

ダイズアブラムシの生態と高密度発生要因

筑波大学生物科学系 ^{ひら}平 ^の野 ^{こう}耕 ^じ治

はじめに

ダイズアブラムシ (*Aphis glycines* MATSUMURA) は、日本、朝鮮、中国の東北部のような温帯域から、東南アジアやアフリカのような熱帯・亜熱帯域にわたって分布するダイズ害虫である (WANG et al., 1962 ; KOBAYASHI et al., 1972 ; SINGH and VAN EMDEN, 1979 ; HILL, 1987, KOGAN and TURNIPSEED, 1987)。ダイズアブラムシは、口針を植物の篩管部に挿入し吸汁害を与えるだけでなく、甘露を分泌するので寄主植物にすす病を発生させることもある。さらに、本種はいくつかのウイルスの重要な媒介者である。ダイズアブラムシによって、中国東北部のダイズ畑では甚大な被害が生じた事例もある (WANG et al., 1962)。

ダイズアブラムシは古くからダイズ害虫として知られているが、その生活史や生態学的特性の詳細については最近になってようやく解明が進んできた。本稿では、最近の研究成果も取り込みながら、本種の寄主植物、媒介するウイルス、天敵、生態学的特性、発生様相についてこれまでの知見をまとめた。また、これまでほとんど未解明である本種の発生動態に関して、これまでの研究結果に基づき、本種が高密度発生する要因を作物体系との関係において検討した。

I 寄主植物及び加害部位

中国では、ダイズアブラムシは完全生活環をとることが確認されている (WANG et al., 1962)。わが国でも栃木県や長野県で、ダイズアブラムシの産卵雌虫 (ovipara)、幹母 (fundatrix) や有翅雄虫が一次寄主上で観察され、完全生活環をとることが確認された (高橋ら, 1993)。

一次寄主(冬寄主)：日本では、クロツバラ (*Rhamnus dahurica* PALL.) やクロウメモドキ (*R. japonica* MAXIM.) が報告されている (高橋ら, 1993)。クロツバラは、中国でも一次寄主として報告されている (WANG et al., 1962)。

二次寄主(夏寄主)：日本では、ダイズのほかに野生ダイズと考えられるツルマメ (*Glycine soja* SIEB. et ZUCC.) が知られている (酒井, 1950)。韓国ではクス (*Pueraria*

lobata OHWI) (田中, 1976)、フィリピンではネツタイクス (*P. javanica* BENTH.) (TAKAHASHI, 1966) が報告されている。比較的湿潤な熱帯及び亜熱帯地域に分布するスビトハギの一種 *Desmodium intortum* もダイズアブラムシに利用されている (BLACKMAN and EASTOP, 1984)。

加害部位：加害部位は時期により異なる。ダイズの場合、まず柔軟な若葉部に生息する。群生するときには、枝先の芽や若葉が萎縮することがある。開花後、若莢が認められるころには、生息部位は株全体に及び、若葉、成熟葉、葉柄、莖、若莢などの部位を加害する。特に若莢に群生するときには、豆の成熟を著しく妨げ、品質の低下や減収をもたらすこともある (酒井, 1950 ; 梶野, 1979)。

II ウイルス媒介

表-1 にダイズアブラムシの媒介によって感染が認められた植物とウイルス名を示した。アブラムシの有翅虫は、寄主植物に定着する前に植物に口針を挿入し寄主植物か否かを探るため、非寄主植物や好適でない植物にもウイルス病を媒介することがある。したがって、ダイズアブラムシの場合もリョクトウ、ラッカセイ、キュウリ、テンサイ、アバカそしてタバコといった非寄主植物へウイルス病を媒介する可能性もある (表-1)。

最近エンドウヒゲナガアブラムシとダイズアブラムシによって媒介されるダイズわい化ウイルス (SDV) の新系統が農林水産省東北農業試験場で発見された (御子柴ら, 1991)。SDV は、これまでジャガイモヒゲナガアブラムシただ1種によって媒介されると考えられ、ダイズ圃場での病気の進展はジャガイモヒゲナガアブラムシの発生動態と関係させて分析されてきた。しかし今後は、ダイズわい化病の発生実態を明らかにするためには、両系統のSDVを区別して分析する必要がある。

III 天敵

アブラムシ類の天敵は種類が多く、その多くは多食性である (例えば、志賀, 1970)。アブラムシ類の捕食者としては、テントウムシ類、クサカゲロウ類、ハナアブ類そしてタマバエ類などが一般によく知られている (例えば、DIXON, 1973)。しかしどのような天敵が、ダイズアブラムシの個体群密度の抑圧に効果的かについての研究は

表-1 ダイズアブラムシが媒介するウイルスと感染が認められた植物

ウイルス名	寄主植物	伝搬のタイプ	引用文献
ダイズモザイクウイルス soybean mosaic virus	ダイズ	非永続伝搬性	越水・飯塚 (1963), TSUCHIZAKI et al. (1982)
ダイズ萎縮ウイルス soybean stunt virus	ダイズ	非永続伝搬性	越水・飯塚 (1963), ROECHAN et al. (1975), IWAKI (1979), 高橋ら (1980)
ソイビーンイエローモザイクウイルス soybean yellow mosaic virus	ダイズ	永続伝搬性	IWAKI (1979)
インドネシアンソイビンドワーフウイルス Indonesian soybean dwarf virus	ダイズ	永続伝搬性	IWAKI (1979), IWAKI et al. (1980), HONDA et al. (1986)
インゲンマメモザイクウイルス-スーダイズ系統 bean common mosaic virus-S	ダイズ	非永続伝搬性	中野ら (1983)
インゲンマメ黄斑モザイクウイルス bean yellow mosaic virus	ダイズ	非永続伝搬性	ROECHAN et al. (1978 a), IWAKI (1979), 高橋ら (1980)
マングビーンモザイクウイルス mungbean mosaic virus	リョクトウ	非永続伝搬性	IWAKI (1979)
ラッカセイ斑紋ウイルス peanut mottle virus	ラッカセイ	非永続伝搬性	ROECHAN et al. (1978 b), IWAKI (1979)
カボチャモザイクウイルス watermelon mosaic virus	キュウリ	非永続伝搬性	川越・岡田 (1984)
アバカモザイクウイルス abaca mosaic virus	アバカ	非永続伝搬性	KENNEDY et al. (1962)
ビートモザイクウイルス beet mosaic virus	テンサイ	非永続伝搬性	福士・四方 (1953), KENNEDY et al. (1962)
タバコ脈縁モザイクウイルス tobacco veinbanding mosaic virus	タバコ	非永続伝搬性	FANG et al. (1985), 久保 (1977)

少ない。奥・小林 (1966) は、ハナカメムシ科のヒメハナカメムシ属 (*Orius*) の昆虫による捕食作用がダイズアブラムシの密度の抑圧に重要であると示唆した。寄生蜂に関しては、GAO (1985) が、中国において4年間 (1979-83年) コマユバチ科の一種 *Lysiphlebus japonicus* によるダイズアブラムシへの寄生の野外調査を行い、寄生率が平均 56%、最高 76%であったと報告している。

IV 生態学的特性の種間比較

ここでは、ダイズアブラムシの生態学的特性をジャガイモヒゲナガアブラムシ (*Aulacorthum solani* (KALTENBACH)) と比較しながら概説する。ジャガイモヒゲナガアブラムシは、日本、朝鮮、中国などの東アジアにおいてダイズの害虫として知られている (KOGAN and TURNIPSEED, 1987)。無翅胎生雌の平均体長は 2.1 mm (岡田・中筋, 1980) で、体長 1.6 mm のダイズアブラムシ (TAKAHASHI, 1966) よりも大きい。

ダイズアブラムシとジャガイモヒゲナガアブラムシの発育日数と温度との関係を、図-1 に示した。13°C以下の温度条件下ではジャガイモヒゲナガアブラムシの発育日数がより短く、それ以上の温度ではダイズアブラムシの

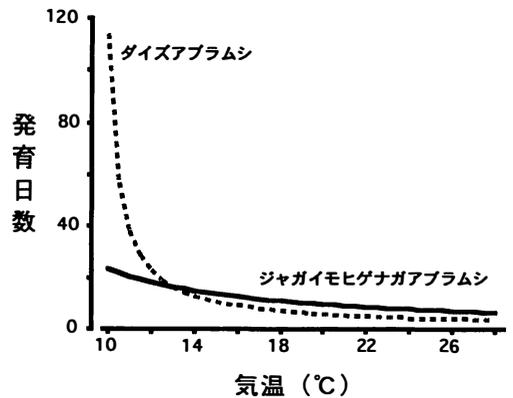


図-1 ダイズアブラムシとジャガイモヒゲナガアブラムシの1齢幼虫から成虫までの発育日数と温度との関係 (有効積算温度と発育限界温度に基づいて作図)

ダイズアブラムシに関しては、HIRANO, et al. (1996) の結果 (有効積算温度: 57.1 日度, 発育限界温度: 9.5°C) を、ジャガイモヒゲナガアブラムシに関しては、梶野 (1971) の結果 (有効積算温度: 159.1 日度, 発育限界温度: 3.2°C) を用いた。

表-2 ダイズアブラムシとジャガイモヒゲナガアブラムシの無翅胎生雌の個体群パラメータの比較

	ダイズアブラムシ ^{a)}		ジャガイモヒゲ アブラムシ ^{b)}
	22°C	27°C	23°C
産仔前期間(日)	0.7	0.6	1.4±0.2 ^{c)}
産仔期間(日)	9.6±0.9	6.5±0.7	18.6±1.1
総産仔数	60.3±5.2	45.0±4.8	58.1±2.9
内的自然増加率 (r_m)	0.45	0.53	0.21

^{a)}: HIRANO et al.(1996), ^{b)}: 岡田・中筋(1980), ^{c)}: 平均値±標準誤差

発育日数がより短かった。例えば、無翅胎生雌の1齢幼虫から成虫までの平均発育日数は、ダイズアブラムシの場合、22°Cの温度条件下で4.5日、27°Cで3.3日であった(HIRANO et al., 1996)。一方、ジャガイモヒゲナガアブラムシの場合、20°Cで9.3日、25°Cで7.3日であった(梶野, 1971)。

雌当たりの総産仔数を温度条件の近い22°Cと23°Cで比較すると、両種の間ほとんど差がみられなかった(表-2)。内的自然増加率(r_m)は、ダイズアブラムシのほうが約2倍も高い値を示した(表-2)。これは、前述の1齢若虫から成虫までの発育日数、産仔前期間と産仔期間(表-2)のいずれもが、ダイズアブラムシのほうが短かったためである。このように、13°C以上の温度条件下では、ダイズアブラムシは発育日数等がより短くなるため、ジャガイモヒゲナガアブラムシに比べてより高い r_m を示すと考えられる。

V 発生消長

これまで、ダイズアブラムシの発生消長について詳しく調査した例は報告されていないが、わが国でのダイズ畑でのおおよその傾向は以下のとおりである。春にダイズの播種が行われる地域では、5~6月に有翅虫の飛来あるいは定着・増殖が観察される。個体数のピークは8月である(酒井, 1950; 奥・小林, 1966; 梶野, 1979; 井上, 1981; 高橋ら, 1993)。

宇都宮と京都では、ダイズ畑への有翅虫の飛来はそれぞれ5月中旬と6月下旬に、秋の有性世代の出現はいずれも10月中旬に観察されている(酒井, 1950; 高橋ら, 1993)。1齢幼虫から産卵開始までを1世代とし、1世代に要するダイズアブラムシの無翅胎生雌の有効積算温度を次のようにして求めた。発育限界温度は9.5°Cとし(図-1)、22°Cと27°Cでの1齢幼虫から産卵開始までの日数、5.2日と3.9日(HIRANO et al., 1996)を用いて温度

と発育速度との回帰直線式から、1世代に要する有効積算温度67.1日度を得た。この有効積算温度と発育限界温度の値を用いると、有翅虫のダイズ畑への飛来から秋の有性世代出現までの期間中にダイズアブラムシが無翅胎生雌としてダイズ畑で繁殖を繰り返した場合、年当たり経過世代数は宇都宮で26世代、京都で25世代であった。

VI 高密度発生の要因

DIXON (1985 a) が指摘したように、これまでのアブラムシの個体群動態に関するほとんどの研究は、比較的小面積の調査地の少本数(株)の植物を対象にしており、また詳細な研究はしばしば個体群のわずかな部分のみを対象にしてきた。ダイズアブラムシの場合も、その個体群動態のメカニズムの研究は、発生予察や発生動態を媒介ウイルス病の進展と関係付けられるような広範な地域では、行われていない。

アブラムシ個体群は、気象の変化が密度かく乱要因となつてしばしば大きな影響を受けることが知られている(例えば、志賀, 1970; DIXON, 1985 a)。また、天敵の作用がアブラムシ個体群の変動に重要な影響を与える場合もある(例えば、志賀, 1970)。これらの要因に加えて、寄主植物の時間的・空間的分布がアブラムシ個体群の変動に大きな影響を与えると思われる。以下に、寄主植物の時間的・空間的分布とアブラムシ個体群動態との関係について検討する。

アブラムシは、これまでに全世界で約4,000種が記載されており、そのほとんどが温帯地方にみられる。アブラムシの種数は他のグループの昆虫と異なり、熱帯地方で代表されるような植物種数が多い地域ほど逆に少くなる傾向がみられる(DIXON et al., 1987)。DIXON et al. (1987) は、この問題解明のためにモデルを作り、その結果に基づき次の仮説を提唱した。熱帯のように植物の種数が多い地域では、それぞれの植物種の占める面積の比率(被覆面積比率)は減少する。そして寄主植物の被覆面積比率が低いほど、食植性昆虫の寄主植物間の移動成功率が低くなる。したがって、植物の種数が多い地域では、寄主特異性の程度が高く、寄主植物間の移動成功率が低いという生態学的特性を持つグループの昆虫の種数は、植物種数が増加するにつれて減少する。

アブラムシの場合、①寄主特異性の程度が高い(例えば、EASTOP, 1973)、②KENNEDY et al. (1959 a, b; 1961) によって実験的に明らかにされたように寄主発見能力が低い、③寄主植物を離れて長期間生存できないため、寄主探索が可能な期間が短い(DIXON, 1985 a, b)、といった

生態学的特性を持つ。アブラムシでは上記特性②と③のために、寄主発見成功率が極めて低くなり、個体群の絶滅が起こる寄主植物の被覆面積比率の最大値が高くなる。さらに特性①が加わることによって、アブラムシのグループは熱帯地方で代表されるような植物種数が多い地域では種数が少なくなるとDIXON et al. (1987)は考えた。

DIXON et al. (1987)の結論は、個体群動態の観点から解釈すれば、食物資源量の空間的な存在様式が昆虫個体群の存続 (persistence) に大きな影響を持つことを意味する。平野らは、昆虫個体群の変動が、食物資源量の時間・空間的な存在様式によって大きく影響されることをダイズ害虫や食植性テントウムシの野外調査データに基づいて示した (HIRANO et al., 1992, 1995; 平野・藤井, 1993; HIRANO, 1995)。そして、その原因の一つとして昆虫の寄主植物間の移動成功率が[寄主植物の生育面積/昆虫個体群の生息地域の面積]の増減と正の関係があるためだと考えた(平野・藤井, 1993; HIRANO et al., 1995)。アブラムシは、世代時間が短く、寄主植物間 (パッチ間)あるいは畑間の移動成功率が低いので、寄主植物の好適な期間の長さとその寄主植物の被覆面積比率の時間的変化の程度が、特にその個体群の変動に大きな影響を与えると予想される。

TALEKAR and CHEN (1983)は、台湾で2週間ごとにダイズを播種した実験圃場で6年間 (1975-80年)、2週間ごとにダイズアブラムシの数を調査した。そこでは一般的な傾向として、ダイズアブラムシの発生量は12月にピークを示し11月から2月にかけて多いが、5~9月には本種はほとんどみられなかった。TALEKAR and CHEN (1983)は、ダイズアブラムシの発生量が気温の低い季節 (11~2月)に多いのは、ダイズアブラムシが本来冷涼な気象条件下での繁殖に適した昆虫であるためだとしている。しかし、1978年には、最も気温の高い7~9月に気温の低い季節と同様な発生量が観察されている。1年を通じて台湾の夏季と同様な気温であるインドネシアのジャワ島では、ダイズアブラムシによるダイズの被害面積率 (被害面積/ダイズの総栽培面積)の季節的変動は、ダイズの栽培面積の変動と正の相関がみられ、気象要因の影響は相対的に低いことが示唆された。総栽培面積の増加とともに被害面積率が増加した理由は、調査対象地域のダイズの栽培面積の増加に伴い、ダイズアブラムシのダイズ畑間の移動成功率が高くなることによって繁殖に成功する個体の割合が増加し、地域全体のダイズアブラムシ個体群の平均密度が高くなったためだと考えられた (平野・藤井, 1993)。台湾では、ダイズ栽培のほとんど

が2期作目のイネを収穫した後の秋 (10月以降)に行われており、一般的な傾向として、実験圃場周辺地域でダイズの栽培面積が大きい時期と実験圃場のダイズアブラムシの発生量が多い時期とが呼応している。

では、TALEKAR and CHEN (1983)の実験圃場でのダイズアブラムシの発生消長は、その地域のダイズの栽培面積の季節的な変動との関係において、どのように解釈できるだろうか。実験圃場のダイズアブラムシの個体群密度の変動は、密度かく乱要因として働く死亡要因 (例えば、気象条件、天敵など)や実験圃場外からの移入個体数の変動によって影響されるだろう。地域内のダイズの栽培面積が大きい時期には、上記のメカニズムによってその地域のダイズアブラムシ個体群の平均密度が高くなるので、たとえ密度かく乱要因の働きによって実験圃場内の個体群密度が激減したとしても、他のダイズ畑からのアブラムシの移入により個体群密度が回復する可能性が高いと考えられる。地域内のダイズの栽培面積が小さい時期には、その地域のダイズアブラムシ個体群の平均密度も低く、畑間の距離も長いので、密度かく乱要因の働きによって実験圃場内の個体群密度が激減した場合、他のダイズ畑からのダイズアブラムシの移入により個体群密度が回復する可能性は低くなる。これらの理由により、地域内のダイズ栽培面積が大きい期間 (11~2月)には、実験圃場のダイズアブラムシの個体群密度が例年の同期間中の密度に比べて極端に低くなることは少なかったと考えられる。一方、地域内のダイズ栽培面積が小さい期間 (5~9月)には、密度かく乱要因として働く死亡要因の影響が小さい年には個体群密度が高く、密度かく乱要因の働きが大きい年には低密度となる可能性が高いため、この時期のダイズアブラムシの密度の年次変動は11月~2月の時期に比べて大きくなり、周期的な年次変化を示さなかったと考えられる。このように台湾のTALEKAR and CHEN (1983)のダイズ圃場の場合も、秋季にダイズの播種面積が多くなるというような季節的な栽培面積の変化が、ダイズアブラムシ個体群の季節的変動に大きな影響を与えていると思われる。

寄主植物量の時間的・空間的変化に注目すれば、ダイズアブラムシの場合、日本では寄主植物間の移動成功率を高めるような次の四つの条件を満たす地域では、本種が高密度発生するダイズ畑の割合 (高密度発生が観察されるダイズ畑の面積/地域全体のダイズの栽培面積)が増加すると考えられる: ①冬寄主植物が存在する, ②ダイズの広面積栽培が行われている, ③播種時期が不ぞろいなため、地域全体でのダイズの寄主植物としての好適な期間が長い, ④夏ダイズと秋ダイズの連作が行われてい

る。特に、夏ダイズで繁殖したダイズアブラムシが秋ダイズに多数移動して繁殖する場合、高密度発生が起こる可能性が高まると予想される。

おわりに

ダイズアブラムシのウイルス媒介については、比較的多くの研究が行われている。また、ダイズアブラムシの生活史や生態学的特性についてもすでに明らかになってきた。しかし、本種の発生予察や媒介ウイルス病の進展と関係付けられるような個体群動態のメカニズムの解明は立ち遅れている。

第VI章で述べたように、昆虫の個体群動態の研究においては、食物資源量の時間的・空間的変動との関係を考慮することが重要である。ダイズアブラムシの個体群動態のメカニズムの解明を進めるにあたっては、種内・種間関係、天敵や気象要因の検討とともに、対象となる地域の作付体系、ダイズ以外の夏及び冬の寄主植物の存在量の時間的・空間的変化が、本種個体群動態にどの程度影響を与えるかを検討する必要がある。すなわち、調査対象地区での寄主植物に関しては、少なくとも以下の項目についての情報の収集が、本種のより精度の高い発生予察モデル等の開発に大きく貢献するであろう：①ダイズ圃場への飛来源としての冬寄主や夏寄主の存在の確認と圃場への飛来量の把握、②寄主植物の空間的な位置関係（例えば、冬寄主と夏寄主との距離やダイズ畑間の距離）、③寄主植物がダイズアブラムシの増殖にとって好適な期間とその存在量（例えば、ダイズの場合、播種日・収穫日と栽培面積。品種によって好適性が異なれば、品種ごとに記述）。

おわりに、井村 治氏、亀谷満朗氏、藤井宏一氏、本多健一郎氏、宮井俊一氏、宮崎昌久氏には、本稿に対し有益なご助言・ご助力をいただいた。厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) BLACKMAN, R. L. and V. F. EASTOP (1984) : Aphids on the world's crops: An Identification guide, John Wiley & Sons, Chichester, 466 pp.
- 2) DIXON, A. F. G. (1973) : Biology of Aphids, Edward Arnold, 58 pp.
- 3) ——— (1985 a) : Aphid ecology, Blackie, Glasgow, 157 pp.
- 4) ——— (1985 b) : Ann. Rev. Entomol. 30: 155~174.
- 5) ——— et al. (1987) : Amer. Nat. 129: 580~592.
- 6) EASTOP, V. F. (1973) : Symp. R. Entomol. Soc. London 6: 157~178.
- 7) FANG, H. S. et al. (1985) : Bull. Tobacco Res. Inst.

- Taiwan No. 22: 41~46.
- 8) 富士貞吉・四方英四郎 (1953) : 北海道大農学部紀要 1 (4) : 443~454.
- 9) GAO, J. F. (1985) : Natural Enemies of Insects 7 (3) : 152~154.
- 10) HILL, D. S. (1987) : Agricultural Insect Pests of the Tropics and their Control. Second Edition. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 746 p.
- 11) HIRANO, K. (1995) : Res. Popul. Ecol. 37 (2) : 185~195.
- 12) 平野耕治・藤井宏一 (1993) : 植物防疫 47 (12) : 26~31.
- 13) HIRANO, K. et al. (1992) : JARQ 26: 130~138.
- 14) ——— (1995) : Ecological Research 10: 75~85.
- 15) ——— (1996) : Appl. Entomol. Zool. 31 (1) : 印刷中.
- 16) HONDA, Y. et al. (1986) : Tech. Bull. Trop. Agric. Res. Cent. No. 21: 126~131.
- 17) 井上 平 (1981) : 九州病害虫研報 27: 109~111.
- 18) IWAKI, M. (1979) : Rev. Plant Protec. Res. 12: 88~97.
- 19) ——— et al. (1980) : Plant Disease 64: 1027~1030.
- 20) 梶野洋一 (1971) : 北海道農試集報 No. 23: 98~104.
- 21) ——— (1979) : ダイズ害虫の手引き, 日植防, pp. 94~97.
- 22) 川越 仁・岡田 大 (1984) : 野菜のウイルス病, 養賢堂, pp. 88~124.
- 23) KENNEDY, J. S. et al. (1959 a) : Ann. Appl. Biol. 47: 410~423.
- 24) ——— (1959 b) : Ann. Appl. Biol. 47: 424~444.
- 25) ——— (1961) : Ann. Appl. Biol. 49: 1~21.
- 26) ——— (1962) : A Conspectus of Aphids as Vectors of Plant Viruses, Commonwealth Institute of Entomology, London, 114 pp.
- 27) 久保 進 (1977) : 葉タバコ研究 76: 37~43.
- 28) KOBAYASHI, T. et al. (1972) : Trop. Agric. Res. Ser. Tokyo 6: 109~126.
- 29) KOGAN, M. and S. G. TURNIPSEED (1987) : Ann. Rev. Entomol. 32: 507~538.
- 30) 越水幸男・飯塚典男 (1963) : 東北農試研報 No. 27: 1~104.
- 31) 御子柴義郎ら (1991) : 日本植物病理学会報 37 (3) : 448.
- 32) 中野正明ら (1983) : 九州病害虫研報: 29: 6~9.
- 33) 岡田有示・中筋房夫 (1980) : 応動昆 24: 86~92.
- 34) 奥 俊夫・小林 尚 (1966) : 応動昆 10: 89~91.
- 35) ROECHAN, M. et al. (1975) : Contr. Centr. Res. Inst. Agric. Bogor, No. 15: 1~16.
- 36) ——— et al. (1978 a) : Contr. Centr. Res. Inst. Agric. Bogor, No. 45: 1~12.
- 37) ——— et al. (1978 b) : Contr. Centr. Res. Inst. Agric. Bogor, No. 46: 1~11.
- 38) 酒井清六 (1950) : 関西昆虫学会会報 15: 48~58.
- 39) 志賀正和 (1970) : 植物防疫 24 (3) : 87~94.
- 40) SINGH, S. R. and H. F. van EMDEN (1979) : Ann. Rev. Entomol. 24: 255~278.
- 41) 高橋 滋ら (1993) : 応動昆 37: 207~212.
- 42) TAKAHASHI, R. (1966) : Trans. Amer. Ent. Soc. 92: 519~556.
- 43) 高橋幸吉ら (1980) : 東北農試研報 No. 62: 1~130.
- 44) TALEKAR, N. S. and B. S. Chen (1983) : J. Econ. Entomol. 76 (1) : 34~37.
- 45) 田中 正 (1976) : 野菜のアブラムシ, 日植防 220 pp.
- 46) TSUCHIZAKI, T. et al. (1982) : JARQ 15: 279~285.
- 47) WANG, C. L. et al. (1962) : Acta Entomologica Sinica 11: 31~44.