

日本応用動物昆虫学会誌 (応動昆)
第16巻 第1号: 1~7 (1972)

トビイロウンカの吸汁習性に関する研究

第3報 吸汁活動におよぼすアミノ酸およびその他の物質の効果¹

寒 川 一 成

名古屋大学農学部

(1971年5月13日受領)

Studies on the Feeding Habits of the Brown Planthopper. III. Effects of Amino Acids and Other Compounds on the Sucking Response. Kazushige SŌGAWA (Laboratory of Applied Entomology and Nematology, Faculty of Agriculture, Nagoya University, Chikusa, Nagoya, 464) *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **16**: 1-7 (1972)

The effects of amino acids, sugars, and purine-pyrimidine bases on sucking response were examined for the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (STÅL). For this purpose, the number of honeydew droplets excreted and stylet sheaths produced by the female adults feeding on the aqueous solution of different compounds during the test period were counted, and the ratio of the honeydew droplets to stylet sheaths was used as an index to evaluate their phagostimulative effect. Of the amino acids tested in 1% concentration, L-aspartic acid, L-glutamic acid, D-aspartic acid, L-alanine, L-asparagine, and L-valine evoked a significantly stimulated sucking response. Generally they caused a reduction in the stylet sheath formation, but enhanced the honeydew excretion. Several kinds of mono- and oligosaccharides including sucrose also stimulated sucking, although to a lesser degree, at a concentration of 5%. Furthermore, sucrose was found to synergize the phagostimulative activity of L-aspartic acid, L-glutamic acid, L-alanine, and L-asparagine. Four kinds of purine-pyrimidine bases showed no effect at 0.05% concentration. Basing on these results it seems likely that the free amino acids occurring in the rice plant such as L-aspartic acid, L-glutamic acid, L-alanine, L-asparagine, and L-valine play a major role in the sucking behavior of the brown planthopper.

緒 言

前報(寒川, 1970 a)で, トビイロウンカの吸汁量が窒素欠乏状態の水稲上で著しく減少することを見出し, その原因が水稲体の含有成分, とくに窒素栄養状態によって容易に変動するアミノ態窒素成分にあるのではないかと考えられた。またトビイロウンカに対して強度の耐虫性を有する印度型水稲の1品種 Mudgo 上においても, 同様な吸汁量の減少が認められ, 本品種の低いアミノ酸含有量と関係があるらしいとされている(SŌGAWA and PATHAK, 1970)。そこで本実験では, 上記の事柄をふまえて, 主に各種アミノ酸類がトビイロウンカの吸汁活動に及ぼす効果を調べた。また同時にトビイロウンカの吸汁部位である水稲の維管束組織(寒川, 1970 a, c)に存在する遊離アミノ酸以外の物質およびそれらの関連物

質の効果についても若干の検討を加えた。実験の結果, 特定の数種アミノ酸がトビイロウンカに対して明確な吸汁促進作用を有することが判明したのでここに報告する。

本文に入るに先だち, ご指導いただいた名古屋大学農学部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本多八郎技官に感謝の意を表す。

材 料 と 方 法

供試したトビイロウンカは当教室の約 28°C の恒温室で稲芽生を与え累代飼育中の個体群から選びとった新鮮な長翅型雌成虫である。

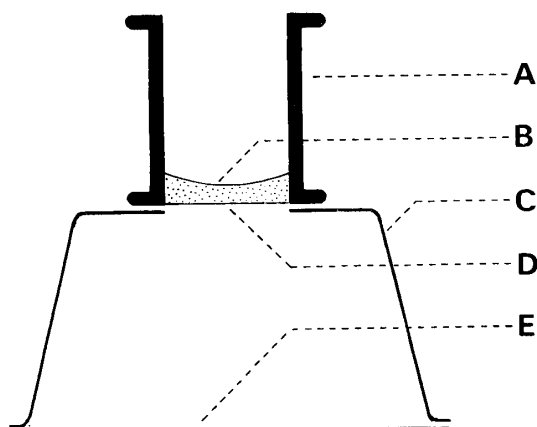
供試した各種アミノ酸, 糖類, および核酸有機塩基化合物(第1表を参照)は, 通常それぞれ 1%, 5%, およ

1 本研究は昭和45年度文部省科学研究費によった。

び 0.05% 水溶液として用いた。ただし DL-トリプトファン, L-シスチンおよび DL-チロシンは飽和水溶液として用いた。また L- および D-アスパラギン酸と L-グルタミン酸はカセイソーダ溶液で, L-アルギニン は稀塩酸でそれぞれ中和し供試した。アミノ酸と蔗糖の混合液は 5% の蔗糖と 1% のアミノ酸を含む水溶液である。

トビイロウンカに上記の各供試溶液を人為的に吸収させ, 各種の化合物がウンカの吸汁活動に及ぼす効果を口針挿入頻度と甘露排出量をもとに比較検討するために第 1 図に示した装置を考案作製し使用した。装置上部の A は一端に伸展したパラフィルム (D) を張った内径 2 cm 高さ 3 cm のガラスリングである。装置下部の C は外側を黒く塗装した容積約 80 ml のプラスチック製カップの底部中央に直径 2 cm の円孔をあけ, 直径 7 cm の円型ろ紙 (E) 上に倒置したものである。実験に際しては, まず C の内部に 5 頭のウンカを放し, C の円孔部をパラフィルム膜面で直接ふさぐように A を置き, A の内部に供試溶液 1.5 ml を注入した後, 装置を 16 時間蛍光灯照明, 28°C の恒温室に 1 昼夜静置した。その後ウンカの口針挿入頻度を調べるために, パラフィルム膜上に形成された口針鞘をエリスロシンで染色し, 双眼実体顕微鏡下でその数を数えた。またろ紙上に排出された甘露小滴は暗室中で紫外線ランプを照射し検出計数した (第 2 図)。

ウンカの吸汁活動に及ぼす各種化合物の効果は, 1 装置内のウンカが 1 昼夜に排出する全甘露小滴数を, 同じく 1 昼夜に形成する全口針鞘で割った値の平均値で表わ



第 1 図 トビイロウンカに各種供試溶液を人為的に吸収させるための装置。

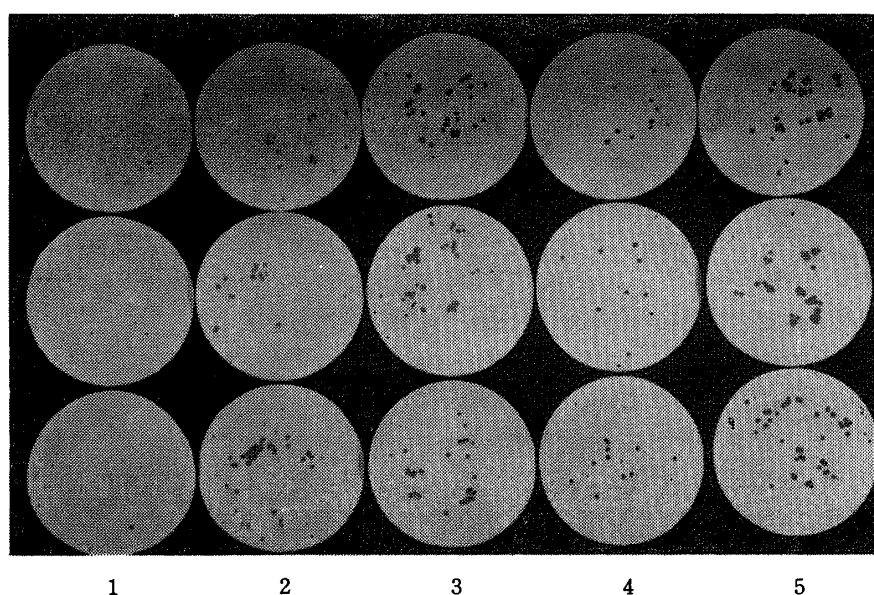
A: ガラスリング, B: 供試溶液, C: プラスチックカップ, D: パラフィルム, E: ろ紙。

し, その値を本文中では吸汁指数と呼ぶことにする。

結 果

各種供試化合物の吸汁指数は第 1 表にまとめて示した。

各種アミノ酸の吸汁指数の平均値のみについて比較をすれば著るしい差異が認められる。しかし反復間の変動もかなり大きく, 各アミノ酸の平均吸汁指数値間の差異が誤差の範囲に入る危険性もあるので, その差異の有意性を分散分析法で検定したところ, 非常に高い有意差が認められた。そこで次に LSD 法で個々のアミノ酸の平均吸汁指数値間の有意差検定を試みた。その結果, 供試



第 2 図 数種アミノ酸溶液を吸汁させた場合の甘露排出状態 (ニンヒドリン試薬による発色)。
1: 蒸溜水, 2: L-アスパラギン, 3: L-アスパラギン酸, 4: L-グルタミン, 5: L-グルタミン酸。

第1表 各種供試化合物の吸汁指数

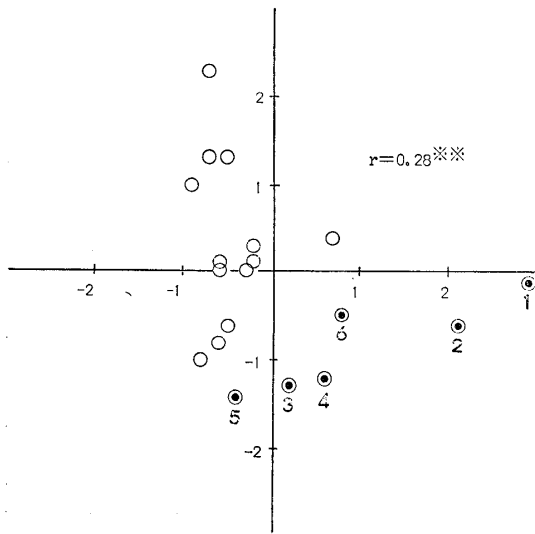
化合物	反復	甘露小滴数 平均	口針鞘数 平均	吸汁指数					平均
				I	II	III	IV	V	
アミノ酸 1%									
L-アスパラギン酸	5	86.8	16.6	6.8	4.6	4.9	12.3	4.9	6.7
L-グルタミン酸	5	72.4	12.8	6.0	11.0	8.0	3.4	4.6	6.6
D-アスパラギン酸	5	42.2	8.8	5.0	5.4	3.6	6.1	4.3	4.9
混合アミノ酸 ¹⁾	5	48.4	12.6	4.4	2.8	3.7	8.5	4.3	4.7
L-アラニン	5	34.2	8.4	8.8	4.3	2.8	3.2	2.9	4.4
L-アスパラギン	5	45.2	14.2	2.7	1.5	3.5	7.4	5.1	4.0
L-バリン	5	21.8	7.2	5.2	4.5	4.3	1.5	3.4	3.8
DL-トレオニン	5	26.2	19.0	0.7	3.0	2.5	0.9	3.0	2.0
グリシン	5	20.8	13.2	0.6	3.0	1.9	1.4	3.0	2.0
L-アルギニン	5	43.2	21.2	2.3	2.2	1.1	2.2	1.7	1.9
L-フェニルアラニン	4	14.8	9.8	1.4	2.5	1.7	1.4	—	1.8
D-アラニン	5	26.0	20.0	1.4	1.0	2.7	1.0	1.8	1.6
L-プロリン	5	18.0	12.2	2.1	1.6	1.3	1.2	1.3	1.5
L-ロイシン	5	19.4	18.0	3.3	1.0	0.6	1.8	0.6	1.5
L-リジン-HCl	5	25.4	18.2	2.1	0.8	1.2	1.4	1.5	1.4
DL-メチオニン	5	17.6	19.4	0.4	1.4	1.6	1.4	0.6	1.1
L-シスチン ²⁾	5	19.6	28.2	0.4	1.3	0.2	0.7	1.7	0.9
DL-トリプトファン ²⁾	5	16.2	27.8	0.4	0.5	0.9	1.0	0.3	0.6
L-グルタミン	5	11.8	26.2	1.0	0.6	0.3	0.2	0.4	0.5
DL-チロシン ²⁾	4	16.2	35.8	0.6	0.5	0.3	0.3	—	0.4
糖 5%									
トレハロース	5	45.4	16.0	2.9	5.0	4.2	2.2	1.3	3.1
フラクトース	5	23.8	8.2	4.6	1.8	4.0	2.0	2.6	3.0
マルトース	5	9.2	4.2	1.0	3.3	2.0	5.3	1.3	2.6
ラクトース	5	39.6	18.6	3.1	1.9	1.4	4.0	2.4	2.6
蔗糖	4	18.0	7.3	1.7	2.3	3.3	2.6	—	2.5
ラフィノース	5	21.6	14.8	4.5	2.8	2.2	0.6	2.1	2.4
グルコース	5	24.4	20.4	1.5	0.8	1.1	1.1	1.5	1.2
有機塩基 0.05%									
アデニン	5	8.2	18.0	0.6	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5
シトシン	5	13.0	17.0	0.7	0.9	0.8	1.4	0.6	0.9
チミン	5	7.4	12.8	1.0	0.6	0.3	1.3	0.4	0.7
ウラシル	5	8.2	19.0	0.4	0.8	0.4	0.4	0.4	0.5
蒸溜水	5	9.2	21.0	0.5	0.7	0.3	0.3	0.3	0.4

1) 0.3% L-アスパラギン酸, 0.3% L-グルタミン酸, 0.2% L-アラニン, 0.1% L-アスパラギンおよび0.1% L-バリンを含む水溶液。 2) 飽和水溶液。

任意の2種のアミノ酸の平均吸汁指数間の1% および5%水準での最少有意差はそれぞれ2.4および1.8である。

した19種類のアミノ酸のうち、L-アスパラギン酸とL-グルタミン酸は他の大部分のアミノ酸よりも1%水準の有意差で高い吸汁指数を与えており、強い吸汁促進作用を有していることが明らかになった。次いで高い吸汁指数を示したD-アスパラギン酸、混合アミノ酸、L-アラニン、L-アスパラギン、およびL-バリンについても、これらと上記2種のアミノ酸以外のアミノ酸よりも有意に高い吸汁促進作用を有していると考えられた。その他の13種のアミノ酸および蒸溜水の吸汁指数相互間には有意差がなく、吸汁促進効果があるとは言えないように思われた。また甘露小滴数と口針鞘数との関係をみ

たところ、両者間には低いながらも逆相関関係が認められ(第3図)、その相関係数 $r = -0.28$ の0からのふれば検定の結果、非常に高い有意性を示した。一般に吸汁促進効果を示すアミノ酸の水溶液をウンカに与えた場合、口針挿入頻度は低いが、甘露排出量は相対的に多量であると言える。数種アミノ酸と蔗糖の協力効果を検討するために、アミノ酸のみの場合、蔗糖のみの場合、および両者共存の場合の吸汁指数の差異の有意性を t 検定で調べた。その結果、第2表に示したとおり、混合アミノ酸に蔗糖を添加した時の吸汁指数は、混合アミノ酸のみの場合よりも1%水準の有意差で大きく、同様にL-アス



第3図 各種アミノ酸溶液を吸汁させた場合の甘露小滴数(横軸)と口針鞘数(縦軸)との関係。両軸上の目盛りは各測定値の偏差を標準偏差で割った数値である。○は吸汁促進作用を有するアミノ酸であり、それぞれ下記のとおりである。

- 1: L-アスパラギン酸, 2: L-グルタミン酸, 3: L-アラニン, 4: L-アスパラギン, 5: L-バリン, 6: D-アスパラギン酸。

第2表 数種アミノ酸(1%)と蔗糖(5%)の相対的吸汁促進効果

供試アミノ酸	吸汁指数(平均値±標準偏差)		
	アミノ酸のみ	アミノ酸+蔗糖	
L-アスパラギン酸	6.7±1.5	28.7±5.2	*
L-グルタミン酸	6.6±1.6	41.4±8.9	*
混合アミノ酸	4.7±1.0	26.7±3.2	**
L-アラニン	4.4±1.1	14.7±2.5	*
L-アスパラギン	4.0±1.0	10.0±1.4	(*)
L-バリン	3.8±0.6	5.2±1.1	ns
DL-トリプトファン ¹⁾	0.6±0.1	1.2±0.2	ns
L-グルタミン	0.5±0.1	1.0±0.2	ns
蔗糖の吸汁指数	2.4±0.6		

1): 飽和溶液

ns: アミノ酸のみの場合の吸汁指数とアミノ酸と蔗糖が共存した場合の吸汁指数との間に有意差なし。

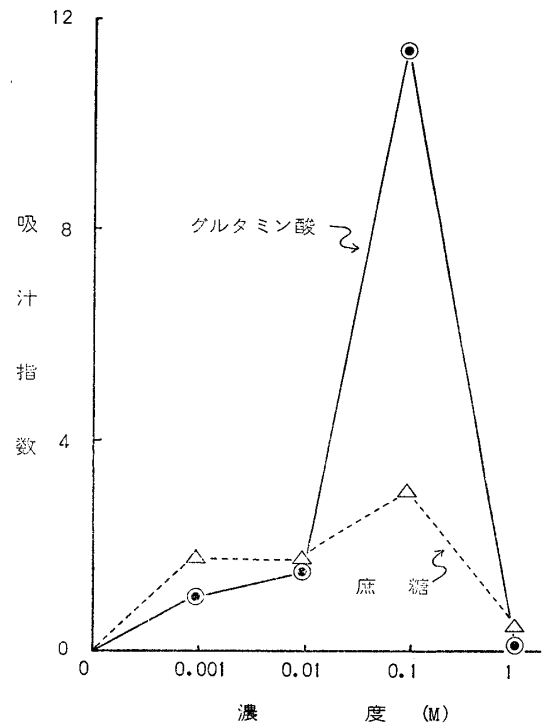
(*): 10%の危険率で差がある。

*: 5%水準の有意差がある。

** : 1%水準の有意差がある。

パラギン酸, L-グルタミン酸, および L-アラニンに蔗糖を添加した場合は 5% 水準の有意差で, また L-アスパラギンと蔗糖の場合も 10% の危険率でこれらアミノ酸のみの場合よりも高い値を示した。さらに混合アミノ酸と 4 種のアミノ酸の蔗糖添加時の吸汁指数はいずれの場合も蔗糖の吸汁指数よりも有意に高かった。これらの結果から, 混合アミノ酸, L-アスパラギン酸, L-グル

タミン酸, L-アラニン, および L-アスパラギンと蔗糖との間に相対的吸汁促進効果があると考えられた。一方 DL-トリプトファンまたは L-グルタミンと蔗糖を同時に与えた時の吸汁指数は蔗糖のみの場合よりも却って低下する傾向がうかがえ, これらのアミノ酸はむしろ吸汁阻害的に作用しているように思われた。アミノ酸濃度と吸汁指数との関係を, グルタミン酸を例にとり調べた結果, 第4図に示したように 0.1M (約 1.7%) 付近に吸汁指数の最大値が認められた。



第4図 グルタミン酸と蔗糖の各濃度段階における吸汁指数。

7 種類の糖類の 5% 水溶液の吸汁指数はいずれも蒸溜水のそれよりも有意に大であったが, 各糖類の吸汁指数相互間にはほとんど有意差は認められなかった。そしてこれらの糖類の吸汁促進作用は上述の L-アスパラギン酸, L-グルタミン酸等とくらべればかなり劣るように思われた。また蔗糖の濃度を変えても吸汁指数に顕著な変動は生じなかった(第4図)。アデニン, ウラシル, シトシン, およびチミンの 0.05% 水溶液の吸汁指数は総じて低く, 蒸溜水を与えた場合と大差はなかった。

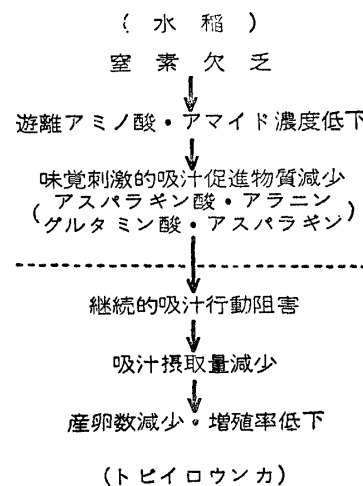
なおトビイロウンカが各種の供試溶液を吸汁する際に形成する口針鞘の形状に, 溶液成分の相違による明確な変化は認められず, 大部分の口針鞘は分枝のない比較的短い管状を呈した。

考 察

一般に自然状態における食植性昆虫の摂食行動は寄主植物の異なる物理的あるいは化学的刺激によって制御される3段階の行動、すなわち、1) 寄主植物への定位行動、2) 摂食試行行動、および3) 継続的摂食行動、に分けて考えることができる (BECK, 1965)。ウンカ類の場合は視覚および嗅覚刺激の連合作用によって寄主植物へ誘引され、摂食試行(口針挿入)がおこなわれ、継続的摂食行動は味覚刺激に依存するといわれている (NUORTEVA, 1952)。窒素欠乏水稻および耐虫性水稻上で観察されたトビイロウンカの摂食行動上の特徴は、正常な水稻あるいは感受性水稻上におけるよりも高い頻度で口針挿入行動が繰り返され、挿入された口針は十分に高い確率で吸汁部位である維管束に到達しているにもかかわらず吸汁量が少ないことである (寒川, 1970 a; SōGAWA and PATHAK, 1970)。このことは窒素欠乏水稻および耐虫性水稻の維管束組織の汁液中にトビイロウンカの継続的摂食行動に対して抑制的に作用する味覚刺激が存在するためと思われる。そこで本実験では、窒素欠乏水稻と正常な水稻、および耐虫性品種と感受性品種間において、含有量が明らかに異なる遊離アミノ酸を中心に、その他水稻の篩管に存在する蔗糖(吉田・宮松, 1968)、また溢泌液中に多量に含まれているアデニン(葭田ら, 1970)およびそれらの関連物質がトビイロウンカの継続的摂食行動に及ぼす効果を調べた。ただし各種供試溶液を与えた場合のウンカの吸汁継続状態を直接的に調査することは非常に非能率的であるので、摂食行動の継続状態を間接的に示す値、すなわち1回の口針挿入につき排出される甘露小滴数の平均値と比較することにした。この値をここで吸汁指数と呼ぶことについては既述のとおりである。

予備的実験で水稻の窒素状態と密接な関連がある L-アスパラギンにトビイロウンカの吸汁を促進する作用があることを見出したが(寒川, 1970 b)、今回 19 種類のアミノ酸について試験した結果、L-アスパラギン酸、D-アスパラギン酸、L-グルタミン酸、L-アラニン、およびL-バリンの5種類のアミノ酸にもL-アスパラギンと同程度もしくはそれ以上の吸汁促進効果が認められた。すなわちこれらのアミノ酸の水溶液をトビイロウンカに与えた場合、甘露排泄量が著しく増加し、逆に口針挿入頻度は減少する傾向がみられ、高い吸汁指数を与えた。とくにL-アスパラギン酸とL-グルタミン酸の効果は顕著であった。吸汁促進効果が認められた上記ア

ミノ酸の内、D-アスパラギン酸以外の各アミノ酸はいずれも正常な水稻に存在する主要な遊離アミノ酸であることから(折谷・葭田, 1969)、それらが実際にトビイロウンカの摂食行動に影響を与える刺激物質として作用していると考えられる。第1報(寒川, 1970 a)の実験に用いた窒素欠乏水稻苗中の遊離アミノ酸含量は正常なものの約3.6分の1にすぎず、各々のアミノ酸についてみても前者ではL-アスパラギンが消失するのみならず、L-アスパラギン酸、L-グルタミン酸、L-アラニン、およびL-バリン等がいずれも明らかに減少している(著者未発表)。また水稻葉鞘部では葉身部に比べ窒素施肥状態による遊離アミノ酸濃度の変動が顕著であり(折谷・葭田, 1969)、もっぱら葉鞘部に蝟集寄生するトビイロウンカの摂食活動は水稻の窒素栄養状態によって一層影響を受けやすいと言える。以上の諸点を考えあわせ、窒素欠乏水稻上におけるトビイロウンカの吸汁量減少、さらに増殖率低下の機構を第5図のようにまとめることができる。また吸汁促進効果を有する遊離アミノ酸含有量的水稻品種間の差異は、トビイロウンカに対する耐虫性の品種間差異をもたらす一因になると考えられる。この点に関連してSōGAWA and PATHAK(1970)はトビイロウンカ耐虫性品種 Mudgoでは感受性品種台中(在来)1号に比べ遊離アミノ酸含量が明らかに少ないことを見出ししている。



第5図 水稻の窒素欠乏状態がトビイロウンカの吸汁活動に影響を与え、増殖率の変動をもたらす機構。

またさらに特定のアミノ酸のみがトビイロウンカに対して摂食促進効果を有しているという事実は、それらのアミノ酸がトビイロウンカの寄主選好の場面において重要な役割を演じていることを暗示している。KENNEDY

(1958) はアブラムシの研究から、植物体の栄養成分が直接栄養的価値としてではなく、寄主選好に関連した感覚生理的刺激源となることを指摘した。その後 MITTLER (1967 a, b, 1970) はアスパラギン、イソロイシン、ロイシン、メチオニン、フェニルアラニン、およびトリプトファン、その中でもとくにメチオニンが味覚刺激的に作用しモモアカアブラムシの吸汁率を著しく高めることを実証した。また FEIR and BECK (1963) も各種のアミノ酸がナガカメムシの1種、*Oncopeltus fasciatus* (DALL.) の摂食継続状態に影響を与えることを示している。吸収性昆虫以外の昆虫に対しても各種のアミノ酸が摂食促進物質として作用している場合が知られており、例えばセリン、アラニン、スレオニン、およびメチオニンがアワノメイガ幼虫 (BECK and HANEC, 1958)、プロリンがトウヒノシントメハマキガ幼虫 (HERON, 1965)、およびアラニン、 γ -アミノ酪酸、セリン等がコロラドハムシ (HSIAO and FRANKEL, 1968) に対して摂食刺激作用を有することが報告されている。

植物の篩管に光合成産物の根部への転流形態として存在する蔗糖はアブラムシの吸汁促進物質として知られているが (AUCLAIR, 1969)、トビイロウンカに対しては蔗糖単独ではそれほど明確な吸汁促進作用を示さなかった。これはおそらく両者の摂食習性の相違、すなわちアブラムシはもっぱら蔗糖を含む篩管から吸汁するが (AUCLAIR, 1963)、トビイロウンカは篩管のみならず蔗糖を含まぬ導管からも吸汁する (寒川, 1970 c) ことと関係があるように思われる。しかしトビイロウンカに対して吸汁促進作用を有する L-アスパラギン酸、L-グルタミン酸、L-アラニン、および L-アスパラギンの水溶液に蔗糖を添加した場合、ウンカの吸汁量は顕著に増加し、それらアミノ酸と蔗糖との間に相乗的作用が認められた。このような糖とアミノ酸の相乗的摂食促進作用については、THORSTEINSON (1960)、HERON (1965)、および PEACOCK and FISK (1970) によっても報告されている。

水稲の溢泌液中にアデニンが多量に含まれていることが確かめられている (葎田ら, 1970) ことから、トビイロウンカの一方向の吸汁源である導管液中にもアデニンが当然含まれていると考えられたので、アデニンおよび3種のピリミジン化合物のトビイロウンカの吸汁活動におよぼす効果を調べたが、0.05%濃度ではいずれも効果がなかった。

以上、主として水稲汁液中に含まれていると思われる既知の栄養成分およびそれらの関連物質がトビイロウン

カの吸汁活動におよぼす効果について調べ、特定のアミノ酸に強い吸汁促進効果が認められたが、今後さらに水稲に含まれる各種アミノ酸の濃度を考慮に入れた実験、および各種アミノ酸相互間の協力作用等についても深く調べてみる必要があると考えられる。

摘 要

- 1) トビイロウンカの吸汁活動におよぼす各種アミノ酸、糖、および核酸有機塩基化合物の効果を調べた。
- 2) 各種供試化合物の効果は吸汁指数、すなわち各種化合物の水溶液をパラフィルムをとおしてウンカに吸汁させた場合の口針挿入1回当たり排出される甘露小滴数の平均値を統計処理し比較検討した。
- 3) 供試した19種類のアミノ酸のうち、L-アスパラギン酸とL-グルタミン酸が最も強い吸汁促進効果を有することが判明した。ついでD-アスパラギン酸、L-アラニン、L-アスパラギン、およびL-バリンがかなり強い吸汁効果を示した。一般にこれらのアミノ酸溶液を吸汁させた場合、口針挿入頻度が低下し、甘露排出量が増加する傾向があった。
- 4) 蔗糖を含む7種類の糖類の吸汁促進作用はいずれも弱かった。しかし蔗糖と吸汁促進効果を有するL-アスパラギン酸、L-グルタミン酸、L-アラニン、およびL-アスパラギンとを混用した場合、有意に高い吸汁指数を与え、両者間に相乗作用が認められた。
- 5) アデニン他3種の有機塩基化合物にはほとんど吸汁刺激効果が認められなかった。
- 6) 吸汁促進効果を示したL-アスパラギン酸、L-グルタミン酸、L-アラニン、L-アスパラギン、およびL-バリンはいずれも水稲に存在する主要な遊離アミノ酸成分であることから、これらのアミノ酸がトビイロウンカの摂食行動に関与する味覚刺激要因として重要な役割をはたしていると考えられた。

引用文献

- AUCLAIR, J. L. (1963) Aphid feeding and nutrition. *Ann. Rev. Ent.* **8**: 439~490.
- AUCLAIR, J. L. (1969) Nutrition of plant-sucking insects on chemically defined diets. *Ent. exp. Appl.* **12**: 623~641.
- BECK, S. D. (1965) Resistance of plants to insects. *Ann. Rev. Ent.* **10**: 207~232.
- BECK, S. D. and W. HANEC (1958) Effect of amino acids on feeding behaviour of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (HÜBN.). *J. Ins. Physiol.* **2**: 85~96.

- FEIR, D. and S. D. BUCK (1963) Feeding behavior of the large milkweed bug, *Oncopeltus fasciatus*. Ann. ent. Soc. Am. **56** : 224~229.
- HERON, R. H. (1965) The role of chemotactic stimuli in the feeding behavior of spruce budworm larvae on white spruce. Can. J. Zool. **43** : 247~269.
- HSIAO, T. H. and G. FRAENKEL (1968) The influence of nutrient chemicals on the feeding behavior of the colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera : Chrysomelidae). Ann. ent. Soc. Am. **61** : 44~54.
- KENNEDY, J. S. (1958) Physiological condition on the host-plant and susceptibility to aphid attack. Ent. exp. Appl. **1** : 50~65.
- MITTLER, T. E. (1967 a) Gustation of dietary amino acids by the *Myzus persicae*. Ent. exp. Appl. **10** : 87~97.
- MITTLER, T. E. (1967 b) Effect on aphid feeding of dietary methionine. Nature. **214** : 386.
- MITTLER, T. E. (1970) Uptake rates of plant sap and synthetic diet by the aphid *Myzus persicae*. Ann. ent. Soc. Am. **63** : 1701~1705.
- NUORTEVA, P. (1952) Host plant selection in insects in the light of investigations made on leafhoppers. Ann. Acad. Sci. Fenn. (A) IV Biol. No. 19, 90 pp.
- 折谷隆志・葭田隆治 (1969) 作物の窒素代謝に関する研究, 第5報 水稻体の老化に伴う窒素化合物の消長について. 日作紀 **38** : 575~586.
- PEACOCK, J. W. and F. W. FISK (1970) Phagostimulants for larvae of the minosa webworm, *Homadaula anisocentra*. Ann. ent. Soc. Am. **63** : 1755~1762.
- 寒川一成 (1970 a) 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 **4** : 101~106.
- 寒川一成 (1970 b) トビイロウンカの吸汁におよぼすアスパラギンの効果. 応動昆 **4** : 107.
- 寒川一成 (1970 c) 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. 応動昆. **14** : 134~139.
- SŌGAWA, K. and M. D. PATHAK (1970) Mechanism of brown planthopper resistance in Mudgo variety of rice (Hemiptera : Delphacidae). Appl. Ent. Zool. **5** : 145~158.
- THORSTEINSON, A. J. (1960) Host selection in phytophagous insects. Ann. Rev. Ent. **5** : 193~218.
- 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.
- 葭田隆治・折谷隆志・西 荒介 (1970) 作物の窒素代謝に関する研究, 第8報 水稻の溢泌液中におけるサイトカイニン様物質の存在について. 日作紀 **39** : 185~186.