

日本応用動物昆虫学会誌（応動昆）  
第14巻 第3号: 134~139 (1970)

## トビイロウンカの吸汁習性に関する研究

### 第2報 甘露排泄からみた吸汁習性

寒 川 一 成

名古屋大学農学部害虫学教室

(1970年2月25日受領)

Studies on the Feeding Habits of the Brown Planthopper. II. Honeydew Excretion. Kazushige Sōgawa (Laboratory of Applied Entomology and Nematology, Faculty of Agriculture, Nagoya University, Chikusa, Nagoya) *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **14**: 134—139 (1970)

The honeydew excreted by the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål), was studied quantitatively and qualitatively with special reference to the planthopper feeding. The frequency of excretion in the female adults varied from 7 to 40 droplets per hour, and the average droplet volume was 0.06 to 0.09  $\mu$ l in most cases. The rate of excretion was therefore estimated at 0.5 to 5  $\mu$ l per hour during feeding. The total amount of daily excretion in one female was 13  $\mu$ l on an average. Although the average concentration of sugars, mainly glucose and sucrose, was about 2%, the planthoppers excreted considerable amount of sugar-free excreta as well as sugar-containing ones. This two fold nature of the excreta might suggest that the insects ingested both the phloem and xylem sap of rice plants. About 0.1% amino compounds occurred also in the honeydew. The main amino acids and amides were glutamic acid, glutamine, aspartic acid, asparagine, and arginine. One female adult was estimated to discharge about 12  $\gamma$  amino compounds and 266  $\gamma$  of sugars every day through excretion.

### 緒 言

植物の汁液を吸汁する半翅目昆虫が、甘露 (honeydew) とよばれる糖質に富む液体を排泄することは古くから知られており、とくにアブラムシ類の甘露に関しては AUCLAIR (1963) が詳しく抄録している。アブラムシ類の甘露分泌状況の観察や含有成分の分析から、甘露そのものに関する事実ばかりでなく、アブラムシの吸汁習性や栄養生理 (MITTLER, 1958 a, b, c), および寄主植物のアブラムシに対する抵抗性 (AUCLAIR, 1959; MAXWELL and PAINTER, 1959) 等に関する興味深い知見が明らかにされてきた。しかしながらアブラムシ類と同様に吸汁性昆虫であり、ウイルス病の媒介虫として、あるいは吸害をもたらす害虫として重要な種を多数含むウンカ・ヨコバイ類の摂食習性を甘露排泄に着目して行なった研究はほとんどない。

本報では水稲にしばしば著しい吸害をひきおこすトビイロウンカの甘露排泄の状態、含有成分、および排泄量等を調べた結果を述べると共に、口針挿入状態を組織学的に調べた結果をも参考にして、本種の吸汁活動状況を考察した。

本文に入るに先だち、ご指導いただいた名古屋大学害虫学教室の弥富喜三教授および斎藤哲夫助教授、ならびに多くの助言をいただいた同教室の諸兄に感謝の意を表す。

### 実験材料と方法

供試したトビイロウンカは当教室で稲芽生えを与え累代飼育中の個体群から主として長翅型雌成虫をえらび用いた。また稲苗は径6cm、深さ8.5cmのポリエチレンカップに約150gの植壤土を入れ、1%硫酸溶液2mlを施用し、約1か月間ガラス室内で育てた4~5葉期の農林8

号を実験に用いた。ウンカの甘露排泄状況の観察およびろ紙による甘露の採取には既報(寒川, 1970, 第3図)の装置を用い28°Cの恒温室で行なった。

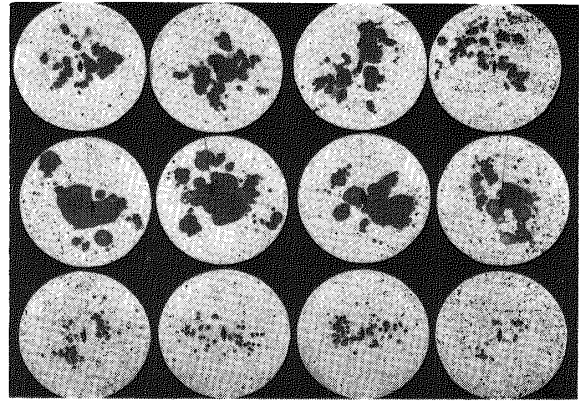
ろ紙に吸取られた甘露は、紫外線ランプで蛍光を調べる方法、0.1%ニンヒドリン・アセトン溶液に浸し風乾後加熱発色させる方法、およびとくに甘露中の糖は1%アニリン塩酸塩・アルコール溶液を噴霧し加熱発色させる方法で検出した。直接採取した甘露、またはろ紙から抽出した甘露溶液中の遊離アミノ酸と糖の含有量は、前報(寒川, 1970)と同様にそれぞれニンヒドリン・塩化第1錫試薬およびアンスロン・濃硫酸試薬で比色定量した。遊離アミノ酸の分離同定には5%のコンスターチを含むシリカゲルGを担体とする薄層クロマトグラフィー法により、フェノール:0.098%アンモニア水(4:1 v/v)とブタノール:酢酸:水(4:1:2 v/v)で二次元展開し、ニンヒドリン試薬でアミノ酸のスポットを検出し同定した。また糖はブタノール:酢酸:水(4:1:2 v/v)を展開液とする一次元ペーパークロマトグラフィー法で分離同定した。糖の検出には1%アニリン塩酸塩・アルコール溶液を用いた。ウンカに蒸溜水のみを与えた場合に排出される甘露中の遊離アミノ酸は、ウンカの唾液を採取する装置(Sōgawa, 1968 b)を利用し、その底面にろ紙を敷き排出される甘露を集め、そのろ紙を蒸溜水で抽出し、濃縮後薄層クロマトグラフィー法により調べた。餌として与えた稲苗中のアミノ酸は、稲苗地上部を切り取り塩化カルシウムを入れたデシケータ中で完全に脱水し、クロロホルムで脂溶性物質を除いた後、80%エタノールで抽出し、その抽出液を濃縮し薄層クロマトグラフィーの試料とした。またウンカ虫体のアミノ酸は虫体を80%エタノールと共に磨碎して抽出し、上清液を分析の試料とした。

## 実験結果

### I 甘露排泄の状況

通常トビロウソウは頭部を上方に向け植物上に静止し、口吻を垂直またはやや前傾し、その先端部を植物体表面に密接し、口針を挿入し、吸汁を行なう。甘露を排泄する直前に多くの場合、腹部を上下に動かし、その後腹部末端を持ち上げつつ甘露小滴を後方へはじくように分泌する。

ろ紙上へ排泄された甘露小滴の分散状態から、ウンカは葉鞘上では同じ吸汁点から連続的に吸汁し、葉身上では吸汁点を変えつつ断続的に吸汁する傾向がうかがわれた(第1図)。また雌雄間の排泄量に著しい差が認めら



第1図 ろ紙上に排出されたトビロウソウの甘露(ニンヒドリン試薬による検出)。上: 雌成虫・葉身, 中: 雌成虫・葉しょう, 下: 雄成虫・葉しょう。

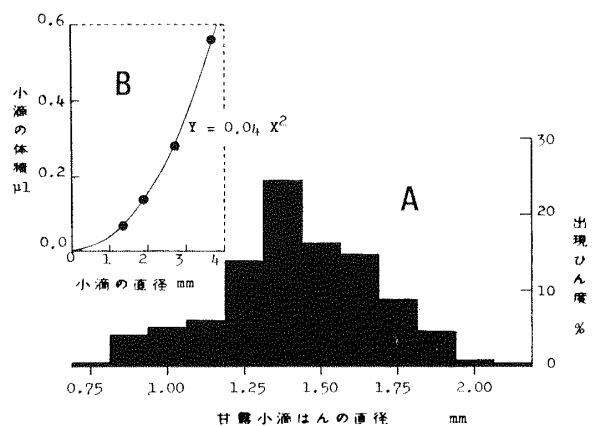
れ、雄の甘露排泄量は非常に少量であった(第1図)。

### II 甘露小滴

ろ紙上に排出された甘露小滴をニンヒドリン試薬で発色させ、その斑点の直径を調べたところ1.25~1.50mmのものが最も多かった(第2図A)。甘露小滴の体積を知る目的で、定量推進式微量注射器で0.1%グルタミン酸を含む2%蔗糖溶液を0.07, 0.14, 0.28, および0.56  $\mu\text{l}$  ずつろ紙につけ、ニンヒドリン試薬でそれらの斑点を発色させ、各液量の斑点の平均直径を求め、液量( $y, \mu\text{l}$ )と斑点の直径( $x, \text{mm}$ )との相関関係を調べた結果近似的に次の式をえた。

$$y = 0.04x^2 \quad (\text{第2図B})$$

上式にウンカの甘露小滴斑の直径の測定値を代入し、その平均体積を計算したところ、0.06~0.09  $\mu\text{l}$  であった。

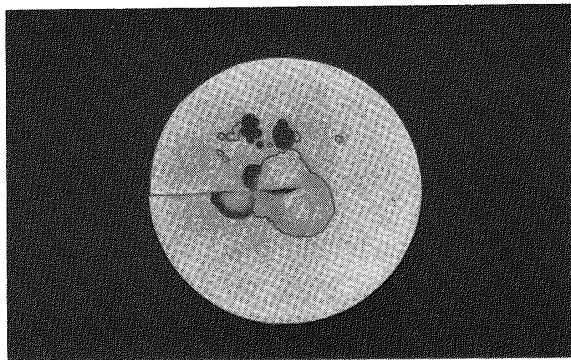


第2図 A) ろ紙上に排出されたトビロウソウの甘露小滴直径のひん度分布 B) ろ紙上に滴下された小滴斑の直径と体積との相関。

### III 含有成分

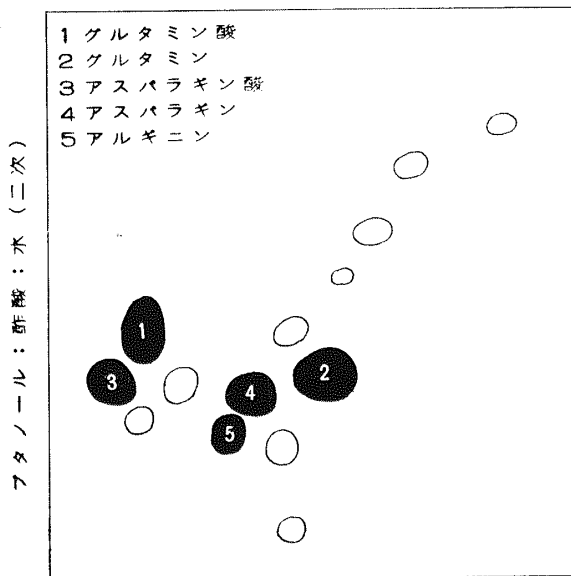
トビロウソウの甘露はほとんど無色透明の液体で、

沱紙に吸取られた甘露は普通肉眼では認められないが、風乾後紫外線ランプで照射すれば青白～青紫色の蛍光を発する斑点または斑紋として検出できる。蛍光を発する部分は濃淡の差はあるがニンヒドリン試薬によって発色する部分と一致し、甘露にアミノ酸が一樣に含まれていることがわかる。しかし同様の沱紙に糖類の検出試薬であるアニリン塩酸塩溶液を噴霧した時、陽性反応を示す部分は蛍光またはニンヒドリン試薬で検出できる面積の一部分に限られていた（第3図）。この事実は甘露に糖



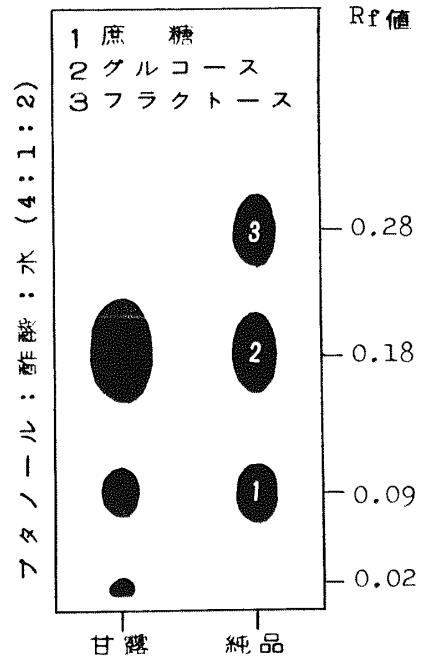
第3図 ろ紙上に排出されたトビイロウンカの甘露中、糖を含む部分（黒色部・塩酸アニリン試薬陽性反応）。

が含まれている時と含まれていない時があることを示している。プラスチック板上に排泄された甘露を毛细管ピペットで集め、甘露中の遊離アミノ酸と糖の平均含有量を比色定量法で調べた結果、アミノ酸は約0.096%（ロイシンとして）、糖は約1.98%（蔗糖として）であっ



第4図 トビイロウンカの甘露に含まれるアミノ酸（薄層クロマトグラフィー）。

た。薄層クロマトグラフィー法で甘露中の遊離アミノ酸の定性分析を行なったところ、主要なアミノ酸およびアミドとしてグルタミン酸、グルタミン、アスパラギン酸、アスパラギン、およびアルギニンが検出された（第4図）。また甘露中にはグルコース、蔗糖、および一種の寡糖が含まれていた（第5図）。



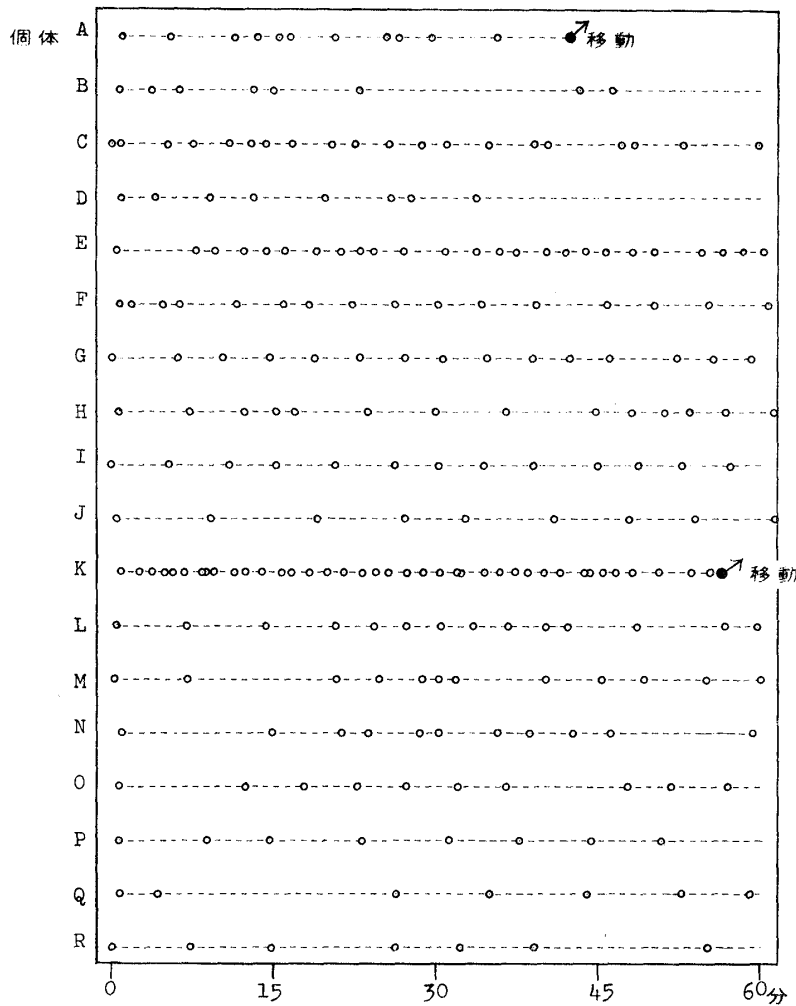
第5図 トビイロウンカの甘露に含まれる糖類（ペーパークロマトグラフィー）。

IV 排泄量

1本の稲苗に10頭のウンカを1日間寄生させ、その間に排泄する甘露をすべて沱紙に受け取り、その沱紙の蒸溜水抽出液中の遊離アミノ酸と糖の全量を比色定量法によって求め、1頭の雌成虫が1日に排泄する両成分の量を調べたところ、アミノ酸（ロイシンとして）は平均12γ、糖は266γであった（第1表）。甘露中のこれら両成分の濃度は既述のとおりそれぞれ平均0.096%および1.98%であるので、1頭の雌成虫は1日大体13μlの甘露を分泌していることになる。

第1表 トビイロウンカが1日に排出するアミノ酸および糖の量(γ)

反復	アミノ酸	糖
1	9.4	303
2	12.1	323
3	11.2	132
4	16.7	249
5	12.3	323
平均	12.3	266



第6図 トビイロウンカ雌成虫の甘露排出ひん度。A~J 葉しょう上, K~R 葉身上。

**V 排泄頻度**

吸汁中の18個体について甘露の排泄頻度を調べたところ、最も高頻度の場合には平均1分31秒ごとに、また最も低頻度の場合には平均9分43秒ごとに排泄がみられたが、一般に数分間に一回の頻度で排泄がくりかえされていた(第6図)。

**VI その他**

ウンカに蒸溜水のみを与えた場合に排泄される甘露、ウンカ虫体、および稲植物体内の遊離アミノ酸の分析結果は第2表にまとめて示した。

**考 察**

各種のアブラムシおよびカイガラムシの甘露に種々の遊離アミノ酸とアמידが糖と共に含まれていることが知られている(AUCLAIR, 1963; TAMAKI, 1964)。そしてそれらの大部分は吸汁された植物汁液に由来するものと考えられている(MITTLER, 1958b)。トビイロウンカ

の甘露の遊離アミノ酸組成をイネ植物体のそれと比較すれば、前者は後者にくらべアラニンが少なく、逆にアルギニンとグルタミンが多いという相違点と、両者ともにアスパラギン酸、アスパラギン、およびグルタミン酸を多量に含むという相似点とを指摘できる(第2表)。ウンカに蒸溜水のみを与えた時に排出される甘露中にはアスパラギン酸とアスパラギンは全く検出されず、グルタミン酸の濃度も著しく低下することから、稲を吸汁した際多量に排出されるこれら3種のアミノ酸とアמידは吸汁された植物汁液中の未利用物質と考えられる。とくにアスパラギンはウンカ虫体に遊離アמידとしてはほとんど検出されず、またアスパラギン酸の濃度も低いことから(第2表)、これらが植物汁液中から虫体に取り込まれ、吸収される割合は非常に少ないと思われる。一方、甘露中のアルギニンとグルタミンの他のアミノ酸に対する相対的濃度は、稲体中での場合に比べ顕著に高く、さらにウンカに蒸溜水のみを与えた時にも排出され

第2表 トビイロウンカの甘露，稲，およびウンカ虫体中存在する主要な遊離アミノ酸

アミノ酸	甘露	イネ	ウンカ
アラニン		○	◎
アルギニン	○(○)		◎
アスパラギン酸	◎	◎	
アスパラギン	○	○	
グルタミン酸	◎	◎	○
グルタミン	◎(○)		○
ヒスチジン			○
プロリン	(○)		◎
バリン			○

○多量，◎ 特に多量，( ) ウンカに水のみを与えた場合

ることから推察して，虫体の代謝物質に由来する可能性が強いように思われる。また植物体中に豊富に存在するアラニンは甘露中では非常に少なく，ウンカの消化管で積極的に吸収されているようである。アラニンがウンカ虫体中の主要な遊離アミノ酸であることからそのことがうかがわれる。甘露中にもっとも多く存在する糖であるグルコースは吸収された篩管液中の蔗糖が，唾腺に存在するインペルターゼ (SOGAWA, 1968a) 等により分解され生じたものと考えられるが，同時に生じるフラクトースは排出されていなかった。

各種の吸汁性昆虫，とくにヨコバイ類の摂食習性に関して，SMITH (1926)，DAY ら (1952) および内藤ら (1968) は主として維管束から吸汁する種類と柔組織から吸汁する種類があることを明らかにしている。そして SMITH (1940) および SAXENA (1954) は維管束から吸汁する種は透明な液体を，柔組織から吸汁する種は暗褐色を帯びた物質を排泄するという相違を見出ししている。このような知見から，無色透明な甘露を排出するトビイロウンカは稲の維管束から吸汁していることがうかがわれる。この事は本種の口針挿入状況を調べた実験からも明らかで，口針挿入時植物組織内に形成される口針鞘の到達部位を調べると，90%近くの口針鞘の少なくとも1本の分枝は維管束内に到達しており，そこが吸汁部位であることを示している (寒川, 1970)。孫工・桜井 (1965) も近似種であるヒメトビウンカが同様に稲の維管束から吸汁すると述べている。またさらに維管束から吸汁する種には篩管吸汁種 (phloem feeder) と導管吸汁種 (xylem feeder) の区別があり，前者は比較的少量の糖質に富む甘露を，後者は多量の稀薄な液体を排泄することが知られている (ESAU, 1961)。沔紙上に排泄されたトビイロウンカの甘露の定性反応を調べた際に，本種の甘露が糖とアミノ酸を共に含んでいる場合と，糖を

含まずアミノ酸のみを含む場合があることを見出したが，この事は維管束内の正確な吸汁源を論じる上で注目すべき点である。一般に植物体内で光合成された物質は蔗糖の形態で篩管を通り移動することが明らかにされており，篩管汁液中の糖濃度は 10～25% とされている (ZIMMERMANN, 1960)。稲の場合も同様と考えられている (吉田・宮松, 1968)。そして篩管には糖と共に各種アミノ酸が約 0.03～0.4% 存在することも知られている (ZIMMERMANN, 1960)。これらの事実から，トビイロウンカの糖を含む甘露が稲の維管束中の篩管汁液を吸汁した結果であると考えられる。また BOLLARD (1959) は広範な植物の導管液に無機物ばかりでなくアミノ態窒素が存在し，ほとんどの場合アスパラギンまたはグルタミンがその主体であると述べており，トビイロウンカのアミノ酸を含む糖を含まぬ甘露の排泄は導管液を吸汁した結果と考えられる。すなわちトビイロウンカは篩管と導管から交互に吸汁していると結論することができる。本種の口針挿入状態の調査結果 (寒川, 1970) をもとに口針鞘の各分枝の篩管と導管への相対的到達頻度を比較してみると，前者へは約63%，後者へは約37%の分枝が挿入されており，篩管への口針挿入頻度が明らかに高いことがわかる。しかし両組織からの吸汁量を沔紙上に排出された甘露の斑紋の全面積と糖試薬で陽性を示す部分との割合から比較すれば，ほぼ同じ割合で両組織から吸汁しているか，あるいは導管からの吸汁量の方がむしろ多いように思われた。また甘露排泄頻度の観察から，第6図中の個体 E や K のように排泄頻度が著しく高い場合と，個体 J や R のように低い場合が認められ，おそらく前者は導管より，後者は篩管より吸汁中の代表的な個体であると思われる。

トビイロウンカの甘露排泄量が寄主である稲の栄養状態および品種によって著しく変化することは既報のとおりであるが (寒川, 1970; 寒川・PATHAK, 1969)，本実験では雌成虫は1日平均 13 $\mu$ l，吸汁時においては毎時 0.5～5 $\mu$ l の甘露を排泄していることが示された。そして1日に排泄される甘露中には平均 12 $\gamma$  のアミノ酸が含まれており，虫体に吸収される分を考慮すれば実際にはそれ以上の量のアミノ酸がウンカの吸汁により毎日稲から奪われていることになる。この事実と実験に使われた稲苗1本には約 0.1mg の遊離アミノ酸が含まれている事とを考え合わせれば，仮りにその稲苗1本に約10頭の雌成虫が寄生すれば，稲体内の遊離アミノ酸プールのほとんどすべてがウンカの吸汁によって奪われることになり，稲体内での蛋白合成等に利用されるアミノ酸の量は

極度に減少し、種々の病的異状が生じる可能性が十分に考えられる。この点からもトビイロウンカの吸害の重大さが想像できる。

### 摘 要

1. トビイロウンカの甘露排泄状況および含有成分を調べ、本種の吸汁習性を検討した。
2. 雌成虫は雄成虫にくらべ、甘露排泄が著しく活発で、吸汁時には毎時7~40回の頻度で0.5~5 $\mu$ lの甘露を排出し、1日の平均総排泄量は13 $\mu$ lであった。
3. 甘露中の平均糖濃度は約2%で、主にグルコースと蔗糖を含んでいるが、ウンカは糖を含まぬ排泄液も相当量分泌していた。
4. 甘露中にはまた約0.1%の遊離アミノ酸とアマイドが存在し、主要なものはグルタミン酸、グルタミン、アスパラギン酸、アスパラギン、およびアルギニンであった。
5. 甘露の性状および排泄状況から、トビイロウンカは維管束中の篩管と導管の両組織から吸汁していると考えられた。

### 引 用 文 献

- AUCLAIR, J. L. (1959) Feeding and excretion by the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (HARR.), reared on different varieties of peas. Ent. exp. appl. 2: 279~286.
- AUCLAIR, J. L. (1963) Aphid feeding and nutrition. Ann. Rev. Ent. 8: 439~490.
- BOLLARD, E. G. (1959) Nitrogenous compounds in plant xylem sap. Nature 24: 1189~1190.
- DAY, M. F., H. IRZYKIEWICZ and A. MAKINNON (1952) Observation on the feeding of the virus vector *Orosius argentatus* (EVANS), and comparison with certain other Jassids. Aust. J. Sci. Res. (B) 5: 128~142.
- ESAU, K. (1961) *Plants, viruses, and Insects*. Harvard University Press, Cambridge, 110pp.
- MAXWELL, F. G. and R. H. PAINTER (1959) Factors affecting rate of honeydew deposition by *Therioaphis maculata* (BUCK.) and *Toxoptera graminum* (RO-ND.). J. Econ. Ent. 52: 368~373.
- MITTLER, T. E. (1958a) The excretion of honeydew by *Tuberolachnus salignus* (GMELIN). Proc. Roy. Ent. Soc. (LONDON) (A) 33: 49~55.
- MITTLER, T. E. (1958b) Studies on the feeding and nutrition of *Tuberolachnus salignus* (GMELIN) II. The nitrogen and sugar composition of ingested phloem sap and excreted honeydew. J. Exp. Biol. 35: 74~84.
- MITTLER, T. E. (1958c) Studies on the feeding and nutrition of *Tuberolachnus salignus* (GMELIN) III. The nitrogen economy. J. Exp. Biol. 35: 626~638.
- 内藤 篤・中塚憲次・奥村隆史 (1968) ヨコバイ類の摂食タイプ II イネ科作物に対する口針挿入状態の比較. 昭和43年度応動昆虫大会講演.
- SAXENA, K. N. (1954) Feeding habits and physiology of digestion of certain leafhoppers, Homoptera: Jassidae. Experimentia 10: 383~384.
- SMITH, F. F. (1940) Certain sucking insects causing injury to rose. J. Econ. Ent. 33: 658~662.
- SMITH, K. M. (1926) A comparative study of the feeding methods of certain Hemiptera and of the resulting effects upon the plant tissue, with special reference to the potato plant. Ann. Appl. Biol. 13: 109~139.
- SOGAWA, K. (1968a) Studies on the salivary glands of rice plant leafhoppers IV. Carbohydrase activities. Appl. Ent. Zool. 3: 67~73.
- SOGAWA, K. (1968b) Collecting method and preliminary analysis of the soluble salivary secretions of the planthoppers. Appl. Ent. Zool. 3: 152~154.
- 寒川一成 (1970) トビイロウンカの吸汁習性に関する研究. 第1報 窒素欠乏水稻での吸汁. 応動昆 14: 101~106.
- 寒川一成・M. D. PATHAK (1969) トビイロウンカ抵抗性稲品種に関する基礎的研究. 昭和44年度応動昆虫大会講演.
- 孫工弥寿雄・桜井義郎 (1965) イネ葉枯病に関する研究 (VIII) ヒメトビウンカの選好性. イネ体の吸汁部位, ウイルスの獲得について. 中国農研 52: 22~24.
- TAMAKI, Y. (1964) Amino acids in the honeydew excreted by *Ceroplastes cucoceriferus* (GREEN). Jap. J. appl. Ent. Zool. 8: 159~164.
- 吉田武彦・宮松一夫 (1968) 水稻根への光合成産物の転流形態と根中における形態変化について. 作物根の生理的活性に関する研究 (第7報). 土肥誌 39: 228~232.
- ZIMMERMANN, M. H. (1960) Absorption and translocation: Transport in the phloem. Ann. Rev. Plant Physiol. 11: 169~190.