrena sp	23	7	5	9	2	21	91.3
和ナシ	シマハナアブ	19	1	8	3	7	12	63.2
	アシブトハナアブ	10	1	3	4	2	8	80.0
	オオクロバエ	5	0	3	1	1	4	80.0
	ミツバエ	10	6	2	0	2	8	80.0
	フカイヒメハナバチ	6	5	1	0	0	6	100.0
	キオビツヤハナバチ	10	6	2	1	1	9	90.0
	Andrena sp	8	4	3	1	0	8	100.0
スモモ	シマハナアブ	14	2	1	8	3	11	78.5
	アシブトハナアブ	7	0	1	3	3	4	57.1
	ホシツヤヒラタアブ	10	0	0	4	6	4	40.0
	ピロードツリアブ	3	0	0	0	3	0	0
	オオクロバエ	9	0	1	3	5	4	44.4
	ミツバチ	8	3	2	1	2	6	75.0
	キオビツヤヒメハナバチ	8	5	2	0	1	7	87.5
	Andrena sp	6	3	1	1	1	5	83.3
オウトウ	シマハナアブ	5	0	1	1	3	2	46.0
	ナミホシヒラタアブ	4	0	0	1	3	1	25.0
	アシブトハナアブ	3	0	0	1	2	1	33.3
	ミツバチ	8	1	2	3	2	6	75.0
	フカイヒメハナバチ	4	1	1	2	0	4	100.0
	Andrena sp	8	4	3	0	1	7	87.5
	Andrena (M) sp	9	5	2	2	0	9	100.0

した。各採集種の付着段階を見ると、少>多>中の順であり、少段階の付着率が高かった。全体の付着率はリンゴ、ナシでは50%を越える個体が、いずれかの段階で花粉を付着しており、スモモでは40%近い個体が花粉を付着している。オウトウでは個体数が少なかったが40%であった。

樹種別における各種訪花昆虫の花粉付着状況は、表37に示した通りである。リンゴにおける6種のうち多付着の見られたのは、フカイヒメハナバチと *Andrena* sp の2種のみであった。シマハナアブは中段階までであった。ヒメヒラタアブ、オオクロバエは少での付着状態であり、タネバエには付着していなかった。ナシの7種ではオオクロバエを除いた以外の種類に多付着が見られ、ことにミツバチ、フカイヒメハナバチ、キオビツヤハナバチ、*Andrena* sp に多付着している個体が多かった。スモモ8種では、シマハナアブ、ミツバチ、キオビツヤハナバチ、*Andrena* sp に多付着があり、ことに後者3種に多付着個体が多かった。8種のなかでは、ビロードツリアブに付着を認めなかった。オウトウでは、多付着を認めた種類にミツバチ、フカイヒメハナバチ、*Andrena* sp、*Andrena* (*Micrarena*) sp の4種であった。シマハナアブは中付着以下であって、多付着個体が見られなかった。

表38は和ナシにおける訪花時間別の付着状況である。

表38. ナシにおける(千両)時間別採集によるシマハナアブ雌雄の花粉付着状況

時 間	性 別	調 査 個 体	花 粉 付 着 程 度				付 着 虫 計	同 %	合 計	同 %
			多	中	少	0				
7~8	♀	2	0	0	2	0	2	100.0	4	80.0
	♂	3	0	1	1	1	2	66.7		
8~9	♀	4	1	1	2	0	4	100.0	6	42.9
	♂	10	0	0	2	8	2	20.0		
9~10	♀	6	1	3	1	1	5	83.3	11	73.3
	♂	9	0	1	5	3	6	66.7		
10~11	♀	10	6	1	1	2	8	80.0	13	76.5
	♂	7	0	0	5	2	5	71.0		
11~12	♀	9	1	2	4	2	7	77.8	11	68.8
	♂	7	0	0	4	3	4	57.1		
12~1	♀	6	0	0	1	5	1	16.7	1	12.5
	♂	2	0	0	0	2	0	0		
1~2	♀	7	2	1	2	2	5	71.4	10	55.6
	♂	11	1	1	3	6	5	45.4		
2~3	♀	9	3	2	1	3	6	66.7	11	57.9
	♂	10	2	0	3	5	5	50.0		
3~4	♀	4	1	0	1	2	2	50.0	5	41.7
	♂	8	0	0	3	5	3	37.5		

多の付着は午前10時から11時の間の訪花個体の雄虫に多く、また午後1時~3時間の個体にも多い傾向が見られた。また午前11時~12時間に多かったが、雌雄別では午前9時~10時と10時~11時間に雄中の付着個体が多かった。総体的に午前と午後では、午前中の訪花個体に多~少段階での付着個体が多かった。

表39はスモモでの結果である。時間的に多の付着個体の多かったのは12時~3時の間であり、中の程度では明らかでない。少の付着では10時~11時と、午後1時~3時に多く見られた。総体的に多、中の付着個体は少く、少付着の個体が多い傾向にあった。

表40はヒメジヨ *Erigeron annuus* (PERS) 花で採集した個体の付着状況である。この花にあっては雌虫には96.2%の付着が見られ、雄虫にあっては81.4%が付着し

表40. ヒメジヨ花でのシマハナアブ花粉付着状況

性別	調査個体	多	中	少	0	付着虫計	同%
♀	26	10	5	10	1	25	96.2
%		38.5	19.2	38.5	3.8		
♂	27	8	7	7	5	22	81.4
%		29.6	25.9	25.9	8.6		

ていた。また多付着の占める割合も高く、ことに雌虫に付着個体が多い傾向にあった。

表39. スモモ (Soldam) におけるシマハナアブ花粉付着状況

採集時間	性別	調査 個体	花粉付着程度			
			多	中	少	0
7 ~ 8	♀	1	0	0	0	1
	♂	2	0	0	0	2
8 ~ 9	♀	2	0	0	1	1
	♂	5	0	0	1	4
9 ~ 10	♀	6	1	1	2	2
	♂	6	0	0	0	6
10 ~ 11	♀	5	0	0	2	3
	♂	14	0	0	4	10
11 ~ 12	♀	12	0	0	4	8
	♂	2	0	0	1	1
12 ~ 1	♀	8	1	1	2	4
	♂	6	0	0	3	3
1 ~ 2	♀	3	1	0	1	1
	♂	11	0	0	4	7
2 ~ 3	♀	2	1	0	0	1
	♂	9	0	0	4	5
3 ~ 4	♀	1	0	0	0	1
	♂	8	0	1	3	4
4 ~ 5	♀	0	0	0	0	0
	♂	3	0	0	1	2
計	♀	40	4	2	12	22
	♂	66	0	1	21	44
総計		106	4	3	32	66
付着虫率(%)			4.0	3.0	31.0	62.0

(2) 成虫の温度反応

5個体の雄虫を用いて温度反応について実験した結果を表41に示した。最初の歩行が見られたのは9℃からであり、各個体とも10℃までに歩行に移った。温度上昇にともなって次第に活発になり、15℃では手足の掃除が見られ、19℃では手足を伸し口吻、手入れの動作が観察された。21℃に至って飛翔が行われ、また歩行する動作が盛んであった。30℃を越えると、この動作が活発化し、36℃に至って興奮症状が現われた。40℃で倒立し、42℃で熱死に至った。

また0℃条件下での生存率調査の結果は、表42のとおりである。処理24時間後に雌虫に死虫が現われるのが最も早く、雄虫の現われ方が遅く72時間後であった。死虫

率の50%を起したのは96時間後からであり、100%死虫率に達するに要した日数は10日間であった。

(3) 害性の有無

シマハナアブの害性の有無については、国立予防衛生研究所、ならびに、東京医科歯科大学医動物学教室の協力を得て検討した結果、衛生上問題がなく、人家内の侵入による食品への蟻集、また人間、家畜等に対する加害性を有しないことが判明した。

(4) 天敵

人工飼育虫における卵、幼虫、蛹、成虫の各形態別調査において天敵は存在しなかった。圃場での主な天敵はクモ類であり、花の周辺、花卉の間隙に潜んで、訪花時に捕食していることが観察された。クモの種類としてはハナグモ、コハナグモが見られた。

2. シマハナアブの形態と生態

(1) 形態

日本昆虫図鑑(北隆館1950)によればシマハナアブの形態はつぎのようである。

成虫、中形のハナアブであって、体長12mm内外、♂♀とも顔は巾広く、前頭黄褐色で被われ、暗色毛を持つ。中央隆起は雌では顕著であり、頬に太い1黒斜線を有する。触角は黒褐色で小さく、第3節は幅より長く長方形に近いが先端は丸い。刺毛は羽毛状。胸背は周縁と中央直前の1横帯は暗灰色、胸側および胸腹は暗灰色、羽は殆んど無色、r 4+5は中央著しく陥入し、r-mはM₂の中央直前に位し、Rsは閉口、肢は暗褐、膝は帯黄、腹部は短く、第2節は白粉で被われ、第2節に1対の三角黄紋を有し、第3節は基部に1対の黄色紋(雌では白帯)を有す。本邦、アジアに広く分布する。

卵、幼虫、蛹についての詳細な調査事例がないことから、明らかでないが飼育と採集した卵ならびに幼虫、蛹の形態はつぎのようである。

卵は全体白色で紡錐形である。長さ1.6mm、巾0.4mm前後1個所にまとめて数100粒を水辺の軟質土壌間隙に産卵する。

幼虫、老熟幼虫は全体灰白色、体長15mm前後、尾端に呼吸管を備え、逆立状態による水中に堆積している腐敗有機物を摂食している。汚水中での生活が明らかにされているが、成虫飛来場所調査の結果においても、畜舎の汚水溜となっている場所にも確認された。

蛹、体長11mm前後、蛹化当時は灰白色であるが、後に全体黒色となる。

(2) 成虫の発生消長

時期別に採集を試みた結果を表43に示した。春期にお

表41. 成虫の温度反応 (雄虫)

℃	個 体 No.	1	2	3	4	5
	5	正位静止	正位静止	正位静止	正位静止	正位静止
	6	〃	〃	〃	〃	〃
	7	〃	〃	〃	〃	〃
	8	〃	〃	〃	〃	〃
	9	〃	〃	歩行と静止	〃	〃
	10	〃	歩行と静止	〃	歩行と静止	歩行と静止
	11	歩行と静止	〃	〃	〃	〃
	12	〃	〃	〃	〃	〃
	13	〃	〃	〃	〃	〃
	14	〃	〃	〃	〃	〃
	15	〃	〃	〃手足の掃除	〃手足の掃除	〃手足の掃除
	16	〃手足の掃除	〃手足の掃除	〃	〃	〃
	17	〃	〃	〃	〃	〃
	18	〃	〃	〃	〃	〃
	19	〃	〃	〃	〃	口吻掃除
	20	〃	口吻掃除	口吻掃除	〃	〃
	21	〃	〃	飛翔と歩行	〃	飛翔と歩行
	22	〃	〃	〃	飛翔と歩行	〃
	23	飛翔と歩行	飛翔と歩行	〃	〃	〃
	24	〃	〃	〃	〃	〃
	25	〃	〃	〃	〃	〃
	26	〃	〃	〃	〃	〃
	27	〃	〃	〃	〃	〃
	28	〃	〃	〃	〃	〃
	29	〃	〃	〃	〃	〃
	30	〃	〃	〃	〃	〃
	31	〃	〃	〃	〃	〃
	32	〃	〃	〃	〃	〃
	33	〃	〃	〃	〃	〃
	34	〃	〃	〃	〃	〃
	35	興奮歩行	〃	〃	〃	〃
	36	〃	〃	興奮歩行	〃	〃
	37	〃	〃	〃	〃	興奮歩行
	38	〃	興奮歩行	〃	興奮歩行	〃
	39	〃	〃	〃	〃	〃
	40	〃	〃	倒立	倒立	倒立
	41	倒立	倒立	〃	〃	〃
	42	〃	〃	〃	〃	〃
	43	死	死	死	死	死
	44					

けるリンゴ (Jonathan) での消長は、開花始め (5月7日) と同時に訪花があり満開期の第2半旬から3半旬にかけてピークが見られ、落花期 (5月17日) 以降は採集されていない。リンゴの落花以降6月においては、ナズ

表42. 0C条件下におけるシマハナアブ成虫の死亡状況

調査	日 時間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			24	48	72	96	120	144	168	192	216
♀	m=15	1	2	3	2	0	4	2	0	1	0
♂	m=15	0	0	7	2	0	1	1	2	0	1
死虫計		1	2	10	4	1	5	3	2	1	1
死虫率%		3.0	6.7	33.3	13.3	3.3	16.8	10.0	6.7	3.3	3.3
累積死虫%		3.3	10.0	43.3	56.6	59.9	76.7	86.7	93.4	96.7	100.0

ナ(Capsella dursa pastoris MEDIC)、ハコベ(Stellaria neglecta WEIHE)、ハコベグサ(Gnaphalium affine D, Don)などの開花があっても数匹を見受ける程度であって極めて少かった。7月に至ってヒメジヨソ(Erigeron annuus PERS)の群生地において、多訪花が見られた。この時期以降なおヒメジヨソの開花はあるが訪花は散見する程度で少かった。7月ヒメジヨソ花に多く見られた以後、8月中旬、ニラの開花にともなって多量の訪花が見られ、9月に入るまで採集された。9月における成虫は殆んど見受けられず、10月に至って菊の開花が進むに従い、著しく訪花が高められた。菊の花では、初霜以後の低温時にも盛んな訪花があった。また秋期では蕎麦への訪花が観察された。

表43. 成虫の半旬別採集状況

月	調査植物	半旬					
		1	2	3	4	5	6
5	リゾゴ	2	16	18	9	0	0
6	〃	0	0	0	0	0	0
7	ヒメジヨソ	63	21	52	8	0	
8	ニラ	0	0	0	16	83	129
9	ニラ	15	0	0	0	0	0
10	※小菊	0	0	391	850	546	181
11	※〃	32	3	0	0	0	0

※ Crshion mam

(3) 産卵場所

成虫の出現期に野外環境(雑木山林、河川、沼、池、畑地、水田)において花以外での成虫の飛来場所を巡回調査した結果は表44のとおりである。それぞれ異なった環境のなかで成虫の発見された場所は、河川、沼、池、畜舎周囲の排泄物溜、水田の場所であって、いずれも多湿場所であった。河川では、腐敗有機物の沈積した浅い水の停滞した水辺であり、沼、池、水田の場合も同様に、

表44. シマハナアブ成虫の環境別飛来数と卵数

環境	月	成虫数(産卵確認個所一卵数)	
		7月	10月
雑木山林		0	0
河川		1	3
沼池		6 (2-265)	1
		3 (1-261)	3 (1-126)
畑地		0	0
畜舎周囲排泄物溜		8 (3-685)	6 (2-522)
水田		1	0

腐敗物に富んだ浅い水辺に観察された。ことに畜舎周囲の排泄物溜となっている汚水と土壌の接し際に多く発見された。同時に卵の有無について、成虫の静止した場合の土壌の間隙から、100~300粒まとまった卵が発見出来た。

(4) 幼虫、蛹の生息場所

産卵の確認された場所について、幼虫の存在ならびに蛹について調査した結果は、表45のとおりである。

河川、水田では幼虫ならびに蛹は発見出来なかった。沼と池の環境では、卵のあった土壌中には幼虫は存在せず、浅い水中の有機物から多く採集した。この場合幼虫は、呼吸管を水面に出す形をとっていた。蛹について見ると水中からは発見出来ず水辺の多湿土壌中にあり、深さは3~5mm前後に多かった。

表45. 環境別シマハナアブ幼虫生息状況

環境	月	幼虫数(蛹数)	
		9月	10月
河川		0	0
畑地		0	0
沼		121 (2)	25 (16)

池	216 (9)	16 (31)
畜舎排泄物溜	520 (18)	52 (36)
水田	0	0

考 察

落葉果樹園での訪花性優位種として選出したシマハナアブについて、さらに第2段階の究明事項である、pollinatorとしての適合性を検討した。その結果第1条件としての花粉付着性は、リンゴ、ナシ、スモモにおける訪花量の多かった6~7種と比較した結果、ミツバチ、ハナバチ類について付着が多く認められた。一般に双翅目昆虫は、膜翅目昆虫と異り、巣に運搬する性質のないことから、量的に見れば、はるかに少いといえよう。しかし少いことは必ずしも花粉媒介上支障を生ずるものとは思われない。訪花量が少く、さらに花粉の付着が少い場合は、受粉効率の低下はまぬがれないが、反面訪花量が多く、接触の機会が多ければ結実には保障されるものと思われる。訪花昆虫のなかでも、ビロードツリアブのように体を花卉にまったく接触せずして吸蜜行動を示すような種類は期待出来ないとはいえよう。花粉の付着の多少はまた訪花回数にも関係することであり、また花粉の雌蕊接触の機会は、花上における昆虫の行動、滞在時間なども影響してくる。日中における花粉付着個体の増減も授粉効率に大きく関係するものと思われる。このことは反面、葯の裂開の遅速によっても異なるであろう。

スイカ、メロンのような果菜類に見られる早朝の開葯の行なわれるような作物は、その時間帯の訪花昆虫の有無や量の多少が大きく結実に関係する。和ナシ、スモモにおける調査を見ても、シマハナアブは早朝の時間からすでに付着個体が多く存在し、時間経過に従って訪花量を増すに従い、また付着個体数が増加している。虫媒花にとって、その作物の花粉の多少は、訪花昆虫の多少と大きなかわりを生ずるものと思われる。花粉の少ない作物にとって、訪花昆虫の少ない場合はより接触的機会が失われるため、受粉効率の減少はまぬがれないものがある。ヒメジヨンのような菊科植物においては、一花での受粉器官の多い場合はそれだけ昆虫の体に花粉付着の機会が高められている。

ヒメジヨンでの花粉付着状況を見るに、果樹の場合と異って、訪花個体虫における多の段階の付着個体数が極めて多いのは、花の構造からくる違いと考える。この状況は、菊やタンポポにも見られたが、このような菊科植物の花の構造そのものが、シマハナアブの滞在時間を長くし、花粉の付着の機会を多くしているといえよう。また付着の多少は、昆虫の性質や体の構造による違いもある。

膜翅目昆虫は花粉運搬のために、腹部や脚部における付着を著しく多くしている。双翅目昆虫においては、その性質がないことから、訪花しても単に花粉、蜜の摂食のためのみであることから、付着を少くしている。しかしシマハナアブのpollinatorとしての有用性は、訪花量ならびに花粉付着状況から見て不足のないものと考えられる。

訪花活動と気象状況とは密接な関係があり、特に気温、湿度、風速、晴雨天による影響が高いが、ことに気温の影響することが大きい。これらの関係は、さらに訪花昆虫個々における詳細な究明が必要と思われる。一般に訪花活動の盛んなのは、乾燥、高温、晴天無風が好適であろう。しかしリンゴ等果樹の開花期は不順にして低温環境におち入り易い。したがって、利用性を考慮すれば、耐低温性であることが必要である。このことからすれば、シマハナアブの活動開始温度はミツバチより5~6℃低く、また0℃環境に長日遭遇しても耐えられる力が強い。本種はハナアブ類のなかでは、低温性ということが出来る。

つぎに利用上最も障害となるのは、その昆虫に有害性を具備する場合である。人畜に対して、刺す、吸血、病原菌伝播などの性質、行動は注意すべきことである。アブといってもシマハナアブは吸血性アブのGorupに入らない訪花性アブであることから、その危険性はまったく備えておらず、また蜂類と異にすることからその恐れは除外されよう。また双翅目昆虫として、腐敗性有機物に集積するキンバエ、オオクロバエによる病菌伝染の性質も備えていない。キンバエ、オオクロバエなどは、体の花粉付着も良好であり、訪花性もあることから、pollinatorとしての有用性から見れば、大きな役割りを果しているが、増殖利用上の観点からすれば、除外されなければならないであろう。シマハナアブ幼虫は、水中の有機物摂取の生活からして、汚排水中での生活性も見られているが、キンバエ、オオクロバエのように家屋侵入、食物上への蝟集的性質のないことから、増殖利用上の障害は皆無と考えたい。

天敵の存在は、昆虫の増殖利用上に大きな障害となる。先に述べた有力pollinatorの1種マメコバチの利用停滞は、数種の天敵と、圃場における鳥類に影響が大きく関係しているといえよう。害虫防除のための天敵利用として、リンゴ綿虫に対する、ワタムシヤドリバチの利用、豊島(1938)また、クワコナカイガラムシに対するクワコナカイガラヤドリバチなどの利用は、極めて大きな成果を収めているが、これらの天敵は、環境に対する順応性とまた二次寄生の天敵存在が極めて少いところに

成果の一因が窺えよう。シマハナアブの場合、各形態別検討の結果においても天敵を見出せなかった。圃場においては、訪花時にハナグモによる捕食が観察されたが、それによる被害率は極めて僅少であろうと考える。

表39の結果からも判明するように、北日本における成虫の発生は、4～11月と考える。関東地方など、3月梅の開花にともない、訪花を確認したことから見ると、暖地では、さらに早い時期から出現しているものと思われる。したがって成虫の年間発生回数は、暖地では5回、寒冷地では4回の発生が行われているものとする。

シマハナアブは多訪花性であることから、多くの植物の花に普通に見られるが、植物の花の構造や、反面誘引される昆虫の種類に大きな関係をもたらしている。リンドウのような花には花蜂や、蛾の類が主で、ハナアブ類は殆んど訪花しない。またカボチャやユリの花のような構造花には、蜂類が主であって、同様にハナアブ類の訪花は極めて少ない。花が花軸に一つ咲いても（有限花序）あるいは数多く咲いても（無限花序）、その一つ一つの花の構造において、葯や蜜が露出傾向にある花にはシマハナアブを始め、ハナバチ等昆虫の訪花は変化に富んでいるが、葯、蜜が隠されて、花卉より深い所にあるような構造の花には、自ら種類が限定されるものがある。シマハナアブの訪花植物の種類については、詳細な調査に欠けることから明らかでないが、好まれる花としては、バラ科、キク科、ネギ科植物などであって、シマハナアブの繁殖場所は表41に見られるように、山林、原野などの植物体や地表中には産卵せず、いわゆる多湿条件環境が主になっている。多湿場所としての河川、沼、池については流水の場所には殆んど産卵せず、停滞した浅い場所、ことに腐敗有機物の堆積した水際地中に産卵し、また幼虫もその場所で生活している。ことに畜舎周辺の排泄物の貯溜場所が有力な繁殖源になっているといえよう。このような多湿場所が失われ、また汚染することによる密度低下の傾向は今後に残されよう。

摘 要

選出したシマハナアブの pollinatorとしての各種条件に対する適合性を検討した結果つぎのようである。

1. 花粉の付着状況は、頭胸腹部における付着個体が多く認められ、pollinatorとしての有用性が伺えた。傾向として雄虫に対し雌虫での付着率が高い。また付着の多少は時間的に午前中の活動個体に多く認められる。

2. 耐低温性について見れば、活動開始温度はミツバチのそれより6～7℃低く、時間的にも午前7時前後の早朝から活動が行われる。また成虫の0℃条件下の耐冷性は高く、50%死亡率に達するまで4日、100%死亡率

には10日を必要とした。

3. 害性の有無については、人畜に対する危害性を有しない。また有害病菌伝播の危険性も具備しない。

4. 天敵の存在については、花卉周辺に待機しているハナグモによる捕食があった以外は認められなかった。

5. 本種の樹種別における訪花性から見て、訪花昆虫の主流にあることから、リンゴ、和ナシ、洋ナシ、オウトウ、スモモ、ウメ、アンズ等に対する pollinatorとしての利用性は期待出来るものとする。

6. 野外植物花上で定期的に採集を試みた結果、年間発生回数は寒冷地では4回、暖地では5回であると思われる。

7. シマハナアブの好むと思われる花は、バラ科、キク科植物であるが、他の多くの花にも訪れている。産卵場所ならびに幼虫の生活場所は、多湿場所であって、植物体や畑地などの土壌表面には産卵しない。産卵の多い環境は畜舎周辺の排泄物貯溜の腐敗液と接地した土壌間隙に、1個所まとめて約200卵前後産卵する。また池、河川の流水停滞場所も主な繁殖場所である。

8. 孵化幼虫は浅い水中に移り、腐敗有機物を食源として生活する。老熟すれば水中より多湿土壌に移り、深さ3～5cm前後の浅い場所で蛹化する。

第3章 訪花昆虫シマハナアブの人工増殖に関する研究

緒言

昆虫の人工飼育について究明されている種類は、湯島⁷⁸(1962)によれば64種に達している。目別に見れば鱗翅目昆虫の種類が最も多く29種、ついで鞘翅目昆虫22種、膜翅目昆虫では1種、双翅目昆虫6種であって、訪花昆虫の有力種が占める、膜翅目、双翅目昆虫の種類は極めて少ない。

これらの昆虫は農業上の実用場面を考えれば、大多数の種類は実験の域を脱していないのが現状といえよう。人工飼育を試みている昆虫の利用目的は、生態観察ならびに薬剤等の実験用としてであり、また害虫の生物による防除、即ち天敵の人工飼育にある。近年成果が収められている天敵としては、クワコナカイガラムシに対するクワコナカイガラヤドリバチ *Pseudaphcus malins* GAHAN 村上⁷⁹1966が、捕食性テントウムシ類の人工食餌の研究、湯島(1962)、田中、前田(1965)についても実用化の進展が期待される。またハダニ類の防除はResistanceの出現等により防除困難下にあるが、これらの改善に対しても捕食性ダニの生物的防除、森(1968)⁸²による利用や、ことに薬剤の弊害に対する対応策として、各種害虫の性フェロモン抽出にかかわるハマキガ類の人工飼育、(玉木⁸³1957、1962、1964)⁸⁴など天敵類に関する研究が著しく進展している。また害虫自体についても多種の人工飼育が試みられているが、生産の基礎となる訪花昆虫関係の多くは花上における生態究明にとどまって、増殖、利用についての応用的事例が極めてとぼしいといえよう。

筆者は果樹、野菜栽培における結実確保の問題を重要視し、生産の安定化と品質保持、省力化等を主眼にして、有力訪花昆虫の探索を落葉果樹類について実施した結果訪花性、耐低温性、害性有無等、訪花昆虫として具備すべき条件に該当する昆虫シマハナアブを選出したことから、その人工飼育法を確立するため、成虫飼育に関する研究ならびに、幼虫飼育、蛹化、羽化に関する人工増殖の諸研究を実施した。

第1節 成虫飼育に関する試験

緒言

Pollinatorとしてのシマハナアブの人工増殖は、継続的に大量の成虫を得ることにある。したがって、そこに到達する初期の増殖確立は、成虫の飼育によって多くの卵を得なければならない。本種は生態的に自己生命維持のための訪花であって、花粉、蜜の摂食によって生存し

生命が次世代に継承される。したがって成虫飼育は花粉そのものを食餌とした飼育を行うほか、若干の増量物質混合飼料による産卵状況ならびに、産卵場所の適否に関する材質、飼育過程における生態等について実験を実施した。

実験方法

室内自然環境下において、高さ40×30×30cmの飼育箱(金網付)を用い、なかに飼料として植物花粉と蜂蜜を径9cmのシャーレにそれぞれに収容して飼育した。蜂蜜は脱脂綿に含ませる方法をとった。植物の花粉はつぎの

- 1 Apple (リンゴ)
- 2 Daffodil (スイセン)
- 3 Lily (山ユリ)
- 4 Tree peony (ボタン)
- 5 Corn (トウモロコシ)
- 6 Squash (カボチャ)
- 7 Tea oil plant (サザンカ)
- 8 Camellia (ツバキ)
- 9 ガマ

9種類を用い、花粉別による成虫の生存、産卵状況を究明するとともに飼育箱内における摂食活動、交尾等の生態的調査を併行させた。なお基本的産卵場所として湿った土を径14cmシャーレに収容して与えるほか、各種材料を用いて産卵場所としての適合性を検討した。

実験結果

供試した9種類の花粉についての飼育結果は表46のようである。室内環境で飼育を試みた、Apple、DaffodilのA、Bは雌雄対比が異なるが、産卵開始までの日数は、Apple花粉は12日、Daffodil花粉のAは10日、Bは16日を要した。一方22℃の定温器飼育で、雌雄対比を1対1として飼育を行った Lily、Corn、Tree peony、Squash、Tea oil plant、Camellia、ガマ、の各花粉の場合は、Lily、Tree peony 25日、Tea oil plant 21日、Camelliaは9日であった。ガマ花粉と、蜂蜜単一の場合と Squash花粉は産卵が見られなかった。

表47は花粉別の産卵内容について示した。

産卵の多かったApple、Daffodil(A)、Camelliaの1個所の平均産卵数は、Appleで177.5卵、Daffodil(A)は162.9卵、Camelliaは126.5卵であって、野外虫の277卵より少なかった。しかし、別個に採集した野外虫10個体の産卵数について表48に示した平均産卵数は214卵であって、Apple、Daffodil pollenの場合、それに近

表46. シマハナアブ成虫の花粉別飼育効果

調査	花粉	リンゴ	A スイセン	A スイセン	ユ リ	トウモ ロコシ	ボ タ ン	カボチャ	サザンカ	ツバキ	蜂 蜜	ガ マ
花粉量(g)		3	3	3	3	3	3	3	3	3	—	3
蜂蜜量(g)		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
飼育環境		room	room	room	22 (± 1.0) room	22 (± 1.0) room	22 (± 1.0) room	22 (± 1.0) room	22 (± 1.0) room	22 (± 1.0) room	22 (± 1.0) room	22 (± 1.0) room
飼育数	♀	20	51	65	25	25	25	25	25	25	25	25
	♂	40	71	85	25	25	25	25	25	25	25	25
飼育開始月日		6.20	6.15	3.25	8.11	8.3	8.26	8.23	2.2	2.2	8.25	8.25
死亡♀		6.30	6.22	4.1	8.12	8.5	8.30	8.24	2.7	2.4	8.27	8.26
開始日♂		6.25	6.19	3.26	8.12	8.5	8.31	8.25	2.7	2.3	8.27	8.26
産卵開始日		7.2	6.25	4.10	9.14	9.14	9.20	0	2.23	2.10	0	0
産卵期間		14	18	14	1	6	32	0	6	18	0	0
卵塊数		12	22	12	1	3	6	0	6	15	0	0
卵数		2,130	3,585	2,647	135	146	594	0	712	1,897	0	0
未孵化卵数		5	25	35	0	1	3	0	3	4	0	0
生虫最終死亡月日		7.30	7.22	4.23	9.27	9.27	10.27	9.16	3.8	3.11	9.14	9.20
生存期間		40	38	31	47	55	62	24	36	38	20	25

表47. 花粉飼料の種類による産卵差

花粉の種類	1 個所の産卵数		産卵雌虫の 比率 (%)	産卵 個所数	平均 産卵数
	最 多	最 少			
リンゴ	350	60	60.0	12	177.5
スイセン	282	90	41.3	22	162.9
ユリ	135		4.0	1	—
トウモロコシ	54	40	12.0	3	48.7
ボタン	158	15	24.0	6	99.0
カボチャ	0	0	0	0	0
サザンカ	154	82	24.0	6	118.7
ツバキ	343	41	60.0	15	126.0
野外虫	450	117	0	16	277.0

表48. 野外採集虫の産卵数 (採集4月4日リンゴ)

個体 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均卵数
卵数	135	128	240	343	287	271	117	210	217	192	214.0

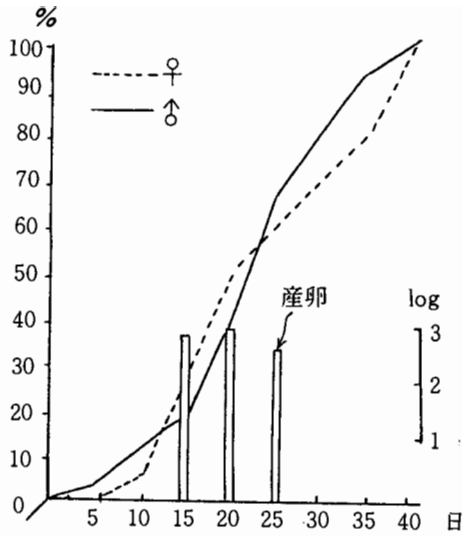


図14. リンゴ花粉による産卵量と成虫の累積死亡率 (%)

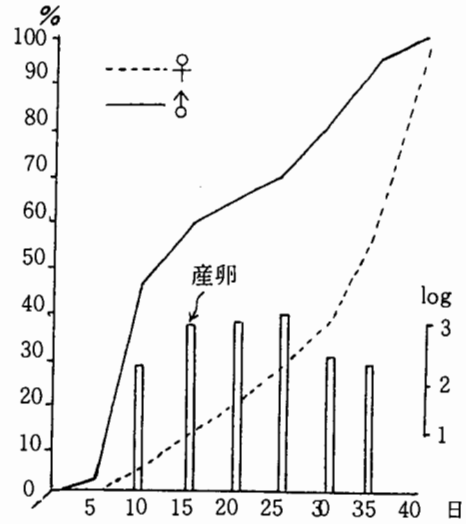


図15. スイセン花粉(A)による産卵量と成虫の累積死亡率 (%)

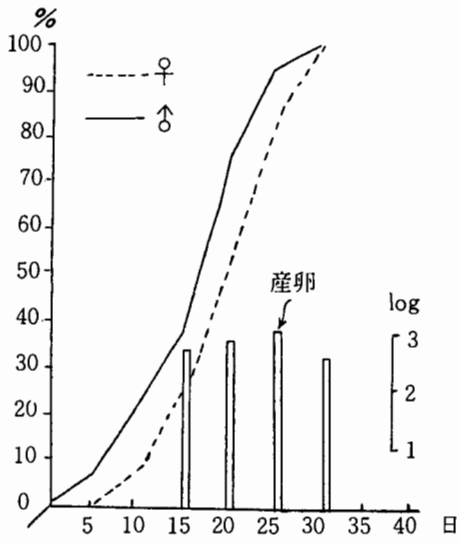


図16. スイセン花粉(B)による産卵量と成虫の累積死亡率 (%)

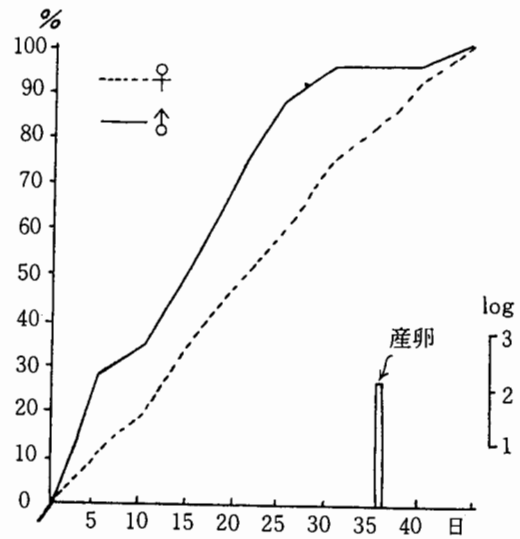


図17. ユリ花粉による産卵量と成虫の累積死亡率 (%)

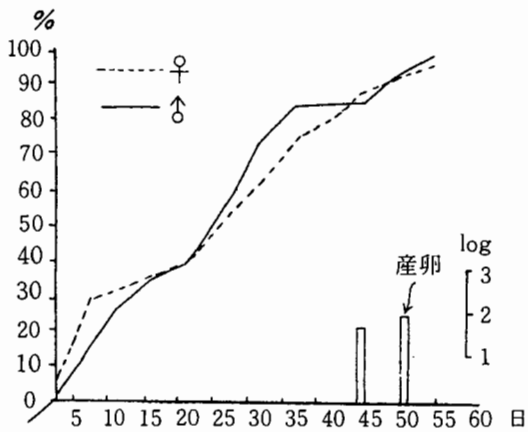


図18. トウモロコシ花による産卵量と成虫の累積死亡率 (%)

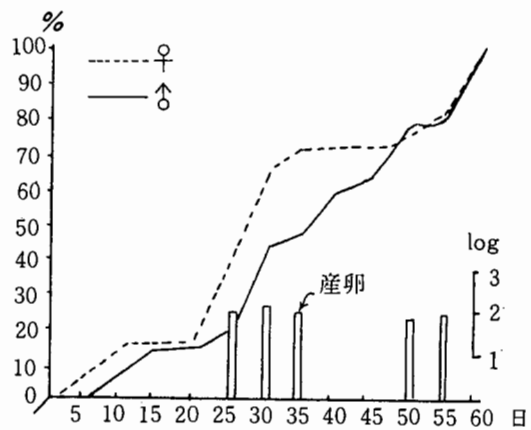


図19. ボタン花粉による産卵量と成虫の累積死亡率 (%)

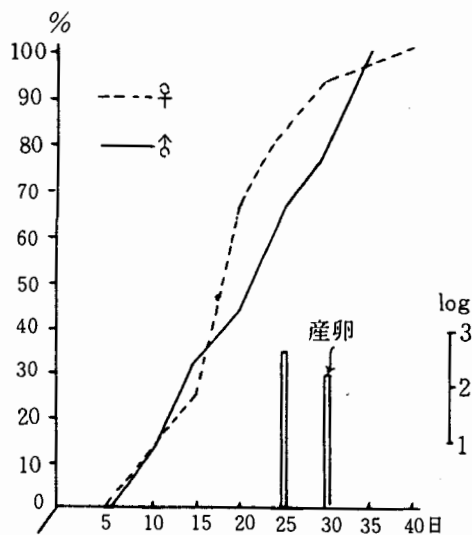


図20. サザンカ花粉による産卵量 (%)

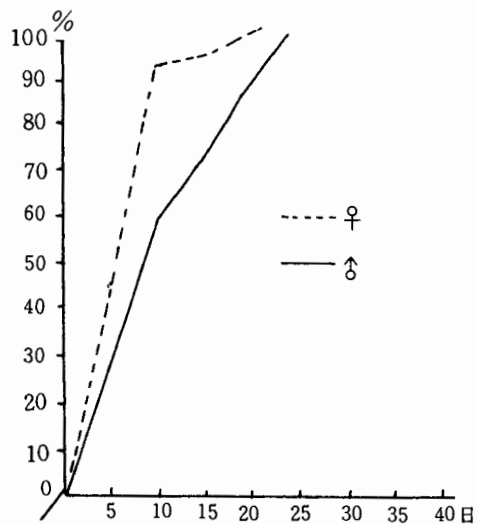


図21. カボチャ花粉による産卵量と成虫の累積死亡率 (%)

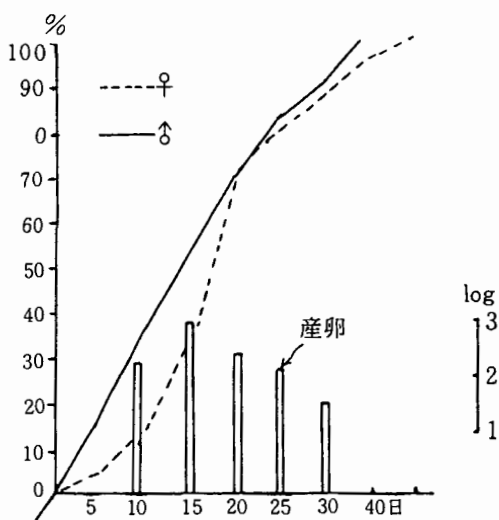


図22. ツバキ花粉による産卵量と成虫の累積死亡率 (%)

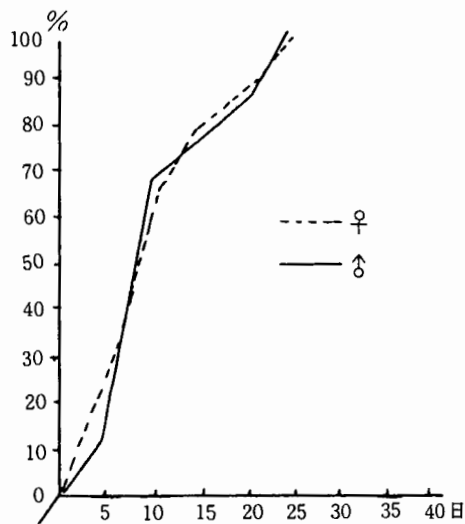


図23. 蜂蜜による産卵量と成虫の累積死亡率 (%)

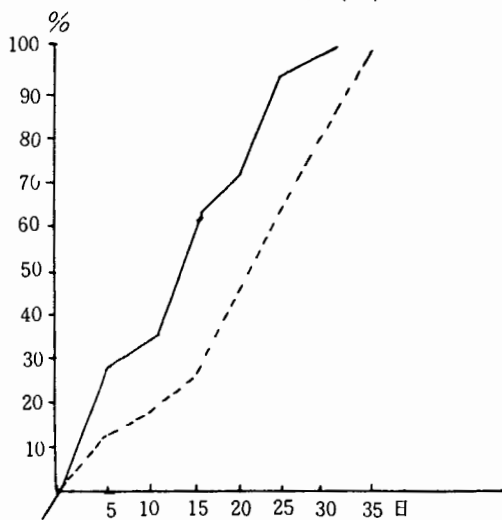


図24. ガマ花粉単一における産卵量と成虫の累積死亡率 (%)

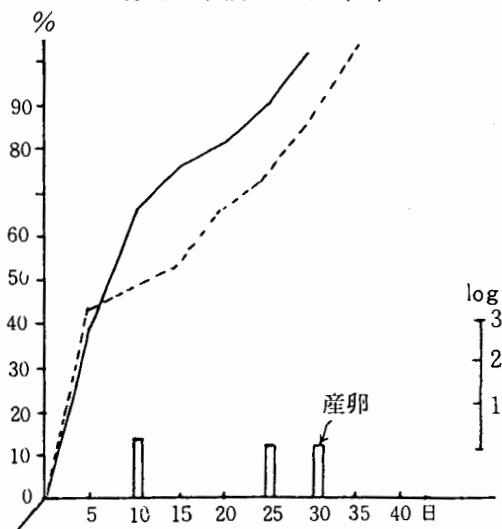


図25. ツバキ花粉十ニッカリ粉混合による産卵量と成虫の死亡率 (%)

い卵を産卵している。

産卵数について見ると、Apple、Daffodilでは、ともに多い傾向があり、22℃定温下での7種の花粉のなかではCamelliaが最も多かった。Lily Corn花粉は少なかった。これらの卵の乳化率はLiryの100%孵化を除いた他は0.2～1.3%の範囲で未孵化卵があった。産卵期間は、Apple・Daffodil (B)は14日間であったが、Daffodil (A)の場合は18日間であった。最長はTree peonyの32日間、Camelliaは18日間、Corn・Tea oil plantはともに6日でありLilyは1日で終わった。

飼育虫の生存、産卵状況を図14～25に示した。成虫の最長生存期間は、Tree peonyの62日間、最短はhoney単一飼育の20日であり、平均して39.6日であった。

表49はガマ花粉単一の場合と、Camellia花粉+ニッカリコまたはビターコンを混合した場合の産卵について検討した結果である。先の実験と同様に、ガマ花粉単一の場合はまったく産卵が行われなかった。しかし、Tea oil plantにニッカリコ、ビターコンを混合した場合には卵数は少なかったが産卵が行われた。

飼育箱内での成虫の花粉、蜜ならびに摂水活動の状況は、図26に示したとおりである。飼育虫は雌虫50対雄虫50匹とし、飼料はdaffodil花粉を投与して21℃条件下で観察した結果である。午前8時から午後5時に至る間の成虫の行動は、蜜の摂食は雌雄とも午前中より午後が盛んであった。花粉の摂食は、雌虫の行動が蜜の場合と同傾向であるが、午前中での摂食も盛んであり、ピー

クは午前11時と午後2時の2回見られた。しかし、雄虫においては、主として午前中に花粉の摂食を行い、午後は少なかつた。摂水については、蜜、花粉の摂食の場合と様相を異にして、雌は午前中の活動を主にして、午後は減少が見られた。雄虫は雌虫より、ピークに達するのが2時間遅く後に2回のピークが見られた。

飼育虫の交尾状況は、表50に示したとおりである。交尾について午前8時より観察した結果、8時の時点ですで行われていることから、7時前後の早朝から行われていると思われるが、その多くが、午前9～10時の時間帯に最も多く見られ、午前中に交尾行動は終わっている。午後での交尾は極めて少なかつた。

飼育開始から交尾開始までの日数ならびに交尾後から産卵開始までの日数を見ると、表51のとおりである。

羽化虫を直ちに飼育に移した場合、交尾開始までの所要日数は、平均4.3日を要し、さらにそれから平均3.3日を要して産卵開始が見られた。

産卵場所は生態的習性として多湿土中に産卵することから、基本的に多湿土を対象とし、類似物質による産卵可能性について検討した結果は表52のとおりである。

材料はいずれも多湿に保たれたが、5材料を用いた結果、土壌とオガクズ区が最も産卵個所数が多かった。また多孔スポンジやバームキュライトにはやや少なく、細砂の場合最も少なかつた。これらの材料からの採卵は、土壌バームキュライト、細砂、オガクズの場合は、水を注入すれば、卵に損傷を与えることなく水面に浮上すること

表49. 花粉の単一ならびに混合飼料による産卵効果

飼料	ガマ花粉単一			ツバキ花粉+ニッカリコ			ツバキ+ビターコン		
	死虫数		産卵塊数	死虫数		産卵塊数	死虫数		産卵塊数
	♀	♂	—	♀	♂	—	♀	♂	—
半旬	16	18	0	21	21		22	22	—
6.6	2	5	0						
7.1	1	0	0	9	8	30	10	10	0
2	1	1	0	1	6	36	2	2	0
3	3	5	0	1	2	0	2	1	0
4	3	2	0	3	1	0	0	2	4
5	3	4	0	2	2	37	0	5	5
6	3	1	0	2	2	0	0	2	0
8.1	0	0	0	3	0	0	3	0	0
2	0	0	0	0	0	0	5	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	16	18	0	21	21	73	22	22	9

表50. シマハナアブの交尾時間 (♀虫25、♂虫25)

区	時間	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
交尾個体数	A	1	6	5	2	1	0	0	0	0	0
	B	2	4	6	1	1	1	0	0	0	0
	C	4	6	5	2	2	0	0	0	0	0

表51. 飼育開始から交尾と産卵までの所要日数

事項	実験No.	1	2	3
交尾までの所要日数	日	4	4	5
交尾後産卵開始までの日数	日	4	3	3
計		8	7	8

表52. 物質別産卵数

産卵条件	産卵個所数	産卵数
土 壤	18	3652
細 砂	11	2312
バームキュライト	14	2916
多孔スポンジ	16	3382
オガクズ	18	3725

(ツバキ花粉飼育♀虫20、♂虫20)

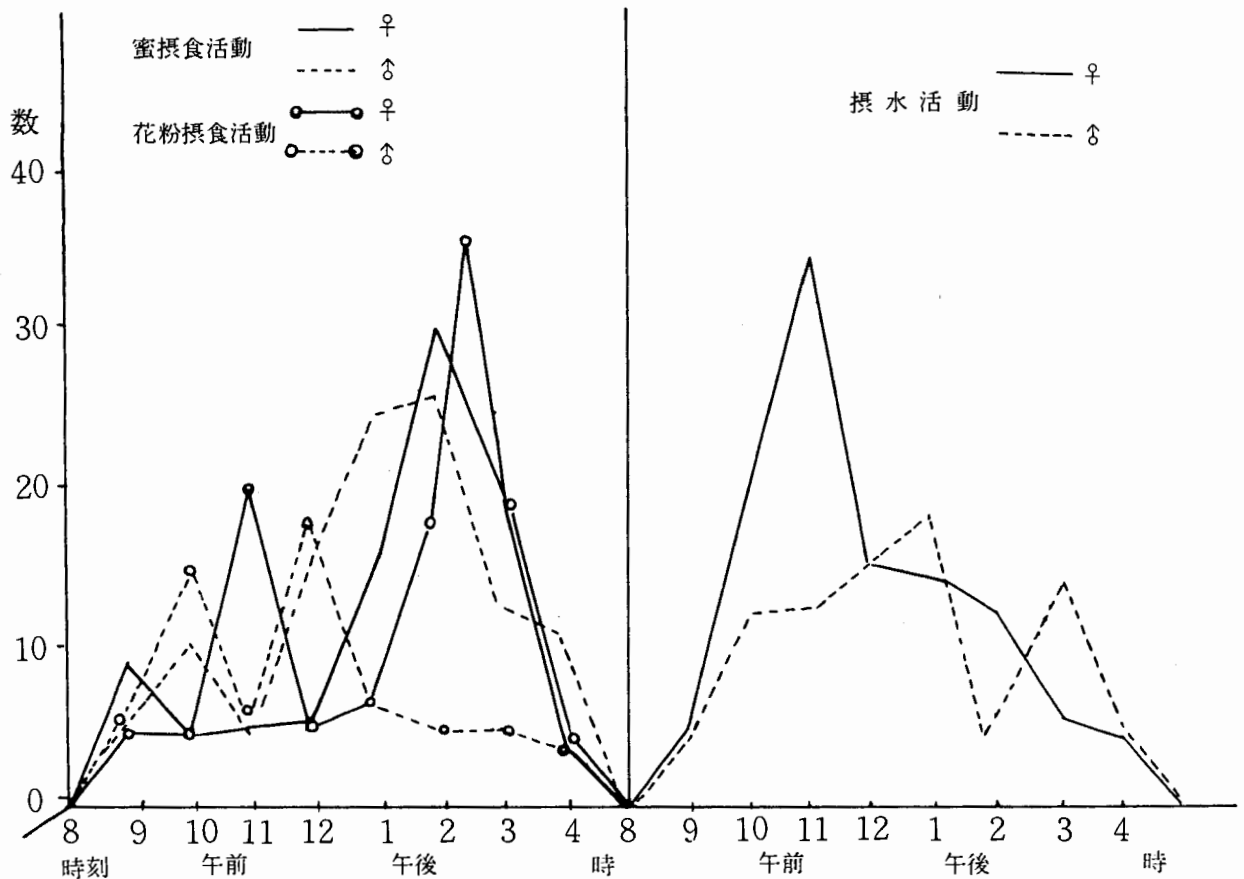


図26. 飼育箱内でのシマハナアブの活動状況 (♀50、♂50)

から容易であったが、多孔スポンジの場合は、水中で行うが穴の内部まで卵が存在することから、ピンセット等

を用い穴を広げて行う必要から、卵の損傷が生じた。

考 察

シマハナアブの成虫飼育は、その食源である花粉をもとにして、各種検討が加えられたが、昆虫の飼育において、花粉を与えて飼育する試みは極めて少ない。Mc Murtry は (1963、1964、1966) ハダニの天敵による防除と、カブリダニの天敵利用について検討しているが、その増殖にあたり、花粉による飼育の効率性が計られている。それによると、*Amblyseius hibisci* (Chant) はトウモロコシ、ヒマ、トウガラシなどの花粉を食し、*Amblystius* 属は *Mesemdranthum* SPD の花粉が適するという。また Rasmy (1970) は *Tybhodromus gossipi* ELBADRY はヒマの花粉で大量飼育出来るという。

このことから見れば、シマハナアブは多訪花性であっても、必然的に花粉の選択が行われていると考える。自然での好適花上への集合性は高く、これの不足時には他の花へと流動し摂食量が補われているといえよう。供試した花粉の種類によって、成虫の寿命、産卵量に差があり、その好適な花粉としては、リンゴ、スイセン、ツバキにあり、不適な花粉としては、ユリ、ガマ、トウモロコシ、カボチャがある。これらの花粉では生存期間も長くまた産卵量も多いことから、人工飼育上の飼料としては適当であると考え。しかし、問題とするのは、年間をとおして大量に継続飼育する場合の量的確保の良否である。リンゴにおいては American Summer Pearmai の 1,000花から約10.2g、Delicious では15.4gの花粉採集が出来る。人為的摘花によって採集を行うことは労力的負担が大きい。したがって花粉採集器利用が望ましい。ついで好適な花粉としてのツバキは20花について藪を含めて凡そ3g、100花では15gに達することから、リンゴ花粉より量的にも容易に確保が出来よう。またスイセン花粉については、好ましい飼料となり得るも、球根栽培地などの多面積栽培場所でなければ、量的な採集は困難である。いずれの場合でもその植物花粉が採集可能な状態でなければ、飼育上大きな支障になることから今後代替飼料に関する究明が必要である。この場合、花粉の節約的意味を含めて考慮される、花粉団子や他材料の添加飼料の検討がある。ツバキ花粉にニッカリコまたはビターコン粉を添加した場合、ある程度の産卵が得られることから、他の植物物質による混合飼料の可能性が窺える。さらに化学的物質による飼料が得られれば、飼育の容易性はもとより、栄養学的に見て極めて重要なことである。

室内飼育における成虫の花粉摂食活動は、野外における訪花と同様な習性が見られ、雄虫がやや早目にピークに達するも、午前、午後各1回明瞭なピークを示して

いる。蜜では午前より午後が多いことは、花の蜜の生じ方に関係があると思われる。

交尾については、その多くが花上において行われるが、午前中の行動が盛んである。シマハナアブはその生存期中1回の産卵が行われるのみである。交尾後の産卵までは、平均3.3日であることから、1世代の飼育期間を考えれば、短期間飼育による能率性が窺える。この場合、産卵場所として好適材料が用いられなければならないが採卵の容易性と卵の損失防止の利点では多湿オガクズが最も有利である。

摘 要

双翅目昆虫シヨクガバエ科のシマハナアブ成虫の人工飼育について、花粉、蜜を用いて実験を試みた結果はつぎのようである。

1. 飼育箱(高さ50×30×30cm)を用い、花粉の種類9種を供試して室内ならびに22℃環境下での産卵量は、室内環境下でリンゴ、スイセン花粉ともによぐれた。22℃ではツバキ、サザンカの産卵数が最も多かった。カボチャ、ガマの花粉は産卵しなかった。またユリの花粉の場合も極めて産卵が少く、トウモロコシ花粉もその傾向にあった。ガマ、蜜、単独の場合は産卵がなかった。

成虫の生存期間は、リンゴ、スイセン花粉で38~40日、ツバキ花粉は38日であり、蜂蜜のみの場合は最も短く20日の生存であった。

1個所にまとめて産んだ卵数の平均はリンゴ花粉の場合177.5卵、スイセン162.9卵、ツバキ126.0卵であり最少はボタン花粉の99卵が見られた。野外虫の平均は277卵であった。

2. 他飼料混用による産卵性は、ツバキ花粉をもとにして、ニッカリコ、ビターコンの混用の場合いずれも産卵が見られるも少ない傾向にあった。

3. 飼育中におけるシマハナアブの摂食活動状況は、蜜の摂食は9時前後に1時行われるが、最も旺盛な時間は2時前後に見られた。また摂水の場合は蜜の場合と異なり、雄虫は午前11時、雌虫もこの頃より増加するも、午後1時と3時にピークがあった。花粉の摂食は雌、雄とも野外における訪花時の活動と同傾向を示し、雄虫は午前10時、12時の2回のピークがあり、雌虫は午前11時と午後3時は最も盛んであった。

4. 飼育中における交尾の状況は、午前8時頃より見られ、9~10時頃が最も多かった。12時以後に行われることは極めて少かった。所要時間は30分~60分以上に及んだ。

5. 羽化虫の飼育開始から交尾開始までの日数は平均4.3日、それから産卵開始まで平均3.3日であった。

6. 産卵場所の検討では、細砂、バームキュライトに少かったが、土壌、多孔スポンジ、オガクズに多く、ことにオガクズと土壌での産卵数は多かった。採卵上の容易性から見ると、多孔スポンジの場合はやや困難で、卵を損傷しやすい。他は容易であった。

第2節 幼虫飼育ならびに蛹化、羽化に関する試験

緒 言

成虫の花粉、蜜投与による大量採卵法の確立からひきつづいて、幼虫飼育の人工飼料について実験を試み、併行して蛹化、羽化について究明する。

実 験 方 法

1. 適合飼料の検索

表53は当初の適合飼料検索のために動物質と植物質について飼育を試みた。

2. 発育飼料についての検討

発育の見られた飼料の組成を表54のように調製して発育の状況を検討した。

3. 簡易飼料による飼育の検討

飼料の調製や経費面を考慮して、製材時の残渣物としてのオガクズを基材にして、より簡易な飼料の開発について試みた。(表55、56)

4. 穀物等利用による飼育の検討

植物質飼料による発育可能なことから、容易に入手しやすい穀物、野菜利用による飼育の可能性について実施した(表57)または穀物利用のなかで、ことに発育良好なヒエコウリヤン、トウモロコシ3種を基材にした飼料について検討した。(表58)

表53. 供試飼料の種類と組合せ

寒 天
鶏 卵
肉 汁
ミルクカゼイン
乾燥酵母
寒天+肉汁
寒天+鶏卵
寒天+大豆カゼイン
寒天+ミルクカゼイン
寒天+乾燥酵母

幼虫の飼育は、プラスチック製の高さ5×20×30cm、または高さ7×11×16cmのイチゴ容器を用い、飼料の調製は簡易飼料のほかは混合後加熱し、冷却後細砕して飼育箱に収容した。なお乾燥酵母添加の場合は、飼料を加熱後、冷却途中に添加混合した。また寒天無添加、ならびに無加熱飼料等について検討を加えた。

幼虫の飼育は室内自然環境で実施し、飼料に対する卵の接種は、いずれも飼料の上面より2cm程度に水を加えた上に、薄い脱脂綿片を置き、この上に落す方法をとった。幼虫の飼育は、その飼料別発育状況、温度と発育関係、蛹化、羽化状況、防腐剤と発育関係、飼育密度と発育関係、幼虫の照明時間と保存期間、年間飼育回数等について検討を試みた。

実 験 結 果

1. 適合飼料の検索

表59は、9種類の飼料について幼虫の発育ならびに蛹化率についての結果である。動物蛋白を用いた飼料では発育が見られなかった。植物質蛋白としての大豆カゼイン単独飼料と寒天を加えた飼料には発育虫があり、寒天で固め破砕した場合の飼料に発育虫が多く見られた。ミルクカゼインの場合には、発育虫があったが、極めて低率であり、寒天単一飼料にも発育がなかった。

2. 発育飼料についての検討

表60は、表54の組成による飼料を用い、室内自然環境下で飼育を行った結果である。年間4世代の飼育が得られた。卵期間は4世代が3日を要したが、平均2.3日で一斉孵化が見られた。幼虫期間は4世代の9日が最も長く、最長は1世代の21日であり、平均14.2日であった。この飼料による幼虫発育率は平均84.8%であった。

蛹については飼料から老熟虫を回収し、多湿オガクズ中に投入後、1、3世代が3日、2、4世代が1日後から蛹化開始した。全幼虫の蛹化完了までの期間は、最短1世代の6日、最長は4世代が9日間を要し、平均7.5日であった。蛹化率では3世代に100%が見られた以外はやや低く、平均96%であった。羽化状況では、蛹化開始後、羽化開始までの日数は、1、3世代は8日、2世代は11日であって、平均9.5日である。羽化期間は1世代が5日であって最も短く、最長は3世代の8日、平均6.7日であった。羽化率は1世代虫がやや低かったほかは高率の羽化が行われ平均92.3%である。

飼育経過は以上のものであったが、この飼育虫の形態別発育値は表61-63に示したとおりである。表61は幼虫の発育状況であるが、体長、体重とも2世代虫に個体変異の程度がやや高かった以外の1、3、4世代は揃った発育虫が得られた。表62は蛹の発育値である。体長、体

表54. シマハナアブ幼虫人工飼料の組成

成分	g
水	1300
sodium propionate	20
dehydroacetic acid	2
大豆カゼイン	300
ミルクカゼイン	30
dry yeast	10
寒天	80

表55. シマハナアブ幼虫人工飼料の組成

区	水	オガクズ	蛹粉 [*]	乾燥酵母	大豆カゼイン	成虫粉末 ^{**}	堆肥
A	300	200	—	—	—	—	—
B	300	200	—	1	—	—	—
C	300	200	—	5	—	—	—
D	300	200	—	10	—	—	—
E	300	200	—	—	—	5	—
F	300	200	—	—	10	—	—
G	300	—	5	—	—	—	—
H	300	200	10	—	—	—	—
I	300	200	—	—	—	—	20
J	300	—	—	5	—	—	20

* リンゴススムシ (*Hyponomeyia malinollnolla* ZELLEY) 蛹粉 ** シマハナアブ

表56. シマハナアブ幼虫人工飼料の組成

区	水	オガクズ	sodium propionate	dry yeast	成虫粉 [*]	大豆カゼイン	ミルクカゼイン	蛹粉 ^{**}
a	300	200	1	5	—	—	—	—
b	300	200	1	10	—	—	—	—
c	300	200	1	15	—	—	—	—
d	300	200	—	5	—	—	—	—
e	300	200	—	10	—	—	—	—
f	300	200	—	15	—	—	—	—
g	300	200	—	—	5	—	—	—
h	300	200	—	—	15	—	—	—
i	300	200	—	—	—	10	—	—
j	300	200	—	—	—	15	—	—
k	300	200	—	—	—	—	10	—
l	300	200	—	—	—	—	15	—
m	300	200	—	—	—	—	—	10
n	300	200	—	—	—	—	—	15

* シマハナアブ成虫粉末 ** 蚕粉末

表57. 穀物類の種類組成

種類	量 g	寒天	sodium propionate
オオムギ	50	10	0.1
アワ	50	10	0.1
ヒエ	50	10	0.1
トウモロコシ	50	10	0.1
米	50	10	0.1
コヌカ	50	10	0.1
コウリヤン	50	10	0.1
小豆	50	10	0.1
大豆	50	10	0.1
バレイショ	50	10	0.1
カンショ	50	10	0.1
カボチャ	50	10	0.1

表58. 穀物を主材とした組成

種類	量 g		
水	500	500	500
sodium propionate	5	5	5
ヒエ	200	—	—
コウリヤン	—	200	—
トウモロコシ	—	—	200
dry yeast	5	5	5
寒天	50	50	50

表59. 検索飼料による発育収状況

材 料	区	量cc	供試卵数	孵化率%	幼虫発育数	蛹化数	羽化数
肉 汁	1	200	50	100	0	0	0
	2	200	50	100	0	0	0
鶏 卵	1	200	500	100	0	0	0
	2	200	50	100	0	0	0
寒天+肉汁	1	200	50	100	0	0	0
	2	200	50	100	0	0	0
寒天+鶏卵	1	200	50	100	0	0	0
	2	200	50	100	0	0	0
ダイスカゼイン	1	100	50	100	8	6	6
	2	100	50	100	5	4	4
寒 天 + ダイスカゼイン	1	100	50	100	14	10	10
	2	100	50	100	16	8	8
ミルクカゼイン	1	100	50	100	3	1	0
	2	100	50	100	2	0	0
寒 天	1	100	50	100	2	0	0
	2	100	50	100	4	2	2
寒 天 + ミルクカゼイン	1	100	50	100	0	0	0
	2	100	50	100	0	0	0
乾燥酵母	1	100	50	100	5	3	3
	2	100	50	100	2	0	0
寒天+乾燥酵母	1	100	50	100	8	5	5
	2	100	50	100	11	8	8

表60. シマハナアブ幼虫飼育経過 (表54組成による)

世代	1	2	3	4
産卵月日	5.21	7.7	9.6	10.24
孵化月日	5.23	7.9	9.8	10.27
供試卵数	450	160	100	254
老熟月日	6.13	7.22	9.22	11.5
幼虫発育数	380	133	78	238
発育率(%)	84.4	83.1	78.0	93.7
供試幼虫数	100	100	100	100
蛹化開始期	6.15	7.23	9.25	11.6
蛹化盛最期	6.16	7.25	9.26	11.8
蛹化終期	6.21	7.30	10.3	11.15
蛹化数	87	98	100	99
蛹化率(%)	87.0	98.0	100	99.0
供試蛹数	100	100	100	—
羽化開始期	6.23	8.3	10.3	—
羽化最盛期	6.26	8.5	10.5	—
羽化終期	6.28	8.10	10.11	—
羽化数	78	100	99	—
羽化率(%)	78.0	100	99.0	—
卵期間の平均温度	17.4	22.3	20.3	10.7
幼虫期間の平均温度	11.8	24.4	17.4	15.4
蛹期間の平均温度	18.7	21.3	20.2	—

表61. 幼虫の世代別測定値

世代	測定部位	調査個体数	標本平均	最大値	最小値	標準偏差	信頼限界 (95.4%)
1	体長 (mm)	20	14.5	15.5	12.0	0.889	11.963-16.387
	体重 (mg)	20	101.6	124.5	62.0	20.659	60.282-142.918
2	体長 (mm)	20	15.1	16.7	13.5	10.334	12.819-17.431
	体重 (mg)	20	84.9	110.0	65.0	86.656	65.467-104.333
3	体長 (mm)	20	15.1	16.9	14.1	4.031	13.047-23.173
	体重 (mg)	20	110.1	132.0	85.0	24.072	61.953-15.807
4	体長 (mm)	20	14.1	16.0	12.5	0.847	12.413-15.807
	体重 (mg)	20	116.7	140.0	98.0	26.596	63.658-170.042

表62. 蛹の世代別測定値

世代	測定部位	調査個体数	標本平均	最大値	最小値	標準偏差	信頼限界 (95.4%)
1	体長 (mm)	20	11.0	12.0	10.3	1.008	8.984-13.016
	体重 (mg)	20	90.5	104.0	67.5	10.868	68.764-112.236
2	体長 (mm)	20	11.0	12.3	9.0	0.762	9.481-12.529
	体重 (mg)	20	94.6	132.5	63.0	18.696	63.193-131.967
3	体長 (mm)	20	10.9	12.0	9.5	2.795	5.302-16.500
	体重 (mg)	20	92.9	111.5	66.0	60.938	31.947-153.823
4	体長 (mm)	20	11.4	12.2	10.5	0.469	10.500-12.378
	体重 (mg)	20	99.7	122.0	87.0	13.444	72.762-126.538

表63. 成虫の世代測定値

世代	♀ ♂	n	測定位置	標本平均	最大値	最小値	標準偏差	信頼限界 (95.4%)
1	♀	20	体長 (mm)	12.4	12.9	11.6	0.583	11.244 - 13.576
			体重 (mg)	45.3	51.9	39.0	3.458	38.414 - 52.246
			翅の開張 (mm)	22.7	24.1	19.2	0.957	20.746 - 24.574
	♂	20	体長 (mm)	11.4	12.0	10.5	0.396	10.648 - 12.232
			体重 (mg)	40.7	47.0	29.9	5.496	29.713 - 51.697
			翅の開張 (mm)	21.8	23.0	19.5	0.915	19.980 - 23.640
2	♀	10	体長 (mm)	11.2	12.2	10.0	0.818	9.894 - 12.586
			体重 (mg)	45.4	51.5	42.0	10.340	38.950 - 51.750
			翅の開張 (mm)	22.8	24.1	22.0	2.867	20.986 - 24.592
	♂	10	体長 (mm)	11.4	12.1	10.3	0.618	10.144 - 12.586
			体重 (mg)	42.8	52.0	35.0	5.708	31.384 - 54.216
			翅の開張 (mm)	20.8	22.8	19.0	1.608	19.086 - 22.814
3	♀	10	体長 (mm)	12.6	13.1	12.0	0.765	11.020 - 14.080
			体重 (mg)	44.4	50.0	40.0	3.359	37.322 - 50.758
			翅の開張 (mm)	21.3	22.0	20.5	3.042	14.460 - 28.14
	♂	10	体長 (mm)	11.4	12.0	10.5	0.536	10.660 - 13.100
			体重 (mg)	38.0	50.0	30.0	4.722	28.516 - 47.400
			翅の開張 (mm)	20.6	22.5	18.5	0.968	18.634 - 22.560
野外虫	♀	10	体長 (mm)	12.1	13.0	11.0	0.634	11.750 - 12.750
			体重 (mg)	44.5	51.0	39.0	14.368	39.857 - 48.943
			翅の開張 (mm)	19.6	24.0	20.0	6.680	15.326 - 23.774
1	♀	10	翅の開張 (mm)	19.6	24.0	20.0	6.680	15.326 - 23.774
2	♀	10	翅の開張 (mm)	19.7	23.5	20.0	6.675	15.478 - 23.922
3	♀	10	翅の開張 (mm)	18.8	23.0	18.5	6.403	14.752 - 22.848

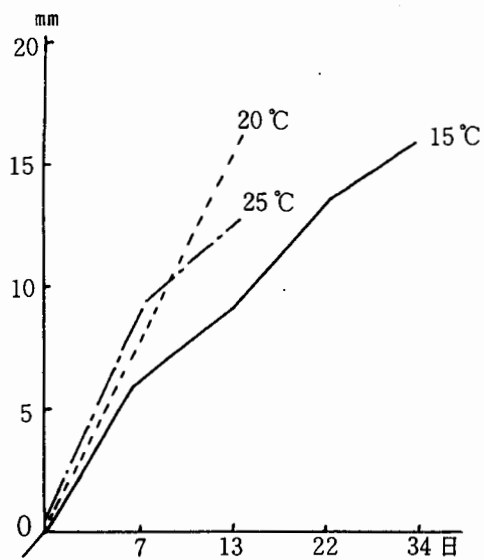


図27. 温度差による幼虫の発育 (体長)

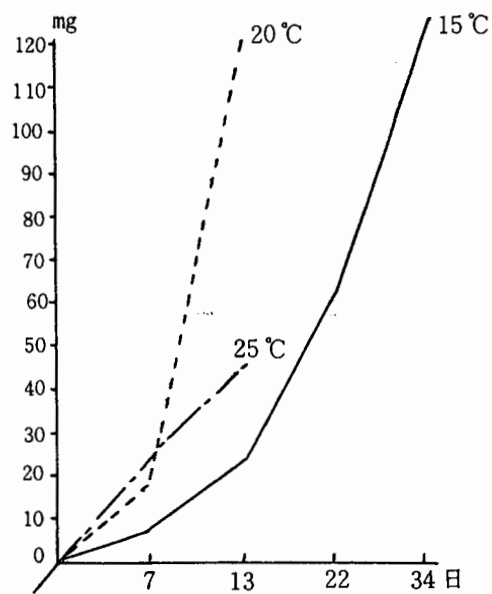


図28. 温度差による幼虫の発育 (体重)

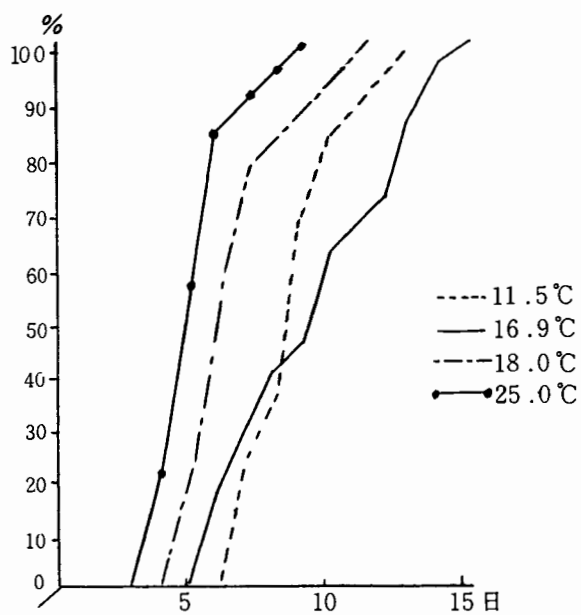


図29. 温度と蛹化

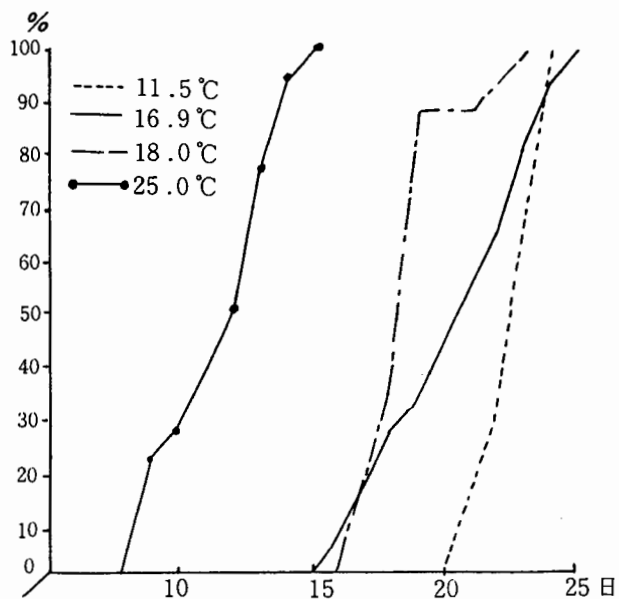


図30. 温度と羽化

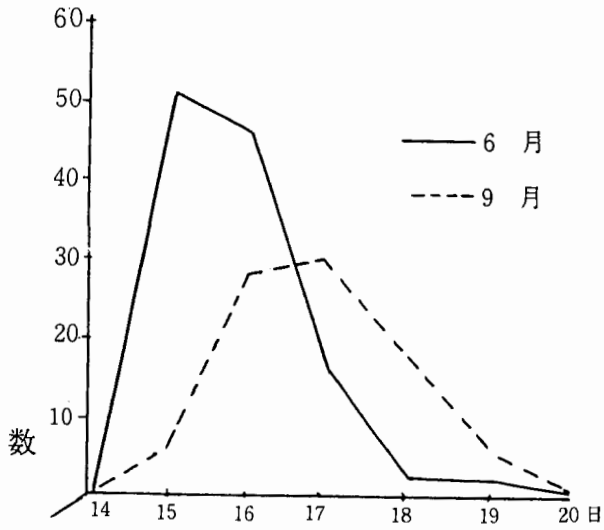


图31. 蛹化消長 (6月)

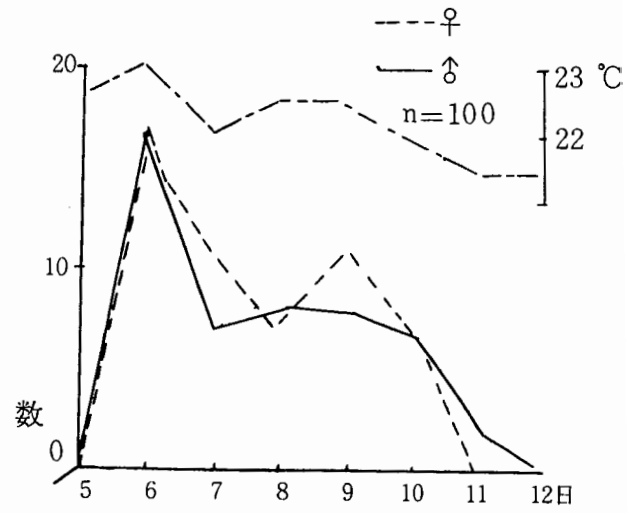


图34. 羽化消長 (9月)

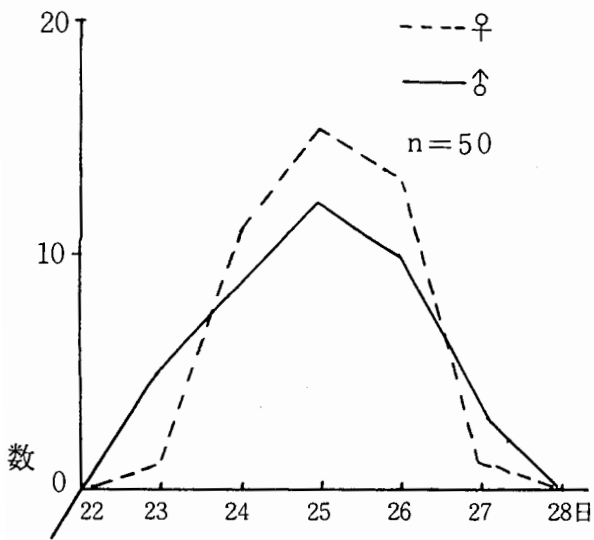


图32. 羽化消長 (6月)

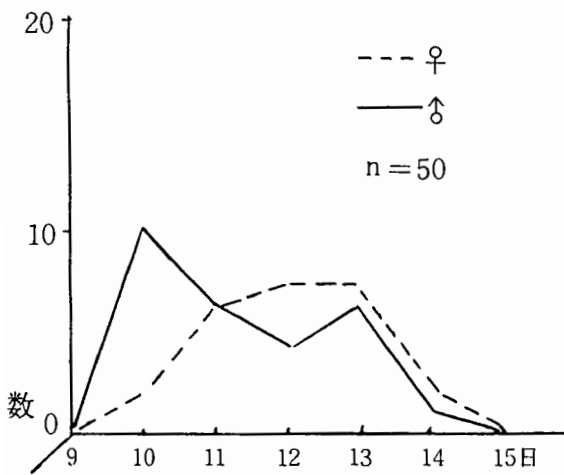


图33. 羽化消長 (8月)

重とも3世代に変異が高かった他は、発育の均一化が窺えた。表63は成虫の発育状況である。野外の自然虫と比較すると、雌雄とも、翅の開張では飼育虫が2.5～3.1 mm大きく、体長、体重においても野外虫と同傾向にあって完全な発育虫が得られた。

3. 幼虫の発育ならびに蛹化、羽化と温度

幼虫の発育と温度との関係について、先の表54の飼料をもとにして、15、20、25℃段階調節の定温器を用いて飼育を行った結果は、図27、28のとおりである。飼育期間では、15℃では34日、20、25℃では13日間で老熟に達した。体長、体重について見ると、15、20℃では正常発育であったが、25℃では著しく小型化して発育が劣った。

蛹化ならびに羽化と温度関係を検討した結果は図29と30のようである。25℃環境下では、4日後から蛹化が始まり、18℃では5日後、11.5℃では7日後であった。室内平均気温16.9℃環境下では6日後から蛹化した。蛹化の50%を越えるまでの日数は25℃5日、18℃6日、11.5℃9日であった。図30は羽化の状況である。25℃では蛹化開始より4日後から見られ、50%羽化までに12日を要した。18℃では17日後から開始し、11.5℃では21日、室内環境下では16日後から羽化した。図31は室内飼育における6月と9月の蛹化消長の結果であり、また図32～34は羽化消長に示したものである。蛹化開始は、各月とも老熟虫の蛹化場所に投入1日後からであるが、ピークは6月の1日後に対し、9月は2日後にあり、蛹化終了までの期間は6月は5日、9月は7日であった。羽化の消長は6月では雄とも開始後2日でピークに達し、期間は5日であった。8月の場合雄虫のピークは開始当日に見られ、雌虫は2～3日後であった。羽化期間は6月と同様であった。9月は羽化当時に雌雄ともピークが見られ、終了まで6日を要した。

4. 簡易飼料による検討

オガクズを主材にした飼育結果は表64のとおりである。乾燥酵母を1、5、10gを加え、これにSodium Propionateを各1g添加した場合の幼虫の発育は10g区に最も発育虫が多く85%に対し、5g区の発育は49%にとどまり、1g区は発育が劣った。蛹化状況は1g区を除いていずれも100%蛹化があったが、羽化率では10g区がすぐれた。リンゴススムシ蛹粉の単一5gと10g添加した場合は、5g区に発育がなく、10g区に発育が見られるも低率であり、蛹化、羽化率も劣った。大豆カゼイン添加の場合の発育虫は10%にとどまり、蛹化、羽化率も低かった。シマハナアブ成虫粉末利用で57%の発育虫があったが、蛹化率はやや低く、羽化率は80%であった。また堆肥を加えた場合では発育がなく、これに乾燥酵母を添加した場合に発育虫が見られたが、僅少にとどまった。

この飼育による幼虫と蛹の発育値を表65と66に示した。幼虫の発育が良好であったのは、乾燥酵母5、10g区とシマハナアブ成虫粉末区、大豆カゼイン区、リンゴススムシ蛹粉10g添加区であった。平均体重はシマハナアブ成虫粉末区が大きく、ついで乾燥酵母10g区>5g区に見られた。幼虫の最大発育虫は、乾燥酵母区にあったが、揃いの状態は乾燥酵母、大豆カゼイン、乾燥酵母+堆肥区が劣った。蛹の状態では、体長においてシマハナアブ成虫粉末区が最も大きく、乾燥酵母+堆肥区が最小形化した。体重では乾燥酵母10g添加区が最も大きく、乾燥酵母+堆肥区が最も軽かった。その他の差は僅少にとどまり、揃状態も差が少なかった。

先の表64の幼虫飼育結果から、幼虫発育、また蛹化、羽化率が高かった乾燥酵母を始め各飼料を増量し、またシマハナアブ成虫粉と蚕粉を用い表56の組成をもとにして検討した結果を表67に示した。幼虫の発育率ではSodium propionate 1g添加による乾燥酵母の10g区が最もすぐれ、15g区は著しく劣った。しかし蛹化率、羽化率では10g区が最も高かった。Sodium propionateを加えない場合は乾燥酵母5g区の発育が高かったが、羽化に至らず、10、15g区は劣った。シマハナアブ成虫粉末添加の区では5g区での幼虫発育率は高かったが、10g区との僅少発育とともに、蛹化しなかった。大豆カゼイン区では、10g区、15g区ともに発育率は低く、ことに蛹化は10g区に見られなかった。ミルクカゼイン区では15g区の幼虫発育率が低く、蛹化率は逆に高かったが、両区も劣る傾向が見られた。蚕粉添加区の10g区は幼虫発育率は低かったが、蛹化、羽化率は高かった。15g区は殆んど発育しなかった。表68、69はその幼虫、蛹の計測結果である。

5. 穀物、野菜利用による飼育

表70は穀物、野菜利用による飼育結果である。幼虫の発育率では、オオムギ、米、コヌカが低かったが、それ以外の飼料は高かった。蛹化、羽化率では米が劣った以外はすぐれた。

表71は、穀物類のなかから、発育のすぐれた飼料として、コウリヤン、トウモロコシ、ヒエの3種を、表58の組成をもとにして飼育した結果である。幼虫の発育率は、コウリヤン、トウモロコシが劣り、ヒエ区が高かった。蛹化率ではコウリヤン区が低かった以外は高かった。羽化率では、ヒエ区が対象区と同等の羽化率が見られたがトウモロコシ、コウリヤン区は低かった。

6. 寒天省略飼料

先の穀物類による飼育のなかで、ヒエを基材にした場合の飼育効率がすぐれたことから調製の簡易化を狙って寒天を省略して飼育検討した結果は、表72のとおりであ

表64. 幼虫の発育と蛹化、羽化率

飼料別区	産卵月日	供試卵数	発育幼虫数	同 %	蛹化率%	羽化率(%)
A	2.2	100	10	10.0	—	—
B	2.2	100	49	49.0	100.0	50.0
C	2.2	100	85	85.0	100.0	80.0
D	2.2	100	9	9.0	100.0	100.0
E	2.2	100	17	17.0	58.8	80.0
F	2.2	100	10	10.0	70.0	66.7
G	2.2	100	0	0	—	—
H	2.2	100	13	13.0	76.1	23.8
I	2.2	100	0	0	—	—
J	2.2	100	5	5.0	100.0	20.0

表65. 飼料別幼虫の測定値

飼料別区	n	平均体長 (mm)	最大 (mm)	最少 (mm)	標準偏差	平均体重 (mg)	最大 (mg)	最小 (mg)	標準偏差
B	10	10.7	11.5	10.0	0.509	336.9	50.0	28.0	7.294
C	10	15.1	16.0	14.5	0.444	99.3	111.0	91.0	6.353
D	9	15.9	19.0	16.0	1.031	153.3	188.0	111.0	22.835
E	10	17.6	18.5	16.7	0.619	143.5	165.0	134.0	9.951
F	8	12.2	17.0	13.5	1.199	80.5	117.0	77.0	16.802
H	10	12.0	13.0	10.5	0.758	97.5	116.0	85.0	9.858
J	5	10.3	12.0	9.0	1.077	90.2	100.0	85.0	5.099

表66. 飼料別蛹の測定値

飼料別区	n	平均体長 (mm)	最大 (mm)	最小 (mm)	標準偏差	平均体重 (mg)	最大 (mg)	最小 (mg)	標準偏差
B	8	10.8	12.0	9.5	0.884	95.6	115.0	90.0	9.299
C	10	11.5	12.2	11.0	0.380	90.2	104.0	82.0	6.384
D	9	11.0	14.0	13.5	0.217	118.9	162.0	140.0	7.873
E	10	12.1	13.0	11.5	0.406	108.8	120.0	90.0	9.116
F	8	11.1	12.0	10.5	0.427	96.5	110.0	90.0	7.262
H	10	11.6	13.5	11.0	0.926	95.4	110.0	80.0	8.708
J	5	9.3	10.5	8.0	0.927	92.0	105.0	82.0	8.461

表67. 幼虫の発育と蛹化羽化率

飼料別区	供試幼虫数	飼育月日	卵期間	幼虫発育率 ^(%) _(平均)	蛹化率 ^(%) _(平均)	羽化率 ^(%) _(平均)
a	300	2.91	2	95.0	30.0	0
b	300	2.19	2	93.0	100.0	90.0
c	300	2.19	2	30.0	80.0	70.0
d	300	2.19	2	70.0	70.0	0
e	300	2.19	2	10.0	10.0	0
f	300	2.19	2	2.0	0	0
g	300	2.19	2	85.0	0	0
h	300	2.19	2	9.0	0	0
i	300	2.19	2	37.0	0	0
j	300	2.19	2	28.0	70.0	80.0
k	300	2.19	2	30.0	40.0	80.0
l	300	2.19	2	13.0	60.0	70.0
m	300	2.19	2	17.0	90.0	80.0
n	300	2.19	2	1.0	0	0

表68. 飼料別幼虫の測定値

飼料別区	n	平均体長 (mm)	最大 (mm)	最小 (mm)	標準偏差	平均体重 (mg)	最大 (mg)	最小 (mg)	標準偏差
a	10	15.2	16.0	14.5	0.552	88.4	100.0	70.0	28.814
b	10	18.2	19.5	17.5	0.593	152.9	171.0	140.0	8.274
c	10	16.8	18.5	15.0	0.837	138.3	155.0	96.0	19.330
d	6	15.7	17.5	14.0	1.030	94.7	127.5	72.5	17.430
e	3	15.0	16.5	14.0	1.08	92.6	119.0	66.0	21.630
f	—	—	—	—	—	—	—	—	—
g	10	14.6	16.5	12.0	1.08	66.4	86.0	50.0	10.34
h	8	16.8	17.5	16.0	0.33	15.6	170.0	147.0	7.47
i	10	13.4	16.5	12.5	1.67	58.4	84.0	30.0	18.53
j	10	15.5	16.5	14.5	0.67	96.4	109.0	76.0	10.62
k	10	16.4	18.0	15.0	1.11	91.5	139.0	62.0	2.77
l	10	16.2	17.5	14.5	1.13	109.8	145.0	60.0	33.65
m	10	17.8	18.5	17.0	0.50	128.7	159.0	88.0	20.00
n	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表69. 飼料別蛹の測定値

飼料別区	n	平均体長 (mm)	最大 (mm)	最小 (mm)	標準偏差	平均体重 (mg)	最大 (mg)	最小 (mg)	標準偏差
b	9	12.2	13.0	11.5	0.527	148.3	140.0	115.0	7.695
c	8	12.3	13.0	11.5	0.491	151.1	128.0	110.0	6.633
d	7	11.6	13.5	11.0	0.953	105.4	129.0	78.0	16.009
j	7	10.8	12.0	11.0	0.589	79.0	96.0	68.0	9.892
k	4	11.8	13.0	11.0	0.750	110.0	134.0	90.0	15.588
l	6	11.6	12.3	11.0	0.507	114.5	130.0	90.0	12.436
m	9	12.3	13.0	11.5	0.469	123.0	149.0	107.0	13.098

表70. 穀物、野菜類飼料による発育状況

供試植物材料	同量 g	飼育卵	孵化卵	孵化卵 %	幼虫 回収	幼虫 回収%	蛹化 数	蛹化%	羽化 数	羽化%
オ オ ム ギ	50	100	99	99.0	8	8.0	8	100	7	87.5
ア ワ	50	100	100	100.0	97	97.0	97	100	93	95.9
ヒ エ	50	100	100	100.0	95	95.0	94	98.9	92	97.8
ア ズ キ	50	100	98	98.0	83	83.0	81	96.3	79	97.4
コ ヌ カ	50	100	99	99.0	14	14.1	10	100	8	80.0
コウリヤン	50	100	100	100.0	96	96.0	96	100	95	98.9
ダ イ ズ	50	100	95	95.0	97	97.0	97	100	94	96.9
トウモロコシ	50	100	100	100.0	94	94.0	94	100	90	95.7
バレイショ	50	100	98	98.0	91	91.0	91	100	87	95.4
カ ン シ ョ	50	100	97	97.0	84	84.0	83	98.8	78	93.9
カ ボ チ ャ	50	100	100	100	76	76.0	71	93.2	65	91.5
コ メ	50	100	100	100	36	36.0	14	40.5	8	57.1

表71.3飼料による発育状況

飼料 調査	飼料			
	組成 I (対照)	コウリャン	トウモロコシ	ヒエ
産卵月日	5.28	5.28	5.28	5.28
供試卵数	200	200	200	200
発育幼虫数	171	95	67	169
同 %	85.5	47.5	33.5	84.5
供試虫数	20	20	20	20
蛹化数	20	12	18	20
蛹化 %	100.0	60.0	90.0	100.0
供試蛹数	20	20	20	20
羽化虫数	20	11	8	19
羽化 %	100.0	55.0	40.0	95.0

表72. 寒天加熱の有無による発育結果

条件 調査	組成 III (対照)			寒天省略加熱区			寒天加熱 } 省略区		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
供試卵数	50	50	50	50	50	50	50	50	50
産卵月日	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10	7.10
孵化月日	7.12	7.12	7.10	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12
幼虫期間	15	15	15	15	15	15	15	15	15
幼虫発育数	40	42	45	19	17	20	35	32	28
発育率 %	80.0	84.0	90.0	38.0	34.0	40.0	61.0	64.0	56.0
平均体長(mm)		16.2			16.7			16.1	
平均体重(g)		126.8			113.1			115.1	

る。ヒエを基材とした組成を対象とした場合、①寒天を加えず加熱した飼料と②寒天を加えず加熱しない飼料、即ち生粉状のヒエを用いた場合の幼虫の発育は、①の場合にやや少なく、②の場合も対象に比較しやや劣った。発育虫の大きさは、体長、体重ともに、両区とも対象に比較して劣る傾向が見られたが、飼料は加熱をせず、寒天で固めない方法をとっても、ある程度発育虫が得られることが窺えた。

7. 防腐剤の種類と発育

表73は防腐剤の種類別と飼料の種類との組合せによる腐敗臭の程度と、カビの発生状況ならびに幼虫の発育状況について検討した結果である。各防腐剤とも大豆を基材とした場合に腐敗臭が強かった。ヒエの場合は弱く、悪臭となった防腐剤はなかった。アワでは、Sodium propionate 区、トウモロコシでは、Calcium propionate 区にやや強かった。カビの発生状況では大豆の場

合には各防腐剤区とも見られなかったが、ヒエではA F 2に赤カビが点在発生し、同時に青カビの発生があった。またソルビン酸区には、青カビが見られ、安息香酸区には白カビの発生が多くあったほかは見られなかった。トウモロコシでは、A F 2区に青カビの発生が多かったほかは生じなかった。

幼虫の発育状況との関係は、A F 2はヒエ区のみが発育があり、ソルビン酸はアワと、トウモロコシ区に発育が見られた。安息香酸区は大豆以外の飼料に発育がありデヒドロ酢酸ナトリウム区はヒエ区のみが発育であった Sodium propionate 区では、すべての飼料に発育があり Calcium propionate 区は大豆と、トウモロコシ区に発育があった。安息香酸区の場合、大豆以外の飼料のなかでトウモロコシ区の発育量が多く見られ、この飼料はほかにソルビン酸区、 Calcium propionate 区も多い傾向にあった。幼虫の発育状態では、安息香酸区の

表73. 各種防腐剤の効果と発育状況 (++++~多、+++~中、++~少、+~なし)

条 件	飼 料	供試 虫数	防腐剤の種類(調製飼料100g中の成分%0.5)											
			A F 2		ソルビン酸		安息香酸		デヒドロ酢酸 Na		プロピオン 酸ソーダ		プロピオン 酸カリウム	
腐 敗 臭	大 豆	-	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	
	ヒ エ	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
	ア ワ	-	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+		
	トウモ ロコシ	-	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++		
カ ビ の 状 況	大 豆	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	ヒ エ	-	青カビ点在中 青カビ少	青カビ少	白カビ中	-	-	-	-	-	-	-		
	ア ワ	-	白カビ多	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	トウモ ロコシ	-	青カビ多	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
幼 虫 の 発 育 数	大 豆	15	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0		
	ヒ エ	15	7	0	9	11	9	0	5	0	0	0		
	ア ワ	15	0	7	5	0	5	0	8	9	0	0		
	トウモ ロコシ	15	0	10	10	0	8	9	0	0	0	0		
発 育 幼 虫 の 大 き さ (平均)	体長mm 体重mg		体長	体重	体長	体重	体長	体重	体長	体重	体長	体重	体長	体重
	大 豆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.0	87.0	12.4	68.7
	ヒ エ	-	13.1	76.0	-	-	14.0	77.2	10.6	44.7	13.7	70.0	-	-
	ア ワ	-	-	-	10.7	30.5	14.6	79.0	-	-	11.2	54.5	-	-
	トウモ ロコシ	-	-	-	14.4	81.2	14.9	98.7	-	-	12.9	65.2	14.0	83.0

トウモロコシでの発育が最も高く、ソルビン酸区のアワでの発育虫が最も劣り、デヒドロ酢酸ナトリウム区のアワの場合も発育が不良であった。

表74、75は先の共通して発育の見られた、Sodium propionate の成分量別の発育について検討した結果である。

発育率の高かったのは、アワを基材にした200gに0.5%の添加量の場合であり、また0.25%の場合も発育虫が多かった。しかし2%区は著しく発育虫が少なかった。表75は各区の発育値である。体長において0.25%区が小さく、体長、体重共に劣ったのは1%区に見られた以外は大差が見られない。概して0.5%添加区の発育虫に良好な結果が見られた。

8. 幼虫飼育密度

一定量の飼料における幼虫の飼育密度の検討の結果を表76に示した。飼料の組成は表51によって、最もすぐれたアワを基材にした飼料で飼育した。100g量における幼虫の発育状況は200匹飼育が最も良好であり、これより密度を高めれば、体重、体長共に小形化する。この密度と発育の関係を図35～37に示した。

9. 照明時間と冷蔵時の生存の関係

アワを基材にした(表58)飼料を用い、幼虫飼育の照明時間(20W青色蛍光灯)と冷蔵(保存)時(0℃±2)の生存状況について日数別に検討した結果を表77に示し

た。8時間照明時における保存期間は60日後での羽化率96%の高率を示し、120日では50%であった。10時間照明では60日後では52.6%であり90日では生存を認めなかった。12時間照明では30日に44.4%の羽化が見られたが、60日後では生存しなかった。シマハナアブの休眠はごく浅いものと思われる。この休眠と照明との限界は9時間前後と思われる。

また室内自然環境下で飼育した幼虫を、時的に保存(0℃±2)した場合の幼虫生存率を表78に示した。9月飼育虫の10月冷蔵虫の場合3ヶ月後の生存虫100%であり、6～7ヶ月後にあっても94%の生存が認められた。10月飼育虫の2月保存の場合は、2ヶ月後では32.6%、11月飼育虫の2月ならびに3月保存では、2月の場合に生存率が高かった。したがってシマハナアブの保存を目的とした飼育は長日下で飼育するよりも短日条件下で飼育を行い、保存することが長期の生存に耐えるものと思われる。

10. 年間飼育回数と量

21℃環境下の室内において、2月より12月までの飼育による採卵状況の結果を表79に示した。飼育虫は一定しないが、平均すると、雌虫50、雄虫50の計100匹飼育によるものであり、産卵数による年間の幼虫数は163,200匹である。飼育回数は11回行った。表80は1月から12月までの間の平均成虫飼育数100匹における採卵状況であ

表74. Sodium propionate 成分量別飼育効果

飼料中の防腐剤%	0.25	0.5	1.0	2.0
供試虫数	20	20	20	20
発育虫数	18	20	20	4

表75. Sodium propionate 成分量別発育値

飼料中の防腐剤%	部位	平均値	最大値	最小値	標準偏差	信頼限界(95.4%)	羽化率
0.25	体長mm	15.39	16.1	14.0	6.567	13.960-16.800	85.0
	体重mg	103.65	125.0	70.0	96.959	42.33-164.970	
0.5	体長mm	16.03	16.5	15.5	0.456	15.64-16.220	90.0
	体重mg	106.30	124.0	90.0	10.138	99.890-112.710	
1.0	体長mm	15.37	16.0	14.0	8.390	10.064-20.676	70.0
	体重mg	89.38	111.0	70.0	10.317	23.589-113.123	
2.0	体長mm	16.07	16.5	15.0	1.060	14.07-17.130	0
	体重mg	104.75	113.0	97.0	7.290	97.345-112.550	

表76. 幼虫飼育密度と発育状況

	1	2	3	4
産卵月日	11.2	11.2	11.2	11.2
飼料重(g)	100	100	100	100
幼虫数	200	400	600	800
発育幼虫数	175	310	398	515
発育率(%)	87.7	77.5	66.3	65.8
平均体長(mm) n=20	15.2	13.7	11.1	10.9
平均体重(mg) n=20	103.2	67.1	50.7	47.0

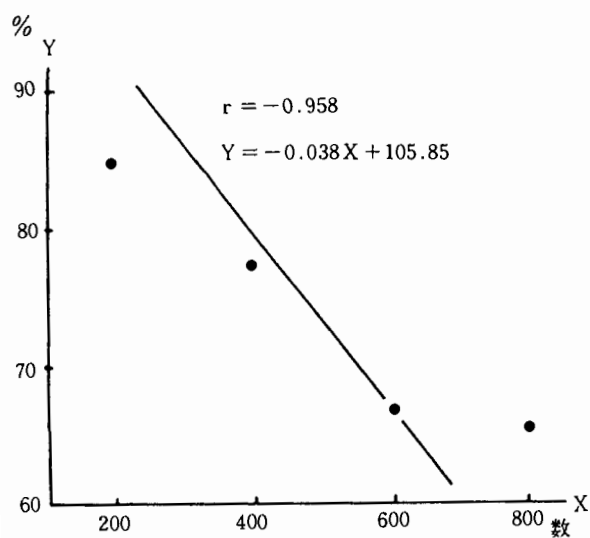


図35. 幼虫密度と発育率との関係

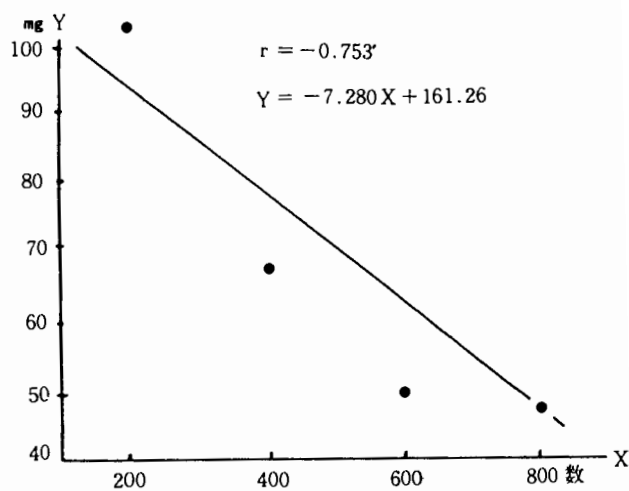


図37. 幼虫密度と体長との関係

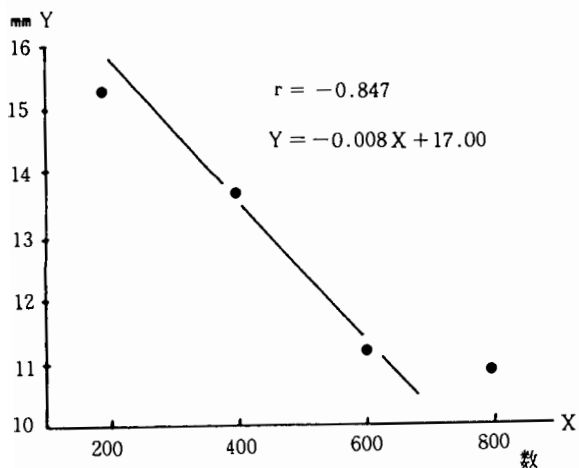


図36. 幼虫密度と体重の関係

表77. 照明時間と冷蔵による生存状況

照明時間	供試虫数	日数	生存数	同%	羽化数	同%
8	30	30	30	100.0	30	100.0
	25	60	25	100.0	24	96.0
	25	90	23	92.0	12	60.0
	25	120	20	80.0	10	50.0
10	20	30	16(4)	80.0	16	100.0
	20	60	19(1)	95.0	10	52.6
	20	90	0	0	0	0
	20	120	0	0	0	0
12	20	30	18	90.0	8	44.4
	20	60	3(1)	15.0	0	0
	20	90	0	0	0	0
	20	120	0	0	0	0

注一()は蛹化数

表78. 冷蔵期間と幼虫生存率

飼開始育期	冷蔵開始期 0℃	冷蔵数	出庫期 (月日)	冷蔵期間 (日)	幼虫生存数	蛹化数	幼虫生存%
9.20	10.9	100	1.9	92	100	0	100.0
9.20	10.9	100	3.1	144	94	0	94.0
9.20	10.9	100	4.1	173	94	0	94.0
10.18	2.28	76	5.4	65	40	4	52.0
11.1.	2.28	209	5.4	65	117	35	56.0
11.27	3.13	300	5.4	52	88	14	29.3

表79. シマハナアブ年間飼育の産卵(塊)数(旬別集計)

月	上		中		下		旬計 (塊)
	(塊)	産卵数	(塊)	産卵数	(塊)	産卵数	
2	0	0	12	2400	27	5400	39
3	10	20000	20	4000	52	10400	82
4	58	11600	31	6200	37	7400	126
5	22	4400	26	5200	24	4800	72
6	25	5000	16	3200	2	400	43
7	10	2000	7	1400	4	800	21
8	18	3600	38	7600	29	5800	85
9	18	3600	25	5000	35	7000	78
10	37	7400	28	5600	50	10000	115
11	6	1200	6	1200	2	400	14
12	14	2800	18	3600	19	3800	51

表80. シマハナアブの年間飼育による採卵(塊)数

月	旬	卵塊数	卵数※
1		16	3200
2		110	22000
3		86	17200
4		74	14800
5		78	15600
6		102	20200
7		104	20800
8		67	13400
9		65	13000
10		122	24400
11		77	15400
12		50	10000

※平均200卵とした場合

る。年間飼育回数は12回、採卵数から見た幼虫飼育量は202,000匹である。累代飼育(12回)の結果、飼育虫は小形化することはなく、また奇形個体は見られなかった。24世代に至って、1万匹中に頭部奇形を1匹見られた。48世代(4年)における累代飼育個体についても小形化は見られなかった。

考 察

シマハナアブの人工飼育の試みを開始したのは1964年からである。

湯島(1962)は人工飼育の基本的な二つの型として、食餌植物と、化学物質の混合に大別し、餌の形そのものについて見ると、無菌的、半無菌的、無菌的でない方法が関係して、①合成的~無菌、②合成的~半無菌的、③天然動植物~菌無関係によるいずれかの方法によって昆虫飼育が試みられている。シマハナアブ幼虫の飼育は当初発育可能な飼料の検索にあり、調製を加えた天然動植物質と2、3の化学物質を加えた飼料によった以後、植物質を基材にした化学物質添加の方法により、調整過程に加熱と防カビ処理が含まれるが、型とすれば先の③に該当するであろう。

飼育の試みの当初は、動物蛋白などを用いて模索的な試みを実施した後、表81のIの組成による大量飼育と累代飼育の確立が計られた。この飼料は大豆カゼインを基材にしてSodium propionate, Dehydroacetic Acidの2種の防腐剤を添加して、防カビを行ったが、幼虫の回収時までの効果は不十分であって、途中から腐敗臭が強まった。しかし幼虫の発育には影響がなく、4世代平均では84.8%の高率の正常発育虫が得られた。この腐敗臭は大豆カゼイン、ミルクカゼインに起因するものと思われこの防止、低減を考慮に入れたヒエ、トウモロコシによる組成IV、Vの飼料では解消された。

累代飼育は、昆虫の人工飼育過程のなかで解決しなければならぬ問題であり、多くの昆虫に試みられている。昆虫の食餌や、累代飼育の過程においても問題が多い。釜野ら(1965、1967、1971)のニカメイチュウの人工飼育における同系交配と循環交配また累代飼育上における栄養条件が究明されている。これによれば、同系交配は2世代目に幼虫発育、産卵、乳化率の低下があって4世代で死滅し、循環交配では10世代以上にわたり、継続飼育出来るという。シマハナアブは自然室内環境下で、当初4世代、その後組成のIVまたはVIの飼料によって、20℃前後の環境下で84世代の累代飼育が重ねられているが幼虫の発育、産卵能力等の低下は生じていない。しかし24世代に至って、1万匹中に1匹頭部奇形虫の出現が見られた。このことは、栄養的なものか、交配関係にある

表81. シマハナアブ幼虫飼育飼料の組成

飼料	組成					
	I	II	III	IV	V	VI
水	1300	300	300	500	500	500
Sodium propionate	20	—	—	5	5	—
Dehydroacetic Acid	2	—	1	—	—	—
大豆カゼイン	300	—	—	—	—	—
ミルクカゼイン	30	—	—	—	—	—
ヒエ	—	—	—	200	—	200
(トウモロコシ)	—	—	—	—	200	—
オガクズ	—	200	200	—	—	—
dry yeast	10	5	5	5	5	5
寒天	80	—	—	50	50	—

か、あるいは取扱中による損傷によって生じたものか今後究明しなければならぬが、シマハナアブの場合も釜野らの指摘する活力低下の防止として、野外虫の導入を行うことは好ましいことといえる。

発育の良好であった飼料は植物質を基材にしたものであるが、調製上の容易性から見ると組成 I は若干複雑であり、また腐敗臭の強いことから、より調製容易と腐敗臭低下ならびに経済性を狙った簡易飼料の開発を実施した結果、ヒエを基材にした飼料が最も能率的である。組成 V のトウモロコシも良好であるが、これらの飼料は粒状のまま調製するより、あらかじめ、粉末状に粉碎しておくことがよい。その調製過程は、未製精ヒエ→粉碎→水、防腐剤→加熱→冷却途中乾燥酵母添加→冷却の順に従い、出来た飼料を飼育箱に配分して、水を加え（飼料上面 2～3 cm 程度）で完成する。より簡易な飼料、調製を望むなら、組成 II、III によるオガクズに乾燥酵母、水を加えたのみの飼料によっても可能である。しかしこの飼料での飼育能力は他の組成よりも低下はまぬがれない。また寒天を加えて飼料の固形化が計られるが、これは乳化当初の幼虫が定着、摂食し易くするための主目的があるが、組成 II、III、IV のように添加しない簡易飼料の利用も可能である。ことに組成 VI は経済的である。

先にも述べたように、防腐剤添加によって防カビすることは、各種昆虫の飼料についても、飼育虫の最終的段階まで飼料の保全が重要であるが、シマハナアブの場合は、半無菌的であることの必要性も認められないことから別の意味となる。即ち、調製後無添加であれば、飼料はすみやかに発酵現象とカビの多発は幼虫の定着発育に悪影響を与えるため、これを極力抑制することにある。したがって、調製した飼料を一度発酵させた後、使用することも考えられる。防腐剤の種類としては Sodium propionate が最も好ましかった。

昆虫の大量集団飼育上障害となるのは、先の奇形虫の出現と共に、共食いと飼育密度の問題がある。本間 (1965)⁹⁴によればコカクモンハマキ *Adoxophyes orana* FISCHR von Roslerstamm の半無菌飼育において集団飼育では共食いによって死亡率が高まるという。

シマハナアブはこの性質を有しないことから、その恐れは解消されるが、大量飼育によることから、多密度飼育におち入り易い。このことは、幼虫の発育障害の大きな要因となるため、飼料の量と飼育虫の量は適正を計らねばならない。飼料が動植物による、また合成飼料であっても、発育の良否は幼虫の摂取する栄養成分に大きなかわりのあることはいうまでもなく、Ishii and Hirano (1957)⁹⁵はニカメイチュウの人工飼育において蛋白質は重要であるとするほか、炭水化物の関係も大きいであら

う。今後シマハナアブの飼料として、さらに改良が必要であり、栄養、成分的究明が必要である。

シマハナアブはその利用目的が pollinator であり、時期は作物の開花期にあることから、飼育過程で問題になるのは、利用期間以外の増殖虫の保存である。休眠はごく浅いものであるが、照明時間 8～9 時間調節によって、長期の保存に耐えられる。温度条件は 0℃±2℃ が好ましいといえよう。したがって、逐次増殖を重ねる途上保存が行われるが、年間の飼育回数としては、12 回前後にとどまる。15℃より低温環境下では、飼育回数は減少するため不能率的になり、25℃以上では、回数に増加はあっても、飼育虫の素質が低下することから、その増殖施設は、環境整備の上 mass production することが効果的であろう。

摘 要

シマハナアブの果樹、野菜類における pollinator としての大量増殖を目的とした、幼虫の人工増殖法について究明した結果はつぎのようである。

1. 当初の発育可能飼料の探索では、動物蛋白質飼料に対する適合が低く、植物質飼料において発育は良好であった。

2. 発育のあった植物質材料をもとに、つぎの組成を用いて、室内環境下で飼育を試みた結果、年間 4 世代の

水	1300cc (g)
Sodium propionate	20
Dehydroacetic Acid	2
大豆カゼイン	300
ミルクカゼイン	30
乾燥酵母	10
寒 天	80

累代飼育が可能であり、幼虫、蛹ならびに成虫の発育は野外生活虫と同等あるいはそれ以上すぐれた。

3. 2 の飼料をもとにして、幼虫飼育の適温検討の結果、15℃では発育は正常であるが、長期間 (34 日) を要し、25℃では短期間 (13 日) で老熟に達して発育が劣った。20℃では 25℃と同様に 13 日間で老熟虫に達したが、発育は正常であった。

4. 老熟虫の蛹化 50% を越えるのは 25℃では 5 日、18℃では 6 日、11.5℃は 9 日であり、羽化と温度の関係では 50% 羽化日まで、25℃で 5 日、18℃は 18 日、16.9℃で 19 日、11.5℃では 22 日を要した。

5. 室内環境下での時期的な蛹化消長ならびに羽化消長は、6 月での老熟幼虫の蛹化準備 2 日後にピークがあり、100% 蛹化までの期間は 5 日、9 月では同様にピー

クは3日後にあり、蛹化完了まで7日であった。成虫の羽化消長は6月では羽化開始後ピークまで3日、終了まで5日を要し、8月は羽化開始当日にピークに達し、終了まで5日であった。9月の場合は8月と同様に当日ピークに達し、6日間で完了した。

6. 簡易飼料開発を目的に使用した基材となったオガクズ使用の場合の発育は、幼虫の発育率ではオガクズ(多湿物)100g+乾燥酵母5gに高く、また蛹化、羽化率がすぐれた。またオガクズ+シマハナアブ成虫の乾燥粉末の場合もかなりの発育があった。またオガクズ(多湿物)+Sodium propionate+乾燥酵母の組成での幼虫回収率93%、蛹化率100%、羽化率90%とすぐれた。

7. 穀物、野菜類を飼料とした場合では、アワ、ヒエ、コウリヤン、大豆、トウモロコシ、バレイショ各50gに対し、水200cc+乾燥酵母10g添加飼料に幼虫の発育率、蛹化、羽化率ともに90%以上であった。コメ、オオムギ、コヌカなどは不良であった。またヒエ、コウリヤン、トウモロコシ3種について、飼料200gに対し、水500cc+乾燥酵母5g+寒天50gによる組成での発育を見るにヒエの場合は幼虫発育率84.5%、蛹化率100%、羽化率95%であった。

8. 寒天省略飼料の検討では、ヒエを基材にした飼料を対象にして、寒天添加の有、無区を比較するに、無添加であっても対象に近い発育があり、また飼料を加熱しない生の利用で、寒天省略した場合ではやや劣るも、発育の可能性が窺える。

9. 20℃環境での年間飼育回数は12回が可能であった。24世代に $\frac{1}{10000}$ 匹頭部奇形虫が見られた。その後84世代飼育になお小形化の現象も見られなく、奇形虫の出現はなかった。シマハナアブ幼虫の人工飼料について適当と思われる組成は、表81のとおりである。

10. 防腐剤の種類と発育関係の幼虫の発育状況は、大豆、ヒエ、アワ、トウモロコシ4種を基材にした飼料に6種の防腐剤を用いた結果、共通して発育のあったのはSodium propionateであり、またDehydroacetic Acid Natriumはヒエを除いた他の飼料に発育しなかった。Sodium propionateの飼料に(ヒエ基材)における成分量別の発育は0.25~1%において良好であるが、2%では極めて劣った。

11. 飼料の(水500cc+ヒエ200g+乾燥酵母5g+寒天50g)一定量(100g)における幼虫適正飼育量は200匹が良好であり、600匹以上に達すると著しく発育が低下する。

12. 照明時間と冷蔵(0℃)による保存期間は8時間の場合60日間での羽化率96%であり、120日に達すると

50%であった。休眠は深くなく、その界は9時間前後にあると考える。また飼育時期別に冷蔵した場合の幼虫生存率は9月飼育の10月冷蔵の場合92~173日後で94~100%生存が認められた。

第4章 シマハナアブの実用化に関する試験と利用

緒 言

68種の訪花昆虫のなかから Pollinator としての適合性を検討して探索したシマハナアブの mass production を確立したが、その実用効果について実証しなければならない。訪花昆虫としての事例は少く、主としてハチ類の実用究明について、横沢らは(1968)⁹⁶ 桃におけるミツバチの巣箱の利用を試み、また山田ら(1976)⁹⁷ のリングо についてのマメコバチの利用効果の事例があり、Griggsら(1949)⁹⁸、1952⁹⁹、1953¹⁰⁰、1960¹⁰¹ のミツバチ巢門入口の花粉利用、花粉塊の受粉能力等の一連の研究、また Hort Education (1962)¹⁰² Free ら(1962、1963、1964)¹⁰³ の受粉樹と媒介効果の究明など、主としてハチにおける検討が行われている。これは広く実用化されている効率よい昆虫としてミツバチ1種のみであったことに起因し、新たに登場したシマハナアブの実証効果の検討は多面的な角度から検討が加えられなければならない。したがってリング園において、基礎的な研究と実用効果、ならびに広域利用等の実証の究明を実施した。

第1節 リング園における実用効果

緒 言

mass production で得られたシマハナアブを用いリングを对象とした花粉媒介能力の究明について、雄蕊除去による受粉効果、ならびにミツバチとの比較、放飼量と結実効果、放飼園での分散性等の基礎的実験とともに、農家圃場を用いた1~4年間の継続利用による実用効果ならびに広域利用の実証的究明について、無利用果樹園(人工交配省略)、人工交配園との比較のもとに実施した。

実 験 方 法

1. 雄蕊除去による花粉媒介能力

花粉が虫体によって確実に運搬されるか、否かについて知ろうとするものである。試験は1973年に Starking Delicious 8年生樹を供試し、開花2日前に中心花の雄蕊を除去して、白井200番寒冷紗で覆い防虫した。開花と同時に受粉提供花として、祝の花を用い、枝ごと切って水挿法をとり、樹の中心辺に設置して人工飼育虫を放飼した。調査は落花23日後の6月10日に自然樹と完全防虫区との比較のもとに、中心果、側果、花叢結実率について調査を実施した。

2. ハチ類との比較

代表的なミツバチとマメコバチの2種との受粉効果について比較した。8年生樹全体を白井200番寒冷紗で開花前に覆い、満開期(5月10日)に、人工飼育虫10匹を放飼した。授粉提供品種は祝を用い、枝ごと切って水挿法を行い、樹の中心辺に設置する。調査は6月1日に、中心果、花叢結実率について調査を実施した。

3. 放飼量別による結実効果

供試品種は Ralls 10年生樹を用い、開花前に全体を白井200番寒冷紗で覆い、満開期(5月8日)に、1、3、5、10、15匹の5段階に分けて人工飼育虫を放飼した。授粉提供花は Jonathan の枝を用い、水挿法によって樹の中心辺に設置した。調査は5月29日に中心果、側果の結実率について実施した。

4. 圃場放飼の分散状況に関する試験

リングの成木園7haにおいて実施した。構成品種の主体は Starking Delicious ならびに、ふじ、Jonathan Golden Delicious の13年生である。Starking Delicious の満開期(5月16日)に雌雄対比1対1の割合で翅にマーキング法によって園の中央で放飼(300匹)を行う。放飼後、放飼点からの距離別に再捕虫を試み、分散状況について把握した。なお3日後に訪花量の多少について観察した。

5. 圃場での実用効果

1971年に岩手県の中北部に位置する川口町において実施した。その放飼園の環境概略は、図37に示したとおりである。供試面積20a、品種構成は図38に示すようになって、Jonathan を主体とした混植園である。樹令34年生、放飼は2回にわたって行い、第1回は Jonathan 開花3日後の5月18日に1100匹、第2回は満開期(5月21日)に1530匹の雌雄対比1対1の割合で試みた。

放飼時間の天候は第1回時快晴、午前11時、風速1.0%、気温19℃、第2回快晴、午前10時、風速0.5%、21℃であった。成虫の運搬は自動車利用の方法をとり、飼育室で羽化させた容器のまま運び、園の中央で放飼した。調査方法として、あらかじめこの園地について5年前から Jonathan の中心果結実率調査を実施したほか、放飼の前年と放飼前における自然訪花昆虫の活動状況について調査した。結実率調査は、6月23日に1品種1区1本として3樹について行い、1樹任意に100花叢の中心果結実、側果、花叢結実率について実施した。同時に放飼園を中心にした距離別の無放飼園を対象に3園を選び同様調査を行って比較した。また、放飼園の、Jonathan 7本を選び、樹の位置による結実状況について、同様調

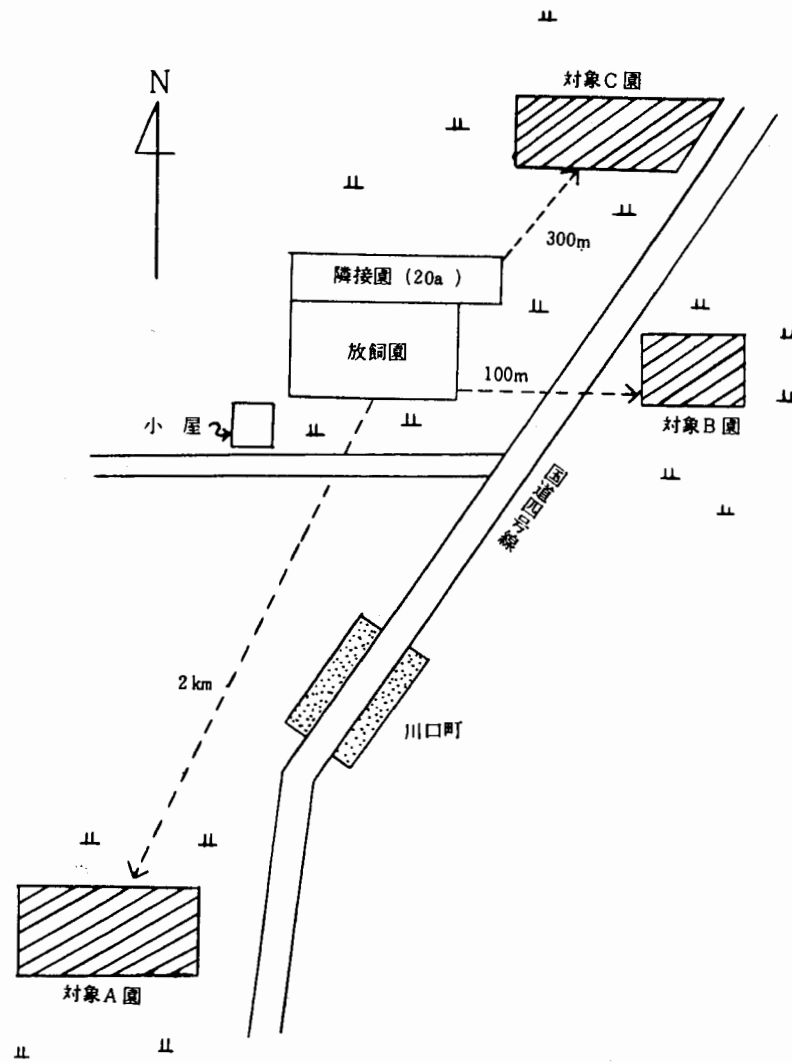


図37. シマハナアブ放飼園の環境

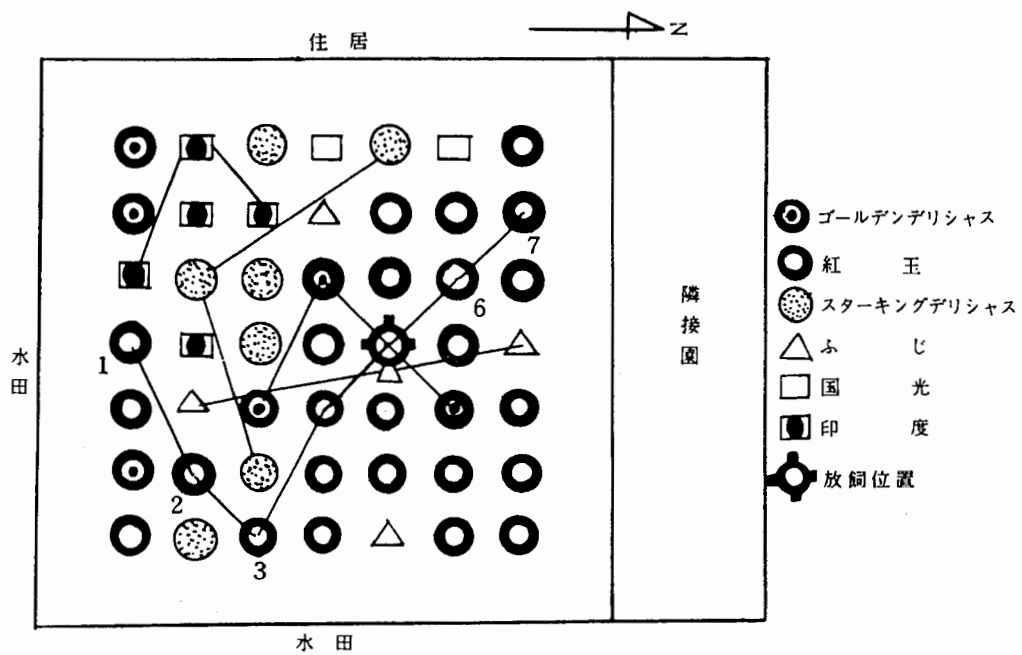


図38. 放飼園のリンゴ園栽植図ならびに調査樹の配列

表82. 地域別の放飼条件

場所	栽植主 品 種	樹令 年生	人工 交配の 有 無	年 度	供試 面積 ^a	10 a 放飼数	放 飼 月 日	放 飼 時 分	放 飼 時 の中心花 間 花 状 況	放飼 時の 天候	風 速 m/sec	気温 ℃	輸 送 方 法
A (県北)	Starking Delicious	23	無	1972	10	1000	5.9	11.30	80	曇	0.5	17	自動車
		24	〃	1972	10	1500	5.9	11.00	50	晴	1.0	16	〃
B (県中)	Starking Delicious	35	無	1972	20	3000	5.8	2.00	70	晴	0	18	自動車
		36	〃	1973	20	1500	5.7	12.00	50	晴	0	19	〃
		37	〃	1974	20	1800	5.16	11.00	60	晴	1.0	17	〃
		38	〃	1975	20	2000	5.8	11.00	50	晴	0.5	19	〃
C (県南)	Jonathan	18	無	1972	20	2000	5.6	11.00	100	快晴	2.0	19	自動車
		19	〃	1973	20	1500	5.7	11.00	60	晴	1.5	16	〃
		20	〃	1974	20	1500	5.14	11.00	80	曇	1.0	18	〃
		21	〃	1975	20	2000	5.6	11.00	50	晴	1.5	17	〃

表83. 調査条件 (地域別の調査条件)

条 件 場 所	放 飼 園					無 放 飼 園 (対照)				
	年	調 査 品 種 数	調 査 月 日	1 品 種 調 査 樹 数	1 品 種 調 査 花 叢 数	調 査 園 数	調 査 品 種 数	樹 令 年 生	人工交配 有 無	調 査 月 日
A (県北)	1972	1	6.4	3	50	4	1	22	無	6.4
	1973	1		3	50	3	2	23	無	
	1974	2	6.20	3	100	2	2	24	無	6.20
B (県中)	1972	1			50	3	1	20	無 ^{2園} 有 1	
	1973	1	6.5	3	50	3	1	21	無 有 2	6.5
	1974	3	6.10	3	100	6	3	22	無 有 5	6.10
	1974	3	6.4	3	50	5	2	23	無 有 4 有 1	6.4
C (県南)	1972	2		3	50	3	2	17	無	
	1973	2	6.10	3	50	3	1	18	無	6.10
	1974	3	6.4	2	100	5	3	19	無	6.4
	1975	3	5.28	3	50	5	3	20	無	5.28

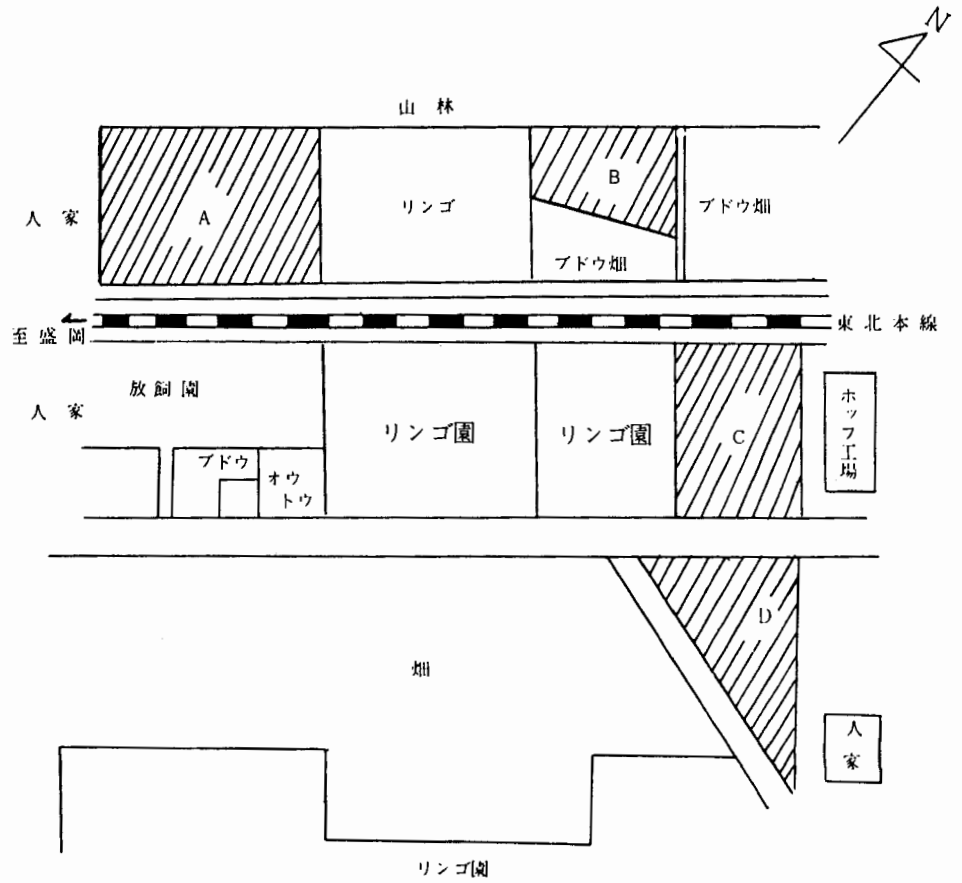


図39. シマハナアブ放飼園の環境 (県北)

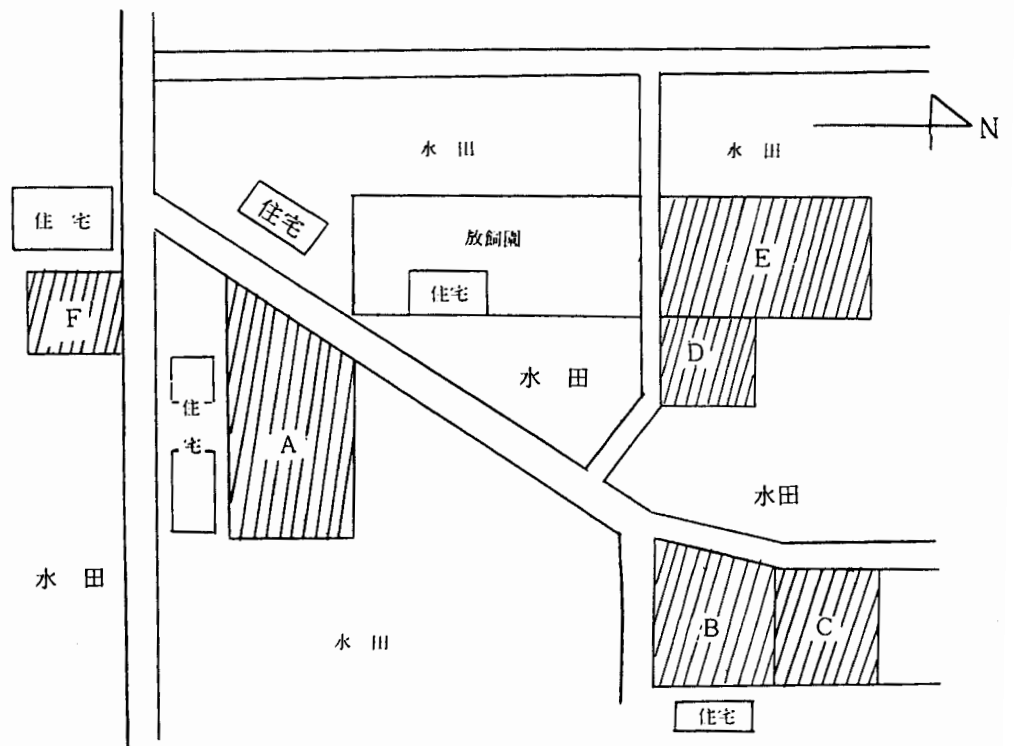


図40. シマハナアブ放飼園の環境 (県中)

査を行った。その調査樹の配列は図38に示した。

6. 地域別実用効果

1972年より、県北の二戸市(A)、県中の盛岡市(B)、県南の水沢市(C)の3個所の地域において人工飼育虫の放飼を試み、実用効果を検討した。放飼園の状況ならびに放飼時期、量、気象関係等は、表82に示したとおりである。また調査時期等条件については、表83のようである。また放飼園ならびに、その周囲に求めた、無放飼園の配置環境の概略を図39~41に示した。各園とも放飼前にあらかじめ、自然訪花昆虫の活動状況について、1時間園内を巡回して、捕虫網で採集して、種類、量を把握した。

7. 広域実用化試験

岩手県の県北に位置する二戸市役所運営のシマハナアブ増殖施設での農家に対する実用化が開始された1975年と1976年に併行して実用効果の検討を実施した。シマハ

ナアブの配布は、この地方を中心にしたリング栽培園に対し、第1年は約15万匹、15ha、第2年目は約24万匹16haである。両年とも、放飼は Starking Delicious の中心花の開花20~30%時に行い、配布経路は、増殖施設→農協→農家の順に行い、自動車運搬とした。配布したシマハナアブの羽化状況は、第1年羽化率50%前後の蛹混在であり、第2年目は、80%羽化虫を用いた。

調査は第1年目の場合、15haの利用園のなかから、30a以上の経営面積をもつ農家4園を任意抽出して、中心果と側果、花叢結実率について6月6日に実施するとともに、対象として人工交配園1園、無放飼園4園について同様調査を行った。対象品種は、Starking Delicious に主体を置き、Jonathan、ふじについても検討した。

第2年目は、前年利用の4園について6月11日中心果、

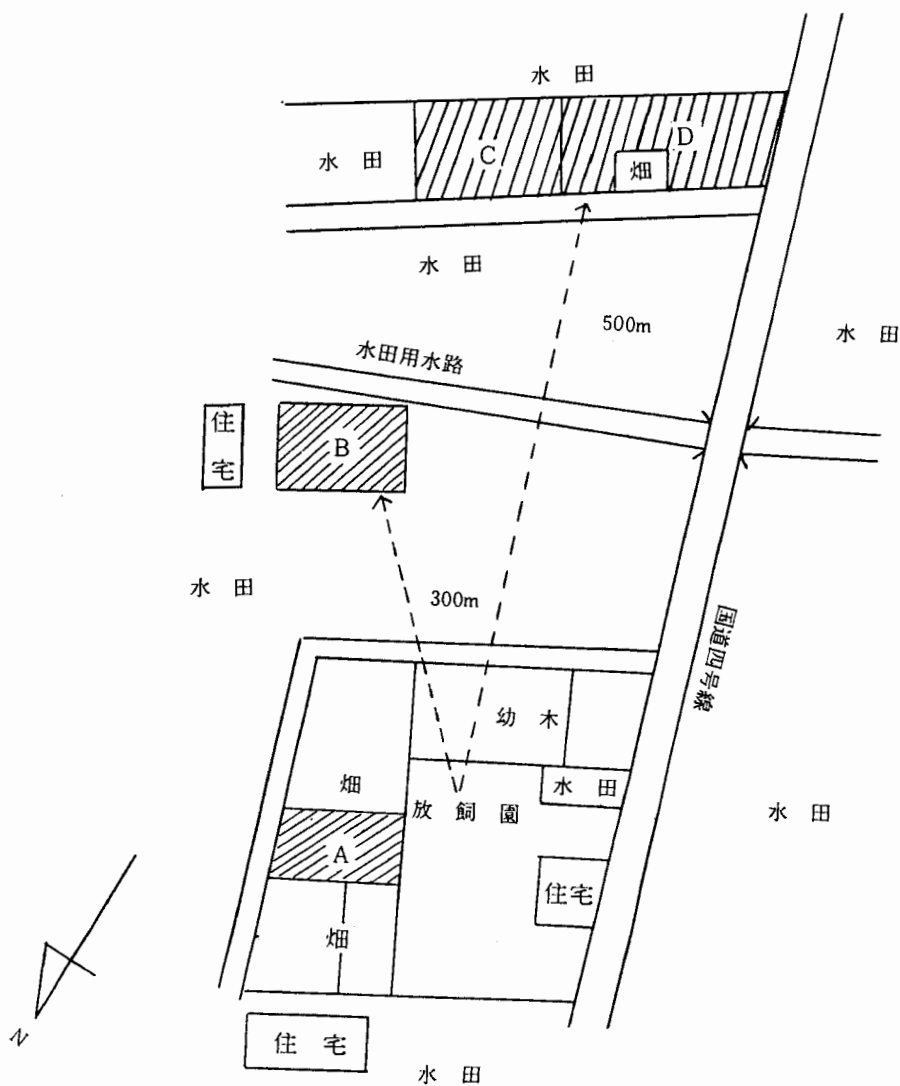


図41. シマハナアブ放飼園の環境 (県南)

表84. リンゴの雄蕊除去(中心花)によるシマハナアブの授粉能力

調査区	受粉提供花数(祝)	供試花叢数	同中心花数	中心果結実数	同%	側花数	側果結実%	花叢結実%
放飼♀5	32	10	10	9	90.0	52	100	100
♂5								
自然	—	10	10	6	60.0	55	80	80
防虫	38	10	10	0	0	50	0	0

スターキングデリシャス8年生 5月29日調査

防虫区: 開花前に中心花のみ雄ずいを除去して防虫網で覆い開花と同時にシマハナアブを放飼

表85. 訪花昆虫3種による結実効果(人工飼育虫)

調査区種類	放飼後	受粉提供叢※	供試花叢	同花数	結実花叢	花叢結実	中心果結実
シマハナアブ	10	76	43	221	32	74.4	32.6
ミツバチ	10	79	46	214	35	76.0	37.0
マメコバチ	10	53	46	220	45	97.8	52.0
受粉花提供防虫	—	57	50	250	12	24.0	8.0
防虫	—	—	45	230	5	11.1	4.4
自然	—	—	50	280	17	34.1	10.0

供試品種 紅玉成木樹全体を寒冷紗(200番)被覆(5月10日処理) 満開日6月1日調査 ※祝

表86. シマハナアブの放飼量別結実効果(人工飼育虫)

調査放飼数	受粉提供花叢(紅玉)	供試花叢	同花数	中心花数	同結実	側花数	同結実
1	42	35	156	23	56.5	85	63.9
3	33	23	109	18	66.7	59	64.8
5	42	27	118	21	71.4	58	59.8
10	45	21	100	15	80.0	58	56.5
15	52	25	111	24	100.0	60	75.0
防虫	—	36	114	18	16.8	126	14.3
自然	—	30	137	26	65.4	77	69.4

供試品種 国光成木樹全体を寒冷紗被覆(5月8日処理) 満開日 5月29日調査

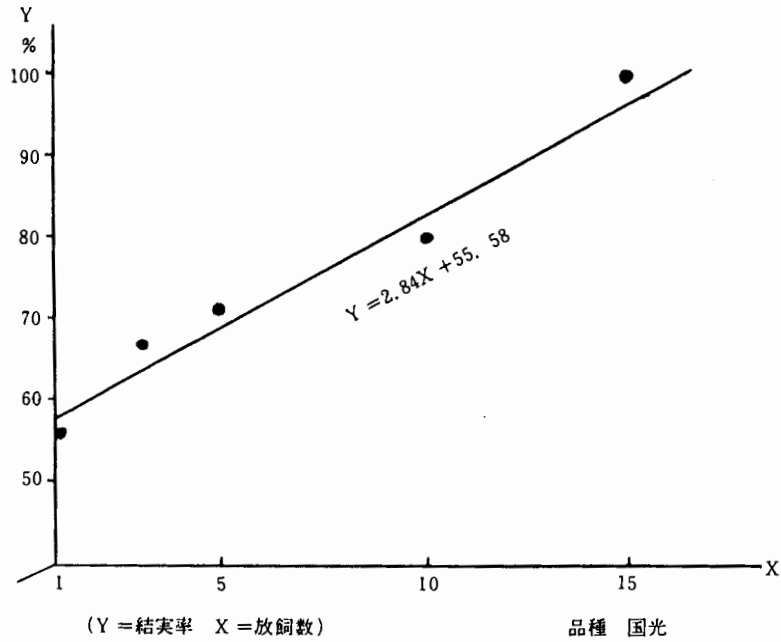
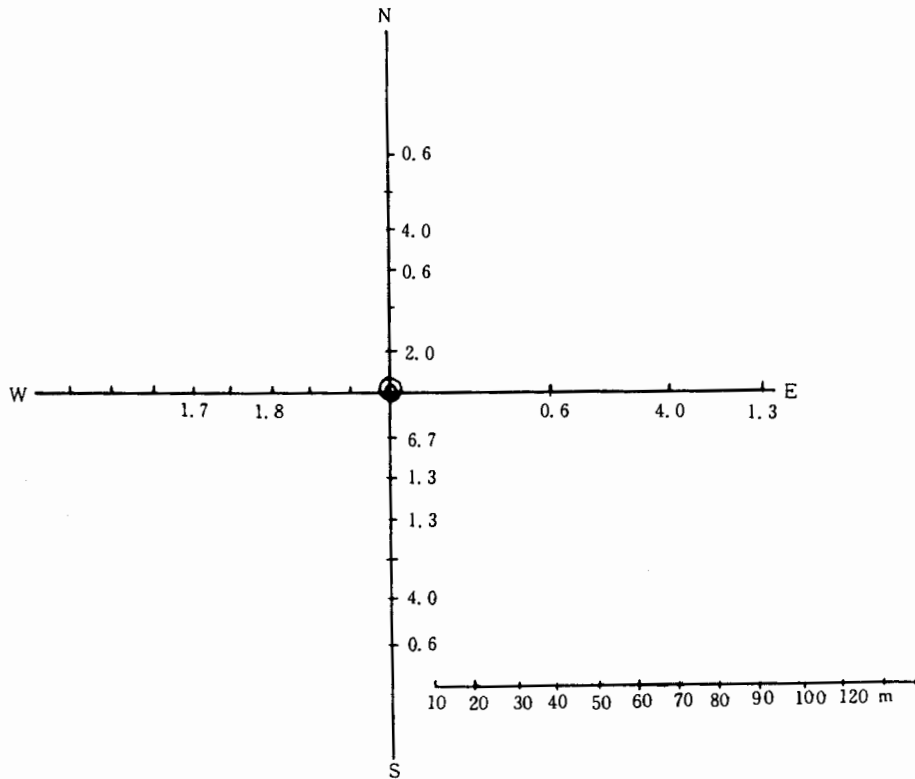


図42. シマハナアブ放飼数と中心果結実率の関係



方立	捕虫率計	合計
N	7.2%	
S	8.5	
W	3.5	29.8
E	5.9	
中心	6.7	

図43. 方位における再捕虫率 (%)

側果、花叢結実率調査を行うとともに、対象に無放飼園2園について同様調査を実施した。2年目の調査品種は Starking Delicious とした。

実験結果

1. 花粉媒介能力

リンゴにおけるシマハナアブの花粉媒介能力について検討した結果は、表84のとおりである。完全に防虫した区の結実率は皆無であった。自然状態の中心果結実率60%に対し、放飼区は90%高率の結実が見られた。また側果の結実や花叢として見た場合の結実も放飼区がすぐれていた。

2. ハチ類との比較

表85は2種の蜂類と比較した結果である。シマハナアブの中心果結実率はミツバチと同程度であり、花叢結実率としても大差が見られなかった。マメコバチは中心果花叢結実率ともに著しく高かった。この場合完全防虫区の中心果結実率は極めて低く、また、防虫して受粉花のみを提供した場合も不良であった。

放飼量別の結実効果は、表86のとおりである。中心果の結実で見ると、3匹放飼区において自然状態における結実と同等効果が見られた。これより量を増すに従い結実率は高まり、15匹区は100%であった。側果については、量的関係は明らかでなかった。中心果の結実率について放飼量との間に、図42に示したような関係が見られた。

3. 圃場分散状況

圃場の中心で放飼し、4方位での距離別の分散状況を図43に示した。1時間後の方位別再捕虫率の統計では放飼地点では6.7%、東側5%、西側3.5%、南側で8.5%、北側7.2%であって、全体的に約30%が捕虫された。方位の距離別に見ると、東、南、北方位の70m場所における捕虫率が高かった。放飼1時間の最長移動個体は東に90mであり、短い方位は、西に60mまで分散が見られた。また3日後の観察では、放飼地点において、1樹に2~4匹が訪花していた。

4. 圃場での実用効果

1971年に行った Jonathan 圃場の過去5年間の中心果結実率は表87のようである。1966年から1970年にわたる5年間平均の結実率は28.2%であって生産を得るためには十分な量ではなかった。少ない年では18.9%にとどまり、多い年にあっても40%に達しなかった。放飼前における自然訪花昆虫の種類、量は表88に示したとおりである。前年における訪花量や種類の構成は放飼圃場、無放飼圃場ともに極めて貧弱であった。放飼年について、放飼圃場

はシマハナアブの訪花がやや多く見られた以外、ハナアブとミツバチの3種があり、無放飼圃場では4種類のみであって少ない傾向にあった。

放飼は5月18日と21日の2回にわたって行われたが、この年の4、5月の気温は低く経過し、一部地域に霜害を受けたが、放飼圃場では生育が遅れていたため、軽度の被害にとどまった。その開花期の気温については表89のようである。

結実状況調査は6月3日に実施し、その結果を表90に示した。放飼圃場では5品種を調査したが、Jonathan について見ると無放飼3圃場の平均15.1%に対し43.3%の高率の結実があった。また、Starking Delicious での比較では放飼圃場が8.9%高かった。ふじ、印度、Golden Delicious については無放飼圃場と比較出来なかった。側果、花叢の結実率として見た場合も放飼圃場がすぐれ、無放飼圃場は劣った。この圃場の果実について、種子の稔実状況について知るために、結実率調査後、果実を切断して、正常稔実種子数について調査した結果を表91に示した。想定稔実種子数に対して、中心果、側果とも無放飼圃場より、放飼圃場の稔実種子数が多く認められた。また図38にしたがって紅玉について圃場の外周から内部に向う各樹の結実状況を放飼年を含めた6年間について見ると図44のとおりである。結実の良、不良年とも外周樹の結実は高いが、圃場内部樹に向うに従い、低下の現象が見られる。しかし、シマハナアブの放飼によって、全体的な結実率は高められ、ことに内部樹の結実が高まった特徴が見られた。

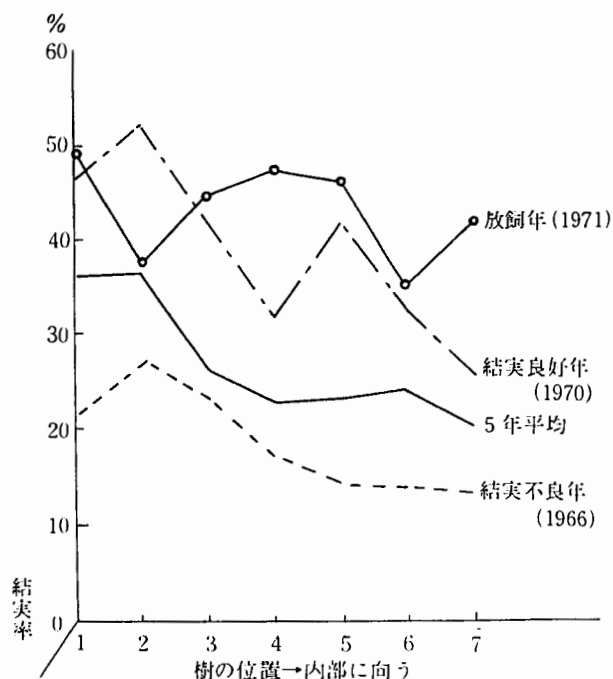


図44. 樹の位置による結実状況(紅玉・中心果)

表87. 放飼園の年度別中心果結実率(紅玉)

年度 調査	無 放 飼					※
	1966	1967	1968	1969	1970	1971
調査花叢数	90	90	90	90	90	90
3樹平均中心果結実率%	18.9	31.1	20.0	32.2	38.9	48.9

※放飼年

表88. 訪花昆虫活動状況

年 園	1970 (5月18日)	1971 (5月21日)
放飼園	<i>Andrena</i> sp 1 ヒメカメノコテントウ 1	シマハナアブ 8 ハナアブ 1 ミツバチ 2
対照 A園	シマハナアブ 1	<i>Andrena</i> sp 1 シマハナアブ 1 メスアカケバエ 2 タネバエ 1

1970年放飼園 9~10時, 対照象園12~1時

1971年放飼園 9~10時, 対照象園12~1時

表89. 4月下旬~5月の天気概況(盛岡地方気象台1971)

月 日 気 温	4 月						5 月			
	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4
平均気温	7.1	7.6	8.9	5.9	6.0	6.3	8.1	8.1	18.9	15.8
最高気温	10.5	19.2	13.2	14.5	8.0	8.3	12.0	13.2	27.4	23.2
最低気温	3.7	-4.0	4.5	-2.7	4.0	4.3	4.2	2.9	10.3	8.3

表90. シマハナアブ放飼による授粉効果

調査区	品種	調査樹	調査花叢	中心花数	側花数	中心果結実率%	側果結実率%	花叢結実率%	結実率%
放飼園	Jonathan	3	300	300	1221	43.3	23.6	82.3	27.7
	Starking Delicious	3	90	90	354	44.4	39.0	86.6	39.6
	〃	3	90	90	374	41.1	42.2	97.6	42.8
	〃	3	90	90	380	63.3	15.6	95.5	45.3
	〃	3	90	90	366	85.8	67.0	100	72.5
無放飼園	A Jonathan	3	300	300	1276	7.2	5.5	20.0	6.3
	B Starking Delicious	3	300	90	403	25.5	12.2	54.5	36.5
	C Jonathan	3	90	300	1246	14.3	6.4	29.6	7.9
	Jonathan	3	300	300	1269	23.7	7.8	38.7	27.7

表91. 想定稔実種子数に対する稔実種子率(%)

中心 側果の別	調査区	品種	調査樹	調査果数	想定種子稔実数	稔実種子数	同稔実率%
中心果	放飼園	Jonathan	3	60	600	411	69.0
		Starking Delicious	3	60	600	330	55.0
		〃	3	60	600	440	73.0
		〃	3	60	600	394	66.0
	無放飼園	A Jonathan	3	60	600	367	61.0
		B Jonathan	3	60	600	374	62.0
		C Jonathan	3	60	600	249	42.0
側果	無放飼園	Jonathan	3	90	900	406	45.0
		Starking Delicious	3	90	900	338	38.0
		〃	3	90	900	562	62.0
		〃	3	90	900	469	52.0
	無放飼園	A Jonathan	3	90	900	383	43.0
		B Jonathan	3	90	900	342	38.0
		C Jonathan	3	90	900	302	34.0

5. 地域別実用効果

A地域県北の圃場での放飼前における訪花昆虫の活動実態は表92のとおりである。

表92. 放飼前における訪花昆虫活動状況(県北A)

年	採集時間	種類と数
1971	午後1~2	オオクロバエ 1
		ホソヒラタアブ 1
		タネバエ 1
1973	午前10~11	ミツバチ 2
		ホシツヤヒラタアブ 2

表93はA(県北)における2年間の結果である。第1年目の Starking Delicious での中心果結実率は94%であった。これに対し無放飼園4個所の平均は70.0%であって、はるかに結実が少なかった。側果の結実率も放飼園に高い傾向が窺えたが、花叢結実率として見た場合は差がなかった。2年目の結果を、中心果の結実について見ると、放飼園での74.7%に対し、無放飼園4個所の平均は61.5%と低かった。無放飼園のなかでもB園は、放飼園同等の結実が見られたが、これはミツバチの訪花がやや多かったためと思われる。側果の結実状況は差が見られなかった。

B(県中)地域の圃場における4年間の各放飼直前1時間の訪花昆虫活動実態は、表94に示したとおりである。また利用効果の結果を表95に示した。

1年目における放飼効果は、放飼園の中心果結実率90.0%に対し、無放飼2個所平均54.3%より高かった。人工交配園は88.7%であって放飼園と同程度の結実率にとどまった。側果の結実状況では無放飼園のC園が最も高かった。花叢結実率は、放飼園や人工交配園がすぐれた。

2年目の放飼結果は、人工交配とほぼ同等の効果が見られ、無放飼園2個所平均31.4%より23.3%上廻った。側果の結実率は放飼園が高く、人工交配園は低かった。また無放飼園の結実率も低かった。

継続3年目のシマハナアブの実用結果もすぐれた。即ち放飼園の Starking Delicious の中心果結実率は、人工交配園をやや上廻る効果が見られ、無放飼の3園の平均34.1%より24.7%高かった。しかしF園は放飼園と同等の結実が見られた。また Jonathan について比較して見ると、放飼園は無放飼園3園の平均37%に対し43.3%であって効果が認められた。ふじの結実は、B園との比較であるが、放飼園は無放飼園より19.2%高い結実が

見られた。同じく Starking Delicious の側果の結実では、無放飼園との間に有効な差は見られなかった。しかしふじについてはすぐれた。JonathanはB、F園より低く、D園より著しくすぐれたが、他の園との間は同等であった。ことにF園の側果結実率が高かった。

4年目の放飼効果を見ると、Starking Delicious での中心果結実率は、人工交配園を6.7%上廻り、また無放飼園3個所の平均38.9%より31.8%高い結実が見られた。側果については差が少なかった。また花叢結実率では放飼園がすぐれた。

C地域(県南)での1972年から4年間の毎年放飼前における自然訪花昆虫の活動状況調査を行った結果を表96に、また継続放飼を試みて実用効果を検討した結果を表97に示した。

1年目の放飼園は2品種について調査したが、Jonathanでの中心果結実率68.7%に対し、無放飼の3個所平均は40.2%にとどまった。ふじについては無放飼園の平均37.3%より放飼園は32%上廻った結果が得られた。側果の結実は無放飼園より低率であったが、花叢結実率はすぐれた。2年目の Jonathan の中心果結実効果は、無放飼園3個所の平均38.8%より21.9%高かった。ふじについても同様であって、放飼園は無放飼園の平均46.3%より22.3%高かった。3年目の放飼効果を見ると、放飼園の Jonathan 中心果結実率60%に対し無放飼園2個所の平均31.3%であった。ふじについても同様に放飼園に著しい効果が認められた。側果や花叢の結実率も放飼園が高かった。4年目の効果も、ふじ、Starking Delicious とも無放飼園よりすぐれた。ことに同品種の中心果結実率は、無放飼3個所平均22%より28%高かった。側果の

表96. 放飼前における訪花昆虫活動状況(県南B)

年	採集時間	採集種数
1972	午前10~11	— 0
1973	10~11	タネバエ 2
1974	10~11	ホシツヤヒラタアブ 1
1975	10~11	— 0

結実率では、ふじについて見ると、C園との差がなかったが、B園との差は高かった。Starking Delicious においては放飼園がすぐれ、また花叢結実率でも放飼園の同品種に高い傾向が見られた。

圃場での実用化試験の初年度において、3圃場について結実調査に合せて種子稔実状況について検討した結果を表98に示した。また収穫時において、5年枝における

表93. シマハナアブのリンゴ園利用効果(県北A)

年 度	条 件	調査樹	調 査 花 叢	中 心 花 数	中心果平均 結実率%	側 果	側果平均 結実率%	花 叢 結 実 率 %
1973	放 飼 園	3	150	150	94.0	606	55.5	100
	対 照 A	3	150	150	64.0	609	49.3	99.3
	無放飼園 B	3	150	150	77.3	602	26.3	94.7
	C	3	150	150	22.7	602	31.2	100
	D	3	150	150	76.0	614	42.9	99.3
1973	放 飼 園	3	150	150	74.7	604	17.4	92.0
	対 照 A	3	150	150	62.7	574	15.6	56.7
	無放飼園 C	3	150	150	73.3	549	28.6	82.0
	D	3	150	150	60.0	542	27.0	90.6
		3	150	150	50.0	570	13.2	84.6

表94. 放飼前における訪花昆虫活動状況(県中B)

年 度	採 集 時 間	種 類	総 計
1972	午 後 1 ~ 2	ミツバチ	3
		タネバエ	3
		モンシロチョウ	1
		オオクロバエ	4
		ホシツヤヒラタアブ	4
		キンバエ	3
		テントウムシ	1
1973	午 前 11 ~ 12	ミツバチ	2
		オオクロバエ	2
		タネバエ	4
		ホシツヤヒラタアブ	1
1974	午 前 10 ~ 11	ミツバチ	5
		シマハナアブ	2
		キンバエ	1
1975	午 前 10 ~ 11	ミツバチ	2
		シマハナアブ	1
		ホシツヤヒラタアブ	1
		オオクロバエ	1

表95. シマハナアブのリンゴ園利用効果 (県中B)

年度	条 件	品 種	調 査 樹	調 査 花 叢	中 心 花 数	中 心 果 結 実 %	側花	側果平均 結実率%	花 叢 結 実 率 %
1972	放 飼 園	Starking Delicious	3	150	150	90.0	606	45.3	100
	対 照 A※	Starking Delicious	3	150	150	88.7	586	23.1	100
		〃	3	150	150	41.3	589	14.7	68.0
		〃	3	150	150	67.3	556	60.1	96.0
1973	放 飼 園	Starking Delicious	3	150	150	54.7	612	28.6	93.2
	対 照 A	Starking Delicious	3	150	150	62.0	612	12.8	85.3
		〃	3	150	150	38.7	627	11.5	64.7
		〃	3	150	150	24.0	610	22.7	62.0
1974	放 飼 園	Starking Delicious	3	150	150	50.0	602	13.1	70.7
	〃	Jonathan	3	150	150	43.3	575	17.6	79.3
		〃	3	150	150	69.2	649	39.2	82.0
	対 照 A	Starking Delicious	3	150	150	48.0	592	12.7	94.0
		〃	3	150	150	50.0	626	20.9	70.0
		Jonathan	3	150	150	38.6	605	27.2	57.3
		Starking Delicious	3	150	150	24.7	592	11.7	48.0
		〃	3	150	150	26.0	592	6.4	57.3
		Jonathan	3	150	150	34.7	606	40.1	56.7
Starking Delicious Jonathan		3	150	150	51.6	0606	17.5	68.7	
Jonathan	3	150	150	37.7	590	17.4	60.7		
1975	放 飼 園	Starking Delicious	3	150	150	70.7	605	10.3	79.3
	対 照 A	Starking Delicious	3	150	150	64.0	612	12.1	77.0
		〃	3	150	150	32.7	503	8.0	51.3
		〃	3	150	150	40.7	591	9.9	60.0
		〃	3	150	150	43.3	588	15.2	72.0

A※ 人工交配園

表97. シマハナアブのリンゴ園利用効果 (県南C)

年度	条 件	品 種	調 査 樹	調 査 花 叢	中 心 花	中心果平均 結 実 率%	側果	側果平均 結実率%	花 結 実 率 %
1972	放飼園	Jonathan	3	150	150	68.7	636	36.2	100
		ふ じ	3	150	150	69.3	681	53.5	100
	対象園	A Jonathan	3	150	150	48.0	578	57.8	100
		B " "	3	150	150	25.3	581	41.2	76.0
		ふ じ	3	150	150	25.3	532	29.1	86.0
		C Jonathan	3	150	150	47.3	577	42.4	86.0
	ふ じ	3	150	150	49.3	596	51.1	92.7	
1973	放飼園	Jonathan	3	150	150	60.7	591	14.7	88.7
		ふ じ	3	150	150	68.6	626	30.7	94.7
	対象園	A Jonathan	3	150	150	48.0	579	11.5	72.7
		B " "	3	150	150	34.6	574	18.3	71.3
		ふ じ	3	150	150	46.0	598	22.3	78.0
		C Jonathan	3	150	150	34.0	577	15.5	67.3
	ふ じ	3	150	150	46.7	590	14.9	71.3	
1974	放飼園	Jonathan	3	150	150	60.0	600	40.0	91.5
		ふ じ	3	150	150	70.0	600	28.3	91.3
	対象園	B Jonathan	3	150	150	14.7	542	14.8	50.0
		D ふ じ	3	150	150	28.0	602	20.9	67.3
		D " "	3	150	150	30.0	604	18.9	50.7
	D Jonathan	3	150	150	48.0	601	27.0	71.3	
1975	放飼園	ふ じ	3	150	150	41.3	584	17.1	52.0
		Starking Delicious	3	150	150	50.0	551	34.3	64.0
	対象園	A Starking Delicious	3	150	150	22.0	577	16.7	50.0
		B ふ じ	3	150	150	33.3	578	9.7	50.7
		C Starking Delicious	3	150	150	31.3	614	15.2	56.7
		D ふ じ	3	150	150	38.7	593	16.3	59.3
	D Starking Delicious	3	150	150	12.7	575	8.2	37.3	

表98. シマハナアップのリンゴ園利用による種子稔実状況

場所	条件	品種	調査樹	調査果数 中心果	想定種子 稔実数	稔実 種子数	1果当平均 種子数	想定種子数に対する 稔実種子率%
A 県南	放飼園	Jonathan	3	90	900	639	7.1	71.0
	対照 A C	Jonathan	3	90	900	666	7.4	74.0
		"	3	90	900	562	6.2	62.0
	放飼園 対照 C	ふじ "	3 3	30 30	300 300	337 240	11.2 8.0	112.0 80.0
B 県中	放飼園	Starking Delicious	3	90	900	844	9.3	94.0
	人工交配 A	"	3	90	900	670	7.4	74.0
	対照 B C	"	3	90	900	740	8.0	82.0
		"	3	90	900	659	7.3	73.0
C 県北	放飼園	Starking Delicious	3	123	1230	818	6.6	67.0
	対照 A B C	"	3	97	970	671	6.8	69.0
		"	3	75	750	516	6.8	69.0
		"	3	40	400	254	6.3	64.0

表99. 放飼園の最終的着果数

場所	条件	品種	調査樹数	調査枝数 (5年枝)	結実数	1枝当平均 着果数
二戸 (A)	放飼園	Starking Delicious	3	15	157	10.7
	対照 A B C	"	3	15	124	8.2
		"	3	15	143	9.6
		"	3	15	125	8.3
盛岡 (B)	放飼園	Starking Delicious	3	15	240	16.0
	人工受粉 A	"	3	15	183	12.3
	B	"	3	15	151	10.1
	対照 A	"	3	15	54	3.6
水沢 (C)	放飼園	Jonathan	3	15	265	17.6
	対照 A B C	"	3	15	142	9.4
		"	3	15	170	11.3
		"	3	15	149	9.9
	放飼園	ふじ	3	15	263	17.5
	対照 A B	"	3	15	75	4.9
"		3	15	125	8.3	

表100. シマハナアブの広域実用化による結実効果(1年目. 1975.)

調査No.	品種	調査樹	総花数 平均	中心果 結実数	同%	側果 結実数 平均	同%	花叢 結実数 平均	同%	不結実 花叢数 平均	同%	
放飼園 A	ふじ	3	235.3	41.7	83.3	77.7	42.1	47.3	94.7	2.7	5.3	
	Jonathan	3	231.7	40.7	81.3	39.3	21.7	43.0	86.0	7.0	14.0	
	Starking Delicious	3	253.7	38.0	76.0	53.0	26.0	44.7	89.3	5.3	10.7	
	B	"	3	256.3	40.0	80.4	57.7	27.7	46.3	92.7	3.7	7.3
	Jonathan	3	253.0	37.7	75.3	21.7	10.7	42.7	85.3	7.3	11.7	
	C	Starking Delicious	3	254.0	37.3	74.7	73.7	36.1	45.0	90.0	5.0	10.0
	D	"	3	251.3	28.7	77.3	75.3	37.4	43.7	87.3	6.3	9.3
	Jonathan	3	254.3	32.3	64.7	85.7	41.8	45.7	91.3	4.7	5.3	
人工 交配園	Starking Delicious	3	251.3	35.3	70.0	64.3	31.9	44.3	88.7	5.7	11.3	
無放飼園	Jonathan	3	251.0	26.0	52.0	47.7	23.7	38.3	76.7	11.7	23.3	
"	Starking Delicious	3	252.0	24.0	48.0	67.7	33.5	41.7	83.3	8.3	16.7	
"	Jonathan	3	251.0	27.7	55.3	66.3	33.0	43.0	86.0	7.0	14.0	
"	ふじ	3	254.3	31.0	62.0	43.0	21.0	43.7	87.3	6.3	12.7	
"	Starking Delicious	3	251.0	24.0	48.0	29.0	14.4	32.7	65.3	17.3	34.7	

表101. シマハナアブの広域実用化による結実効果(2年目. 1976)

園地 No.	品 種	調査樹	総花数	中心 花数	同結実 %	側果 数	同結実 %	花叢 結実数	同 %	
放飼園	A	Starking Delicious	3	753	150	88.0	603	22.5	141	94.0
	B	"	3	761	150	84.7	611	20.0	142	94.7
	C	"	3	763	150	96.3	613	36.2	149	99.3
	D	"	3	764	150	90.0	614	35.7	150	100
無放飼園	"	3	757	150	27.3	607	9.0	110	73.3	
"	"	3	751	150	53.3	601	12.1	113	75.3	

着果数について、それぞれの圃場調査した結果を表99に示した。種子の稔実状況は、A圃場での Jonathan では判然としなかった。またふじでは無放飼園より稔実数が多かった。B圃場での Starking Delicious においては、人工交配園より20%高く、また無放飼園2個所平均77.5%より12.5%高かった。C圃場での Starking Delicious については無放飼園との間に差が見られなかった。

最終的な着果状況では Starking Delicious の5年枝1本当たりの平均着果数で見ると、A圃場の無放飼園3個所の平均8.7果に対し、放飼園は10.7果であった。B圃場の同様品種において無放飼園2個所平均6.8果に対し、放飼園は16果であり、人工交配園での12.3果より多かった。C圃場における Jonathan では無放飼園3個所平均10.2果より放飼園は7.2果多かった。またふじも同様な傾向にあって、放飼園では無放飼園よりも着果数を多く認めた。図45に各圃場での年次別中心果の結実状況を示した。

6. 広域実用効果

1年目に実用化した Starking Delicious の中心果結実率は表100のとおりである。放飼園4個所平均は38.5%であり、人工交配園の35.3%よりやや上廻った結実が

見られた。無放飼園2個所平均は24%にとどまって低かった。側果ならびに花叢結実率では放飼と無放飼園間に差は見られなかった。Jonathan では同様に中心果の結実を見ると、放飼園3個所平均は、36.7%であり、無放飼園は26.8%と低かった。また側果、花叢結実率では圃地による差があつて明らかでなかった。ふじについては各1圃調査であったが、中心果の結実率は放飼園がすぐれ、側果の結実率や果叢結実率も高かった。

2年目における結果は、表101のとおりである。中心果の結実率は無放飼園2個所の平均40.3%に対し、放飼園は平均89.8%の高率の結実が見られた。ことにC、D圃場では90%以上のすぐれた結実であった。側果の結実も中心果同様に放飼園に高く、無放飼園では低率であった。果叢結実率についても放飼園がすぐれた。

考 察

シマハナアブのリンゴにおける訪花性、花粉の付着状況などから見て、媒介能力の高いことが推察されたが、中心花の雄蕊除去によって、他家からの花粉運搬が行わ

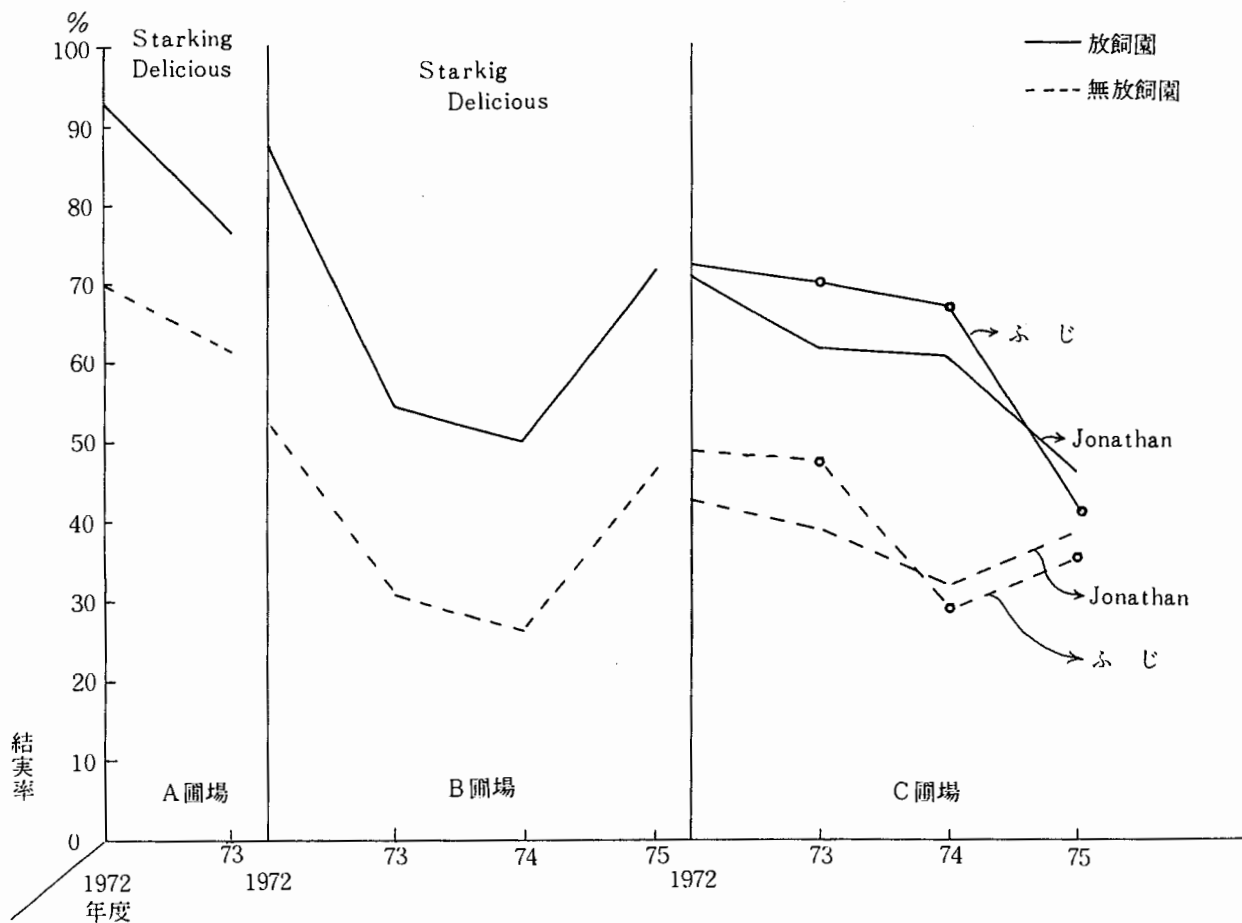


図45 シマハナアブ放飼園と無放飼園における中心果結実率の比較

れるかどうかについて検討した結果は、自然状態より30%増の高い結実率が得られ、シマハナアブの媒介能力のすぐれていることが実証された。雄ずい除去は中心花のみについて行った。リンゴの生産は、この中心果が目標となり、この結実率の低い場合は、品質低下はまぬがれないが、側花が対象にされる。したがって中心果の結実良否が生産上大きな問題になる。雄蕊を除去して完全防虫した場合は、まったく結実が見られない。

浅見²(1939)、永沢¹⁰⁵(1953、1960)¹⁰⁶は、リンゴ、和ナシ、洋ナシ、オウトウ、アンズ、スモモ、カキなど自家不親和性であって、品種間の差はあっても低率であるがために、受粉樹の混植の重要性を指摘している。また、Morris¹⁰⁸(1921)、Macら¹⁰⁹(1929、1930)¹¹⁰、Lenisら¹¹¹(1933)によってもリンゴの交配不親和性が試みられている。オウトウも同様であり、Cardnerら¹¹²(1913)、Tuffts¹¹³(1925)、カキについては、Asami(1936)¹¹⁴、横沢ら¹¹⁵(1971)によってミツバチの利用、また受粉樹の本数によって有種子果率に距離的な差が見られている。したがって落葉果樹にあっては、開園時に受粉樹の混植は最大の注意をもって配置することが重要であろう。そこに有力な pollinator を利用しても、その役割りは果たせない。従来からの利用可能な昆虫はミツバチのみであったことから、極めて制約を受けていたといえよう。最近に至って一部篤志家によって利用されていた。筒営巢性のマメコバチがあるが、この2種を対象として、シマハナアブの比較では、中心果の結実率でミツバチの37%に対し、32.6%の結果が見られ、同等の花粉媒介能力を備えているものと考えられる。3種のうちでは、マメコバチの効果が最もすぐれていたが、山田(1971)⁹⁶においてもミツバチ以上の効果が判明している。しかしこの昆虫は増殖力と定着性の低率、天敵による被害の高いことが障害となっている。昆虫を利用する場合、効率化を計るためには、適正量を用いることが必要であるが、シマハナアブを量別に放飼した場合、中心果の結実率は自然状態の65.4%と同等には3匹の段階にあって、これより多量放飼することによって結実は高まってゆく。圃場での実用化試験の結果から見て、人工受粉の場合は10a 2万花前後実施するが、シマハナアブの所要量は1000~3000匹の範囲にとどまることが推察される。

利用昆虫が、その場所にとどまることは極めて重要であるが、ミツバチの場合その多くの事例を見ると、導入した園地に少く、隣接園や、さらに離れた園地への流動が多い。これはその社会構造のしくみと行動習性に関係するものと思われる。利用園地での訪花効率を高めるためには、さらに巣箱の位置や、距離等考慮しなければならないであろう。シマハナアブは帰巢性のないことから、

ともすれば、圃場放飼の場合は分散が著しく高められることが懸念される。しかし放飼後の分散は比較的短い距離にあり、均一的傾向が見られ放飼3日後の観察においても、かなりの訪花虫が見られていたことから、他花への流動率は少ないものと考えられる。

圃場における実用効果

リンゴ園について訪花昆虫の利用効果の検討は、ミツバチの場合、古くから利用がありながらその資料にとぼしい。したがって2万匹を基準にした場合の利用面積が1haであったり、また3haとされて能率化が計られていない。シマハナアブの場合は、群社会を構成しない性質上、面積あたりの利用数を定めることは、極めて重要なことである。Jonathanを主体にした圃場での最初の実用化は、20aに対し2回利用を試みて、その合計からすると、10aあたり1315匹利用となる。放飼圃場の環境としては図37にみるように、水田、畑地に囲まれたなかに位置するが、放飼前調査による訪花昆虫相は極めて貧弱な状況であり、結実も毎年不安定な状態にあったといえよう。この圃場の過去5年間の中心果結実率を見ても、低い年で19%、多い年でも39%にとどまっていることは、訪花昆虫不在による影響が高かったものと考えられる。リンゴの生産は中心果の結実率が最低40%前後を必要とし、これより下廻る場合は著しく生産が不安定化する。これらの改善として、人工受粉という過剰労費投下の救助策が講じられるが、渋川(1972)¹¹⁶は、現行技術の4大系における年間所要労力は少なく、441.5時間、多い場合は554.9時間(10a当り)であることから、さらに267.2時間前後を目標とし、人工受粉の時間は10時間前後目標とされている。リンゴの栽培において20時間以上100時間を要している作業には、整枝剪定、人工受粉、摘花(果)、袋かけ、除袋、着色手入、収穫があげられ、圃場によっては薬剤散布や土壌管理に多労を要しているが、無袋栽培地帯では、袋かけ、除袋に要する130時間前後は省略されても、なお人工受粉に要する30時間前後は解消されないでいる。この解消には訪花昆虫利用に最も期待されるものであるが、一方においては昆虫の活動を好適にする園内外の環境保持が必要とされよう。訪花昆虫の多少は結実量の増減に関係するのみにとどまらず、果実の品質にも影響してくる。一般に虫媒花にある作物の結実昆虫による訪花の有無は結実量に直接影響をおよぼしてくるが、さらに授粉の不良は、種子の軽量化、不稔種子の出現により果実の変形的影響を生じて、品質低下をまねくことになる。リンゴにおいての種子数は、5室10個が普通であるが、シマハナアブを利用しない場合の種子結実率は、利用圃場のそれより20%近く少ないことから見て

も、多くの訪花昆虫不足園では、完全稔実が得られないままの果実発育となって、多くの不正形果を生産していることは、否めないことである。

結実の良否は、基礎的に他花から花粉の運搬が行われなければ結実が得られないが、その年の開花量の多少によっても左右される。このことはまた剪定が適正であったかどうか、さらに前年における花芽の分化状態に関係してくる。また施肥、防除や摘果等、果樹園に投入される管理作業の影響も大きいとともに大規模の栽培になるに従い、受粉樹の混植状態によって著しく左右されることを考慮しなければならないであろう。面積拡大にとともに、その内部の結実量の減少は、図44にあるような事例が各地に見られている。これは、訪花昆虫が主に外周樹に集り、内部の訪花が行われなことに起因するものである。試験園の北側には20a、東側には10aの隣接園があるため、図38に示したような配例による Jonathan の結実率は、内部に向うに従い、結実の良、不良年を問わず低下している。しかし、シマハナアブの利用によって内部樹の結実率は、外周樹と同程度に確保されていることから見て、利用性の高いことが窺えるものである。

地域別実用効果

1972年より岩手県の北、中、南部の3地域で継続的に放飼を試みた結果も、先の圃場試験例と同様な効果が見られ、シマハナアブの花粉媒介利用昆虫としての有用性が実証された。

県北部では2年間、中部と南部は4年間継続的に検討を試みた。いずれも調査年間をとおして人工受粉の省略園である。10a当りの放飼量は、各地域、また年によって一定でないが、1000~3000匹の推定範囲内の数量を用いた結果、最低所要数1000匹利用で、安定的結実量が得られることが窺えた。また放飼時期は基準品種の中心花の開花状況をもとにして行われたが、シマハナアブの生存期間、ならびに受粉樹の開花状況から見て、主なる品種の30~50%開花時利用が適当と考える。リンゴでの開花は Jonathan を例にとれば、花芽の場合中心花50%開花まで3~5日であり、側花に及んで満開になるまでさらに2~3日であることから比較的短期間のうちに満開に達し、この間高温であれば著しく進展が早くなる。したがってシマハナアブの放飼時間の決定は中心花主体を考え、その進展に適合させた利用が必要である。

放飼は各地域とも午前中に行われたが、放飼時間は施設からの導入方法によって、午後に行われることもあり得ることから、到着時点で直ちに放飼を行うことになろう。時間的配慮が可能ならば、シマハナアブの活動性を高めるためには、12時前後の時間帯に行うことが望まし

いといえよう。

運搬は自動車による方法がとられたが、これは試験園が、増殖場所から比較的近距離にあることから可能であったが、遠距離の場合には他の方法によらなければならないであろう。その場合は成虫以外の蛹、あるいは老熟幼虫態での導入により、現地羽化となるためさらに開花期の把握を適確にして利用しなければならない。

放飼園の環境から見て、訪花昆虫の活動は県中での圃場にやや認められるも、県北、南部は少なく、ことに水田単作地域内にある県南での圃場では著しく少なかったが、訪花昆虫の多少は、地域環境によって著しく異っておりまた、年による変動が大きい。ことに農薬の広域、多回数使用地帯などは、その影響による減少が著しいため、結実が不安定化していることからすれば、これらの改善を要すると共に、積極的な訪花昆虫導入によって結実向上をみなければならない。

広域実用効果

この増殖施設の最大飼育量は100~150万匹であるが、実験事業として実用化の段階に入ったのは1975年の春からであり、開始当初にあるため、利用数は目標数量よりかなり少なかった。しかし第1年目、2年目の効果に見るように、利用園の中心果結実率はいずれも高率であって実用性がすぐれていることが窺えた。ことに第2年目における結実状況は、過剰結実傾向にあって、むしろ摘果労力の増大が懸念される程であった。しかし現在の摘果作業に対する省力化はNAC剤などの利用による。薬剤摘果方法の技術の確立によって著しく緩和され、能率化が計られていることから、その恐れは解消されてくる。栽培農家としては、過剰結実より、結実不足の心配が最大であって、よりすぐれた良果を選択摘果することから見ても、結実の多いことが望まれるものである。

広域利用の場合において、利用する農家側としては、放飼可能なシマハナアブ容器が、到着次第に放飼すれば良いが、第1年目に羽化率が低かったために、農家側より製品の不均一性が提起されたことから、第2年目においては、羽化率を高めて配布された。このように、利用者側としての問題は少なかったが、増殖施設側における改善点が多く考えられる。配布方式としては、農協において各農家の発注を受け、そのまとめ量数に従って、施設は増殖計画を立てて運営されることが合理的であるが、増殖の過程における品質の均一性を計ることが重要である。即ち成虫飼育から、孵化→幼虫飼育→蛹化→羽化のなかで、幼虫飼育時に個体差の少ない均一発育虫を得る必要がある。幼虫発育に不均一性を生ずると、蛹化に関係し、羽化の不揃、低率に影響してくる。また施設は地域

農業改良普及所、農協との連携を高め、リンゴの開花時期の子想を適切に把握して、利用に備えなければならない。この予測があって始めて羽化の均一が計られ、利用の円滑化が得られるものとする。

摘 要

シマハナアブのリンゴにおける花粉媒介能力について、検討した結果はつぎのようである。

1. リンゴ Starking Delicious を用い開花前に雄蕊除去による受粉効果は、完全防虫区の無結実に対し、シマハナアブ区は、中心果結実率90%、花叢結実率100%であって、自然状態より20~30%高かった。

2. ミツバチ、マメコバチの2種の蜂類との受粉効果を見るに、中心果の結実は32.6%であって、ミツバチの37%とほぼ同等の効果が見られ、媒介能力はミツバチと同等と思われる。

3. 放飼量別に検討した結実効果は、自然状態での中心果結実率65.4%に対して3匹利用が同等効果であり、5匹では71.4%、15匹では100%結実効果が得られた。

4. 圃場における放飼後の分散状況は、同心円的な広がりが見られた。放飼1時間後に全体の30%が捕虫され、3日後における訪花も多く観察されたことから、他に流動することは少ないものとする。

5. 人工飼育したシマハナアブを大量に圃場放飼を試み、その実用効果を検討した結果はつぎのようである。

Jonathan 主体の園において、5月18日(開花3日後)に10a当り1100匹、5月21日(満開期)に1530匹の2回放飼を行った結果、過去5年間における訪花昆虫無利用、人工受粉省略での平均中心果結実率28.2%であったが、放飼による効果は中心果結実率43.3%に達し、また無放飼園は15.1%にとどまった。Starking Delicious では放飼園44.4%結実に対し、無放飼園は25.5%であった。種子の稔実率も放飼園が高かった。無放飼の場合は、園外周樹に結実が高く、中心樹に低い傾向にあったものが、放飼によって、全樹平均的高率の結実が得られた。

地域利用効果

岩手県の3箇所リンゴ栽培地帯の圃場において、(県北2年間、県中、県南では4年間継続)人工飼育虫を開花期に10a1000匹を基準として放飼を行い、実用性を検討した。3箇所の園では、いずれも訪花昆虫の利用はなく、人工受粉も省略した。

A地域(県北)での2年間継続放飼の効果は、中心果結実率では第1年目 Starking Delicious 94%に対し、無放飼園4箇所平均70.0%であった。2年目放飼園74.7%

に対し、無放飼園では同様に61.5%であった。

B地域(県中)における4年間利用における結実効果は Starking Delicious について見ると、放飼園の中心果結実率平均66.4%に対し、無放飼園は39.7%であって放飼園の結実がすぐれ、人工受粉園の平均65.2%と同等の効果が見られた。また Jonathan、ふじについても検討した結果、Starking Delicious 同様に放飼園の結実がすぐれた。

C地域(県南)での効果は最初の3年間は、Jonathan ならびにふじを対象とし、最終年はふじと Starking Delicious について実施した。

Jonathan での中心果結実率は放飼園の3年間平均63.1%に対し、無放飼園は36.7%にとどまった。ふじの4年間について見ると、放飼園の中心果結実率平均62.3%に対し、無放飼園は37.2%と著しく低率であった。

Starking Delicious においては放飼園での50.0%結実に対し、無放飼園は22%であって結実はすぐれなかった。種子の稔実状況を見ても、想定種子数に対する稔実種子率は、Jonathanにおいて放飼園の71%に対し、無放飼園68.0%、ふじでは112.0%対80.0%であって、この品種の稔実はすぐれた。Starking Delicious での放飼園は80.5%に対し、無放飼園は72.4%であり、人工受粉の74.0%より高かった。

最終的な着果数について、5年枝で見ると、A、B、Cの各地域とも放飼園が多く、それだけ生産量を増していることがいえる。

広域実用化については、第1年目は20ha、第2年目40ha(10a当り1000匹利用)に利用拡大の放飼を実施した。その第1年における放飼園での Starking Delicious の中心果結実率平均77.1%に対し、無放飼園は48.0%であり、Jonathanは73.7%に対し53.6%と無放飼園が低かった。第2年目の同様品種について見ると、放飼園の中心果結実率平均89.8%に対し、40.3%と無放飼園の結実は不十分であった。

総合的な実証試験の結果から、10aに要するシマハナアブの最低数量は1000匹と考えられる。

第2節 シマハナアブの果菜類実用効果

緒 言

野菜栽培において、昆虫を必要とするのは主に果菜類であるが、杉山(1966)¹²⁾はその種類を自家受粉と他家受粉に大別される。イチゴ、スイカ、メロン、キュウリ、マクワウリ、カボチャ、ユウガオなどの結実は、訪花昆虫によってその役割りが果されている。しかし、作型の

変化、天候によって訪花昆虫活動に変化を生じ、受粉の円滑性が失われている場面が多いと考える。メロンなどは、その補助手段としての人工受粉をぬきにしては栽培が成立しないものがあり、またイチゴの栽培は暖地農業地帯に発祥したが、園芸資材の質的向上と改良や、また作型の研究によって、東北地域から北海道での寒冷地域においても栽培が可能になり、重要な作物となって発展している。この普及性は収益性の高いことを意味するが、各地において栽培上における大きな障害となっているのは、奇形果の防止対策である。奇形果の発生は作型によって異なるが、その主な原因として品種間差、温度障害、日照不足、雌蕊障害、受精不能、ウィルス関係、薬剤の影響等、単一要因ではなく複雑な要因のもとに発生しているという。しかしイチゴは基本的に虫媒花であることから、花粉媒介上昆虫の存在有無が最も問題となろう。しかもハウスという外界との隔離状態の特殊条件下と昆虫不活動の寒冷期の栽培に主体がおかれていることから、当然このことが問題になろう。したがって、新たに開発したシマハナアブの花粉媒介昆虫としての実用性について、ハウスイチゴを主な対象として検討するものである。

1. イチゴにおける 訪花生態と花粉媒介能力

緒 言

人工飼育した昆虫について最も関心がはらわれるのは、自然昆虫と同様な性質が保たれているかどうかにある。増殖天敵利用の場合にその害虫に対する捕食性、あるいは寄生性についての解明が重点的に進められているが、用いられる目的が花粉媒介用であっても同様な観点のもとに究明しなければならないことは言うまでもない。したがって人工増殖したシマハナアブを用いて最も栽培上に問題を投げているハウスイチゴの奇形果防止に関する花粉媒介能力、およびハウス内での訪花生態について究明し、その利用上における基礎資料を得ようとするものである。

実 験 方 法

(1). 訪花回数と日周活動

盛岡市上太田の農家のハウスイチゴを用い、開花期に放飼して、一定時間における訪花回数、ならびに花上における滞在時間を検討するとともに、放飼数を異にした場合における日周活動調査とともに、温度観測、開花状況調査を併行しながら、ハウス内を巡回して実施した。

供試したハウスの面積196 m²、内部に逃亡防止のために白井300番の寒冷紗を張った。品種ダナー、定植期8月30日、畦巾110 cm、株間36cm、条間36cmの3条3列植、ビニール被覆1月20日、カーテンおよびトンネル被覆2月3日、施肥(kg/10a)N18.3、P36.5、K28.0とし、放飼前後の薬剤散布は中止した。放飼時期3月21日～25日に行い、3.3 m²当り放飼数は5、6、7匹を設置した。

(2). ハウス内の訪花分布

1の農家圃場において3.3 m²当りの放飼虫数7匹区を設置し、そのハウスの左右入口辺と中央部の3個所で、午前8時から午後5時までの間、1時間ごとに訪花したシマハナアブ雌雄別に調査し、合せてハウス内の温度観測を実施した。

(3). 放飼虫の有効期間

1の農家圃場において、3.3 m²当り、5、6、7匹放飼区に設置して、表102の条件のもとに2回に分けて放飼を試み、時間的に訪花活動の高い12時から1時の間の訪花量を調査して、有効期間を把握しようとした。

表102. ハウスイチゴ利用による有効期間検討条件
(雌雄対比1:1)

品 種	ハウス No.	面積 (m ²)	放 飼 数		放 飼 時 期	
			1 回	2 回	月・日 1回	月・日 2回
ダナー	1	198	150	150	3.21-25	4.4-5
(半促成栽培	2	198	200	160	3.21-25	4.4-5
定植9.26)	3	198	200	170	3.21-25	4.4-5

(4). ハウス開放時の逃亡状態

逃亡防止の寒冷紗を用いない場合に、管理上行われるビニールの裾あげ時に、外部への流動状況について、紫波町赤沢の農家圃場で検討した。ハウスは南北に5棟配列され、1棟の面積198 m²、その中央ハウスに放飼した。放飼は4月12日3.3 m²当り4匹とした。品種宝交早生、定植10月15日、畦間36cm、株間30cm、3条の3列植、ビニール被覆1月28日、施肥は慣行に従った。放飼期の薬剤散布は中止した。

(5). 雄蕊除去による花粉媒介能力

場内露地栽培のイチゴ(品種ダナー)を、開花前に白井300番寒冷紗で覆い、1区3.3 m²に仕切りをし区内の交流を遮断した。1区15株の各株第1花房の第2～3花を対照とし、開花前日の花の雄蕊を除去して、シマハナアブを放飼した。放飼は4月10日、3.3 m²当り10匹を用いた。耕種法は慣行法に従った。

(6). シマハナアブの実用効果

予備試験として試験場内の露地栽培のイチゴ各区80cm²

(供試品種ダナー株数15株)を開花前の5月17日に防虫網で覆い、5月22日に10匹、5匹の放飼区と無放飼防虫区を設置して、自然区と比較した。耕種法は慣行に準じた。

(7). 現地ハウスイチゴ実用効果

先の訪花生態に関する放飼量別試験農家において、3.3㎡当り5、6、7区放飼区の奇形防止効果と、収量調査を実施した。

(8). ハウスイチゴ利用に関する共同研究共同研究者

鳥取県農業試験場西伯分場
香川県 〃 三木分場
奈良県 〃
佐賀県 〃

4場所との共同研究のもとに、人工飼育したシマハナアブの老熟幼虫を送付して、現地において蛹化と羽化を行い、ハウスイチゴに放飼して奇形果発生防止に関する実用効果について検討した。

(1). 鳥取県農業試験場での実用効果

促成栽培による宝交早生を供試し、1区10株3連制、ビニール二重被覆は12月2日に行った。畦中110cm、株間25cm、条間30cm、2条植とする。施肥量は(三成分量a/kg) N1.2、P2.0、K1.4を施用、株冷蔵の入庫期は12月1日、出庫12月13日同日定植、12月20日株当り10ppmを株当り5cc1回GA処理を行う。放飼は羽化に従い2月3日から開始し、3月25日に終了した。奇形果の区別は表103にしたがった。

表103. 奇形果の区分

区 分	形 状
鶏 冠 状 果	扇状または、とさか形のもの
縦 溝 果	※正常果の形で縦に溝を生じたもの
受精不完全果	凸凹果、さきづまり果

※溝を生じた個所は種子の発育不良である。

(2). 香川県農業試験場三木分場での実用効果

短冷栽培による宝交早生を供試し、30㎡ハウスを2等分して無放飼区と放飼区を設置した。耕種は慣行に従い12月12日、a当り1000匹を放飼した。放飼の当日開花しているものは除去した。

(3). 奈良県農業試験場での実用効果

宝交早生の電照半促成栽培ハウスを供試した。各区30株2区制にして、第1回放飼期1月4日から2月1日の間と第2回放飼2月14日から2月28日間3.3㎡当り10匹にとどめた。調査は3月10日から5回無放飼区対比のもとに収量、不受精果について調査を実施した。

(4). 佐賀県農業試験場

供試品種はハルノカを供試し1区3㎡(1区制)を、白井300番寒冷紗で覆い、10匹と5区放飼区を設置し、無放飼区と比較した。シマハナアブの放飼は2月5日から24日までの間とした。耕種状況は10月29日に定植、ビニール被覆は11月25日に行った。保温は二重被覆として、加温は行わない。施肥は残肥量が多いため、生育途中2回の追肥にとどめた。薬剤散布は放飼終了後の3月10日以降に実施した。

実 験 結 果

(1). 訪花回数と日周活動

放飼個体の5分間における訪花数は表104のとおりであった。雌雄別では、雌虫の訪花数が雄に比較してやや少くなっている。雌虫で最も多い場合は14花が見られ、5花が最も少かった。雄虫では最高16花、最低8花であった。また表105は雌雄別に見た花上における滞在時間の結果である。雌虫に対し、雄虫の滞在時間がやや短かった。滞在の最長は雌虫で7分15秒であり最短では5秒であった。雄虫の最長は4分15秒であり、最短は15秒であった。

シマハナアブのハウス内での日周活動について検討した結果を図46に示した。3.3㎡当りの放飼数の多少にかかわらず、日中における訪花状況はいづれも同様な経過をたどっている。各区とも8時以後(気温13度)から訪花活動に入り、温度の上昇にともなって12時以降急速に高まって午後2時にピークが見られた。以後活動が低下している。

(2). ハウス内での訪花分布

ハウス内での分布状態では表106に示したとおりである。南北に位置した細長い形のハウスでの各場所とも8時以後からの訪花が行われているが、ことに南側の場所に午後1時から2時の間に雄虫が著しく多く訪花が見られた。またこの場所において雌虫の訪花が雄虫より遅く現れた。

(3). 放飼虫の有効期間

放飼後における訪花率から見た有効期間の状況について表107に示した。第1回放飼4日後の訪花率は各区とも高く、10日後の訪花も多く見られた。しかし15日後では3.3㎡当り7匹放飼区を除いた区は減少が目立っている。第2回放飼以後の状況では、13日後では減少は多くないが、18日後に至ると訪花数が減少していた。放飼28日後では3.3㎡当り7匹を除いた区は訪花が見られなかった。

(4). ハウス開放時の逃亡状況

表104. シマハナアブのイチゴ訪花数(5分間)

個体No.	性別	
	♀	♂
1	5	8
2	9	11
3	8	9
4	11	16
5	7	14
6	9	8
7	14	9
8	8	11
9	6	7
10	12	13
計	89	106
平均	8.9	10.6

表105.
シマハナアブのイチゴ花上における滞在時間

個体No.	性別	
	♀	♂
	分 秒	分 秒
1	0.30	2.20
2	1.15	1.45
3	7.15	4.15
4	5.12	0.20
5	1.00	0.20
6	3.20	0.15
7	3.30	2.30
8	0.30	3.25
9	0.20	1.50
10	0.30	2.15
11	1.15	1.00
12	0.10	0.25
13	0.45	1.00
14	0.20	0.35
15	0.05	1.51
16	2.05	0.30
17	1.00	0.50
18	1.00	0.40
19	0.05	1.20
20	0.30	0.15
計	28.37	24.21
平均	1.42	1.21

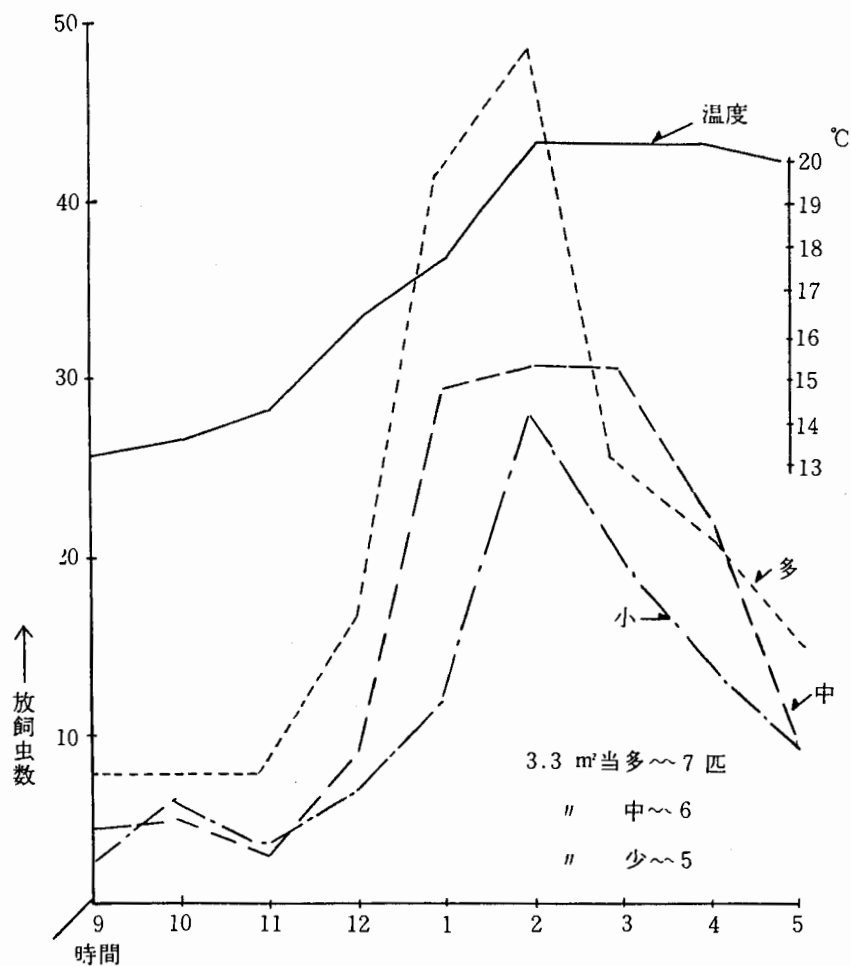


図46. 放飼量別のハウス内での日周活動 (品種ダナー)

表116 多量放飼区ハウスの位置による時間的訪花分布

位置	時間	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	計
	南	♀	0	0	0	0	2	8	6	4	2	
	♂	0	1	1	1	4	6	17	8	7	1	46
中央	♀	0	1	1	4	6	7	7	3	1	3	33
	♂	0	0	3	0	2	7	9	3	3	2	29
北側	♀	0	2	1	1	0	9	4	2	4	3	26
	♂	0	3	1	1	1	4	5	5	4	3	27
℃		13.0	13.0	13.4	13.8	15.0	17.6	20.0	20.0	20.0	19.8	

調査 4.6 198m² ハウス

表107. 放飼後の訪花率 (%)

ハウス No.	時期 月.日 放飼数	4日後			再放飼	8日後				
		10	15	20		13	18	23	28	
		3.25	30	4.4		4.12	17	22	27	5.2
1	150	36	19	7	150	55	17	15	14	0
	%	24.0	12.7	4.7		36.7	11.3	10.0	9.3	0
2	200	39	34	14	160	64	26	7	9	0
	%	19.5	17.0	7.0		40.0	16.3	4.4	5.6	0
3	250	65	33	33	170	54	30	10	9	0
	%	26.0	13.2	13.2		31.8	17.6	5.9	5.3	1.2

品種ダナー放飼始3.21~25 第2回4.4 ~ 5

表108. ハウス防虫網無使用による外部逃亡状況

月日	条件	放飼日	放飼数	訪花虫数	放飼数に対する 訪花率 %	隣接ハウス内 移動数	温度※
13			19	5.4		17.0	
14			32	9.7		21.0	
15			34	9.1		30.0	
16			32	9.1		27.0	
17			16	4.6	8	22.0	
18			12	3.4	5	23.0	
19			19	5.4	10	20.0	
20			—	—	—	—	

※12時測定

表109. シマハナアブの受粉能力(オシベ除去による稔実効果、品種ダナー)

調査区	供試花数	稔実果数	同%	正形果数	同%	奇形果数	同%	不稔果数	同%
	放飼区	15	15	100	15	100	0	0	0
無放飼区	15	10	66.6	0	0	10	66.6	5	33.3

重量規格区	7 g 以下	7.1~10 g	10.1~17 g	17.1~25 g	25 g 以上
	SS	S	M	L	LL
放飼区	2 (11.5)	4 (33.5)	8 (108.5)	1 (18.0)	-
無放飼区	8 (45.0)	1 (8.0)	1 (15.0)	-	-

表110. 放飼数を異にする利用効果(露地イチゴダナー寒冷紗使用)

放飼数区	品質 調査果数	良果			奇形果		奇形果%
		5 g 以上果		5 g 以下	5 g 以上	5 g 以下	
		個数	平均重量(g)				
10匹	19	255.4	14.2	0	1	0	5.3
5	27	216.3	10.3	0	5	0	18.5
防虫	10	87.2	12.3	1	2	0	20.0
自然	25	159.5	10.0	0	9	0	36.0

表111. ハウスイチゴ利用効果(品種ダナー)

調査区	調査株	収穫果数	正形果数	奇形果数	正形果%	奇形果%
3.3 m ² 当り 5 匹	60	1821	1636	185	89.8	10.2
	重量 g	17553	17553	1806	90.7	9.3
3.3 m ² 当り 6 匹	60	1584	1409	175	89.0	11.0
	重量 g	15468	13675	1793	88.4	11.9
3.3 m ² 当り 7 匹	60	1679	1535	144	91.4	8.6
	重量 g	19309	17861	1448	92.5	7.5
無放飼	60	1990	1400	590	70.4	29.6
	重量 g	17410	14295	3115	82.1	17.9

各区198 m²のハウスを使用、品種ダナー、放飼は3月21日と4月4日の2回

ハウスに寒冷紗を用いないで放飼を試みた場合の外部流動状況は表108に示したようである。流動は放飼8日後に至って隣接ハウスに見られた。このハウスの更に隣接するハウスへの流動は見られなかった。

(5). 雄蕊除去による花粉媒介能力

イチゴの雄蕊を開花前にあらかじめ除去して、シマハナアブを放飼し、花粉媒介能力を検討した結果、表109のとおりである。雄蕊を除去して放飼した区の結実率は、100%であり、奇形果の発生は見られなかった。対象とした雄蕊除去の無放飼の場合は、結実率66.7%にとどまり、すべて奇形果となった。33.3%は不稔化した。結実果の品質においても、放飼区では10.1~17gが多く、L級の果実も見られた。無放飼区の果実は7g以下のSS級が大半を占めて粗悪化した。

シマハナアブの実用効果（現地実用、共同研究）

露地栽培イチゴの良果と奇形果についての結果は表110のとおりである。6月16日までの収穫果の集計であるが、放飼区の奇形果の発生は、自然状態に比較して著しく少く、ことに10匹放飼区にすぐれた。

表111は、放飼虫数を異にした区の奇形果発生状況である。3.3㎡当りの放飼量間では大きな差は認められなかったが、無放飼区と差は著しかった。ことに7匹放飼区での奇形果が少かった。収穫果数では6匹放飼区が無

放飼区より少い傾向が見られたが、5、7匹区では多かった。さらに各区の規格別収穫果率については図47のようである。LL級の25.1g以上の果実では、7匹放飼区の占める割合は高く、また無放飼区は放飼区より低かった。L級果実は5匹区と無放飼区に多く認められた。M級果実では差が少く、またS級果実では無放飼区に少い傾向にあった。SS級の7g以下の果実は7匹放飼区が最も少く、5匹放飼区に多く現れた。

(6). シマハナアブの実用効果（現地実用、共同研究）

(1). 鳥取県農試西伯分場の結果は表112のとおりである。5g以上ならびに5g以下の果実の正常果の割合は放飼区が著しくすぐれた。奇形の症状では鶏冠状果は差が見られなかったが、奇形果の割合は放飼区に少なく、授精不完全果も同様であり、また、重量、一果平均重とも放飼区に効果が認められた。

(2). 表113は香川県農試三木分場の結果である。正常果の7g以上の個数は放飼区に著しく多く、それ以下においても同様な傾向が見られた。奇形果の発生も程度別に見た場合は、7g以上果において放飼区に著しく少なく無放飼の51.0%に対し、5.0%にとどまった。果形、平均重について見ると、放飼区がやや大形であり重かった。

(3). 奈良県農業試験場での実施結果は、表114のとおりである。不受精果は5回の各収穫時点で無放飼区より

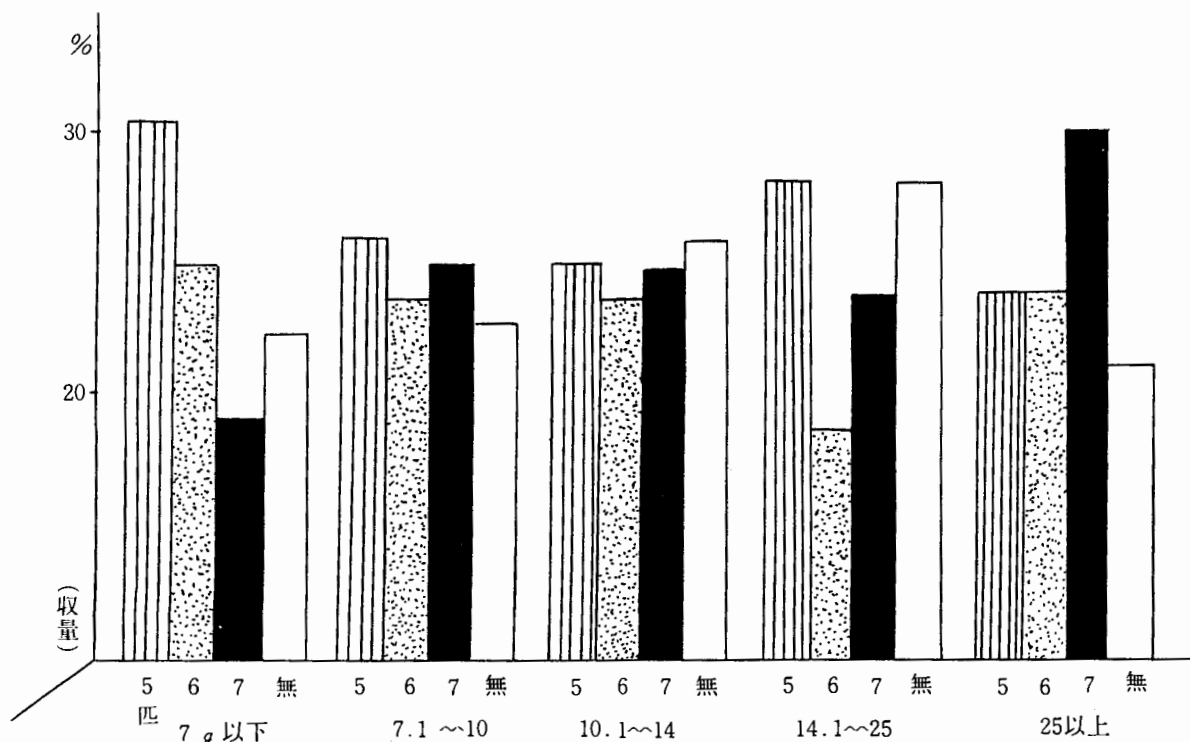


図47. シマハナアブ量別放飼数を異にする場合のイチゴの規格別収量割合（品種ダナー）

表112. ハウスイチゴ利用効果(収量)(鳥取県農試西伯分場・岩手県園試・1972)

項目 区	5 g 以上				5 g 以下			合計	
	個数	重量	左指数	1果平均(g)	個数	重量(g)	個数	重量(g)	
無放飼区	158	1521	100	9.6	155	589	313	2110	
放飼区	200	2218	146	11.1	77	317	277	2535	

項目 区	5 g 以上				5 g 以下				病果
	正常	鶏冠状	縦溝	受精不完全	正常	鶏冠状	縦溝	受精不完全	
無放飼区	16.9	2.9	25.9	4.8	14.7	—	21.1	13.4	0.3
放飼区	53.1	5.4	12.6	0.7	25.3	—	1.8	0.7	0.4

注：品種 宝交早生 調査株10株

表113. シマハナアブの利用効果(香川県農試三木分場・岩手県園試・1972)

項目 区	正常果				奇形果				7 g 以上	
	7 g 以上		6.9 g 以下		少		中		多	
	個数	重量(g)	個数	重量(g)	個数	重量(g)	個数	重量(g)	個数	重量(g)
無放飼区	76	1134	7	39	45	608	44	524	58	624
放飼区	225	4175	17	86	8	101	4	79	3	29

項目 区	奇形果 6.9 g 以下						正常最大 平均果重 (g)	正常最少 平均果重 (g)	果高 (cm)	果径 (cm)
	小		中		多					
	個数	重量(g)	個数	重量(g)	個数	重量(g)				
無放飼区	12	61	10	49	36	153	20	11	4.7	3.3
放飼区	4	20	3	16	6	20	30	8	4.9	4.0

放飼 2月12日 1,000 匹/ 品種宝交早生(短冷栽培) 調査株20 3日平均

表114. ハウスイチゴ時期別収量および不受精果発生率(奈良県農試・岩手県園試)

調査 月日	区	収 穫	重 量 (g)	不 受 精果(%)	時 期 (月日)	収 穫 果 数	重 量 (g)	不 受 精果(%)
3. 10	放 飼	185	3270	22	4. 10	420	2570	24
	無放飼	203	1979	25		429	2017	31
20	放 飼	524	4968	22	20	40	240	19
	無放飼	560	4629	32		32	201	22
30	放 飼	609	3970	30	計	1778	15018	117
	無放飼	627	3725	44		1850	12557	154

表115. ハウスイチゴ利用効果(佐賀県農試・岩手県園試・1972)

区	頂目	品 質	総 果 数	総 果 重 (g)	1果平均重(g)	奇形果率(%)	商品化率(%)
10 匹 / 3 m ²		正 常 果	181	2560	14.1	9.5	93.1
		奇 形 果	19	191	10.0		
		腐 敗 果	4	—	—		
		計	204	2751	—		
5 匹 / 3 m ²		正 常 果	124	1416	11.4	28.3	78.8
		奇 形 果	49	381	7.8		
		腐 敗 果	9	—	—		
		計	182	1797	—		
無 放 飼		正 常 果	94	1168	12.4	30.2	72.6
		奇 形 果	41	442	10.8		
		腐 敗 果	2	—	—		
		計	137	1610	—		

品種はるのか(促成栽培) 10株調査

表116. ハウスメロン(サンライズ)株当たり着果数(佐賀県農試・岩手県園試・1972)

調査個体 試験区	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20																				計	平均
シマハナアブ 放 飼 区	3	1	5	4	1	—	1	7	3	—	1	3	1	2	4	0	3	3	1	3	46	2.6
人工授粉区	6	3	1	3	5	—	2	2	1	6	3	2	2	4	2	2	3	2	0	3	54	2.7
頂目 試験区	平 均 果 重	果 横 径	果 縦 径	ネ ット 発 現	花 痕 の 大 き さ	果 肉 厚 さ	糖 度	一 果 当 種 子					調 査 個 数									
								総 数	総 重 量	稔 実 種 子	稔 実 種 子 重	数										
シマハナアブ 放 飼 区	626.4	12.1	11.3	中	2.6	2.37	11.6	517.2	10.09	374.7	9.10	142.5	30									
人工授粉区	749.3	12.3	12.3	中	2.8	2.50	11.2	585.4	10.82	424.5	9.65	160.9	24									
L S D	*	NS	*		N・S	N・S	N・S	*	N・S	N・S	N・S											

注：* P : 0.05

少なく結果が見られ、有効性が窺えた。

(4)、表115は佐賀県農業試験場で実施した奇形果防止効果の結果である。収穫総果数では10匹放飼区が著しく多く、無放飼区は少なかった。正常果で見ると10匹放飼区は無放飼区に対し92%の増加が認められ、果重においてもすぐれた結果が見られた。5匹放飼区においても同様な傾向にあったが、1果平均重で見ると5匹区と無放飼区間に差はなかったが10匹放飼区では無放飼区より13%重い果実が得られた。奇形果の発生率は無放飼に比較し23%少なく著しい差が見られた。5匹放飼ではその差は少なかった。したがって商品化率として見た場合、放飼区はいずれもすぐれ、ことに10匹放飼区は無放飼区より20.5%増加が見られた。

なお参考資料として、表116に佐賀県農業試験場において検討したハウスメロンに対する、シマハナアブの利用効果の結果を示した。

考 察

ハウスイチゴの奇形果の発生要因は、高橋(1969、1970)¹²¹によれば、温度障害、雌蕊障害、受精不能、日照不足などに関係し、薬剤による影響(1971)¹²³も見逃し難い。また高井(1973)¹²⁴によれば、ウイルス罹病株の植付によって生ずる生育障害に影響をもたらしているといえよう。したがって、ハウスイチゴの栽培は、健全株の植付と作型に応じたその後の諸管理が適切でなければならない。しかし、イチゴの他花受粉作物としての必要性から見れば、受粉問題ぬきには奇形果の解消が計れないであろう。

近年 Pollinator として、ミツバチによる利用効果が判明し、里川ら(1971)¹²⁵による試み、また William ら(1974)¹²⁶によってもミツバチ利用が試みられ、その効果の高いことが判明しているが、反面、その問題も少なくない。

促成、半促成栽培など寒冷期に開花するような栽培においては、ハウス内という環境に恵まれても温度の制約を受け易い。また小型ハウスでは1群そのまま利用では、花量に対して働蜂量が多くなるとともに、小分けとした小群単位利用もまた制約を受け易い。ことに花量の少ない初期において、1花に数10回の交互訪花が行われるため、そのための損傷がもとで奇形果が生ずることがある。また取扱いによって人畜に危害を生じることがある。

ミツバチはこのほか、導入上の経済性や、その後における飼育管理に多くの労力、経費を要し、また伝染病の障害がある。有利な点としては、訪花性が著しく高いことや、群単位とした多量の蜂を簡単に移動できることが

あげられる。

ミツバチのこれらのことがらに対して、シマハナアブは作型に応じて、何時でも利用性があり、またハウスの如何を問わず、面積に応じた放飼量、ならびに開花状態に対応した利用が可能である。訪花活動開始温度はミツバチより7~8度低い。曇雨天時の訪花量も多い。人畜に無害であるなどの点があげられ、また、花托上における行動はミツバチより軟調にあるため、受精器管に害を与えるようなことがない。このように両昆虫を比較して見ると、それぞれ長所、欠点があげられるが上住(1972)¹²⁷はミツバチ利用上問題点として、その習性の熟知を必要とし、阿部(1971)²⁸は温度管理と、1単位の利用面積の配慮、危険上の注意や薬剤散布について留意しなければならないとしている。

果菜類の結実確保のためには、より多くの有能な昆虫の開発が必要であるが、William(1974)¹²⁶らはイチゴについて35科108種の有能な Pollinator の種類についてあげ、その主体は膜翅目と双翅目昆虫にあるが、Syrphida のなかではシマハナアブは除外されている。新たな Pollinator として開発したシマハナアブのハウスイチゴでの受粉効果は顕著といえよう、一定時間における訪花回数は、ミツバチより少いが、花量に制限のある条件下で適切な訪花回数といえよう。Mann(1953)¹²⁸はミツバチのメロンでの1花への訪花回数は、雄花で42回に及ぶという。訪花回数と同時に花上における滞在時間が問題になる。

イチゴの花器の構造からしてある程度長いことが望ましいといえよう。それは正形果でありながら、縦溝のある果実、また奇形の部分発生果など、受粉の均一性が不良のもとに生ずることが結果であろう。花托上における昆虫の行動は種類によってそれぞれ異なるが、イチゴは花托の周囲を多数の雄ずいがとりまいていることから、そこに昆虫が接触することが必要である。それには昆虫の花上滞在がある程度長いことが必要と思われる。シマハナアブの花上における行動に一定の傾向は見出せなかったが、基本的に図48のような動きが見られる。Iの型は滞在期間が短く、またII型も短い。III、IVが望まれる行動であるが、花粉、蜜の多少など花の条件も介入して複

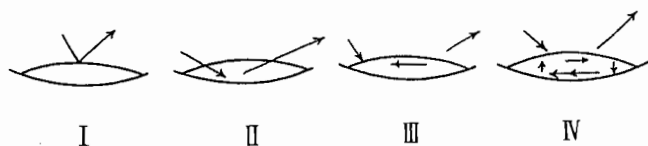


図48 イチゴ花托上における訪花昆虫の行動

雑化している。シマハナアブの訪花行動はミツバチに比較すれば、雄虫より雌虫の方が滞在時間がやや長い。これはそれだけ花粉接触の機会を多くしていることがいえよう。

ハウス内での日周活動は、リンゴ、ナシの場合のように、午前、午後各1回の訪花ピークは見られなかった。これは野外と異なって、ハウス内の条件から気象変化の影響の少ないことに起因すると思われる。また訪花開始は8時以降であったが、管理者の観察では早朝トンネル被覆の除去（午前7時頃）と同時に訪花が見られている。また午後5時以降においては、トンネル被覆時にイチゴの茎葉に静止している個体が多く、ハウスの天井や、側面静止虫は少なかった。

利用した昆虫が、ある場所のみに集中することがあれば、実用上一つの障害となろう。シマハナアブの場合、ハウス各場所に平均的な分布が見られるといえよう。本調査で南側位置で午後2時に雄虫の急速な密度の高まりがあったが、原因は明らかでない。また放飼は、飼育時の羽化容器を運搬して行われたが、放飼直後から1時間内の訪花率を見た結果は表117のようである。放飼直後

表117. 放飼後の訪花率

時 間	直後	15分	30分	45分	60分
訪花率 %	30.0	70.0	86.7	96.7	93.3

から直ちに訪花が見られ15分後では、その70.0%が見られ、45分後では2個体が側面ビニールに静止している以外すべて花上にあった。このことからして、イチゴにおける訪花性はすぐれるものと考ええる。

徳島県(1974)¹²⁹は、イチゴの雄蕊の寿命は2月の低温時にあって7~8日に及ぶという。このことからすると、シマハナアブの放飼後の有効期間、即ち生存状況を見ると、訪花量の減少が目立ち始めるのは、放飼14日後頃からであるので、その目的は達せられるものと考ええる。この場合放飼量から見れば、多量放飼区に訪花率の高い傾向が窺えることから、ハウスイチゴ利用量は、3.3 m²当たり10匹が適当と考える。また奇形果の発生は初期の花に多いことから、初期利用を目的に花量の少ないこの時期1回放飼に重点がおかれよう。その場合はさらに少ない放飼量でも有効と思われる。昆虫を利用する場合、その利用目的作物以外に逃亡しないことが望ましいが、野外利用の場合に特にこの傾向があらわれる。リンゴ園にミツバチを導入した場合に巣箱の存在するその園での訪花量が極めて少なく、隣接園か、さらに離れた園地や、あるいは他の花に多く訪花するため利用効率の低下が見られるが、

ハウスという条件内では、外部逃亡は防止されよう。しかしその管理上の必要から行われる換気栓やビニールの裾あげによって、そこから逃亡する個体があろう。そのためこれらの場所に防虫網を張って防止する方法も考えられる。しかし防虫網を用いなくても、隣接ハウスへの逃亡量は極めて少なく、また利用ハウスからこの現象の生じるまで一週間要することから、必要性は解消されよう。

落葉果樹類で判明したようにシマハナアブは訪花量の50%前後の個体が花粉を付着しており、花粉媒介昆虫として備えていなければならないひとつの条件が満たされている。イチゴにおける花粉媒介能力の有無は利用上大きな障害となるため、雄蕊除去による他家からの媒介能力の検討結果はすぐれたものがある。ことに無放飼において正常果の存在は皆無であり、しかも高率での不受精花の生じたことは、イチゴの他花受粉の必要性が窺えるものであり、シマハナアブは、この役割りを十分果たすものとして期待出来よう。

人工飼育虫を用いた基礎的な究明とともに、圃場における実際の効果について検討するほか、イチゴ主産県場所との共同研究のもとに、実用性を究明した結果から見ると、利用区と無利用区の差は顕著なものがある。場所間の効果を見ても、品種や作型などに差はあっても、利用区の奇形果の防止効果は著しくすぐれた。しかも1果の重量が重く、大形果多取傾向が見られ、ハウスイチゴを始めとした多くの果菜類の今後における栽培技術のなかで Pollinator の利用技術は、重要な課題として残されるが、シマハナアブの実用化の段階に至って、より高品質、安定的生産によって収益性が高められるものと思われる。

摘 要

ハウスイチゴに対するシマハナアブの利用に関する基礎的な究明と実用効果を検討した結果はつぎのようである。

1. 訪花回数については、5分間の平均訪花回数で見ると、雄虫の10.6花に対し、雌虫は8.9花であった。また花上における滞在時間の平均は雄虫で1.21秒、雌虫は1.42秒であって雌虫が長く滞在していた。

2. 日周活動状況は、訪花は午前8時以降の13℃から見られ、気温の上昇にともない盛んな訪花となり、午後2時ピークに達し、以後は減少した。

3. 198m²ハウスの中央で放飼した後の分布を見ると、午後2時にハウス南面に雄虫の一時的集中があったが、全体的に均一分散が見られ、訪花状況は良好であった。

4. 放飼後の有効訪花期間は3.3 m²当たり、5、6、7

匹利用とも、15～18日後の訪花量が10%以下になったことから、有効期間は2週間前後と思われる。

5. 外部逃亡防止の防虫網の必要性を見るに、無防虫での放飼による逃亡、隣接ハウスへの移動は極めて少く、無防虫であっても、放飼ハウス内滞在率の高いことから、防虫の必要性は少いと思われた。

6. 開花前の雄蕊除去による花粉媒介能力を見るに、放飼区は完全結実とともに奇形果を生じなかったが、無放飼区は33.3%が不稔となり、66.6%は結実するも、すべて奇形果となった。

7. 予備的に実施した実用効果は、3.3 m²当り10匹放飼区は、無放飼区より奇形果の発生は30.7%少く効果が認められた。また5、6、7匹の段階放飼の場合の奇形果の防止効果は無放飼区の17.9%に対し、5匹区は10.2%、6匹では11.0%、7匹では8.6%にとどまり有効性が窺えた。

8. イチゴ主産県場所との共同研究を行った鳥取農試西伯分場の結果は、放飼区の正常果率53.1%に対し、無放飼区では16.9%（宝交早生）にとどまり、1果平均重も放飼区の11.1gに対し、無放飼区は9.6%と劣った。

香川農試三木分場の宝交早生（短冷栽培）を用いた結果、7g以上果の正常収穫個数（20株平均）は放飼区255個（4175g）に対し、無放飼区は76個（1134g）であり、奇形果の発生は放飼区の15個に対し、無放飼区は147個生じた。また放飼区は果形、重量ともにすぐれた。

佐賀農試の供試品種、はるのか（促成栽培）の10株調査による奇形果の発生は3.3 m²当り5匹区28.3%、10匹区9.5%に対し、無放飼区は30.2%であった。10匹放飼区の効果が著しくすぐれ、商品化率は無放飼区の72.6%に対し、93.1%の高率であった。

第5章 シマハナアブ大量増殖施設と利用法

緒 言

有力訪花昆虫として選出したシマハナアブは、人工増殖法の確立によって実用化への進展がみられる。その飼育方式は工場生産的大量飼育が可能であり、利用性は落葉果樹類、野菜類ではことにハウス野菜類や、採種用としての価値が極めて高いものと思われる。したがって年間常時の利用性から見れば、昆虫の大量増殖施設は、主として天敵類に適用されているが、訪花昆虫としては皆無であろう。ここに農林省の果実結実安定対策実験事業としての補助が得られたことから、その実験施設を設計し、施設の運営管理、ならびに増殖利用状況等について把握しようとするものである。

第1節 大量増殖の実験施設

緒 言

有益昆虫の増殖施設は、主として天敵類に適用されて、効率的な利用が行われているが、訪花昆虫については皆無の状態にある。従来ミツバチが唯一のPollinatorとして知られているが、その利用目的は採蜜が第一であり、受粉用としては、二次的利用にとどまっている。

選出したシマハナアブは、年間十数世代の累代飼育による大量増殖の可能性と、果樹施設園芸作物への年間高度利用は増殖施設によって効率化が計られよう。1973年農林省の果実結実安定対策実験事業助成による、増殖実験施設設立にともなって、施設の内容と増殖ならびに、実用化事項について検討するものである。

実験方法

この施設の最大増殖量の目標を、配布時の数量にして100万～150万匹（100ha～150ha利用）においた。人工的大量増殖施設の配置は、成虫飼育室、幼虫飼育室、花粉調製保存室、幼虫保存室、蛹化、羽化室、飼料調製保存室、実用化準備室、記録計画室の8室を計画し、主な備品関係は冷暖房器、冷蔵庫、定温器、飼料混合機、実験台、飼育箱、飼育棚として施設の着工を行った。調査は主として、工事予算内容と飼育労力、配布状況について検討した。

実験結果

施設は、二戸郡二戸市仁在平字下溝の市営実験農場敷地内に設立された。

工事は1974年4月から着工し、1975年3月に完成した。

事業主体は二戸市である。

運営、管理とも同市の所管のもとに行われた。基礎は鉄骨コンクリート、平家建、面積59.6㎡である。建築経費付帯備品等の主なる経費の内訳は表118のとおりであって、総額3,994,000円、このうち農林省の果実結実安定対策実験事業による補助金によった。

施設の内部は、飼育上における必要な8室を計画したが、さらに各室の能率化を考慮して、図49の平面図に示したように、兼用可能な室は統合した。

図49のAの記録計画事務室は、実用化準備室に兼用され、Bの飼料調製保管室は花粉調製室ととなり、C、Dは蛹化と羽化に兼用されるように配慮した。

飼育は完成を待って開始された。最初の種アブは、岩手県園芸試験場より5,000匹の導入によって行われ、飼育専従者は、市職員1名が担当した。飼育は継続的に実施して、数量を増加させ、実用化第1年目の1975年5月のリング園配布数量は145,500匹である。飼育開始以来の延飼育数量を加えれば20万に達した。4月から翌年5月までは、実用目的数量を得るための飼育、即ち成虫飼育→採卵→幼虫飼育→蛹化・羽化→成虫飼育の繰り返しである。配布後の月から一部の増殖虫については、実用化の羽化準備期まで保存（冷蔵）を行い、逐次保存量を増すよう作業を進めた。第1年目の5月にリング園で実用化を計った以後は、前年同様に増殖の繰返しを行いながら、一部は保存して蓄積を重ねた。第2年目の増殖量は前年より増量を計画し、1976年5月のリング園利用量は239,400匹に高めた。従って利用面積は10a 1,000匹を基準にしたことから、第1年目は14.55ha、第2年目はリング、ナシ園利用で16.40haに達した。ハウスイチゴ利用面積は80aである。

利用者からの施設に対する発注方式は、若干の個人発注があったものの、その主体は、農業協同組合によって管内栽培園のとりまとめ方式を行い、その組合数は4組合が関係した。したがって施設から利用園への配布についても、施設→農業協同組合→利用者の方式がとられた。その関係農業協同組合と、年度別利用状況と利用実績は表119と120のようである。

この施設での増殖量は、利用実績数にして、第1年目は約14万匹、第2年目は約24万匹であるが、年間の増殖数は、これをはるかに上回って行われた。この飼育は専従者1名によって行われたが、利用間近の時期、1回に行ったものではなく、繰返し飼育の蓄積によることから飼育開始当時は労力的に少なく、飼育量増加にともなって作業時間が増大した。したがって成虫の飼育量や採卵量

収入 表118 果実結実安定対策実験事業 シマハナアブ増殖施設予算額

区分	本年度精算額	本年度予算額	比較		備考
			増	減	
農林省県補助金	1,997,000	1,997,000			
市負担金	1,997,000	1,997,000			
計	3,994,000	3,994,000			
支出					
建物	1,773,741	1,773,741			
冷蔵庫	508,300	508,300			
冷暖房機	491,000	491,000			
給水設備	86,700	86,700			
電気設備	149,100	149,100			
動力配線工事	155,450	155,450			
附帯設備工事	466,490	466,490			
排水設備工事	90,000	90,000			
運搬諸経費	273,219	273,219			
計	3,994,000	3,994,000			

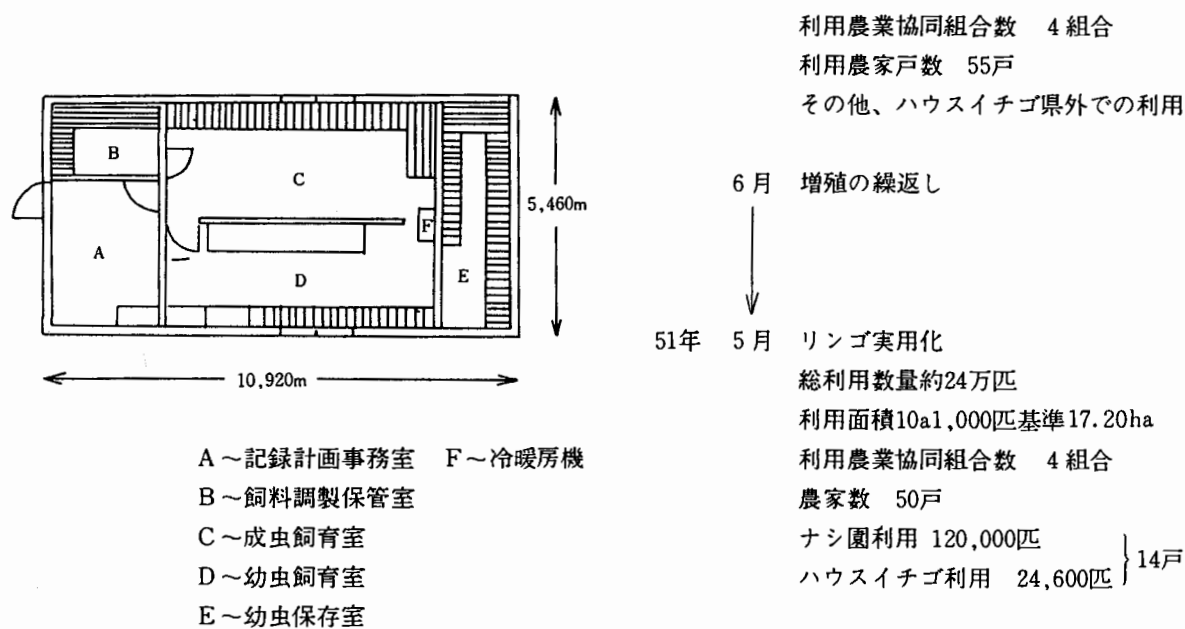


図49 シマハナアブ大量増殖施設 (平面図)

表119 施設の利用状況

49年 3月	増殖開始 増殖の繰返し
50年 5月	リンゴ実用化 総利用数約15万 利用面積10a1,000匹基準 14.55ha

また幼虫の飼育量や回収量に変化があることから、その一連の飼育において時間配分の効率を計る必要がある。

考 察

施設の大きさは、その地域の栽培面積から見た需要量に応じて決定されるであろう。この施設は、岩手県の主として県北地域におけるリンゴ栽培地帯を対象にしたことから、その最大飼育能力を150万匹前後に目標をおいた。さらにシマハナアブは施設園芸作物への利用まで拡

表120 シマハナアブのリンゴ園実用化実績

年度	農業協同組合名	取扱容器数	虫数	利用農家数	面積 ha
50	舌崎	62	1,860	5	1.86
	金田	48	1,440	7	1.44
	市農	78	23,400	17	2.34
	北福	154	46,200	26	4.62
	その他の計	143	*** 42,900		4.29
		485	145,500	55	14.55
51	舌崎	57	17,100	9	1.71
	金田	5	1,500	1	0.15
	市農	124	37,200	20	1.24
	北福	130	39,000	20	1.30
	その他の計	482	** 120,000	6	12.00
		798	* 24,600	8	0.80
			239,400	64	17.20

* ハウスイチゴ利用 ** ナシ園利用 *** ナシ・ハウスイチゴ利用

大されれば、その需要量に応じた広さを必要とすることから、施設の設計、設立に当っては綿密な計画のもとに行われなければならない。

施設内に配置される室は、8室を必要とするが、図50

に示したような関連があるため、統合可能な室は兼用室として利用が可能である。この8室のそれぞれの役割りは次のようなこととなる。

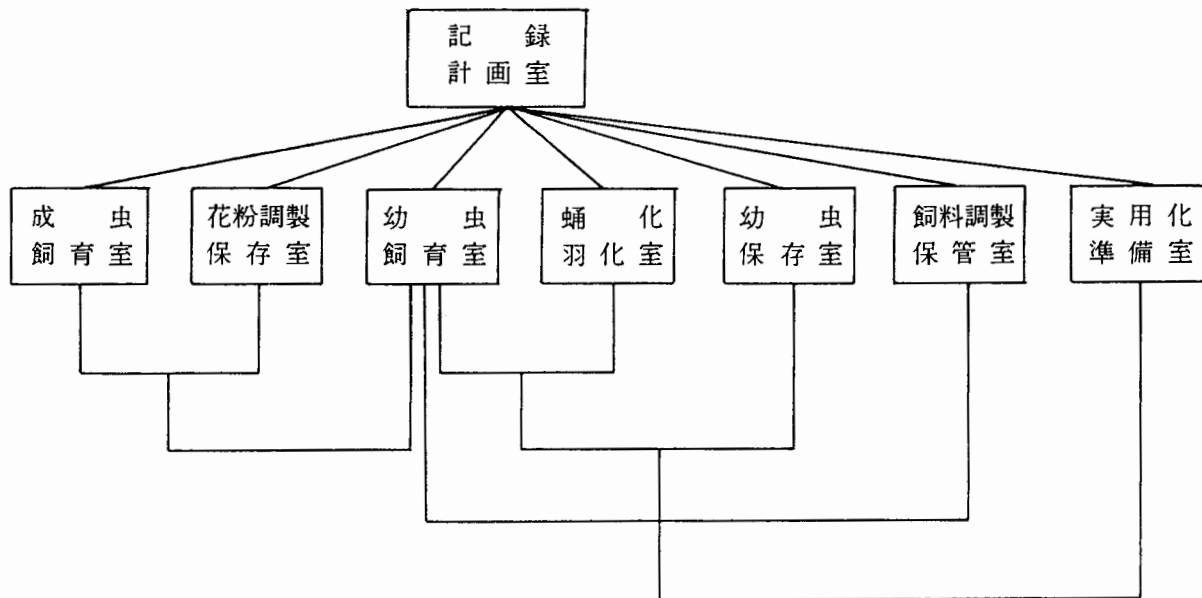


図50 シマハナアブ飼育施設内の各室の関連

成虫飼育室：室内は自然採光もできる明るい環境であることが望ましいが、照明を必要とする室であってもよい。広さは先に述べた飼育箱が、数10個設置できるだけの広さとし、飼育棚を用いて立体的に利用してもよい。

幼虫飼育室：成虫飼育に準ずるが、飼育容器を平面的

においては場所を広く要することから、飼育棚を配備して立体的に場所をとる。この幼虫飼育室は各室のなかでは最も広くなろう。

花粉調製保存室：成虫飼育に必要な花粉を採集し、また調製して保存する場所とし、保存器具のおき場所も必

要である。器具を用いない場合は、室内が乾燥していることが望ましい。

幼虫保存室：施設内に大量保存可能な冷蔵庫を配置すれば、このための特別な室は必要ないであろう。しかしその置場所は必要であることから、幼虫飼育室に接続して場所をとっておくとよい。

蛹化羽化室：幼虫飼育室から回収した老熟幼虫を蛹化させ、成虫を得る場所として重要である。大量蛹化の場所としてある程度の広さが必要であり、また棚を用いて立体的使用を考える。

飼料調製保存室：飼料は、幼虫飼育室で調製もできるが、年間飼育に要する飼料や、飼料に混合する材料は他の室内に同居できない。この室に保存管理し、その場所で調製して能率化を計る。

実用化準備室：その増殖施設から実際に用いる農家、圃場に移す場合、この室で準備する。特に問題になるのは、遠隔地に輸送しなければならない場合は、老熟幼虫か蛹で送られることから、これに要する包装資材をおき、その準備のためには広いことが望ましい。

記録計画室：ここでは、その施設における増殖数量を検討し、飼育全過程の記録を行って、いつ頃、どんな作物に対して、どれだけの数量を必要とするか立案し、これに従った円滑な増殖を行うための中心となる場所と考えたい。

飼育に要する主な備品器具としては、大型冷蔵庫、冷暖房機、定温機、飼育器、飼育箱、飼料混合機がある。これらの機材の主な役割りは、冷蔵庫は繰返し飼育の段階において、0℃条件下での老熟虫の蓄積保存のために必要である。施設では建物の一部として施行され、個別機械の設置方法をとらなかった。定温機は、飼育虫の配布前に蛹化ならびに羽化率を検討して品質検査として扱われる。飼育棚は、成虫ならびに幼虫飼育において、室内の立体的利用効率を高めるために必要であるが、機材は木製とした。また成虫の飼育箱は、高さ60×50×50cmの木製、前面上下開放式、二面防虫網による飼育箱とし、この大きさでの雌雄1対1割合飼育数300匹可能である。また、幼虫飼育箱は、小型容器であれば作業が煩雑化するため、1容器に1,000匹前後の幼虫飼育可能なプラスチック製の高さ5cm×40×30cmの容器を用いた。飼料混合器は基材と他の栄養剤、防腐剤等の均一混合、能率化のために利用される。このほか必要な材料としては、天秤、温湿度計等があり、また飼育段階において必要な小器具が備付された。

飼育労力は当初、リンゴ園利用量10a当り1,000匹を基準にした目安から、成虫の飼育期間の飼料の補給その他管理に5時間前後、卵採集は毎日として2時間、幼虫

の飼育期間は飼料の調製その他管理2時間、蛹化準備作業と羽化まで30分前後の計9時間30分が予定された。これを雌成虫50匹飼育（産卵率80%、産卵終期までの期間5日、総産卵量8,000卵前後と推定）時の労力は表121のようになる。

この施設における初年度の実用化飼育数が145,500匹にとどまり、その目的数量に達し得なかったことは、成虫飼育に要する花粉の準備量の不足や技術の修得状況によることに起因するが、1名の専従者としての最大飼育量は50万匹がほぼ限界と思われ、これを越えて100万匹を達するには最低2名を要するであろう。全飼育過程のなかで成虫飼育については、飼料の花粉、蜜の不足し次第、これを補給し、飼育箱内の清掃等の作業が主となり、少量飼育の場合、短時間で終了するが、仮にリンゴの開花時の所要量を50万匹とした場合、これを一度に得るための雌成虫飼育量は（1雌虫で200卵産卵とし、飼育虫の80%産卵推定）4,000匹となり、これに雄虫1：1の割合での飼育となると、凡そ1万匹近い数量飼育となることから、かなりの時間を要すると考える。実際は開花時必要量を1回の飼育で満すことは、労力が集中することから、繰返し飼育の累積、蓄積によって行われるのが普通である。採卵は毎日実施しなければならない作業であり、2日以上放置することはできないが、1日数千、数万の卵を採集する場合、能率化を計るためには、軟質多孔物の使用は（スポンジ等）卵の損傷や不能率であることから、産卵場所に水を注入すれば、直ちに浮上可能な多湿オガグズなど湿度保持可能な細かい物質が好ましい。卵の接種は幼虫飼料上に逐次置くため、短時間で終了するが、あらかじめ準備する幼虫飼育飼料の調製に多少労力を要する。基材となるヒエを用いる場合（他の穀物等

表121 シマハナアブの飼育管理所要時間の概要

(雌虫50匹 > 100匹 産卵率80%として)
(雄虫50匹 ♀ 200卵平均)

作業内容	時間	期間	合計時間
成虫飼育(花粉蜜調製)	10分	7日	1.10時
採卵	10	5	50
卵接種	5	5	25
幼虫飼育(飼料調製)	20	5	1.40
幼虫飼育管理	10	16	2.40
幼虫飼育回収	15	5	1.15
蛹化準備	5	5	25
蛹化管理	5	10	50
羽化管理	5	10	50
合計	85	68	10.05

利用も同様)は、基本的に粉碎した材料を煮るが、これを省略して調製時間の省略を行う。幼虫飼育虫における管理は、水分減少時の保給が主であって、他に多くを要しない。つぎに老熟虫に至って、蛹化準備ならびに保存作業を進めるなかで、幼虫の回収作業に多くの時間を要する。10a当りの放飼量を基準とした蛹化を行うならば、蛹化容器に一定量(現行300匹)の幼虫が入るような方法、即ち、計量(1,000匹の重量、凡そ170g)して逐次幼虫を回収、蛹化作業を進めることが能率的である。蛹化中の作業は乾燥防止につとめるほか特でない。

羽化した成虫は、発注者の到着を待って直ちに行われたが、この場合、開花期に適合する蛹化準備によって配布時期に遅速を生じないよう、発注者側との綿密な連絡を保つことが極めて重要であるが、その際の羽化均一性を点検し、数量確認配布が行われるため、時期的に集中することから、かなりの煩雑化はまぬがれない。このため、第2年目においては先のことがらを考慮して省略化を計った飼育を重ね、30万匹の配布に達したが、幼虫の回収時から、配布時までの期間は1名を雇用してこれを補った。

農業協同組合による利用者配布後は、その当時事によって放飼が行われた。放飼に技術的な難易はないが、放飼後の容器には未羽化の蛹が存在するため、園によっては、園内にリング箱を置き、このなかに入れて鳥による捕食防止等の管理が行われた。1年目の利用時の羽化率50%一部蛹混在によったが、容器によっては、後期に至るまで若干の幼虫存在が確認されたことから、製品均一面で、施設は十分考慮しなければならない。この点を配慮して第2年目は、羽化率を高め、残蛹化数を僅少にとどめて、未蛹化幼虫の存在を排除し、さらに10a所要量を確保するために、すべての容器には、基本放飼量+1~2割増量して製品の向上を計り実用化された。10a所要量を完全に羽化させ受粉効率を高めるには、蛹化後に未蛹化虫と蛹化虫と選別して、蛹化虫のみを揃えて計量し、10a所要量ごとに容器収容を行う方法も考えられる。

この施設は主として、本県東北地域のリンゴ栽培の結実安定対策に設立されたことから、その取扱い農業協同組合も、この地方が主であった。第1年目の取扱量としては、北福岡農業協同組合が最も多く、第2年目は二戸市農業協同組合が多く実用された。この2年間の配布状況のなかに、その他として扱った数量が多い。これは本県以外のリンゴ栽培県からの発注のあったことから、その場所への提供と、また施設はリンゴの結実安定対策に基本があるも、時期の競合が生じないことから、3~4月に本県内ならびに県外、ハウスイチゴの奇形果防止用

の受粉昆虫として配布されたものである。

この施設は実験事業として設立、発足したことから、その収支、経営内容の基礎資料をもとに、今後は産地ごと、或は更に広範囲地域を対象にした、工場生産的大規模の飼育施設設立によって、生産地域の結実安定、品質向上が計られなければならない。

摘 要

シマハナアブの人工増殖法の確立によって、利用上の円滑化を計るためには、大量増殖施設が必要である。農林省の果実結実安定対策実験事業の補助による、モデル的実験施設の設立による、増殖利用はつぎのようである。

1. 施設の大きさは、100~150匹飼育目標として、59.6㎡の広さをとり、内部機構は8室を計画したが、関連性の高い室は統合して能率化を計ることが出来る。

2. 成虫1万匹を得るための管理労力は、およそ10時間前後である。飼育は必要時の一挙飼育によらず、年間を通しての繰返しによる蓄積法をとり能率化を計った。

3. 需要者に対する配布は、あらかじめ農業協同組合がとりまとめを行い、施設から農業協同組合農家への態勢が整えられて行われた。第1年目の需要数15万匹、第2年目は24万匹に達した。この量の飼育は1名によって行われたが、50万匹以上となれば2名を必要とすると考える。

4. 施設の高度利用は、リンゴのPollinatorとしてのみにとどまらず、他の果樹を始め、ハウス野菜利用を考慮して、常時利用を可能にしている。

5. 利用者と農業協同組合、増殖施設は綿密な連絡のもとに効果的に利用する。即ち、利用者は増殖施設での準備期間を考慮して、少くとも1~2ヶ月前に必要な数量を通知し、増殖施設は必要数量の把握とともに増殖を計る。三者は利用作物の開花時期を適確に予想することが必要である。

第2節 利用方法

緒 言

施設からの遠近別利用者に対して、シマハナアブは適期に送付されなければならない。一般に生存虫を送付するには、困難性をともなうが、ことにシマハナアブはPollinatorとして大量輸送にあることから、いずれの形態で対応可能か、また包装関係、輸送方法、到着後の取扱い等について検討しなければならない。本章では効果的輸送法を見出すために、これらの問題をふまえて、遠近各場所との共同研究のもとに実施した。

また、果樹園ならびに野菜(果菜類)などにおける利

用方法について検討を加える。

1. 幼虫態輸送に関する試験

共同研究者

鳥取県果樹試験場

香川県農業試験場

奈良県 〃

佐賀県 〃

福井県 〃

茨城県園芸試験場

群馬県 〃

緒 言

昆虫を輸送する場合、最も容易な形態は、卵または蛹であると思われるが、幼虫の輸送は、包装資材や、環境条件、ことに輸送日数を多く要する場合の生存には、飼料を準備するなどの考慮が必要と考える。この場合の可能性は十分伺えるも、大量輸送としては大きな問題である。シマハナアブの輸送はこれに該当する。増殖施設の遠近を問わず、開花期に利用適合する形態別の効果的輸送方法について見出さなければならない。しかも輸送虫は現地において、飼育管理不必要な直接利用可能な形態で行われることが最も望ましい形である。本節では幼虫輸送法について究明を試みる。

実 験 方 法

(1) 鳥取県農業試験場

当地において人工増殖した老熟幼虫を飼料から回収し、多湿オガクズ中に混入し、これを通気性ビニール（穴径1.5mm）に包み、イチゴ容器に収容したものをダンボール箱詰めとして包装し、1月14日速達便による方法によって送付した。送付虫数970匹、到着後現地において死虫と幼虫生存状況、羽化率調査を実施した。

(2) 香川県農試三木分場

同様に老熟幼虫を1月14日に送付し、到着後の荷姿と幼虫生存状況、羽化率調査を実施した。

(3) 奈良県農業試験場

上記方法に従い、1月16日と2月4日の2回にわたり送付した。現地の調査も同様である。

(4) 佐賀県農業試験場

1月14日同様な包装によって送付し、到着時の幼虫生存状況と羽化調査を実施。

(5) 福井県農業試験場

6月13日に前場同様方法によって258匹を送付して荷姿、生存状況、羽化調査を実施。

(6) 茨城県園芸試験場

2月2日に1,684匹を送付して、前場同様の調査を実施した。

(7) 群馬県園芸試験場

4月4日に1,100匹を送付し、前場同様の調査を行った。

(8) 徳島県果樹試験場上板分場

3月23日に1,580匹を送付した。到着後は前同様の調査を実施。

実 験 結 果

生存状況

7場所に送付したシマハナアブ老熟虫の到着後における生存状況の結果を表122に示した。鳥取農試の場合、2日後に到着し、荷姿は正常であるが、蛹化した個体と、不明虫が若干見られた。しかし、生存率は高く96.2%であった。香川県農試三木分場への送付虫は3日後に到着し、荷姿は正常であり、死虫がわずかに見られ、高率の生存率であった。奈良県農試に対しては、2回とも2日後到着した。1・2回とも死虫・蛹化虫が見られたが、不明虫はなかった。また荷姿は正常であったが死虫の主な原因は虫を包装した通気性ビニールの穴から外部に脱出して圧死したものであった。佐賀県農試到着は、3日後であり荷姿は正常であった。包装の材料別に見ると、通気性ビニールは二重であったが、この間隙や衝撃防止に詰めた新聞紙内、またダンボール箱の合せ目に脱出していた。ことに内包の新聞紙内に多く見られた。脱出虫に対し、死虫数は少く、95%の高率の生存が認められた。福井農試については、2日後到着し、荷姿は正常であったが、通気性ビニール穴からの脱出が著しく多く、混合したオガクズ中にいた個体は10%であって、90%は外部の衝撃防止用に詰めた新聞紙に脱出していた。また死虫もかなり多く現れ、生死率は58.1%であった。茨城園試の場合、送付1日後に到着した。荷姿正常、外部脱出虫も見られず、オガクズ中での死亡個体が若干生じていたが、99.1%の高率生存が見られた。群馬園試送付の場合2日後に到着し、荷姿は正常であった。包装中の幼虫は通気性ビニール穴からの脱出が若干見られ、そこでの死虫個体があった。また不明虫が多く見られたが、生存率は91.8%であった。徳島農試上板分場においては、3月27日到着し4日を要した。荷姿は正常であった。輸送虫における幼虫の死亡率は2.8%にとどまったが、蛹化した個体が4.9%見られた。包装内に脱出していた個体も1.9%あったが、全体の生存率は97.2%であった。

蛹化と羽化に関する結果は表123のようである。蛹化時の条件は場所によって異なるが、20℃前後の温度環境下で蛹化させた事例が多い。蛹化率では、鳥取農試での室

表122 シマハナアブの輸送虫生存状況 (共同試験場7ヶ所 1972)

調査場所	調査	km ※	送付 月日	到着 月日	送付 幼虫数	生存 幼虫数	死亡 幼虫数	蛹化 数(生)	蛹化 数(死)	不明	生存幼虫+蛹 計	同生存 率(%)
鳥取農試		1,063.6	1.14	1.16	1,000	956	8	26	0	30	982	96.2
香川農試		1,301.9	1.14	1.17	1,009	1,005	4	0	0	0	1,005	90.6
奈良農試	①	1,014.3	1.14	1.16	2,325	2,251	21	41	2	0	2,292	98.5
	②	〃	2.2	2.4	2,943	2,879	36	26	2	0	2,905	98.7
茨城園試		393.6	2.2	2.3	1,684	1,663	15	6	0	0	1,669	99.1
福井農試		1,063.8	6.13	6.16	258	150	108	0	0	0	1,550	58.1
群馬園試		632.9	4.4	4.6	1,100	1,010	54	0	0	36	1,010	91.8
徳島果試上板分場		1,358.6	3.23	3.27	1,580	1,459	44	77	0	0	1,536	97.2
佐賀農試		1,725.0	1.14	1.17	1,091	—	—	—	—	—	—	—
ポリ袋内			—	—	999	999	1	38	0	0	1,038	95.0
二重ポリ袋内			—	—	18	18	0	1	0	0	19	
内包の新聞紙内			—	—	23	23	0	4	0	0	27	
ダンボール外箱			—	—	2	2	5	0	0	0	7	
合計			—	—	1,042	1,042	6	43	0	0	1,091	

※ 数は花巻市から共同研究場所の県庁所在地までの鉄道距離km

表123 老熟幼虫態輸送虫の蛹化と羽化状況

調査場所	調査	条件	供試虫数	蛹化開始期	蛹化終期	蛹化率%	羽化率%
鳥取果試		野外	500	2.1	—	—	52.6
		室内	50	—	—	—	80.0
香川農試		室内	1,005	1.17	—	—	56.1
		1回	2,312	—	—	—	57.0
奈良農試		2回	2,943	—	—	—	53.0
		20℃	800	1.18	1.27	93.3	59.2
福井農試		室内	150	6.16	—	—	46.0
茨城園試		ハウス内	450	—	—	—	36.7
		20℃	200	—	—	—	41.0
群馬園試		22℃	1,010	4.10	4.13	—	81.9
徳島果試・上板分場		20-22℃	1,536	—	—	—	51.2

内、群馬園試の室内が高率の羽化が見られたほかは、50%前後にとどまって低い傾向が窺えた。

考 察

シマハナアブを大量人工増殖によって、利用者に配布される場合、増殖施設が近距離にある場合は、導入が比較的簡単であるが、遠距離の場合の輸送に十分耐えられるかどうかを知ることは重要である。したがって型態別に輸送方式をかえて実験を試みた。

8場所との共同研究のもとに実施した、老熟幼虫態の

郵送方式による輸送結果は、6月に送付した福井農試を除いた各場所では平均95.7%の生存が認められ、十分耐えられることが実証された。送付はハウスイチゴ、ナシの開花期の1~4月であったため、送付中の気温等による影響の少なかったことが、生存率を高めたものと思われる。福井農試送付の場合を見ると、6月の送付であることから、送付中の高温が死亡率を高めたものと考えられる。したがって、シマハナアブのハウスイチゴ、落葉果樹類の開花期以外の時期に開花する作物、即ち、スイカ、メロンなど夏期作の果菜類受粉利用の可能性の生ずること

を考慮すれば、高温期輸送について検討する必要がある。

幼虫を送付する場合の材料は、多湿オガクズが用いられたが、このほかスポンジの細片などがあり、幼虫の保護に役立ち、多湿を保ち、到着後幼虫との区別が容易である材料であれば可能であることが窺える。この幼虫と保護材料の混合物を収容する容器は、プラスチック製のイチゴ容器が用いられたが、破損の恐れのない軽量のもので、しかも通気性を備えた材料であれば最適と考える。イチゴ容器に収容したことから、通気性ビニールに包み、幼虫の脱出を防止したが、各場所とも若干の幼虫が脱出していることから、通気穴の径は1mm以下であることが、必要と考える。この幼虫と保護材料の包みを収容する容器は、ダンボール箱で十分と思われる。また緩衝材料は、スポンジ、新聞紙、木綿など、その他役目の果される材料であれば、いずれも可能であろう。

幼虫で送付した場合、問題になるのは、到着後現地において蛹化を行い、羽化を待って実用しなければならない点がある。したがって現地では、図51に示したような方式によって行われる。

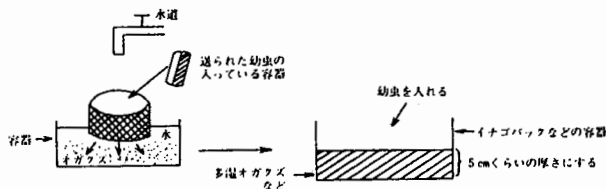


図51 送付幼虫の回収方法

到着後直ちに幼虫を取り出して、2mm前後のアミ目の容器に入れ、水中で軽く震盪して混合物と幼虫と分ける。この幼虫を羽化容器に収容する。蛹化場所の材料はオガクズ、スポンジ細片、土壌、パークライトのような材料で多湿を保つに十分なものであればいずれも用いられる。利用時を考慮して幼虫を取り出す場合、収容数が判然としていればそのまま蛹化させてもよいが、1包みに数千匹のような単位で送られた場合は、単位面積当りの放飼数を整えるために、水中で選別して、一定量ずつ蛹化し容器に網蓋をしておかなければならない。

蛹化時は、利用時期を考慮して常温下に置くか、羽化を早めるために20～25℃範囲の定温器に収容して行われるが、8場所で行われた方法は一定していない。野外、室内、ハウス内、20℃定温環境下では高率の羽化が見られたが、他は環境の如何を問わず低率であった。これは蛹化時の取扱いや、環境条件の相違することや、輸送虫の環境影響によるほか、ことに送付虫の発育状態の均一性に問題があったためと思われる。送付虫を老熟幼虫としたことは、到着後直ちに蛹化操作が可能であるためと

し、未熟虫であれば、現地で継続飼育の必要性が生じてくる。幼虫の生存率から見れば、遠距離輸送の可能性は十分であることから、到着後の効率的羽化方法について検討しなければならない。

摘 要

施設において増殖したシマハナアブは、その利用者が施設からの遠近を問わず、効果的に配布しなければならない。その方法について幼虫態輸送の結果はつぎのようである。

1. シマハナアブ老熟幼虫態での輸送は、遠近を問わず生存率の高いことが判明した。しかし夏期の高温時の輸送は、やや死亡率を高める傾向が認められるので、この面での保冷輸送に関する検討が必要とされる。

2. 包装関係について見ると、老熟虫の混合材料として多湿オガクズは適当であった。しかし、これを包装するビニールは通気性が必要であり、しかも幼虫の脱出しない材質が必要である。全体的な包装にはダンボール箱で十分と認めた。

3. 利用者は幼虫送付を受けた場合は、その包みからの幼虫の回収、蛹化方法等について、あらかじめ習得しておかなければならない。

2. 蛹ならびに成虫態輸送に関する試験

共同研究者

東京都農業試験場	(蛹)
鳥取県果樹試験場	(成虫)
徳島県果樹試験場上板分場	(蛹)
福島県園芸試験場	(成虫)
岩手県二戸市役所農産課	(蛹、成虫)

緒 言

シマハナアブの大量輸送について、老熟幼虫態での輸送の可能性が伺えたが、さらに、現地の飼育管理労力の省力化を考慮して、蛹ならびに成虫態での輸送可能性について検討する。

実 験 方 法

蛹態輸送

人工飼育虫を多湿オガクズ中で蛹化させたのち回収し、多湿オガクズに混入して、イチゴ容器に収容した。これを通気性ビニール(穴径1.5mm)で包み、ダンボール箱に入れ、周囲に新聞紙を詰めて包装した。荷物は速達便によって遠距離の徳島県果試上板分場と、中距離にある東京都農試に送付した。短距離にある当県二戸市役所には、速達便による方法と、自動車利用による輸送法をと

った。

成虫態輸送

羽化させた個体を乾燥防止のために多湿オガクズをイチゴ容器に3cm厚みに入れ、このなかに成虫を収容し、通気性ビニールで蓋をして、ダンボール箱に収容した。鳥取県果試に対しては、鉄道による持参方法を取り、福島県園試、二戸市役所に対しては、自動車輸送の方法をとった。

実験結果

蛹態ならびに成虫態での輸送結果を表124に示した。遠距離にある徳島県果樹試験場上板分場に3月1日送付して2日後に到着した。20℃環境下での羽化率は78.0%であって、老熟幼虫態で送付した場合より高率であった。東京都農業試験場送付の場合も同様であった。

近距離にある岩手県二戸郡二戸市市役所への自動車利用による輸送は時期的に6回実施した結果、いずれも羽化率はすぐれ、平均98.7%の高率であった。

成虫態で輸送した結果を表125に示した。鳥取果試への鉄道によった持参方式の場合、到着までに要した日数は2日であったが、車中高温が継続したため、成虫の死亡率が高まった。

自動車をを用いた福島園試への輸送の場合は、当日到着し、生存率は高かった。近距離の岩手県二戸市市役所ま

での自動車利用を5回実施した結果、3回目に2匹の死亡虫を見た以外は、100%生存を認めた。

考 察

現地利用の簡易化を狙いとして、蛹、成虫態での輸送について検討した。蛹態での送付した場合、遠距離の徳島県果樹試験場上板分場には2日後到着し、荷姿も正常であった。羽化率では老熟幼虫で送付した場合より高率であって、蛹での輸送が可能と考える。この場合包装については外部脱出のないことから、幼虫の場合のような考慮は必要ないが、乾燥防止のための多湿材料との混合は必要と思われる。また包装資材は軽質で輸送に耐えるものであることは幼虫態送付の場合と同じと考える。近距離輸送の場合の郵送の場合は障害が生じていない。また自動車利用の場合も十分であったことから、蛹での輸送利用の可能性が窺える。蛹の場合においても多湿材料混合による輸送容器そのままを用いて、羽化する方法と、蛹のみを取り出して別容器に入れて羽化させる方法が考えられるが、大量輸送した場合は、単位面積利用量に合わせて数量を整え、羽化させることが利用上良策と考える。いずれの方法によっても多湿に保っておくことが羽化率を高めるために必要である。

成虫そのものが、遠近を問わず輸送可能ならば、到着後の操作の必要性がなく、簡略化される。しかし成虫は、

表124 シマハナアブ蛹態輸送による羽化状況

遠 近	場 所	送付月日	到 着 日	送付虫数	羽 化 数	羽化率%
遠距離	徳島果試上板分場 20℃環境	3.1	3.3	220	172	78.0
中距離	東京都農試 (常温下)	3.7	3.9	110	77	70.0
近距離	二 戸 市 (郵 送)	2.20	2.20	200	195	97.5
		6.16	6.16	200	198	99.0
		9.8	9.8	200	196	98.0
	二 戸 市 (自動車輸送)	2.20	2.20	300	300	100.0
		5.16	5.16	300	298	99.3
		8.18	8.18	300	296	98.7

表125 シマハナアブ成虫輸送による生存状況

場 所	条 件	送付月日	着 月 日	送付成虫数	生 存 数	生存率%
鳥 取 果 試 (持 参)		8.5	8.6	200	76	38.0
福 島 園 試 (自 動 車 輸 送)		4.26	4.26	1,000	93	95.0
二 戸 市 役 所 (自 動 車 輸 送)	1 回	3.16	3.16	300	300	100.0
	2	4.15	4.15	300	300	100.0
	3	5.11	5.11	500	498	99.6
	4	8.20	8.20	300	300	100.0
	5	10.21	10.21	300	300	100.0

郵送等小包み形式での輸送は不可能であると考え。したがって遠距離の鳥取県果樹試験場へは鉄道による持参方式をとったが、高温期の車中温度上昇にともなう死亡率が高まったことから、高温時輸送は適当でないと考え。したがって低温期での実験が必要であるとともに、冷房容器等による鉄道、自動車利用の輸送方法についても検討が望まれる。近距離においては、自動車利用によって十分その目的が果される。これらの諸実験からシマハナアブ大量増殖施設から遠距離への配布方式について見ると、図52に示したような方法によって利用が計られる。

即ち、大量増殖施設があり、その場所から現地に対し、4方法による輸送方法がとられて利用される。

1. 成虫態での輸送

比較的近距离における効率的な方法であって、到着後直ちに利用可能な利点がある。遠距離の場合は冷房環境での輸送が考えられる。

2. 蛹態での輸送

施設において蛹化させ、これを現地に送付し、そこで羽化を行い利用される。

3. 老熟幼虫態での輸送 (A)

蛹化直前の老熟幼虫を現地送付する場合、利用の前段階において蛹化、羽化させる中間施設を経て利用される方法。即ち、数千、数万匹単位で利用多数の場合は、共同的中間施設によって材料調製が行われると、能率的と考えられる。

4. 老熟幼虫態での輸送 (B)

3の方法が行われない場合は、現地利用者自らが、蛹化準備を行い、羽化虫を得なければならない。

摘 要

蛹ならびに成虫態の輸送について検討した結果はつぎのようである。

1. 遠距離の徳島県果樹試験場上板分場ならびに中距離での東京都農業試験場に対する蛹態輸送の結果はいずれも70%以上の羽化率を示し、可能性が窺えた。近距離

の岩手県二戸市輸送の場合は97%以上の羽化率を得た。

2. 蛹の包装材料は、多湿オガクズ中に混入し、緩衝材料混合利用によるダンボール箱利用としたが、この方法が適当と考える。

3. 成虫態での輸送は、鳥取県農業試験場に対する持参方式をとった結果は、高温による影響もあって生存率が50%以下にとどまり、遠距離の場合は不相当と思われた。しかし近距離にある福島県園芸試験場における自動車利用の場合、また岩手県二戸市への時期的な輸送結果は、いずれも95%以上の生存が認められた。

3. 果樹園利用方法

新たなPolinatorとして選抜し、これの大量増殖とリンゴにおける利用効果の実証されたシマハナアブは、その供給開始にともない、各地域の栽培園において利用が計られよう。その場合の留意事項等効率化を狙いとしてつぎのような用い方が考えられる。

対象とする果樹類は、リンゴに主体がおかれるが、他の果樹として利用可能な種類は、和ナシ、洋ナシ、オウトウ、スモモ、ウメ、アンズなど落葉果樹に可能性が考えられる。したがってシマハナアブの導入技術は特定の地域の栽培果樹に対する限定されたものではなく、全国的普及可能な技術である。もとより果樹園利用の主目的は、人工受粉による省力化を狙いとした昆虫利用の安定生産にあるが、樹種別に見た利用時期ならびに10a放飼量は表126のとおりである。

利用にあたってはつぎのことが留意される。

1. 放飼時期はそれぞれ樹種、地域によって異なるため、その地方における開花始めの予想をすることが重要である。

2. 利用者は、あらかじめ増殖施設に対し、利用樹種とその開花予想日、ならびに必要な数量を連絡しておく。

3. 施設からの導入方法は相互で協議しておく。近距離の場合は、利用者が直接利用可能な成虫の受取りが可能であるが、遠距離の場合は輸送法がとられる。この場合、原則として老熟幼虫態または蛹の輸送となるため、現地は羽化技術を習得しておかねばならない。

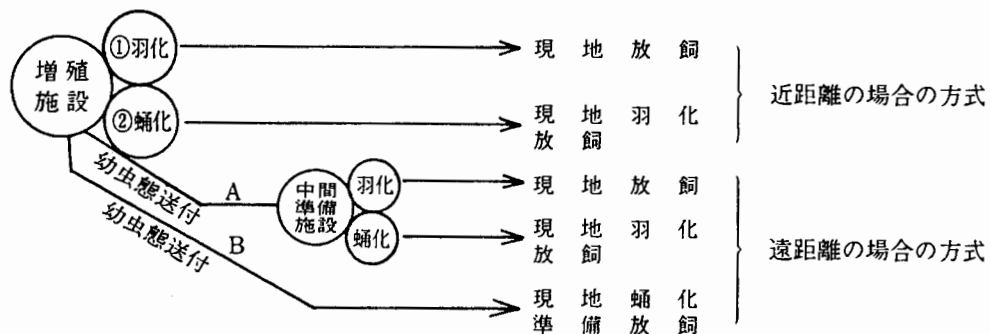


図52 シマハナアブ飼育虫の送付利用系統

表126 シマハナアブの落葉果樹類使用基準

樹 種	放 飼 時 期	10 a 放 飼 量	放 飼 場 所
リンゴ	中心花開花 30 ~ 40 %	1,000匹以上	園の中心辺
和ナシ	開花 3 ~ 4 日後	1,500 ♀	〃
洋ナシ	全 上	1,500 ♀	〃
オウトウ	満開前 期	1,500 ♀	〃
スモモ	全 上	1,000 ♀	〃
アンズ	開花 30 % 前後	1,000 ♀	〃
ウメ	全 上	1,000 ♀	〃

4. 利用園は開花数日前には、薬剤散布を中止し、保護につとめる。勿論利用後における開花中の散布は禁ずべきである。したがって開花以前における事前の防除を徹底しておく必要がある。

5. 導入後は直ちに放飼を行う。場所は園の中央辺で行うことが、均一化が得られよう。放飼後の容器はそのまま地表面に置くか、リング箱を置いてその中に収容することも可能である。

6. 利用園では受粉が円滑に行われるよう、受粉樹の適正化を計り、樹の健全化につとめる。

7. 利用は産地全体の共同利用によることによって一層効果が高められよう。

4. 野菜（果菜）類利用法

野菜における利用は、主として果菜類にあるほか、採種用としての価値も高められる。利用技術は果樹類の場合と同様に、全国的に導入可能な技術である。

ことに寒冷期のハウス栽培の果菜類に用いられ、イチゴ利用での奇形果防止効果は著しく高いものがある。

ハウス栽培における主な果菜類についての利用期間の概略を示せば、図53のようである。

ハウス栽培の果菜類利用にあつては、つぎのようなことが留意される。

1. 作物の如何を問わず、年間必要な時期に利用可能であるとともにミツバチと異り、人畜に危害性を有しな

いことから、ハウス内での作業は安全に進められる。

2. ハウスにおける面積当りの利用数は表 127 のようになる。

3. 利用者は施設に対し、利用果菜の種類と、その必要とする時期、数量をあらかじめ連絡しておく。

4. 導入法は相互で協議し、老熟幼虫または蛹で導入した場合は、羽化技術を習得しておく（果樹利用と同）

5. 利用作物での薬剤散布は、利用期間中必要のないよう、利用以前に防除を徹底しておく。

6. ハウス内での放飼は、いずれの場所で実施しても均一分散する。放飼後の容器はそのまま、株もとなどに放置して差しつかえない。

7. ミツバチより低温環境に強いいため、作物に必要な日常温度管理以外は特に必要がない。また外部逃亡防止のための防虫網利用の必要性も特に認めない。

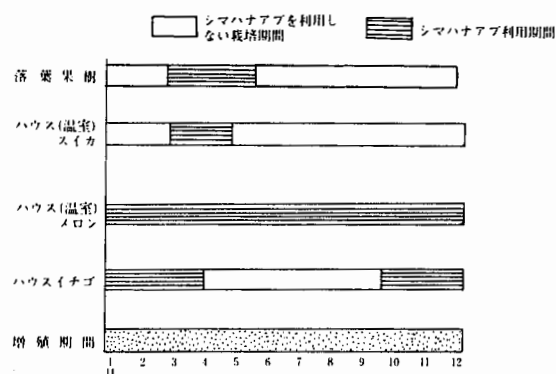


図53 増殖施設の高度利用による作物利用期間の概略

表127 シマハナアブの果菜類利用基準

種 類	放 飼 時 期	放 飼 回 数	3.3 m ² 当 り 放 飼 数
イチゴ	第 1 花 の 開 花 株 率 30 ~ 40 %	初 期 開 花 1 回 (必 要 に 応 じ 満 開 期 前 再 利 用)	5 ~ 10
メ ロ ン	開 花 始	初 期 1 回 盛 期 1 回	10
ス イ カ	開 花 始	初 期 1 回 盛 期 1 回	10

第6章 訪花昆虫の保護

緒 言

作物に利用する訪花昆虫は好条件下において、有効に利用しなければならない。直接あるいは間接的に最も影響の大きく現われるのは、病虫害防除のための薬剤との関係である。薬剤散布は利害両面があつて、欠くことの出来ない生産資材である反面、散布によって生ずる弊害も少なくない。訪花昆虫が訪花した場合の影響は、つぎの事項が考えられる。①訪花虫に対する直接虫体散布による影響。②散布前後の訪花による接触的（残効）影響。③花粉、蜜の摂食による影響。④忌避的影響があげられる。

果樹、野菜における訪花昆虫が最も影響を受けるのは、花期の利用時とその前後における薬剤散布にあることから、これらの事項をもとにした、各種殺虫剤による影響について検討する。

実験方法

1. 虫体散布による影響

人工飼育した成虫を室内において、直径12cm、高さ5cm金網付シャーレに1区5匹を収容し、スプレーガンを用いて50cm距離より3秒間sprayをした。処理後に脱脂綿に蜂蜜を浸ませて飼料として与えた。資料は20℃環境に置いて経時的に死虫数調査を実施した。供試薬剤は、殺ダニ剤、有機燐剤、carbarylを用い、倍数は実用濃度を適用した。

2. 食毒による影響

同じく人工飼育虫を用い、殺ダニ剤、有機燐剤、Car-

barylの各薬剤の実用濃度液から、1ccを取り、これを蜂蜜5gに混合して、脱脂綿に吸着させて与えた。処理後は20℃の室内に置いて、経時的に死虫数について調査した。

また、薬剤の土壌施用によって、植物体に吸収されて受精器管に移行することによる食毒影響が考えられることから、露地栽培のイチゴ（ダナー）を供試して検討した。耕種は慣行法であるが、薬剤を使用しなかった。開花前（5月4日）に200番寒冷紗で13.2m²を覆い外界と隔離した。5月9日に1株当り、acephate粒剤1gあて根もとに施用し、軽く土と混和した。シマハナアブの放飼は第1花の開花株率20%時に3.3m²当り、10匹を供試した。

3. 接触（残効）による影響

人工飼育したシマハナアブ成虫を供試した。供試薬剤は有機燐剤ならびにcarbarylを用い、実用濃度を取扱った。薬液調製後、スプレーガンを用いて、15×5cm金網蓋付シャーレ全体に散布し、薬液を乾燥させたのちに成虫を収容して、経時的に死虫数について調査した。資料は20℃室内においた。なお飼料として脱脂綿に浸ませた蜂蜜を与えた。

4. 忌避的影響

有機燐剤ならびにcarbaryl、nicotineの実用濃度液1ccに、蜂蜜5gを加えて脱脂綿に吸着させ、飼育箱内において、摂食に飛来した成虫の量によって忌避の度合について検討した。

表128 各種殺ダニ剤のシマハナアブに対する影響（虫体散布）

薬 剤	濃 度 ppm	供試虫	経 過 時 間（累積死虫率）						
			1	2	3	4	5	24	
vamidithion	液 剤 37%	247	10	40.0	40.0	40.0	40.0	60.0	100.0
dicofol	乳 剤 40%	200	10	0	0	0	0	10.0	50.0
phosmet	水和剤 50%	333	10	80.0	80.0	80.0	80.0	90.0	100.0
CBCBS. aramite	乳 剤 60%	240	10	30.0	30.0	30.0	30.0	40.0	60.0
chlorfenethol	水和剤 35%	175	10	0	0	0	0	0	40.0
chloropropylate	乳 剤 22%	147	10	0	10.0	10.0	10.0	10.0	50.0
binapacryl	水和剤 50%	337	10	0	20.0	20.0	20.0	50.0	100.0
chlorophenamidine	水溶剤 60%	400	10	0	30.0	30.0	30.0	50.0	100.0
chlorobenzilate	乳 剤 45%	300	10	0	0	0	0	0	0
phosalone	乳 剤 35%	583	10	90.0	100.0	—	—	—	—
Smite	乳 剤 55%	367	10	0	0	0	0	0	0
Control	—	—	10	0	0	0	0	0	0

実験結果

1. 虫体散布による影響

表128は11種の殺ダニ剤の直接虫体散布の結果である。散布1時間後で高率の影響の生じたのはphosalone水和剤があり、2時間後には100%の死虫率を示した。ついでphosmet水和剤の影響が高く生じた。2時間後ではchlorpropylate乳剤、binapacryl水和剤、chlorophenamidine水溶剤に影響を生じたが低かった。5時間後の影響薬剤にはdicofol乳剤があったが低率であった。24時間後では影響の生じなかった薬剤には、chlorobenzilate 45乳剤、smite乳剤があり、100%影響薬剤にはvamidothion水溶剤、phosmet水和剤、binapacryl水和剤、chlorphenamidine水溶剤が見られた。dicofol乳剤とchlorfenethol水和剤の影響は低かった。

表129は、9種類の殺ダニ剤について検討した結果である。最も早く影響の生じた薬剤はphosalone乳剤であり、30分後からではCPCBS.aramite乳剤、phosmet水和剤、vamidothion液剤の3種である。最も遅い薬剤にはchlorfenethol水和剤の24時間後である。ついでchloroph-

enamidine水溶剤は75分からであった。dicofol乳剤は5時間後であり、binapacryl水和剤は100分、chloropropylate乳剤は90分後からであった。これらのなかで、phosaloneは75分後に死虫率は100%に達し、またImidan水和剤は60分後に80%、5時間後では90%に達した。24時間後において著しく影響の生じた薬剤に、vamidothion液剤、phosmet水和剤、binapacryl水和剤、chlorphenamidine水溶剤、phosalone乳剤がある。比較的影響の低かった薬剤にはCPCBS.aramite乳剤、dicofol乳剤、chloropropylate乳剤があり、最も少なかった薬剤にはchlorfenethol水和剤が見られた。

表130は2種の殺ダニ剤の濃度別影響の結果である。chlorfenethal水和剤の1000ppmは、処理1時間後から死虫が生じ、24時間後では100%に達した。500ppmでは影響がやや遅く現われ、また死虫率もやや低かった。63ppmでは影響が見られなかった。proclonol水和剤800ppmの24時間後の死虫率はやや低く、200ppmでは影響がなかった。またisoxathion水和剤は1時間内で100%の影響があった。

表129 殺ダニ剤虫体散布による影響

供試薬剤	濃度成分 ppm	供試虫	経過時間(累積死虫数)分											24時間後死虫数	同死虫%
			15	30	45	60	75	90	100	120	300				
vamidothion 液剤 37%	247	10	0	2	3	4	0	0	0	0	0	6	100	100.0	
dicofol 乳剤 40%	200	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	50.0	
phosmet 水和剤 50%	333	10	0	1	2	8	0	0	0	0	0	9	10	100.0	
CPCBS. aramite 混合剤 60%	240	10	0	1	2	3	0	0	0	0	0	4	6	60.0	
chloropropylate 乳剤 22%	147	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	50.0	
binapacryl 水和剤 50%	333	10	0	0	0	0	0	0	1	2	5	10	10	100.0	
chlorophenamidine 水溶剤 60%	400	10	0	0	0	0	1	2	3	0	5	10	10	100.0	
phosalone 乳剤 35%	585	10	1	3	8	9	10							100.0	
chlorfenethol 水和剤 35%	175	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	40.0	
Control	—	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

表131は4種の殺ダニ剤についての濃度別影響結果である。phenproxide乳剤の20%と50%成分とも24時間後において影響がなかった、polynactins乳剤の800ppmは影響が著しく、また400ppmも高い傾向が見られた。dicofol乳剤は低かった。

表132は有機燐剤ならびにcarbaryl水和剤について検討した結果である。

処理5分以内に影響を生じた薬剤はdiazinon carbaryl水和剤とphenthoateの各水和剤である。この3種の薬剤区は15分後に100%死虫率となった。またfenitrothion水

和剤は処理15分後に100%死虫率に達した。やや影響の遅く現われた薬剤には、chlorpyriphs、salithion、cyanophosの各水和剤であるが、いずれも60~70分後に100%死虫率を示した。

2. 食毒による影響

表133は殺ダニ剤8種について検討結果である。

殺ダニ剤の食毒影響は、20分後から現われた薬剤にはchlorophenamidine水溶剤、phenisobromolate乳剤、benzomate水和剤であったが比較的低い。24時間後ではbenzomate水和剤にやや影響があったほか、chloroph-

表130 殺ダニ剤2種の濃度別影響（虫体散布）

供 試 薬 剤	濃度ppm	供 試 虫	死 虫 数 (時 間)				24時間後 死虫 %
			1	3	5	24	
hlorfenthol 水和剤 50%	1000	15	3	5	4	15	100.0
	500	15	0	1	5	7	46.7
	250	15	0	0	1	4	26.7
	125	15	0	0	1	3	20.0
	63	15	0	0	0	0	0
proclonol 水和剤 40%	800	15	0	0	0	7	46.7
	400	15	0	0	0	2	13.3
	200	15	0	0	0	0	0
	50	15	0	0	0	0	0
isoxathion 水和剤 40%	200	15	15				100.0
control	—	15	0	0	0	0	0

表131 殺ダニ剤4種の濃度別影響（虫体散布）

供 試 薬 剤	濃度ppm	供 試 虫	経 過 時 間 (死虫数)					24時間後 死虫数計	同死虫%
			1	2	3	5	24		
phenproxide 乳 剤 20%	400	20	0	0	0	0	0	0	0
	200	20	0	0	0	0	0	0	0
" 水和剤 50%	500	20	0	0	0	0	0	0	0
	250	20	0	0	0	0	0	0	0
polynactins 乳 剤 40%	800	20	0	0	0	0	20	20	100.0
	400	20	10	0	4	0	0	14	70.0
dicofol 乳 剤 40%	200	20	0	0	0	1	7	8	40.0
control	—	20	0	0	0	0	0	0	0

表132 有機燐剤による影響

供 試 薬 剤	濃度ppm	供 試 虫	経 過 時 間 (死虫数 () 内死虫率%)							
			5	10	15	20	25	30	60	70
fenitrothion 水和剤 40%	400	10	0	0	10 (100.0)					
salithion 水和剤 25%	250	10	0	0	0	7	1	1	1 (100.0)	
phenthoate 水和剤 40%	400	10	1	3	6 (100.0)					
chlorpyriphs 水和剤 25%	250	10	0	0	1	1	0	3	5 (100.0)	
cyanophos 水和剤 40%	400	10	0	0	0	5	2	0	3 (100.0)	
diazinon 水和剤 34%	340	10	3	4	3 (100.0)					
carbaryl 水和剤 85%	850	10	2	7	1 (100.0)					
control	—	10	0	0	0	0	0	0	0	0

表133 殺ダニ剤の食毒による影響

供 試 薬 剤	濃度ppm	供 試 虫	経 過 時 間 (死虫数)				24時間後 死 虫 %	
			直 後	17分	20分	24時間		
dicofol	乳 剤 40%	200	10	0	0	0	0	
chloropropylate	乳 剤 22%	220	10	0	0	0	1	10.0
chloroberzilate	乳 剤 45%	300	10	0	0	0	0	0
chlorophenamidine	水溶剤 60%	400	10	0	0	1	2	30.0
phenisobromolate	乳 剤 45%	300	10	0	0	1	0	10.0
tricyclohexyltin	水和剤 50%	333	10	0	0	0	1	10.0
benzomate	乳 剤 20%	133	10	0	0	1	3	40.0
vamidotion	液 剤 37%	247	10	0	0	0	0	0
control	—	10	10	0	0	0	0	0

表134 有機燐剤の食毒による影響

供 試 薬	濃 度 ppm	供試虫	経 過 時 間 (死虫数)						24時間 後死虫 数	同死虫 率 %
			40	50	60分	2	3	24		
fenitrothion 水和剤 40%	400	10	1	1	3	3	2		10	100.0
salithion 水和剤 25%	250	10	0	0	2	2	4	2	10	100.0
chlorpyriphos 水和剤 25%	250	10	0	0	1	0	2	7	10	100.0
phenthoate 水和剤 40%	400	10	1	0	0	6	3	0	10	100.0
cyanophos 水和剤 40%	400	10	0	2	0	1	4	3	10	100.0
diazinon 水和剤 40%	340	10	0	0	2	2	6		10	100.0
carbaryl 水和剤 40%	850	10	0	0	0	0	3	6	9	90.0
nicotine 40%	500	10	0	0	0	0	2	2	4	40.0
control	—	10	0	0	0	0	0	0	0	0

enamidine水溶剤も若干認められた。

これら以外の薬剤の影響は低く、また現われなかった。

表134は有機燐剤ならびにcarbaryl水和剤の検討結果である。

薬剤処理後、最も早く影響の現われた薬剤にfenitrothion水和剤、phenthoate水和剤があり、50分後ではcyanophos水和剤がある。60分後ではchlorpyriphos水和剤diazinon水和剤、salithionである。最も遅く影響が見られたのはcarbaryl水和剤、nicotineの3時間後である。24時間後ではnicotine以外の薬剤の影響は著しく高かった。

3. 土壌施用による影響

薬剤の土壌施用による影響の結果は表135に示したようである。放飼後の訪花量によって成虫の死亡を推定すると、無処理に対し、処理区の訪花率は3日で減少し、4日後には訪花虫をまったく見なかった。したがって再放飼を試みたが、この場合も無処理区の1回放飼19日の長期生存訪花に対し、8日後からは訪花虫が存在しな

った。

4. 接触(残効)による影響

表136は処理1時間後に接触した場合の結果である。6種類の有機燐剤について見ると、成虫収容30分後に影響の生じた薬剤の高率順位はdiazinon> cyanophos> carbaryl=chlorpyriphos、salithionの各水和剤である。70分以内に100%影響を見た薬剤はdiazinon、cyanophos、carbarylの各水和剤であった。110分後ではすべての薬剤において100%死虫の影響が見られた。

表137は有機燐剤6種の散布2日後と4日後における残効による影響の結果である。2日後では、diazinon水和剤が最も早く影響が現われ、15分後からであり30分以内で100%影響を受けた。遅い薬剤ではcarbaryl水和剤が50分後からであるが、1時間で100%の影響となった。5時間以上、24時間の遅い影響の薬剤には、salithion水和剤が見られた。総体的に各薬剤とも、2日後にあっても強い影響を示した。4日後に至ると影響の生じるまでに

表135 薬剤の土壌施用による影響

月・日	Acephate 粒剤処理 区訪花数	放飼虫に対 する訪花率 (%)	無処理区 訪花数	放飼虫に対 する放花率 (%)
5. 10	40	100.0	40	100.0
11	15	37.5	35	87.5
12	2	5.0	28	70.0
13	0	0.0	14	35.0
14	0	0.0	13	35.0
15	※ 40	100.0	13	32.5
16	32	80.0	13	32.5
17	26	65.0	14	32.5
18	18	45.0	11	35.0
19	10	25.0	9	27.5
20	6	1.0	9	22.5
21	6	15.0	9	22.0
22	4	10.0	5	22.0
23	0	0.0	5	12.5
24			4	12.5
25			4	10.5
26			3	10.0
27			3	7.5
28			1	7.5
29			1	2.5
30			0	0

※再放飼

表136 散布1時間後の接触(残効)影響

供試薬剤	濃度 ppm	供試虫	経過時間(死虫率%)									
			30	40	50	60	70	80	90	100	110 ^分	
diazinon 水和剤 30%	340	10	50.0	50.0				0				
fenitrothion 水和剤 40%	400	10	0	30.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
salithion 水和剤 25%	250	10	10.0	0	10.0	20.0	10.0	30.0	10.0	10.0		
chlorpyriphos 水和剤 25%	250	10	10.0	10.0	10.0	20.0	10.0	0	0	10.0	30.0	
cyanophos 水和剤 40%	400	10	40.0	20.0	20.0	20.0						
carbaryl 水和剤 25%	708	10	20.0	20.0	10.0	10.0	40.0					
control	—	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

どに及ぶに従って、環境汚染ともに残留毒性面が併行して大きな問題となった。このことについては、Carson(1962)のいち早い警告が行われていたが、強力な合成農薬の生物環境に及ぼす影響は極めて深いものがある。

果樹園における弊害も数多く生じ、各種天敵に対する影響が見られ、また重要害虫としてのハダニ類の発生相の変化も合成農薬使用時入に至っての現われであるが、

長い時間を要したが、salithion水和剤を除いた各薬剤は2~4時間で100%の影響を受けた。

5. 忌避的影響

表138は8種の薬剤について検討した結果である。

薬液を混入した蜜に対する摂食状況について、時間的に見たものであるが、直ちに摂食のあった薬剤にはfenitrothion、cyanophos、salithion、chlorpyriphosの各水和剤、nicotineがあった。20分後まで摂食行動を示さなかった薬剤にはphenthoate、diazinon、carbaryl、の各水和剤が見られた。

考 察

1945年を界して、農作物栽培上における病害虫防除薬剤に大きな変化をもたらされた。それ以前のリンゴ園の例では、殺菌剤は石灰ボルドー液、石灰硫黄合剤、殺虫剤は硫酸ニコチン、ピレトリンの植物成分農薬と砒酸鉛が中心で、その種類は少なかった。然るにそれ以後は、有機合成農薬時代に入り、成分的に見ても極めて変化に富み、また豊富な製造と供給が行われ、1945年以前では効果の収められなかった各種病害虫に著しい効果が得られた。有機合成農薬の登場は、その防除効果の増大によって作物生産上大きな増収と品質向上をもたらした反面、その成分的多種、多面、多回数使用は、果樹園病害虫相に影響をもたらしたとともに、果樹以外の利用状況を見ても、植物体散布主体から土壌施用、空中散布、作物以外の山林、原野の牧草における散布、また除草剤利用な

Resistance (Nomura¹³⁰1973) の出現は防除に一層複雑性を付与しているものがある。

このような農薬の質的变化と使用場面の拡大化は生産確保の基盤となる果樹、野菜類の開花時の訪花昆虫に対して大きな影響をもたらしたことはいうまでもない。リンゴ園における不受精花(カラマツ)の多発傾向と農薬の使用による訪花昆虫との間には微妙な関係がある。

表137 殺虫剤の接触（残効）による影響

供試薬剤	濃度 ppm	散布 後の 日数	供試 虫	経過時間（死虫率%）												
				15	20	30	40	50	60分	2	3	4	24			
diazinon 水和剤 34%	340	2	10	40.0	40.0	20.0										
				0	0	0	0	0	0	100.						
phenthoate 水和剤 50%	500	2	10	0	0	40.0	20.0	40.0								
				0	0	0	0	0	70.0	0.						
salithion 水和剤 25%	250	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100.	
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.0	
chlorpyriphos水和剤 25%	250	2	10	0	0	20.0	40.0	20.0	20.0							
				0	0	0	0	0	0	70.0	30.0					
cyanophos 水和剤 40%	400	2	10	0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0							
				0	0	0	0	0	60.0	0	40.0					
carbaryl 水和剤 25%	708	2	10	0	0	0	0	20.0	80.0							
				0	0	0	0	0	0.0	100						
control	—	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表138 各種薬剤の忌避的影響

供試薬剤十蜂蜜 1g	濃度ppm	供試 虫	投与後の吸蜜数						
			直後	10分後	20	30	40	50	60
fenitrothion 水和剤 40%	400	10	1	2	1	1	2	3	
salithion 水和剤 40%	400	10	3	4	2	0	1		
chlorpyriphos水和剤 25%	250	10	1	2	1	2	3	1	
phenthoate 水和剤 40%	400	10	0	0	1	1	2	4	2
cyanophos 水和剤 40%	400	10	1	0	1	2	3	2	1
diazinon 水和剤 35%	350	10	0	0	1	1	3	2	3
carbaryl 水和剤 85%	850	10	0	0	2	1	2	3	2
nicotine 40%	400	10	2	2	2	2	1	1	
control	—	10	5	3	2				

DDT、BHC剤の導入後1951年parathion実用化に入るに至って、防除効果の効率化を得る一方、不受精花の増大は1955年頃より各地で目立ち始め、同時に開花時の訪花昆虫不足が問題となった。即ち、DDTに始まった以後10年未満にして、果樹に集まってくる訪花昆虫の種類量がそれ以前の時代よりも著しい減少の状況と深い関係があるといえよう。表139は1955年から1975年に至る20年間の岩手県のリンゴ病害虫防除暦における、花期を中心とした時期の殺虫剤使用の変遷である。これから見るとparathionは1969年以降製造中止による不使用になったが、DDTは1969年まで用いられた（使用禁止1971年）、parathion不使用以後はなお有機燐剤が主流を占めているが、低毒性有機燐剤に移行している。一方ハダニ防除薬

剤は、1955年代の当初オウトウハダニ（*Tetranychus uiemensis* Zacher）多発にともなう、結晶硫黄（サンソーゲン）の出現に端を発し、リンゴハダニ（*Panonychus utmi* Koch）、ナミハダニ（*Tetranychus urticae* Koch）の発生に備えた薬剤の種類は8種類に及んでいるが、この薬剤の使用は開花直前期に集中して用いられている。砒酸鉛は20年以前よりハマキ、ケムシ類に対する有効農薬として45年まで用いられたが、以後毒性面から不使用になるも、訪花昆虫に対する影響は、有機合成農薬よりもはるかに低いものがあった。したがって、1955年初期までの間は極めて強力であり、残効の著しい農薬が花期を中心とした時期に、各地域とも集中して用いられていたことが窺える。現今この時期の農薬使用は各地とも訪

表139 リンゴ発芽後より落花直後期における殺虫剤の年次的変遷 (岩手県リンゴ病害虫防除暦より)

時期	昭和年度	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
発芽10日後頃		—	—	—	DDT	ひ酸鉛	ひ酸鉛	ひ酸鉛	(N)	(N)	DDT	DDT
展葉期		P-2 DDT BHC	DDT P-2	DDT P-3	P-3	ひ酸鉛	ひ酸鉛	ひ酸鉛 P-2	(N)	(N)	P-6	P-3
開花直前		ひ酸鉛	ひ酸鉛	ひ酸鉛	ひ酸鉛 A-2	ひ酸鉛 A-2	ひ酸鉛 A-4	ひ酸鉛 A-4	ひ酸鉛 A-6	ひ酸鉛 A-8	ひ酸鉛 A-7	ひ酸鉛 A-3
開花中		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
落花直後		DDT BHC P-2	DDT BHC P-2	P-3	P-3	P-7 A-5	P-7	P-6	P-5	P-6	P-6	P-3

41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
DDT	DDT	DDT	DDT	N	N	N	N	N	—
P-3	P-3 ^N	P-3 ^N	P-4 ^N	P-5	P-6	P-6	P-6	P-5	P-1 ^N
ひ酸鉛 A-6	ひ酸鉛 A-5	ひ酸鉛 A-6	ひ酸鉛 A-7	ひ酸鉛 A-6	A-6	A-5	A-6	A-5	A-6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P-3	P-3	P-3	P-4	P-6	P-4	P-5	P-5	P-5	P-5

(注) P-数字-有機燐剤と薬剤の種類数、A-数字-殺ダニ剤と薬剤の種類数、N-NAC剤

花昆虫保護の目的を重点にして考慮がはられるようになったが、小林(1975)によれば、リンゴにおいて防除暦上(開花直前期)保護明記は3県、殺虫剤不使用は6県、殺菌剤不使用2県があり、2県の有機燐剤使用が見られている。また殺ダニ剤は13県中4県の他はすべて無使用としている。リンゴ以外の果樹では(開花始め頃)有機燐剤使用23県中、ナシ8県、モモ10県、ウメ1県、カキ4県で用いられている。この時期に至ってなお防除を必要とするのは、発生の地域差によるものであって、ことに、ハマキ類、ハダニ類、キンモンホソガが該当している。果樹園での開花期保護に重点が置かれる理由は訪花昆虫の有力種の大部分は外部から果樹園に訪れるものであって、果樹園内で周年生活している種類は極めて少ないことにある。その訪れた昆虫が結実確保上重要であるにほかならない。したがって、その保護対策は、園の外周環境の保全が極めて重要であり、同時に人工利用昆虫とともに、自然昆虫の花期集中時の保護対策が必要である。また同時に有益昆虫の保護として見た場合は、年間防除のなかで考慮されなければならない。落葉果樹類での主な構成種は双翅目と膜翅目昆虫によって占められているが、能力ある昆虫もまたこの2目のなかにある。シマハナアブの利用は、新たなpollinatorとして実用の域に達したが、従来代表的なミツバチに対する保護は欧米において盛んである。E.L. Atkins (1973)らは同分異性体を含めた400種に達する化学薬剤のBeeに対する影響を検討し、またC. Johansen (1963)、Philip F. Torchio (

¹³³ 1976)、Johansenら (1963)、C.A. Johansenら (¹³⁵ 1965)に見るようにAlfalfaにおけるBeeの利用、薬剤の影響、保護が試みられている。わが国においても、ミツバチ以外に*Osmia Cornifrons* Radoszkowskiに対する各種薬剤の検討が行われているが、シマハナアブについてもBee類と同様な各種薬剤の影響、究明を行い訪花活動の助長を計らなければならない。農薬の影響の仕組みとしては、直接的であり、接触(残効)食毒にある。これに従って試みられた影響の度合いは表140のように整理される。実用下にある有機燐剤、carbarylはいずれの方法によっても強い影響が見られ、殺ダニ剤の虫体に直接処理では影響の高い方に種類が寄り、食毒の場合は逆の現象が見られた。この表は今後更に殺菌剤を含めた多くの薬剤について検討を加えて、薬剤選択上のもとに考えたい。

農薬そのものが、生物にとって有害な物質であることは訪花昆虫に対しても例外ではなく、薬剤の大部分は強力な影響の位置にある。近年無公害の農薬の開発も活発化し、sexpheromone利用による防除、不妊法、天敵、微生物利用の研究(宮下¹³⁶1973日本農学大会1972)により、一部は実用の域に達していることからすれば、今後生物環境の保全と改善が期待されるであろう。

果樹、野菜における訪花昆虫保護の今後のあり方として果樹、野菜ともつぎのようなことに要約されよう。

1. 芽出後から開花前期に至る間の病害虫防除の徹底病害虫の種類や発生期が地域によって異なるが、開花期に至って防除の必要が生じないよう事前防除の徹底を計る。

表140 シマハナアブに対する各種殺虫剤の影響

作用	影 響 度 (死虫率の範囲)					
	0	1 ~ 20	21 ~ 40	41 ~ 60	61 ~ 80	81~100%
虫 体 散 布	chlorobenzilate smite phenproxide	proclonol	chlorfenethol	chloropropylate decofol CBCBS, aramite chlorfenethol	polynacitins	vamidothion phosmet binapacryl chlorophenamidine phosalone fenitrothion salithion phenthoate chlorpyriphos isoxathion cyanophos diazinon, isoxathion
残 効	当 日					diazinon fenitrothion salithion chlorpyriphos cyanophos carbaryl
	4 日 後				salithion	phenthoate diazinon chlorpyriphos cyanophos carbaryl
食 毒	dicofol chlorobenzilate	chloropropylate phenisobromol- ate tricycloh- exyltin	chlorophe- namidine benzomate nicotine			fenitrothion salithion chlorpyriphos phenthoate cyanophos diazinon carbaryl
土 壤 施 用						※acephate

※粒剤、開花開始時(イチゴ)

2. 開花直前期、ならびに開花中の薬剤使用はさける。ことにハダニ防除は開花開始期が防除適期にあることから、接近して防除が行われ易い。他の害虫を含めて防除必要時は薬剤選択に注意して使用する。

3. 年間の防除を通して、天敵を含めた保護を考慮する。薬剤の乱用、過剰防除におちいらぬよう適正使用とする。

4. 栽培園地にとどまらず、全般の環境保護につとめる。訪花昆虫の好適な繁殖場所となる山林、原野、河川等での農薬使用は最大注意しなければならない。

摘 要

シマハナアブ利用時の保護を狙いとして、最も影響を受ける農薬との関係について、虫体への直接散布と接触(残効)、食毒また土壌施用による植物体移行による影

響について、各種薬剤を供試して実験を行った結果つぎのようである。

虫体直接散布による影響

1. 11種の殺ダニ剤による処理24時間の影響では、vamidothion液剤、phosmet水和剤、binapacryl水和剤、chlorophenamidine水溶剤が著しかった。chlorobenzilate乳剤、smite乳剤は影響がなく、dicofol乳剤、chlorfenethol水和剤、chloropropylate水和剤は50%前後の影響であった。

2. 9種殺ダニ剤影響の生じるまでの遅速を見ると、phosaloneが最も早く15分後からあり30分後ではvamidothion液剤、CBCBS, aramite乳剤がある。最も遅いのはchlorfenethol水和剤であり、dicofol乳剤は5時間後からであった。

3. 有機燐剤6種とcarbaryl水和剤の影響では処理15

分後に100%影響の生じたのは、fenitrothion、phenthoate、diazinon、carbarylの各水和剤にあり、70分後までは、salithion、chlorpyrifos、cyanophosの各水和剤であって、これらの薬剤は短時間に強い影響が見られた。

食毒による影響

4. 殺ダニ剤8種の検討結果は、24時間後の死虫率で見ると、chlorophenamidine水溶剤、benzomate水和剤に高く、他の殺ダニ剤は0~10%にあって低かった。

5. 有機燐剤6種とcarbaryl水和剤、nicotineのなかでは、3時間後100%影響を示した薬剤はdiazinon、phenthoate、fenitrothionの各水和剤がある。24時間後ではsalithion、chlorpyrifos、cyanophosの各水和剤でありまたcarbaryl水和剤の影響も著しかった。nicotineは24時間後に至っても40%の影響にとどまった。

土壌施用による影響

6. イチゴを対象に、acephate粒剤を株当たり1gを施用の場合の影響は、処理区での訪花は短期間に著しく減少が見られたことから、薬剤は容易に花器まで到達するものと思われ、土壌への薬剤使用であっても影響を受け易いといえよう。

接触(残効)による影響

7. 散布1時間後に接触があった場合、30分以内に、fenitrothionを除いた他の燐剤は影響が現われた。110分後ではすべて燐剤、carbaryl水和剤ともに死虫率100%に達し、強い影響があった。

8. 散布2日後と4日後の接触の場合では、2日後にあつては、15分後にdiazinon水和剤、cyanophos水和剤が20分後より影響を生じ、30~60分以内に100%死虫に達した。2日後にあつては60分以内にsalithion水和剤を除いた薬剤に強い影響があった。散布4日後では影響の生じるのは遅く、60分後に至って、fenitrothion水和剤、cyanophos水和剤があり、2~3時間後に100%影響となった。24時間後に至って影響の低かった薬剤にsalithion水和剤がある。

忌避的影響

吸蜜行動の遅速の判別の結果、fenitrothion、salithion、chlorpyrifos、cyanophosの各水和剤とnicotineが最も早い。遅い薬剤にはphenthoate、cyanophos、diazinon、carbarylの各水和剤があり、これらの薬剤は忌避的作用があると思われる。

総 括

リンゴ園における訪花昆虫相

リンゴ園において、10年間の訪花昆虫相について調査した結果、全体採集種は6目33科61属71種である。構成

の主体は、双翅目昆虫の12科30種であり、ついで膜翅目昆虫の6科10属10種であった。

A、B環境の異った地域での訪花昆虫相は、変化に富むA環境の4目24科44属49種に対し、Bの水田単作単純環境では、4目15科27属33種であつて、貧弱な構成であつた。

A環境での優位種の順位を見ると、シマハナアブ>ミツバチ>アシプトハナアブ>オオクロバエであり、シマハナアブは10年間のうち6回を数え、訪花量は全体採集量の21.3~50.5%を占めた。B環境での6年調査では、ミツバチ>シマハナアブ>ハナバチ類の順であり、ミツバチが最優位であつたのはpollinator不足から人工的に導入した結果である。

年変動を見ると、開花期が高温、乾燥経過の年には、膜翅目昆虫の活動が高まるが、低温不順天候では活動が劣る。ハナアブ類はその影響が少ない傾向にあつた。

日周活動は種類によって異なり、膜翅目昆虫は日中の高温時に活動が高まり、クロバエ科の昆虫は午前中のしかも早朝の時間帯の活動が主である。シマハナアブは午前10時前後と、午後2時前後の2回明瞭なピークが見られる。各訪花昆虫相互の関係は複雑であるが、互いに競合をさせている。

和ナシにおける訪花昆虫相

全体採集種は、4目17科30属36種であつて、リンゴ園より構成が劣っている。優位種の順位は、シマハナアブ>ミツバチ>アシプトハナアブ>Andrena spの順であつた。

洋ナシ広面積園の訪花昆虫相

40haの広面積園の中央ならびに東西南北の外周地点について調査した結果、全体採集種は5目18科27属30種であつた。科の構成では鞘翅目>膜翅目>双翅目>半翅目の順である。

地点別構成は、園の中央と単純環境に面した東側が貧弱であり、訪花昆虫の繁殖に適した環境に面する他の地点では豊富な構成が見られた。したがって、広面積園では、園の中心地の結実低下はまぬがれず、周囲環境が重要である。優位種は、北側を除いた各場所ともシマハナアブが第1位であつた。

モモ園における訪花昆虫相

2年調査の結果では、2目6科10種の採集にとどまり構成の主体は膜翅目昆虫であつた。

オウトウ園における訪花昆虫相

2年調査において、4目8科11属13種を採集し、構成の主体は膜翅目昆虫である。

ウメ、アンズ園における訪花昆虫相

ウメ全体で4目12科11属18種の採集であり、アンズは

3目10科13属14種であった。構成の主体はミツバチであった。

落葉果樹園での訪花昆虫実態調査によって、シマハナアブの優位種が判明したことから、Pollinatorとしての適合性を検討した結果、花粉の付着状況では、訪花量の50%前後は花粉を付着しており、雄虫より雌虫にことに多い傾向にある。活動温度範囲は9~30℃範囲にあり、活動開始温度はミツバチより5~6℃低い。0℃条件下での50%死虫までの日時は96時間、100%死虫まで10日間を要し、耐低温性のアブである。Bee類のように、人畜に対する危険性はなく、衛生上の病菌伝播などの有害性を備えない。天敵としては、訪花時にハナグモ類による捕食が見られた程度で、極めて少ない。

シマハナアブの生態は4~5回発生し、越冬は幼虫態が主である。多訪花性を備えているが、好まれる花はバラ科、キク科、ネギ科などの植物である。

繁殖は、池、河川の浅い停滞水の有機質に富んだ場所であった。また畜舎排泄物貯留所の周辺にも見られた。

産卵は水際の土中に1個所にまとめて300卵前後産み2日で孵化した幼虫は水中に移り、腐敗有機質を食して老熟し、水際が多湿土壤に移って蛹化する。

シマハナアブの人工増殖

訪花の優位性とPollinatorとしての利用に適合性の見られたことから、人工増殖法を試みた結果、つぎのようである。無菌的でない方法により飼育した結果、動物質飼料より植物質飼料が適当であった。

大量採卵のための成虫飼育では、リンゴ、スイセン、ツバキ花粉が良好であり、カボチャ、ユリ、ガマ Pollen は不適であった。飼育箱（高さ40×30×30cm）に Pollen、蜜、産卵場所をそれぞれのシャーレに準備し投与した。交尾は午前中に終了し、飼育開始から産卵までの日数は7.5日であった。産卵場所として適合した材料は、多湿オガクズ、土壤であり、多孔スポンジは採卵時に卵の損傷があり、不適である。飼育箱内での花粉の摂食行動は野外訪花時と同様な経過を示した。

幼虫飼育

当初の組成として water 1.300 g、sodium propionate 20 g、dehydroacetic acid 2g、casein (Soya-bean) 300 g、casein from milk 30 g、乾燥酵母 10 g、agar 80 g を混合し、加熱し、冷却後砕いて飼育箱に入れ、水を飼料上面 3 cm 前後にして、室内自然環境下で飼育した結果、年間4世代の累代飼育をした。発育虫は正常であり、平均発育率は84.8%である。蛹化率は96%、羽化率は92.3%である。発育と温度の関係では、15℃では老熟まで25日、25℃では13日間であるが、発育不良になる。適温は20℃前後であった。

簡易飼料の開発を行った結果、多湿オガクズを基材にした乾燥酵母添加飼料での飼育が可能であった。穀物、野菜を基材とした飼育では、アワ、ヒエ、コウリヤン、大豆、トウモロコシ、バレイショでの発育率90%以上である。寒天省略飼料でも飼育可能である。幼虫の飼育に適合する人工飼料について表141のような組成を確立した。

防腐剤の添加は、飼料の保存を目的にするが、無添加での発育も可能である。プロピオン酸ソーダ、0.25~1%添加が発育良好であった。幼虫飼育密度は、飼料100gに対し、200匹が適当である。休眠は極く浅く、8~9時間照明飼育の（幼虫）0℃では、60~120日間の保存に耐える。したがって年間常時利用と、長期の保存が可能であった。また20℃環境での年間飼育は12回が可能であり、累代飼育による弊害も見られなかった。

表141 シマハナアブ幼虫飼育飼料の組成

飼料	組成 (g)					
	1	2	3	4	5	6
水	1300	300	300	500	500	500
Sodium propionate	20	—	—	5	5	—
Dehydroacetic Acid	2	—	1	—	—	—
大豆カゼイン	300	—	—	—	—	—
ミルクカゼイン	30	—	—	—	—	—
ヒエ	—	—	—	200	—	200
トウモロコシ	—	—	—	—	200	—
オガクズ	—	200	200	—	—	—
乾燥酵母	10	5	5	5	5	5
寒天	80	—	—	50	50	—

果樹（リンゴ）、野菜（ハウスイチゴ）での実用効果人工増殖したシマハナアブを用い、実用効果を検討した結果はつぎのようである。

リンゴを対象とした、雄蕊除去による花粉媒介能力は極めてすぐれた。ハチ類との比較では、ミツバチと同等の効果が認められる。圃場利用での定着性は高い。放飼園の中心果の結実率は無放飼園より28.2%すぐれた。3個所での4年間継続して利用した効果 Starking Delicious の中心果結実率は人工受粉園を対象にした場所で見ると、放飼園平均66.2%に対し人工交配園53.8%、無放飼園39.0%であって Pollinator としての利用効果がすぐれた。他の園地でも同様である。

大量人工増殖虫を用い、広域利用効果においては2年平均での Starking Delicious 中心果結実率平均83.5%に対し、無放飼園は44.2%にとどまった。10 a に要する放飼数は最少1,000匹である。

野菜での、ことにハウスイチゴ利用における奇形果防

止効果はつぎのようである。

雄蕊除去による花粉媒介能力の検討では、100%結実と正形果に対し、無放飼区は66.6%結実し、そのすべてが奇形果となった。5分間の訪花回数は、最多14花、最少5花であり、雌虫が滞在時間が長い。ハウス内での日周活動は午前8時頃より訪花し、午後2時に最大ピークに達した。夜間は茎葉の間隙に入って静止している。ハウス内での分散状況も良好で均一化が見られる。放飼虫の有効期間は14日である。外部への逃亡は極めて少なく、定着性が高い。

実用効果は無放飼の奇形果発生率36%に対し、3.3㎡当たり10匹放飼では5.3%にとどまり効果がすぐれた。ま

た主要産地での検討結果も高く、無放飼区より奇形果の発生率は20~30%低く、商品化率が極めて高かった。果実の大きさも放飼区がすぐれる。

大量増殖施設と実用化実績

Pollinatorとしてすぐれた能力のあるシマハナアブの大量人工増殖法の確立とその実証効果のすぐれたことから、果樹、野菜、採種などの多面利用が考えられる。したがって、工場生産の実験施設を試みた。

100万~150万匹（リンゴ園100~150ha利用）飼育施設の広さは60㎡前後で可能である。更に大量飼育の場合は広くする。施設内の機構はつぎのようになる。

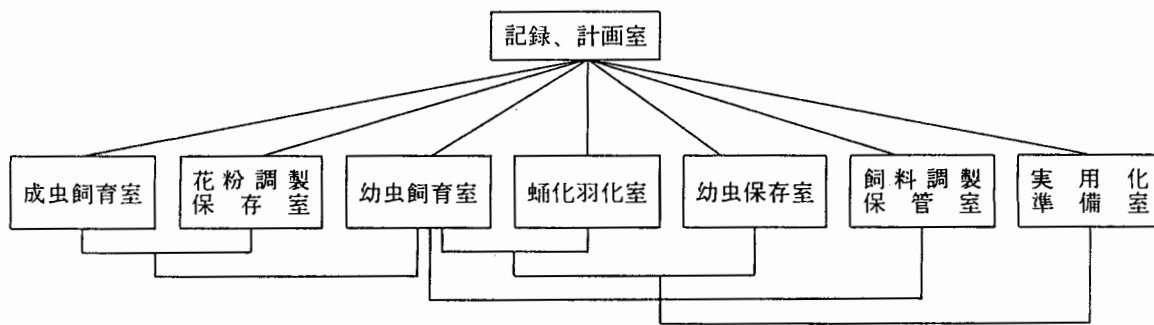


図52 シマハナアブ飼育施設内の各室の関連

兼用可能な室は統合すると合理的である。成虫と幼虫飼育は年間飼育可能にするため、20℃前後の環境調節設備を行うことが能率的である。一万匹の幼虫を得るための労力は10時間前後で68日間である。

この施設によって、1974年3月から増殖を開始し、1975年の5月、リンゴ園主体の利用を行い、利用虫数約15万匹、面積15haにおよんだ。ひきつづいて1970年は、リ

ンゴ園ならびに和ナシ園、ハウスイチゴ利用実績は、17ha、約24万匹に拡大された。このための結実確保の省力化、安定と品質向上効果は著しく大きく、次第にその利用は全国的拡大の傾向にある。

利用法

落葉果樹園や、野菜類に利用する場合、増殖施設と利用者の間にはつぎの4系統の利用が考えられる。

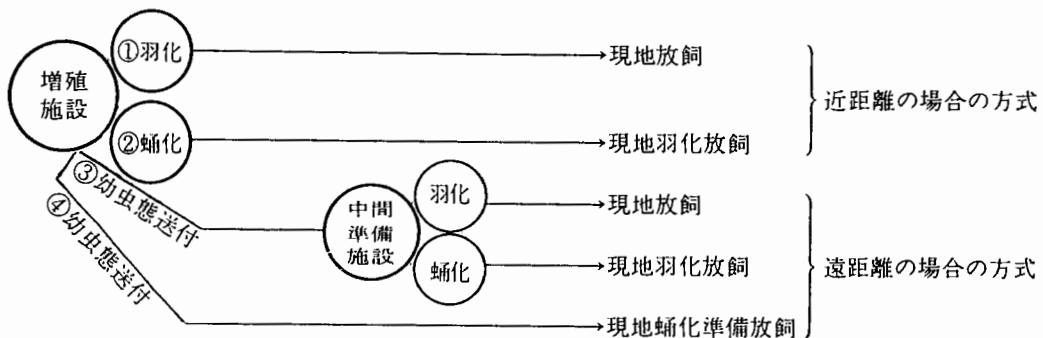


図53 シマハナアブ飼育虫の送付利用系統

施設から近い場所では、成虫態利用とし、遠い場所では蛹、または老熟幼虫態で送付され、利用者が羽化させて利用する。大量の場合中間に羽化施設があれば能率的である。

表126 シマハナアブの落葉果樹類使用基準

樹種	放飼時期	10a放飼量	放飼場所
リンゴ	中心花開花30~40%	1000匹以上	園の中心辺
和ナシ	開花3~4日後	1500匹	〃
洋ナシ	全上	1500匹	〃
オウトウ	満開前期	1500匹	〃
スモモ	全上	1500匹	〃
アンズ	開花30%前後	1000匹	〃
ウメ	全上	1000匹	〃

表127 シマハナアブの果菜類利用基準

種類	放飼時期	放飼回数	3.3m ² 当り放飼数
イチゴ	第1花の開花株率30~40%	初期開花1回 (必要に応じ満開期頃再利用)	5~10
メロン	開花始	初期1回 盛期1回	10
スイカ	開花始	初期1回 盛期1回	10

利用者は、施設に対しあらかじめ、利用作物、必要量必要時期について発注しておく。ことに作物の開花期の予想を適切にする。施設も同様に開花期の把握を行うは

か、受注状況に従って目的数量の飼育を行い、利用者の遠近を考慮して、輸送形態を検討し発送する。数量の把握や、流通経路は増殖施設→農業協同組合→利用が効率的であり、利用も広域共同利用が効果的である。利用作物の範囲は落葉果樹、果菜類と採種や育種上にも利用可能性が窺える。

利用者はPollinatorの保護のため、利用時の薬剤散布を必要としないよう、事前に防除の徹底を計っておく。

-Pollinatorの保護

有機燐剤とcabaryl水和剤、殺ダニ剤について、虫体散布、接触(残効)食毒について、シマハナアブ対象に検討した結果、有機燐剤はいずれも強い影響があり、残効においては、salithion水和剤が散布4日後の影響が低かった。cabaryl水和剤も同様である。殺ダニ剤16種では、虫体散布でvamidotion液剤、phosmet水和剤、binapacryl水和剤、chlorophenamide水溶剤、phosaloneの影響が著しく、chlorfenethol水和剤、dicofol乳剤、BCBS.aramite乳剤、chloropropylate乳剤は中間にありchlorobenzilate乳剤は影響が少なかった。食毒では、dicofol乳剤、chlorobenzilate乳剤、vamidotion液剤に影響が見られず、chloropropylate乳剤、phenisobromolate乳剤、tricyclohexyltin、chlorophenamide水溶剤、benzomate乳剤、nicotineは40%以下の影響であった。

果樹園では特に開花直前の薬剤使用はさける。また園とその周辺全般の環境保護につとめ、利用昆虫とともに自然の有益昆虫の保護につとめなければならない。

引用文献

1. 菊池 秋雄 1933 果樹受粉問題の概観、農及園。8 : 513~525
2. 浅見 与七 1939 果樹栽培汎論、結実編
3. 永沢 勝雄 1942 果樹園芸汎論、産業図書
4. 森 英男 1936 日本季の自家並に交配受粉に関する研究。第1報特にソルダムの授粉について、園学雑。8 : 311~326
5. Carson, R. 1962 Silent Spring penguin books, Middlesex, England. 317pp
6. 福永 一夫 1965 農薬の残留問題、科学。35 : 668
7. 岡田 一次 1963 ミツバチ及び花粉媒介昆虫に及ぼす農薬の影響、応動昆。7 : (3)、259~260
8. ————— 1955 養蜂と殺虫剤、植物防疫。9 : (12)
9. 広瀬 健吉 1961 リンゴ病害虫のあらずじ、農薬通信。32 : 29~30
10. 前田 泰生 1964 ツツハナバチ科によるリンゴポリネーションに関する研究(1)、本邦でリンゴのポリネーターとして利用されているツツハナバチ属利用の動機と現状、東北昆虫研究 1 : 45~52
11. ————— 1965 ポリネーターとしてのツツハナバチ属利用の特性と問題点、昆虫。33 : 17~34
12. Kitamura, T. and Y. Maete 1969 Studies on the pollination of apple by *Osmia* (III) preliminary report on the homing ability of *Osmia cornifrons* (Radoszkowski) and *O. Pedicornis Cockerei*, Kontyu 37 : (1)、83~90
13. 熊倉 正昭 1973 福島県における果樹園の訪花昆虫相に関する研究
引至 直至
鈴木 正史
柳 沼 薫
第1報県北地方における地域別飛来実態調査および開花状況調査、福島園試研報 4 : 61~85
14. 青森苹果試験場 1937 人工交配指導委託試験業務報告。37~38
15. 福島 住雄 1965 リンゴの生産を支配する要因と生産予測に関する研究 1、青森県リンゴ試報告。9 : 1~39
16. 永沢 勝雄 1955 果樹の人工授粉、農及園。34 : 4.544~548
17. 山田 正輝 1967 青森県におけるマメコバチの生態。東北昆虫No5.3~4
18. Bohart, G.E. 1957 Pollination of alfalfa and redclover. Ann Rev. Ent. 2 : 355~380
19. C.A. Johansen, M.D. Levin, J.D. Eves, W. R. Fersyth, H.B. busdicher, D.S. Jackson, and Lillian I. butler 1965 Poisoning hazard of Bee undiluted malathion applied to alfalfa in bloom. Washington Agricultural Experiment Station 455
20. 宮本 セツ 1959 日本産花蜂の生態学的研究 V III、花と花蜂との相互関係(その1) 日生態会誌 9 : 194~199
21. ————— 1959 日本産花蜂の生態学的研究 IX、花と花蜂の相互関係(その2) 日生態会誌 9 : 228~239
22. ————— 1960 ヒメハナバチ科花蜂14種の訪花性(日本産花蜂の生態学的研究 X IV)、昆虫 28 : 65~86
23. ————— 1960 コハナバチ科11種の訪花性(日本産花蜂の生態学的研究 XXI)、生態昆虫(3)、120~137
24. 福島 正三 1963 数種植物における訪花昆虫の群集構造について(ほ場における昆虫群集の研究第28報) 関西病虫研会報、5 : 30~46
25. 小林 祐造 1966 那須地方におけるリンゴ園の訪花昆虫に関する研究
松浦 永一郎
片山 栄助

- 園学雑。35：(4)332～338
26. 横 沢 弥五郎 1957 桃の授粉に関する研究（第
保 井 昭 男 1 報）訪花昆虫について、
園学雑。26：(3)、185～191
27. 津 川 力 1967 リンゴ園における天敵と益
山 田 雅 輝 虫の保護利用に関する研究
白 崎 将 瑛 （第 1 報）青森県の数地方
小 山 信 行 におけるリンゴ園の訪花昆
虫相、青森リンゴ試場報告、
11：1～15
28. 阿 部 泰典編 1971 ミツバチ利用のイチゴ栽培
農文協。
29. 小 林 森 巳 1968 果樹園有用訪花昆虫増殖利
用に関する研究（第 1 報）
飛来種と有力種の花粉保有
状況ならびに媒介能力につ
いて、園学43秋季大会研究
発表要旨 8～9
30. ————— 1969 果樹園訪花昆虫増殖利用保
護に関する研究（第 2 報）
シマハナアブの人工増殖に
ついて、園学秋季大会研究
発表要旨 4～5
31. ————— 1972 同（第 3 報）ハウスイチゴ
利用効果について、園学秋
季大会研究発表要旨56～57
32. ————— 1972 同（第 4 報）シマハナアブ
のハウスイチゴ利用効果に
ついて、園学昭47秋季大会
研究 発表要旨168～169
33. ————— 1973 同（第 5 報）シマハナアブ
のリンゴ園利用効果につ
いて、園学昭48春季大会研究
発表要旨102～103
34. ————— 1974 同（第 6 報）ハナアブ類に
対する薬剤の影響について、
園学昭49秋季大会研究発表
要旨132～133
35. 小 林 森 巳 1974 訪花昆虫シマハナアブのイ
小 原 房 雄 チゴ利用効果（第 2 報）東
北農業研究15号358～359
36. 小 林 森 巳 1973 訪花昆虫シマハナアブの授
粉効果、東北農業研究14号
328～330
37. ————— 1970 リンゴの訪花昆虫の保護利
用に関する研究（昭和45年
度第 2 回東北地区技術連絡
会議総会資料）
38. ————— 1970 リンゴの受粉にシマハナア
ブの利用、果実日本、25：7。
28～34
39. ————— 1970 花粉媒介昆虫、シマハナア
ブの増殖と利用、技術と普
7：1、59～61
40. Morimi 1971 A Pollen
Kobayashi Carrier Insect:Artificial
Breeding of "Shimahana
Abu" (*Eristalis cerealis*
Fabricius) and Its
Applications, Technocrat.
1:4. 5.50～53
41. 小 林 森 巳 1971 ハナアブの生活、the
insectarium. Vol86～9
42. ————— 1971 シマハナアブによるリンゴ
の花粉媒介効果と増殖法、
農業技術、26：6. 26～28
43. ————— 1971 訪花昆虫シマハナアブの増
殖と利用、研究情報、No.10
11～13
44. ————— 1971 花粉媒介昆虫としてのハナ
アブとその増殖、今月の農
薬、5：2.69～72
45. ————— 1971 訪花昆虫シマハナアブの増
殖と利用効果、今月の農薬
15：12、55～58
46. ————— 1971 訪花昆虫シマハナアブの増
殖と利用、研究情報、
10：11～13
47. ————— 1971 訪花昆虫増殖利用保護に関
する研究（第 1 報）リンゴ
園における訪花昆虫相、岩
手園試研報、第 1 号
48. ————— 1972 同（第 2 報）シマハナアブ
の人工増殖について、岩手
園試研報、第 2 号、1～27
49. ————— 1967 I 果樹園花粉媒介昆虫有力
種の検索と媒介能力、応動
昆大会講演要旨、29
50. ————— 1968 II 果樹園シヨクガバエ科の
訪花種と花粉保有状況、応
動昆大会講演会要旨、46

51. ————— 1971 有用昆虫増殖利用に関する研究、シマハナアブの人工増殖について、応動昆大会講演要旨、25
52. ————— 1973 訪花昆虫の受粉能力と利用をめぐって、17回日応動昆大会講演要旨シンポジウム 267~268
53. ————— 1971 シマハナアブの増殖と利用農耕と園芸、26:3.169~171
54. ————— 1971 シマハナアブの増殖と利用農耕と園芸、26:7.169~171
55. ————— 1967 果樹花粉媒介昆虫の増殖と利用法、農及園、42:3.467~478
56. ————— 1970 リンゴのシマハナアブによる花粉媒介効果とその増殖法、農及園、45:3.505~508
57. ————— 1975 果樹園における農薬からの訪花昆虫保護対策、農及園 50:4.545~550
58. ————— 1973 果樹訪花昆虫の増殖利用法果実日本、Vol28:8.17
59. ————— 1974 Utilization of Insect on Garden cropping JARQ: Jap, Agr Res, Qu Vol. 8:2.92~95
60. ————— 1974 シマハナアブ増殖利用による作物受粉能率の省力化、農林省広報、aff、5.3.48~50
61. ————— 1974 訪花昆虫シマハナアブの増殖と利用、農林水産技術会議、技術レポートNo.8
62. ————— 1976 イチゴの施設栽培におけるシマハナアブの利用、総合野菜、畑作技術事典 V、農林水産技術会議編、34~35
63. 寒冷地果樹に関する試験研究打合せ会議資料 (第3分科会虫害) 1970 園試盛岡支場編、179~195
64. ————— 1971 園試盛岡支場編、135~138
65. 岩手園試 1970 リンゴの訪花昆虫の保護利
66. 岩手農林統計協会 1975 岩手農林水産統計年報 S.48~49年
67. 大野正夫 1954 小型散粉器使用による果樹の増量花粉の散布方法に関する研究、千葉大園学報2
68. 大野正夫 1964 果樹の人工授粉の能率化に関する研究、園学雑33(1)
69. Free, J.B. and 1964 The effect of distance Y. Spencer-Booth from pollinizer varieties on the fruit set apple, pear and sweetcherry trees. J. Hort. Sci. 39
70. ————— 1960 Orchard tests of bee and B.T. Iwakiri hive pollen dispensers for cross pollination of almonds, sweet cherries and apples proc Amer Soc. Hort. Sci 75
71. 定盛昌 昌助 1958 リンゴの人工授粉に関する研究(第1報 吉田義雄 村上兵衛 東北農試研報14
72. 土屋七郎 1964 同(第2報)園試報C.2 羽生田忠敬
73. ————— 1965 同(第3報)園試報C.3
74. 二宮栄一 1956 ヒラタアブの食性について(1)応用昆虫、12:4.225~229
75. 安松京三 1944 蜂類、日本生物誌、昆虫(上)研究社405~527
76. 日本昆虫図鑑 1950 北陸館
77. 豊島在寛 1938 綿虫寄生小蜂に関する研究(第1報)、青森苹果試験報 17:125~152
78. 湯島健 1962 昆虫の人工食餌による飼育の現状と将来(1)~(8) 農業技術別刷
79. ————— 1962 補食性テントウムシ類の人工食餌による飼育と飼育装置の考察(カナダの研究紹介)植物防疫16:8.332~336
80. 村上陽三 1966 寄生蜂によるクワコナカイガラムシ防除の可能性と問

- 題点、植物防疫20:9.
379~382
81. 田中 学 1965 補食性テナンムシ類の人工
前田 泰生 餌による飼育について、園
試報告D.No.3. 17~35
82. 森 樊 須 1968 カブリダニ類によるハダニ
類の生物防除、植防誌
22:12. 517~522
83. 玉木 佳 男 1962 防腐剤を加えた合成培地
によるコカクモンハマキ幼虫
の人工飼育、応動昆6:
248~250
84. ————— 1957 コカクモンハマキの大量累
代飼育条件の検討、農薬検
査所報告7.56~60
85. Tamaki 1964 Studies on nutrition and
metabolism of the smaller
te a tortrix, *Adoxophyes*
orana fischer Von Ros-
lerstamm IV. Some
chemical properties of
an unknown dietary
factor responsible for
larval growth Jap. J
Appl. Ent. Zool. 8: 55~61
86. Mcmurtry, J.A. 1963 Diaspidine scale insects
as prey for certain
phytoseiid mites.
Adv. Acarol, 1:151~154
87. Mcmurtry, J.A 1964 Studies on the feeding
& G. T. Scriven reproduction, and deve-
lopment of *Amblyseius*
hibisch (Acarina:Phyto-
siidae) on various food
substances, Ann. Ent,
Soc, Amer. 57: 649~655
88. ————— 1966 The influence of pollen
and prey density on the
number of prey Consumed
by *Amblyseius hibisci*
(Acarina:Phytoseiidae)
Ann, Ent, Soc, Amer. 59
149~149
89. Rasmy, A.H 1970 A laboratory technique
for mass rearing of a
phytoseiid mite, Z, ang
Ent. 65: 159~161
90. 木 村 甚 弥 編 1964 リンゴ栽培全書、結実と摘
果、419~474
91. 釜 野 静 也 1965 人工飼料にするニカイチュ
深 谷 昌 次 ウの累代飼育に関する研究
第4報、同系交配(inbreed-
ing)と循環交配(Rotational
freeding)について、応動昆
9: 2.89~93
92. ————— 1967 第5報、人工飼料の栄養条
件と休眠幼虫の健康度、応
動昆11: 3.119~124
93. S.Kamano 1971 Studies on Artificial
Diets of the Rice Stem
Borer, *chilo suppressalis*
waiker, Agr, sci Series
C, No.25. 1~45
- 1965 Insectary production of
phytoseiid. J, Econ, Ent,
58: 282~284
94. 本 間 健 平 1965 人工飼料によるコカクモン
ハマキの半無菌的飼育とそ
の応用に関する研究
園試CNo.3.35~43
95. Ishii and Hirano 1957 Effect of various concen-
tration of protein and
carbohydrate in a diet on
the growth of the rice
stem borer larvs Jap, J.
Appl. Ent, Zool. 1:75~79
96. 横 沢 弥 五 郎 1968 カキ、モモにおける昆虫利
保 井 昭 男 用による花粉媒介に関する
森 本 光 一 研究(第1報) 蜜蜂巣箱の
和用、奈良農試研報、第2.
1~9
97. 山 田 雅 輝 1971 リンゴ園における天敵と益
小 山 信 行 虫の保護利用に関する研究
関 田 徳 雄 第3報、マメコバチ、
白 崎 将 瑛 *Osmia cornifrons* (Rado
津 川 力 *szkowski*)の生態とリンゴ
受粉への利用
青森リンゴ試場報告第15号
98. Griggs, W, H, 1949 The use of bee-collected
and G,H,Aansell pollen artificial polina-
tion of deciduous fruit,
Proc, Amer, soc, Hort,

- Sci 54 : 118~124
99. Griggs, W. H. 1952 The use of bee-hive
and G.H. Van pollen dispensers in
Vansell and B.T. pollination of almonds
Iwakiri and sweet cherries.
Proc. Amer, Soc, Hort.
Sci. 10 : 146~150
100. Griggs and, 1953 The strage of hand
C.H.Vansel collected and bee coll-
ected pollenina home
freezer , Proc Amer soc
Hort sci.62 : 304~305
101. Griggs and 1960 Orchard tests of bee
B. T. Iwakiri hive pollen dispensers
for cross pollination of
almonds, sweet cherries
and apples. proc. Amer.
Soc. Hort. Sci. 75:114~127
102. Horticultural 1962 The pollination of fruit
Education cropp, Sci, Hort .15 : 82
Association
103. Frø, J, B, and 1962 The effct of distance
Y, Spevcer Booth from pollinizer varieties
on the fruit set of trees
in plum and apple orche-
rds, J Hort sci.
37 : 262~271
104. ——— and ——— 1963 The foraging are as of
honeybee colonies in
fruit orchards, J Hort
sci.38 : 129~137
105. ——— and ——— 1964 The effect of distance
from pollinizer varieties
on the fruit set of
apple, pear and sweet
cherry trees, J Hort
sci.39 : 54~60
106. 永 沢 勝 雄 1953 果樹園芸新説
107. 1960 最新農業講座、果樹
108. Morris, O, M. 1921 Stdies in apple pollina-
tion, Washington Agr
Exp sta Bull.163
109. Mac and 1929 Pollination and other
Helnicke AG factors affecting the set
of fruit with special
reference to the apple
110. Daniels, L, H 1930 The possibilities of
hand pollination in the
orchard on a comm er-
cial scal, Por Amer soc
Hort Sci 27
111. Lewis, C, L, and 1933 Pollination of apple, Ore-
Vincent, c, c gon Agr Exp Sta Bull
104
112. Cardner, V, R, 1913 Apreliminary report on
the pollination of sweet
cherry, Dregon Agr Exp
sta Bull. 16
113. Juffts, W. P. and 1925 Pollination of sweet
Philp, G, H cherry, California Agr
Exp sta Bull. 385
114. Asami, Y and 1936 In the pollen of Japanees
Chvtse chow persimons carried by
wind, Jap Hort Sci V III 2
115. 横 沢 弥五郎 1971 カキ、モモにおける昆虫に
保 井 昭 男 よる花粉媒介に関する研究
第2報、授粉樹の位置と花
粉媒介について、奈良農試
研報3別刷
116. 渋 川 潤 一 1972 リンゴ栽培新書、養賢堂
231~272
117. 巢 山 太 郎 1958 リンゴの摘果剤、果実日本
13(1)、64~66
118. 瀬 川 貞 夫 1966 リンゴの薬剤摘果に関する
藤 根 勝 栄 研究(第1報)紅玉のデナ
ボン散布による摘果効果と
実用性について、園学昭41
春研発要。pp.37~38
119. 永 沢 勝 雄 1965 リンゴの薬剤摘果に関する
大 野 正 夫 研究、千葉大園学報
高 橋 英 吉 13 : 9 ~ 17
吉 田 亜 義
120. 杉 山 直 義 1967 蔬菜総編 養賢堂
121. 高 橋 和 彦 1969 イチゴ奇形果発生の諸要因
(第2報)殺菌剤散布の影
響、園学昭44秋研究発要
pp.156~157
122. ————— 1970 同(第3報)自家および他
家受粉の影響、園学昭45秋
研発要、pp.150~151

123. 北関東地域そ菜 1971 イチゴの奇形果発生におよ
連試験連絡会議 ぼす農薬散布の影響、農及
園46: 1589~1591
124. 高井隆次 1973 わが国におけるイチゴウィ
ルス病に関する研究、園試
報C8: 59~112
125. 里川 宏 1971 イチゴのハウス栽培におけ
赤木 博 る受粉用ミツバチの利用法
農及園46: 7.1049~1591
126. William P. Nye 1974 Insect Pollinators Fre-
and J. Lamar quencing Strawberry Bl-
Anderson ossoms and the Effect
of Honey Bees on Yield
and Fruit Quality, J.
Amer. Soc. Hore. Sci.
99(1): 40~44
127. 上住 泰 1972 イチゴ栽培におけるミツバ
チ利用、植物防疫
26.9.357~360
128. Mann, L, K, 1953 Honey bee activity in
relation to pollination
and fruit Set in the
cantaloupe. Amer. Jour.
Bot.40(7): 545~553
129. 徳島 県 1974 総合野菜、畑作技術事典
II野菜編. 68~69
130. Nomura, K 1973 Review of Acaricide
Resistance in Red Spider
Mites in Japan. peprinted
from REVIEW of plant
protection reseach
Vol.6: pp.44~58
131. E, L, Atkins 1973 Toxicity of pesticides
E, A, Greywood and and other Agricultural
R, L, Macdonald chemicals to honey Bees
Laboratory Studies, Univ-
ersity of California ag
ext. M~16, pl~36
132. C, Johansen 1963 Bee poisoning A Hazard
of Applying Agricultural
Cbemicals was Agi Exp.
stat. Circular. 356
133. Philip F, 1976 Pesticides Beekeeping
Torchio in the United States Ag-
riculture hadbook No.355
Washington, D, C. 97~104
134. C, Johansen 1963 The Effect of Pesticides
Elbrert R, Jaycox on the Alfalfa Leafcutting
and Robert Hutt Bee, Was. Agr. Exp. Stat.
circular. 418.
135. C, A, Johansen, 1965 Bee poisoning
M, D, Levin, J, D, Eves hazard of undiluted ma-
W, R, Forsyth, H, B, lathion applied to alfalfa
Busdicker, D, S in floom, Was. Agr. Exp.
Jackson and Lillian Sta. circular. 455
1 Butler
136. 宮下和喜 1973 殺虫剤によらない害虫防除
の展望、農及園48.1.1~5
137. 日本農学大会 1972 無公害農薬への挑戦(農薬
を中心として) シンポジウ
ム講演要旨

A Study on Multiplication and Utilization of Insects Pollinating Horticultural Crops

Summary

Pollinators in apple orchards

In our survey conducted on pollinators in apple orchards over a period of 10 years, 71 species in 61 genera in 33 families of six orders were encompassed. The main components were insects of the order *Diptera*, which came in 30 species in 30 genera of 12 families. They were followed by the order Hymenoptera, which came in 10 species in 10 genera of six families.

With respect to the patterns of pollinators in Areas A and B, which are different in terms of environment, the pollinators came in 49 species in 44 genera in 24 families of four orders in Area A, which features a varied work environment whereas Area B which features a simple work environment with a single rice crop features 33 species in 27 genera in 15 families of four orders, and their composition was insignificant.

The order of dominant species in Area A was *Eristalis cerealis* FABRICIUS, *Apis mellifera* LINNE', *Helophilus virgatus* COQUILLET. and *Calliphora lata* COQUILLET, *Eristalis cerealis* FABRICIUS have been observed six times in the 10 years, their pollination accounting for 21.3-50.5% of the total entomologization. In a six-year survey conducted in Area B, the order was *Apis mellifera* LINNE' *Eristalis cerealis* FABRICIUS and bumblebees. *Apis mellifera* LINNE' were most dominant, because they had been artificially brought due to a lack of pollinators.

Yearly changes

A check of the yearly changes revealed that insects of the order *Hymenoptera* became very active in a year when the anthesis featured high temperature and dry air but less active in a year which featured low temperature and unseasonableness. There were signs that this weather pattern does not produce a significant impact on the genus *Bombus*.

Daily activity

The daily activity differed, depending on the species. Insects of the order *Hymenoptera* became active when the temperature got high during the daytime. Insects of the family *Calliphoridae* were active chiefly in the morning above all, during the early morning hours. Insofar as *Eristalis cerealis* FABRICIUS are concerned, peaks of activity were conspicuously observed both at 10 o' clock in the morning and 2 o' clock in the afternoon. The

mutal relationships among pollinators were complex; they tried to avoid competition among themselves.

Insects pollinating japanese pears

The total entomologization consisted of 36 species in 30 genera in 17 families of four orders, and their composition proved inferior to that which was registered by apple orchards. The order of species dominancy was *Eristalis cerealis* FABRICIUS, *Apis mellifera* LINN-E, *Helophilus virgatus* COQUILLET and *Andrena* sp.

Insects pollinating extensive Western pear orchard

A survey was conducted at the center of a large Western pear orchard with an area of 40 ha and also at four outlying points north, south, east and west to the orchard. The total entomologization consisted of 30 species in 27 genera in 18 families of five orders. The composition of families was in the order of *Coleoptera*, *Hymenoptera*, *Diptera* and *Hemiptera*.

By checkpoint, the composition was meager at the center of the orchard and also at the east checkpoint which faces a featureless environment. At the other checkpoints which face an environment fitted for the multiplication of pollinators, the composition was opulent. At an extensive orchard, there was a drop in fructification, suggesting that the outlying environment constitutes an important factor. In regard to species dominancy, *Eristalis cerealis* FABRICIUS came out to be most dominant at places other than the north checkpoint.

Insects pollinating peach orchard

The results of a two-year survey revealed a collection of 10 species in six families of two orders, the main component being insects of the order *Hymenoptera*.

Insects pollinating cherry orchard

Thirteen species in 11 genera in eight families of four orders were entomologized in a two years survey, the main component being insects of the order *Hymenoptera*.

Insects pollinating plum and apricot orchards

For all plum species, 18 species in 15 genera in 12 families of four orders were entomologized, whereas 14 species in 13 genera in 10 families of three orders were collected for apricots, the main component being *Apis mellifera* LINNE.

Insects pollinatng decidious fruit trees

As a result of the survey, it was found that *Eristalis cerealis* FABRICIUS is dominant, and their applicability as pollinators was studied. In regard to the volume of pollination, 50% of the insects were successfully pollinated, and there were signs that female insects are more successful than male insects. The temperatures at which insects were active ranged from 9 to 30°C, and the temperature at which they started doing their activity was 5 —

6 °C lower than in the case of *Apis mellifera* LINNE. In conditions with the temperature standing at 0 °C, the time span leading to 50% insect death was 96 hours, whereas that of 100 % death was 10 days. Unlike bees, they are not hazardous to man and cattle, nor are they infectious. Their natural enemy is *Araneae* (*Thomisidae*) by which they are pedated, but their natural enemies are very few.

Eristalis cerealis FABRICIUS

Ecologically, *Eristalis cerealis* FABRICIUS breed four or five times a year, and overwintering is done mainly in the larval stage. It was found they are highly polliniferous and like plants of the families *Rasaceae*, *Compositae* and *Allium* crops.

Reproduction was done in shallow waters, such as ponds and rivers, where stagnant water rich with organic matter is available. It was also done in places around cattle shed excrement disposal plants.

In regard to oviposition, some 300 eggs were produced all in one place-- in the soil of a waterside. Hatching in two days, the larvae moved to the water and ate decomposing organic matter for their maturation, before they pupated in the highly wet soil of the waterside.

Artificial multiplication of *Eristalis cerealis* FABRICIUS

In the light of their dominancy in pollination and their adaptability as pollinators, an attempt was made to work out their artificial multiplication. As they had been bred in a sterilized environment, it was found that plant feeds are more suitable than animal feeds.

Breeding of imagoes for massive egg collection

The pollen of apples, daffodils and camellias proved favorable, whereas those of pumpkins, lilies and cat tails proved unfavorable. Pollen, honey and spawning places were separately arranged in a rearing cage (40 in height by 30 by 30 cm), and pollen and honey were administered. Copulation was completed by noon. The process from rearing to spawning required 7.5 days. Hot and humid wood meal and soil were fitted for their spawning, whereas porous sponge was not fitted as it was likely to damage eggs when they were collected. The feeding behavior in the rearing cage featured the same process in which insects pollinate outdoors.

Rearing of larvae

As the primary composition, 1,300g of water, 20g of sodium propionate, 2g of dehydroacetic acid, 300g of casein (Soy beans), 30g of casein from milk, 10g of dry yeast and 80g of agar were mixed and heated. Upon cooling, they were crushed and placed in the rearing cage. Water was poured to a level about 3cm above the feed and they were bred in an artificial indoor environment. The result is that four generations could be reared generation

after generation. The growing insects were normal. The average growing ratio stood at 84.4% the pupation ratio at 96% and the emergence rate at 92.3%. With respect to the interrelationship between growing and temperature, abortion was observed till full maturity for 25 days at 15°C and for 13 days at 25°C. The proper temperature was somewhere around 20°C.

As a result of the development of a simple feed, it was found that it would be possible to conduct rearing with a dry yeast additive using hot and humid wood meal as its base. In rearing with cereals and greens used as the base, the maturation rate stood at upwards of 90% with german millet, barnyard grass, kaoliang, soy beans, corns and potatoes. Rearing was also feasible with agar, another simple feed. The following composition has been worked out in respect of the artificial diets suitable for the rearing of larvae:

An antiseptic is generally added to preserve the feed, but rearing could be done without it. The addition of sodium propionate (0.25— 1%) encouraged maturation. A recommended larval rearing density was 200 insects to 100g of feed. The diapause was extremely shallow. They put up with preservation of 60—120 days with 8—9 hours of lighting at 0°C. Consequently, it could be said year-round utilization and long-term preservation are possible.

Table.

Composition of man-made feedstuff for the larvae of *Eristalis cerealis* FABRICIUS

Feedstuff	Composition					
	1	2	3	4	5	6
Water	1,300	300	300	500	500	500
Sodium propionate	20	—	—	5	5	—
Dehydroacetic acid	2	—	1	—	—	—
Casein (Soya bean)	300	—	—	—	—	—
Casein from Milk	30	—	—	—	—	—
Barnyard grass	—	—	—	200	—	200
Corn	—	—	—	—	200	—
Wood meal	—	200	200	—	—	—
Agar	80	—	—	50	50	—
Dry yeast	10	5	5	5	5	5

In an environment with its temperature set at 20°C, 12 times of rearing a year were fea-

ible. generation - to - generation rearing did not seem to produce any adverse impact.

Practical effects for apples and vegetable fruits

Artificially multiplied *Eristalis cerealis* FABRICIUS were used to study practical effects.

Insofar as apples are concerned, the pollinating capacity with their stamina removed was quite excellent. The same effects as with *Apis mellifera* LINNE were observed. The usability on fields were highly stable. The fructifying ratio of a main fruit with bees released was 28.2% better than without bees. A check of the effects of four years of use at three places revealed that the fructifying ratio of "Starking Delicious," a popular Japanese apple species, averages 66.2% for orchards with bees released, 53.8% for orchards artificially provided with pollen. and 39.0% for orchards with bees not released, insofar as artificially pollinated orchards are concerned. This suggests that the effects of their utilization as pollinators are excellent. The same held true in other orchards, too.

In respect of the effects of inter - area utilization of insects artificially multiplied en masse, the fructifying ratio of "Starking Delicious" averaged 83.5% over an average span of two years, whereas the ratio dropped down to 44.2% with no bees discharged. The minimum number for release was 1,000 bees per 10 a.

Prevention of malformed fruits

The effects gained from the prevention of malformed fruits in the cultivation of vegetables in vinyl - covered greenhouses - - particularly, strawberries - - are given below:

In respect of 100% fructification and the production of fruits in normal configuration, it was discovered in a study on the pollinating capacity with the removal of stamens that 66.6% fructification was realized in an area with no insects released but that every product was malformed. The pollinating frequency in five - minute periods ranged from a maximum of 14 flowers to a minimum of five flowers, and the stay was longer for female insects in terms of time length. As regards the daily activity inside vinyl - covered greenhouses, pollination began at eight o'clock in the morning and reached the highest peak at two o'clock in the afternoon. Squeezing themselves between fallen leaves, the insects moved little during the nighttime. Their dispersion within vinyl - covered greenhouses was favorable and uniform. The effective length of time for the release of insects was 14 days. Extremely few insects fled outwards, indicating that their settlement within vinyl - covered greenhouses is high in degree.

The practical effects were excellent; the malformation ratio stood at 5.3% with the release of 10 bees per 3.3m² as against the 36% registered for the nonrelease. The study

conducted of main fruit production centers also produced excellent results, and the malformation ratio was 20–30% lower than in areas where no bees had been released, marking an extremely high tradability ratio. The fruits produced in bee - released areas were superior in size.

Massive multiplication facilities and their practical utilization

Now that the massive multiplication of *Eristalis cerealis* FABRICIUS as exceedingly capable pollinators may be established and their practical effects prove excellent, the massive multiplication may be utilized in many ways, such as the growing of fruit trees and vegetables and the collection of seeds. Consequently, an attempt was made to explore the possibility at an experimental station which could produce things in the same manner as any industrial plant.

A rearing station with an area of about 60m² could rear 1,000,000–1,500,000 bees (for release on an apple orchard 100–150 ha in area). Its facilities were arranged in the following manner:

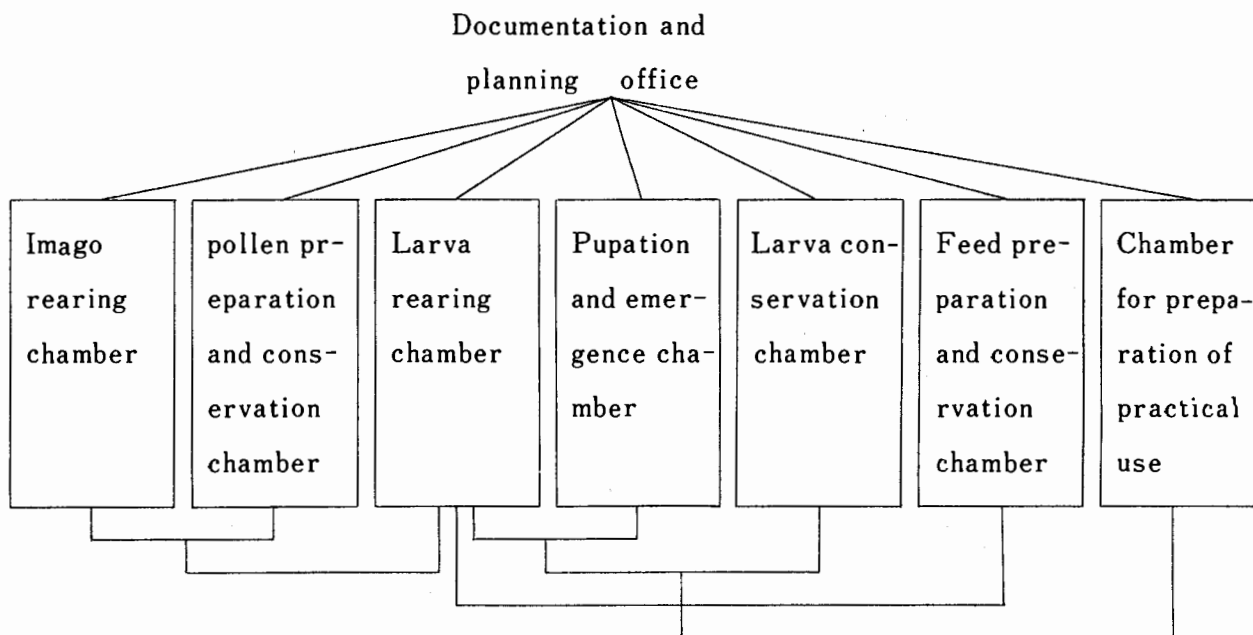


Fig 1. Relationship of Each Chamber in *Eristalis cerealis* F Multiplication Plant

It is advisable to consolidate any chambers which are usable for a dual purpose. To realize the year - round rearing of both imagos and larvae, it is also advisable to keep the temperature of the rearing facility in the neighborhood of 20°C for efficiency' sake. To secure 10.000 larvae, it will be necessary to work about 10 hours a day for a period of 68 days. For a larger scale of rearing, the area of the station could further be expanded.

At this facility, propagation was started in March 1974. In May of the following year, about 150,000 insects were used on an apple orchard covering an area of 15 ha. The number of insects was increased to about 240,000 for use on the apple orchard and a Japanese pear orchard and in a vinyl-covered strawberry greenhouse, the total area thus covered running up to 17 ha in 1976. All these measures made it possible to contribute greatly to labor-saving and stabilization in respect of fructification and to the improvement of their quality. There are signs that the utilization is growingly permeating throughout Japan

Methods of use

For utilization on fallen-leaf orchards and in the plantation of vegetables, the following four different ways of using a multiplication plant are conceivable:

Adults are used at places near the facility, whereas insofar as far-off places, chrysalises or fully grown larvae are sent. The emergence is done by the user. When chrysalises are to be sent in massive quantities, it is advisable to have an emerging plant in between.

The standards for utilization on orchards are as follows:

Fig. 2. Utilization system of *Eristalis cerealis* FABRICIUS in the garden

Systematic multiplication plant	1.	Adult emergence Utilization by dispersion in the garden	Utilization for short-distance area		
	2.	Pupation Utilization of adults emerging in the garden			
	3.	Fully-grown larva Intermediate preparation	Adult emergence in the garden	Dispersion in the garden	Utilization for longdistance area
			pupation	Adult emergence in the garden	
	4.	Fully-grown larva Utilization of pupation and adult emergence in the garden			

Table 2. Standards for Utilization of *E. cerealis* F. for Deciduous Fruit Trees

Tree species	Time released	Quantity released per 10 a	Place released
Apple	Blooming of central flower of cluster 30–40%	1,000	Around center of orchard
Japanese pear	3–4 days after flowering	1,500	do.
pear	do.	1,500	do.
Cherry	First half of full flowering period	1,500	do.
Plum	do.	1,000	do.
Apricot	30% prior to and after flowering	1,000	do.
Japanese apricot	do.	1,000	do.

Table 3. Standards for Utilization of *E. cerealis* F. for Vegetables

Species	Time released	Frequency released	Number released per 3.3m ²
Strawberry	Ratio of flowering of first flower standing at 30–40%	Once in initial flowering (To be reused prior to full bloom stage, if necessary)	5–10
Muskmelon	Flowering	once in initial stage; once in full bloom stage	10
Water melon	do.	do.	10

Care must be exercised so that there will be no major error in the prediction of the flowering time. The rearing plant must also be aware of the correct flowering time. Depending on orders, efforts must be made to rear *Eristalis cerealis* FABRICIUS to satisfy the

demand. While paying heed to the location of the user, the proper way of their shipment has to be worked out. To be well informed of the quantity required and assure the efficiency, the proper distribution channel will be the rearing plant to farm households by way of their agricultural co - ops. The inter - district joint utilization is recommendable. The crops for which this system is usable include deciduous trees and vegetables. It is also usable for seed growing.

The user is encouraged to see to it that thoroughgoing advance insect control has been done for the sake of pollinators' protection, so that there may arise no need to spray insecticides right before the utilization.

Protection of pollinators

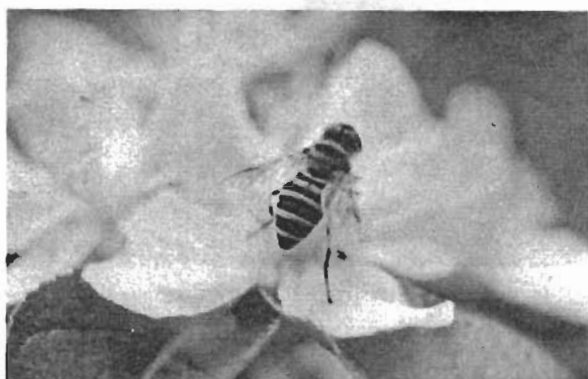
With respect to organophosphorous insecticides and carbaryl, a study was conducted on spraying (effects 24 hours later), contact (residual effects on the day of spraying and also two and four days later) and stomach poisoning (24 hours later) for *Eristalis cerealis* FABRICIUS, Organophosphorous insecticides produced a great impact in all the aspects. The residual effects of salithione were insignificant four days after spraying. The

same held true in the case of carbaryl, too. The acaricides used for this study came in 16 kinds. Insofar as direct spraying over insects was concerned, the effects of vamidothione, phosmet, binapacryl, chlorophenamide and phosalone were conspicuous. The effects of chlorfenethol, dicofol, BCBS, aramite and chloroprophylate were moderate, whereas chlorobenzilate did not produce any effects. In stomach poisoning, no effects were produced by dicofol, chlorobenzilate and vamidothion. The effects of chloroprophylate, phenisobromolate, tricycloheryltin hydroxide, chlorophenamide, benzomate and nicotine sulfate were less than 40%. The effects produced from soil treatment also be noted.

The use of insecticides on orchards immediately before flowering should be avoided. Efforts should also be made to protect the orchard and its outlying environment and also to conserve utilized insects and beneficial insects in nature.

写真説明

訪花昆虫主要種の一例



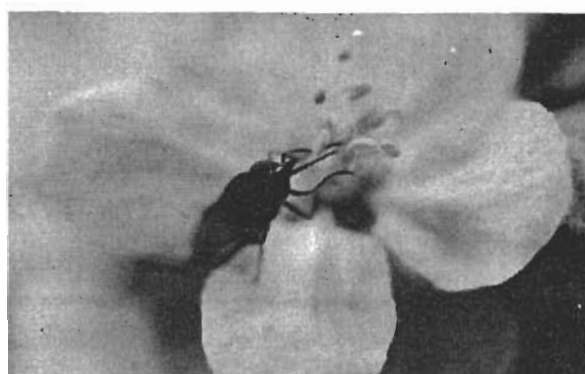
シマハナアブ (♀)
Eristalis cerealis FABRICIUS



シマハナアブ (♂)



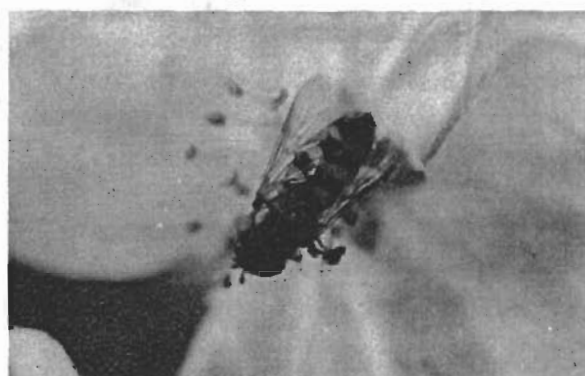
アシトハナアブ
Helophilus virgatus COQUILLET



ハナダカハナアブ
Rhingia laevigata LOEW



ホシツヤヒラタアブ
Melanostoma scalare FABRICIUS



ナミホシヒラタアブ
Metasyrphus nitens ZETTERSTED



キベリアシトハナアブ
Helophilus sapporensis MATSUMURA



ミツバチ
Apis mellifera LINNE

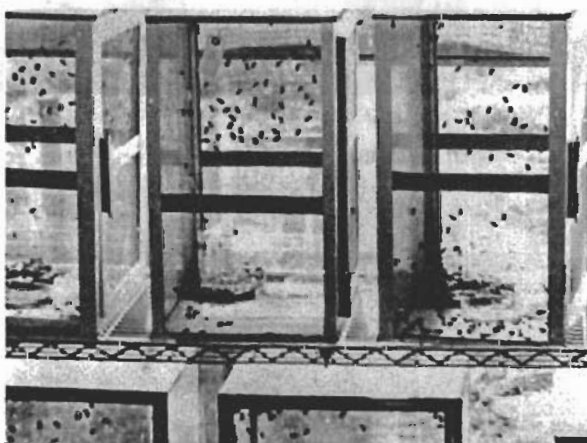


マコメバチ
Osmia cornifrons (RADOSZKOWSKI)



ヒメハナバチの1種
Andrena sp

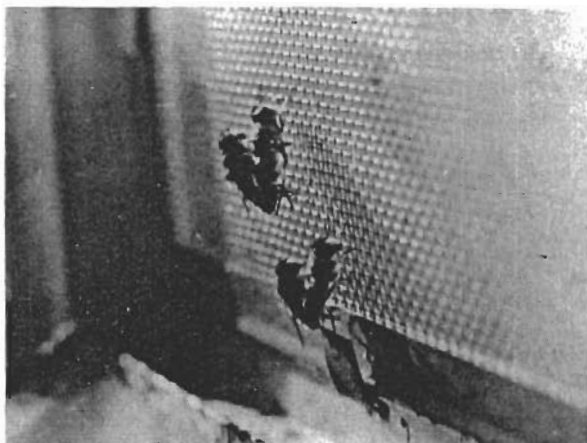
シマハナアブの人工増殖 (成虫飼育)



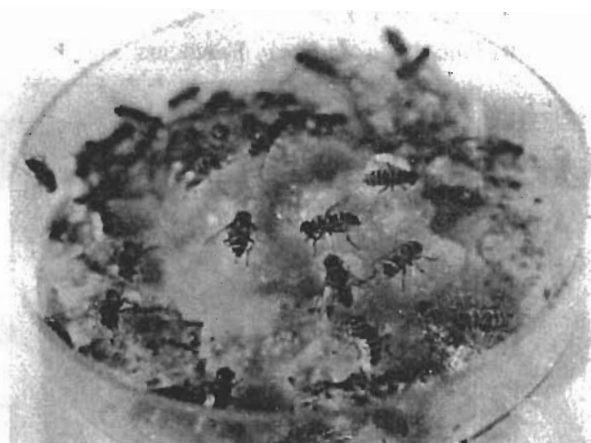
成虫飼育状況



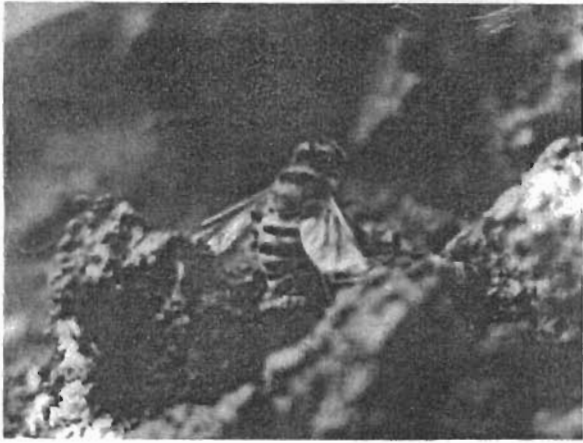
飼育箱内の飼料, 花粉, 蜜, 産卵場所



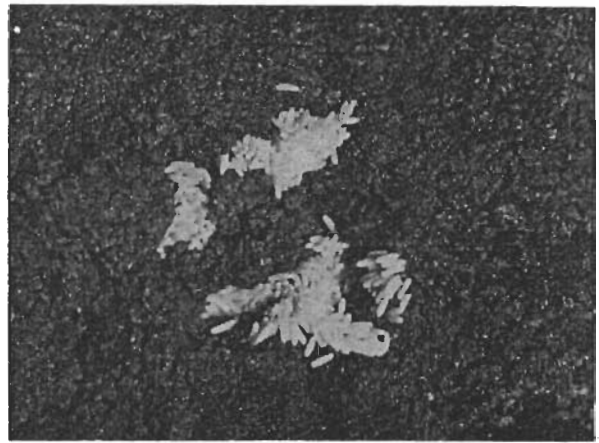
交尾状況



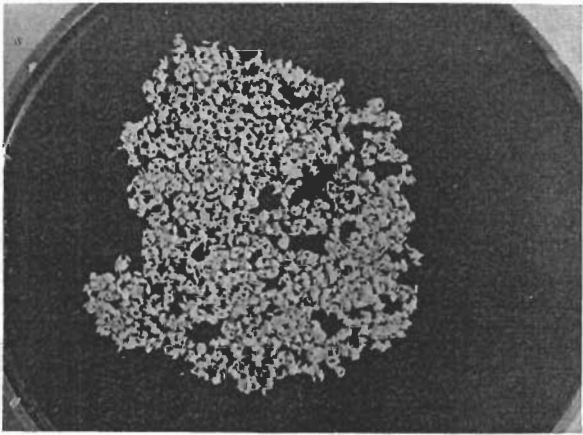
人工飼料 (蜜, 花粉) の摂食



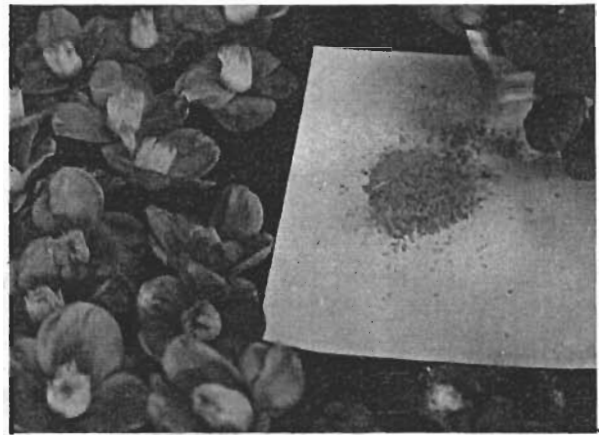
産卵中



産卵状況

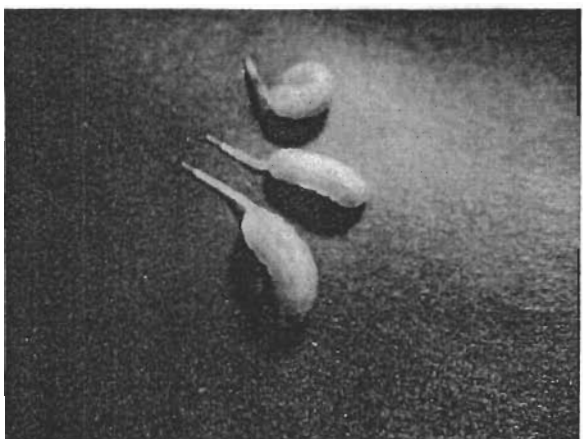


採集した卵

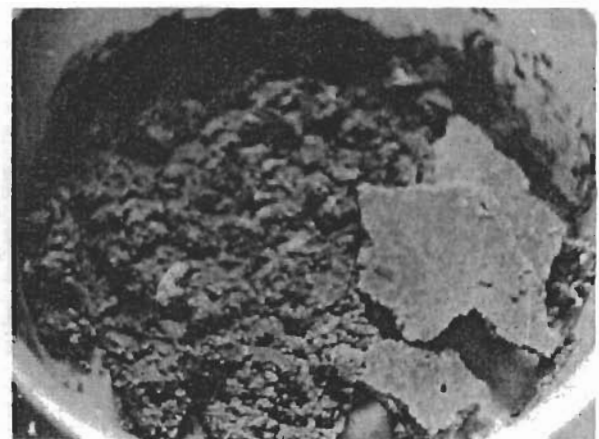


花粉の採集（ツバキ）

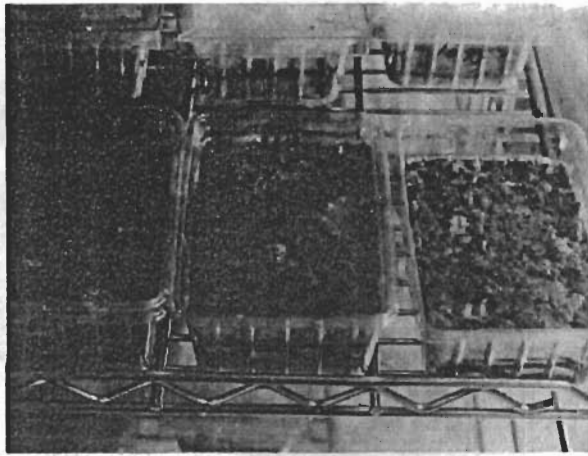
シマハナアブの人工増殖（幼虫飼育）



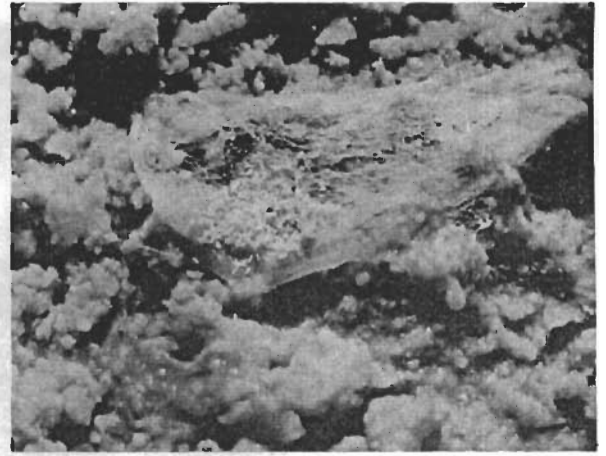
老熟幼虫



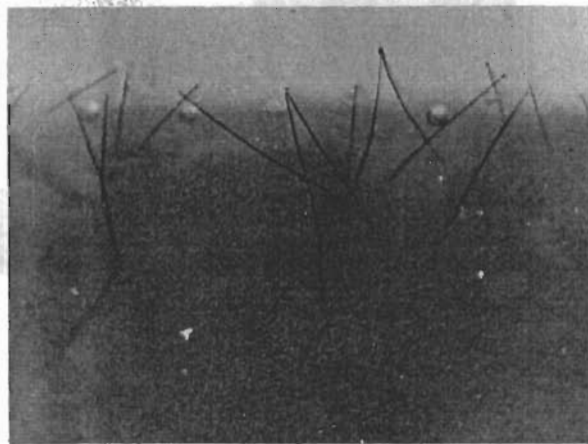
人工飼料（組成1）



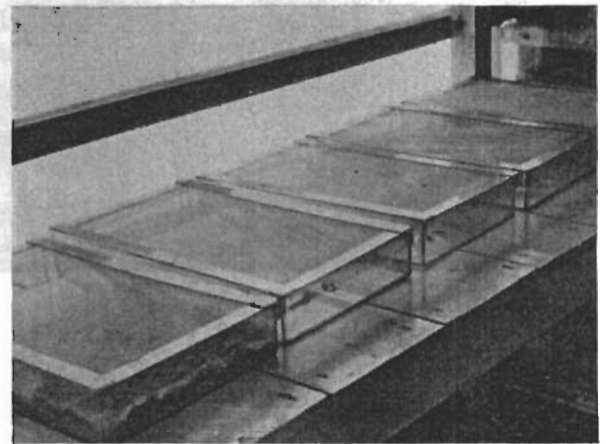
人工飼料（組成5）



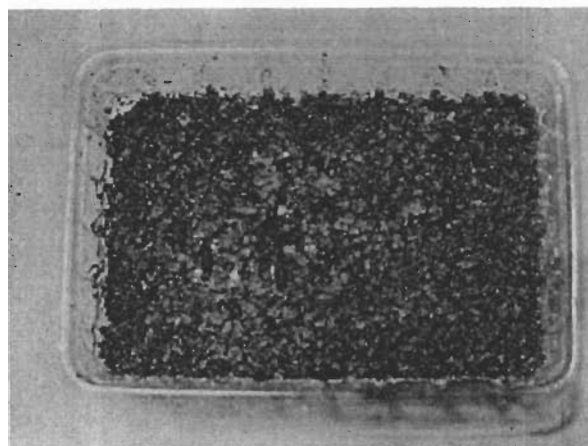
飼料の卵へ接種



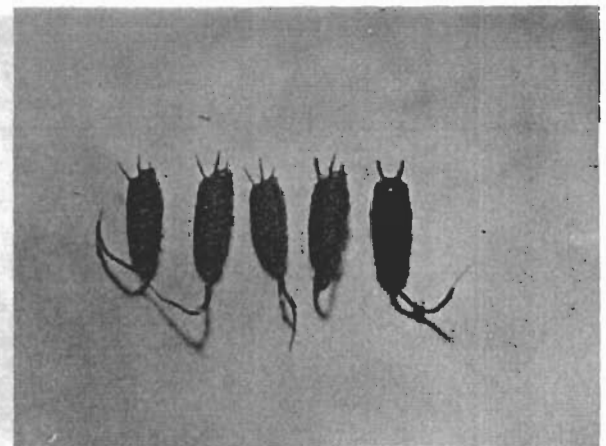
水面に伸ばした呼吸管



幼虫飼育状況



蛹化の例（多湿オガクズ利用例）



蛹

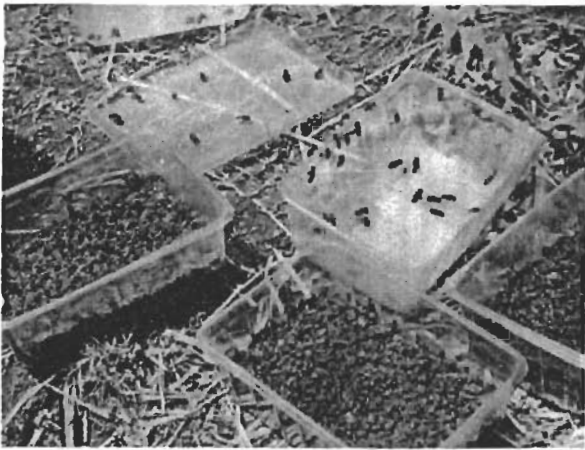
シマハナアブの果樹，果菜利用



リンゴ園放飼例 (1)



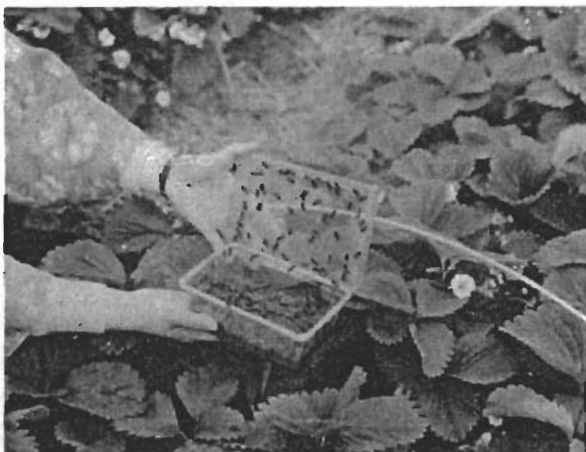
リンゴ園放飼例 (2)



リンゴ園放飼例 (3)



放飼直後の訪花 (リンゴ)



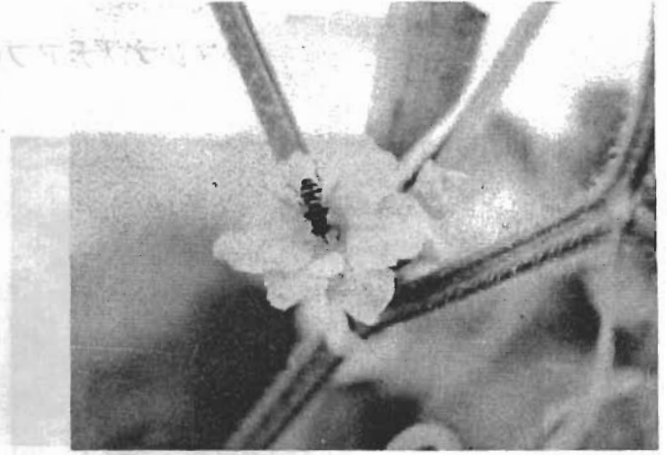
ハウスイチゴ放飼例



イチゴでの訪花



ハウススイカへの利用



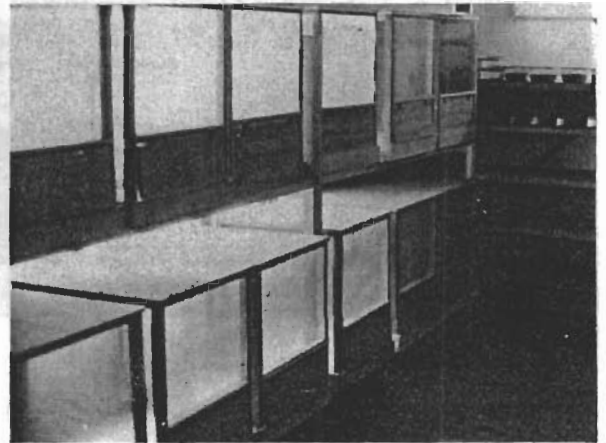
ハウスメロンへの利用

シマハナアブ大量増殖施設

(農林省結実安定対策実験事業補助)



増殖施設



内部成虫飼育室



幼虫飼育



羽化室



冷蔵室



実用への搬出 (1)



実用への搬出 (2)



実用への搬出 (3)