

セジロウンカの幼虫発育に不可欠なアミノ酸

小山 健 二¹⁾

農林水産省農業環境技術研究所昆虫管理科

Essential Amino Acids for Nymphal Growth of the White-Backed Planthopper *Sogatella furcifera* (HORVATH) (Hemiptera: Delphacidae). Kenji KOYAMA²⁾ (Division of Entomology, National Institute of Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* **36**: 177-181 (1992)

Essential amino acids for the growth of *Sogatella furcifera* were investigated. Insects were fed on a chemically-defined diet lacking one amino acid from the stage immediately after hatching. All the nymphs developed into adults on diets lacking any one of the following amino acids: alanine, aminobutyric acid, arginine, asparagine, aspartic acid, cysteine, cystine, glutamic acid, glutamine, glycine, histidine, homoserine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, proline, serine, threonine, tryptophan, tyrosine and valine. Therefore, no single amino acid is essential for growth. However, growth was markedly delayed with diets lacking either cysteine or methionine.

Key words: essential amino acid, *Sogatella furcifera*, white-backed planthopper, planthopper holidic diet, artificial rearing

緒 言

完全合成飼料によるセジロウンカの人工飼育は、小山・三橋 (1980) により報告され、本種の栄養要求等の基礎的な研究を行う道が開かれた。セジロウンカの栄養生理については、これまでに幼虫発育に不可欠なビタミンの種類と濃度が明らかにされている (小山, 1991)。今回はセジロウンカの栄養要求のうち、幼虫の発育に不可欠なアミノ酸が何であるかを検討したので報告する。

本文に入るに先だち、ご指導いただいた東京農工大学農学部三橋淳教授ならびに本報のとりまとめにあたり有益なご助言をいただいた野菜・茶業試験場虫害第 2 研究室室長の松井正春博士に対して感謝の意を表します。

材料および方法

実験に供したセジロウンカは、実験室内でイネ芽出しを用いて 25°C、長日条件 (16L-8D) 下で継代飼育している個体群を使用した。人工飼育容器は、小山・三橋 (1980) のセジロウンカの飼育容器と同様で、容器の底に湿ったろ紙を敷いた。セジロウンカは、ヒメトビウンカ

ヤトビウンカの採卵方法 (MITSUHASHI, 1970) ではほとんど卵が得られないので、イネ芽出しに産卵させた卵をふ化直前に実体顕微鏡下で針を用いてとりだし、湿ったろ紙の上のせてふ化させた。ふ化幼虫は小筆を使ってそれぞれの容器に移した後に、人工飼料としては MED-1 (MITSUHASHI and KOYAMA, 1971; 三橋・小山, 1972) を基本として (第 1 表)、それからアミノ酸を各 1 種類除去した飼料を調製して供試した。飼育は 25°C、長日条件 (16L-8D) 下で行った。人工飼料は、引き伸ばしたフジ・シーロンフィルムを通して吸汁させ、1 日おきに更新した。各区につき 100 頭ずつ個体飼育を行い、脱皮、羽化、死亡までの日数を記録した。

結 果

MED-1 飼料からアミノ酸各 1 種類を除去した飼料でセジロウンカのふ化幼虫を飼育した結果、いずれの飼料でもセジロウンカは成虫まで発育した (第 1 図)。システインおよびメチオニンを欠いた飼料では、それらを含む MED-1 飼料に比べて幼虫期間が非常に長くなることが明らかになった。また、メチオニンを欠いた飼料では成虫化率が 10% と非常に低かった。その他のアミノ酸

1) 現在 野菜・茶業試験場環境部

2) Present address: National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea, Ano, Mie 514-23, Japan.

1991 年 11 月 21 日受領 (Received 21 November 1991)

1992 年 4 月 6 日登載決定 (Accepted 6 April 1992)

を欠いた飼料による成虫化率は、いずれも46~80%の範囲にあったが、すべてのアミノ酸が加えられているMED-1飼料と比較するといずれも低いことが明らかになった(第1図)。幼虫期における生存虫率は、第2表の

第1表 MED-1飼料のアミノ酸組成(mg/100 ml)

L- α アラニン (Ala)	100
γ -アミノ- <i>n</i> 酪酸 (GABA)	20
L-アルギニン-塩酸塩 (Arg)	400
L-アスパラギン (Asp(NH ₂))	300
L-アスパラギン酸 (Asp)	100
L-システイン (Cy·SH)	50
L-シスチン塩酸塩 (Cys)	5
L-グルタミン酸 (Glu)	200
L-グルタミン (Glu(NH ₂))	600
グリシン (Gly)	20
L-ヒスチジン (His)	200
DL-ホモセリン (Hom)	800
L-イソロイシン (I-leu)	200
L-ロイシン (Leu)	200
L-リジン-塩酸塩 (Lys)	200
L-メチオニン (Met)	100
L-フェニルアラニン (Phe)	100
L-プロリン (Pro)	100
DL-セリン (Ser)	100
L-スレオニン (Thr)	200
L-トリプトファン (Try)	100
L-チロシン (Tyr)	20
L-バリン (Val)	200

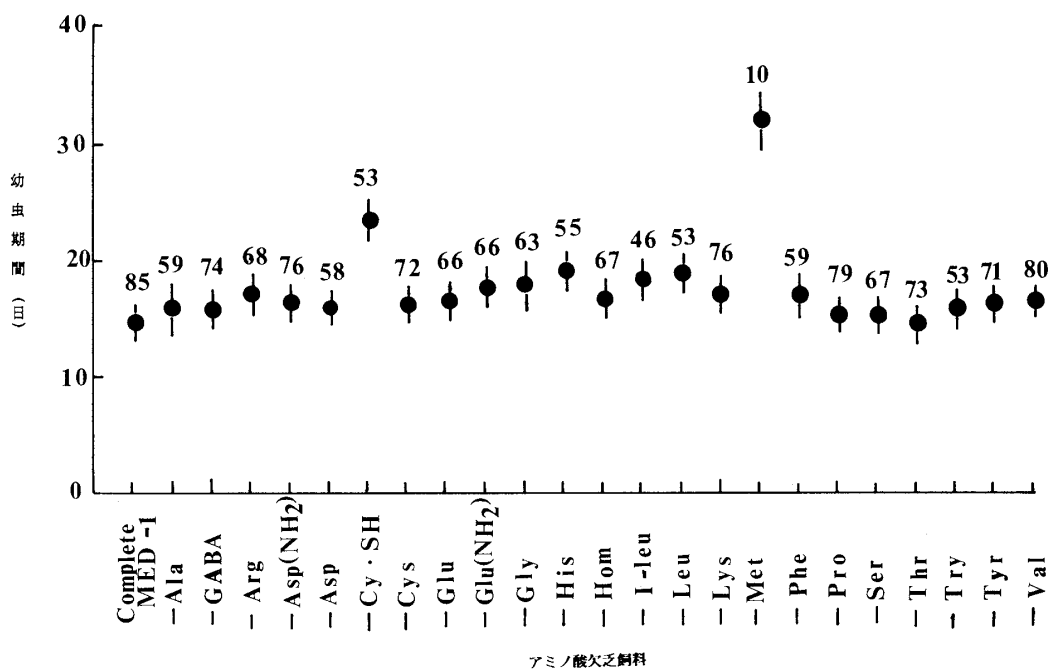
()内はアミノ酸の略号。

とおりで、ふ化後1日目では95~100%と高く、その後徐々に死亡したが、いずれかのアミノ酸をMED-1飼料から個別に除去した飼料でもほとんどがふ化後15日目でも50%以上生存した。以上により、セジロウムカではどのアミノ酸を1種類欠如しても成虫まで発育することが明らかになった。

次に、上の実験で幼虫の発育が遅延したシステインとシステインの酸化型であるシスチン、およびメチオニンの3種類のアミノ酸について、人工飼料中の濃度を変えた場合の幼虫の発育期間および成虫化率を調査した。

システイン濃度と幼虫の発育との関係については、飼料よりシスチンを除去し、システイン濃度を0, 6.25, 12.5, 25, 50 mg/100 mlとして飼育した場合の幼虫期間および成虫化率を調査し、第2図に示した。システインとシスチンを含まない飼料で飼育した場合、ふ化幼虫の2%が成虫まで発育し、幼虫期間は30日以上と顕著に遅延した。幼虫の発育期間は、システイン濃度が濃くなるにしたがい短縮した。また、成虫化率は、システイン濃度0~25 mg/100 mlの範囲では濃度が濃くなるにしたがい高くなる傾向を示した。

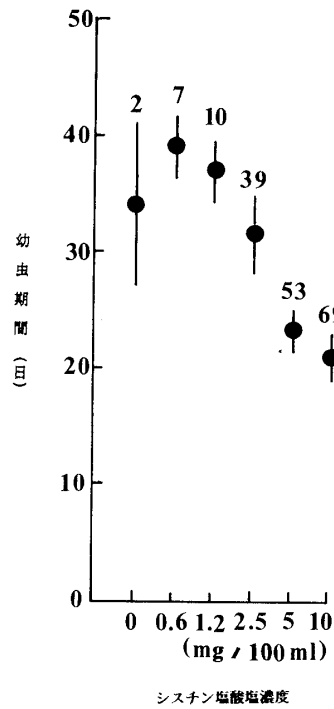
シスチン濃度と幼虫の発育との関係については、飼料よりシステインを除去し、シスチン濃度を0, 0.625, 1.25, 2.5, 5, 10 mg/100 mlとして飼育した場合の幼虫期間および成虫化率を調査し第3図に示した。幼虫の発



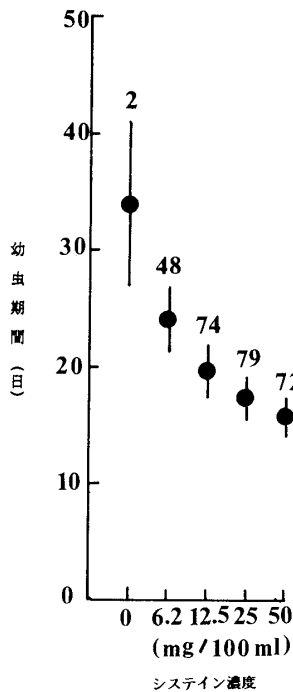
第1図 アミノ酸1種類を欠く飼料での幼虫期間と成虫化率。黒丸は平均幼虫期間、縦線は標準偏差、数字は成虫化率(%)を示す。アミノ酸の略号は第1表を参照。

第2表 アミノ酸欠乏飼料でのふ化後15日までの生存虫率(%)

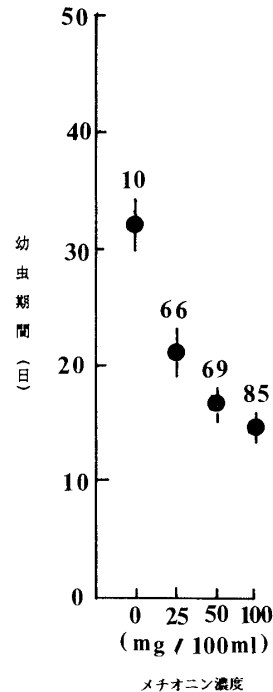
除去したアミノ酸	1	3	5	7	9	11	13	15(日)
L-α アラニン	97	81	73	72	69	66	66	65
γ-アミノ-n 酪酸	98	96	94	90	88	88	88	86
L-アルギニン-塩酸塩	100	93	86	82	80	78	78	77
L-アスパラギン	100	95	91	88	88	87	84	83
L-アスパラギン酸	95	72	71	69	65	62	61	60
L-システイン	98	86	76	73	71	68	66	65
L-シスチン塩酸塩	100	98	95	90	83	82	81	81
L-グルタミン酸	97	84	74	73	71	71	70	69
L-グルタミン	95	81	78	75	73	72	72	71
グリシン	98	93	83	79	74	73	73	70
L-ヒスチジン	100	90	84	76	70	67	64	63
DL-ホモゼリン	100	94	84	80	79	78	75	73
L-イソロイシン	100	80	71	62	57	55	54	54
L-ロイシン	97	81	67	66	63	61	59	59
L-リジン-塩酸塩	97	92	88	85	83	82	81	79
L-メチオニン	99	89	81	74	61	54	42	35
L-フェニルアラニン	99	89	82	74	71	67	65	63
L-プロリン	99	95	91	88	88	84	81	80
DL-セリン	100	90	86	84	77	75	75	69
L-スレオニン	95	87	77	76	75	74	74	74
L-トリプトファン	99	82	72	67	65	63	60	60
L-チロシン	100	88	82	81	80	75	73	73
L-バリン	100	93	89	87	87	86	84	83
MED-1 飼料	100	92	90	89	87	87	86	86



第3図 シスチン塩酸塩濃度と幼虫期間および成虫化率。黒丸は平均幼虫期間、縦線は標準偏差、数字は成虫化率(%)を示す。



第2図 システイン濃度と幼虫期間および成虫化率。黒丸は平均幼虫期間、縦線は標準偏差、数字は成虫化率(%)を示す。



第4図 メチオニン濃度と幼虫期間および成虫化率。黒丸は平均幼虫期間、縦線は標準偏差、数字は成虫化率(%)を示す。

育期間はシスチン濃度が0~2.5 mg/100 mlでは30日以上と長くなり、また、0.6~10 mg/100 mlではシスチンの量が多くなるにしたがい発育期間が短縮した。しかし、シスチン濃度が10 mg/100 mlでもMED-1飼料に比べて幼虫発育期間が長くなった。成虫化率は、シスチン添加量を増すと高くなった。

メチオニン濃度と幼虫の発育との関係については、メチオニンの濃度を0, 25, 50, 100 mg/100 mlとして飼育した場合の幼虫期間および成虫化率を調査し第4図に示した。メチオニンを加えない飼料での幼虫の発育期間は30日以上と顕著に遅延し、成虫化率も10%と低かった。メチオニン濃度25~100 mg/100 mlの範囲での幼虫の発育期間は、濃度が濃くなるにしたがい短くなった。また、成虫化率は、メチオニン濃度が濃くなるにしたがい高くなった。

考 察

本研究により、セジロウンカでは1種類であればどのアミノ酸を欠除しても幼虫発育が完了することが明らかになった。しかし、システインとシスチンに関しては、シスチンを除去しても幼虫発育に影響がないのは、システインが十分量あること、システインを除くと幼虫発育に影響があるのはMED-1飼料に加えられているシスチンの量がもともと少ないためであること、システインとシスチンは同濃度ではほとんど同じ効果を与えている。多くの昆虫のアミノ酸要求性は、哺乳動物の必須アミノ酸と同様に、アルギニン、ヒスチジン、イソロイシン、ロイシン、リジン、メチオニン、フェニルアラニン、スレオニン、トリプトファンおよびバリンの10種類である(平野, 1971)。これまでに、ウンカ・ヨコバイ類でアミノ酸要求が調べられているのは、ヒメトビウンカとトビイロウンカの2種類だけである。トビイロウンカについても、幼虫の発育に不可欠なアミノ酸は個別に除去した実験では、セジロウンカと同様に存在しない(KOYAMA, 1984, 1985)。ヒメトビウンカでは、システインまたはシスチンとメチオニンの2種が幼虫発育に不可欠なアミノ酸である(KOYAMA and MITSUHASHI, 1975)。セジロウンカとヒメトビウンカのアミノ酸要求を比較すると、ヒメトビウンカではシステインあるいはシスチンのいずれか1種類のアミノ酸を飼料に加えないとふ化幼虫は成虫まで発育できないが、セジロウンカはシステインとシスチンを同時に飼料より除去しても2%程度であるが成虫まで発育することができる。また、メチオニンはヒメトビウンカの幼虫発育に不可欠であるが、セジロ

ウンカでは不可欠ではないが幼虫の発育が遅延した。不可欠アミノ酸のないセジロウンカとトビイロウンカのアミノ酸要求を比較すると、両種ともにシステインおよびメチオニンの2種類のアミノ酸のいずれかを、飼料より除去すると幼虫の発育が遅延することからこの2種のアミノ酸は幼虫発育に重要な要因であると考えられる。システイン、メチオニンについては本研究の実験範囲内ではMED-1飼料に含まれている量が最も良い結果を与えたが、さらに量を増やした場合、幼虫期間、成虫化率が改善されるかどうか検討する必要がある。また、本研究では幼虫発育だけを対象としたが、産卵数、次代ふ化率などに対しては、当然異なった結果がえられるであろう。一方、同じ半翅目昆虫であるアブラムシでは、モモアカアブラムシとアブラムシの一種 *Aphis fabae* でアミノ酸要求が調べられている。モモアカアブラムシでは、メチオニン、ヒスチジンおよびイソロイシンの3種類が不可欠である(DADD and KRIEGER, 1968)。*A. fabae* では、アラニン、ヒスチジン、メチオニン、プロリン、セリン、システイン、フェニルアラニンおよびチロシンの8種類が不可欠であるといわれている(LECKSTEIN and LLEWELLYN, 1973, 1974)。これらの結果は同じ半翅目昆虫でも、種によりかなりアミノ酸要求が異なることを示している。

一般に半翅目昆虫の栄養要求が他の目の昆虫に比して少ないのは、体内にいる細胞内共生微生物が宿主に必要な物質を生産して与えているからだと考えられている。ヒメトビウンカでは(KUSUMI et al., 1979)、卵から2種類の細胞内共生微生物 *Ls-1* と *Ls-2* が分離された。この共生微生物を、グルコース、ビタミン、無機塩よりなる合成培地で培養し、培養液中にアミノ酸が分泌され蓄積されるかどうかについて実験を行った結果、*Ls-1* だけが培地にメチオニンとシステイン以外のすべてのアミノ酸を分泌していた。ヒメトビウンカの人工飼料での飼育実験と共生微生物の培養実験とから、ヒメトビウンカは必要とする大部分のアミノ酸を共生微生物に依存しているといえる(喜多, 1982)。セジロウンカも、ヒメトビウンカと同様に共生微生物をもち、これがセジロウンカの発育に必要なアミノ酸を供給するため、幼虫発育に不可欠なアミノ酸はないという結果がえられたものと考えられる。また、個別に除去しても幼虫が発育したアミノ酸は不可欠アミノ酸といえるが、これらのアミノ酸相互間のバランスも幼虫発育に重要な意味をもっていると思われるが、細胞内共生微生物の役割りとともに今後に残された問題である。

摘 要

セジロウンカの幼虫発育に不可欠なアミノ酸を知るために、ふ化直後から幼虫をアミノ酸各1種類を除去した人工飼料で飼育したところ、アラニン、アミノ-n酪酸、アルギニン、アスパラギン、アスパラギン酸、システイン、シスチン、グルタミン酸、グルタミン、グリシン、ヒスチジン、ホモゼリン、イソロイシン、ロイシン、リジン、メチオニン、フェニルアラニン、プロリン、セリン、スレオニン、トリプトファン、チロシンおよびバリンのいずれのアミノ酸を欠いた飼料でもセジロウンカ幼虫は成虫まで発育した。したがって、セジロウンカの幼虫発育には個別除去実験による限り不可欠なアミノ酸はないといえる。しかし、システインおよびメチオニンを欠く飼料では幼虫発育が遅延した。また、システインとシステインの酸化型であるシスチンを同時に欠く飼料では、1種類ずつ欠く飼料に比べて幼虫発育が大幅に遅延した。

引用文献

- DADD, R.H. and D.L. KRIEGER (1968) Dietary amino acid requirements of the aphid, *Myzus persicae*. *J. Insect Physiol.* **14**: 741—764.
- 平野千里 (1971) 昆虫と寄主植物. 東京: 共立出版, 202 p.
- 喜多 寛 (1982) ウンカと共生微生物の相互作用. 昆虫の生理活性検定法 (高橋正三 編), 東京: 培風館, pp. 191—201.
- KOYAMA, K. (1984) Nutritional physiology of the brown rice planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae). *中華昆虫* **4**: 93—105.
- KOYAMA, K. (1985) Nutritional physiology of the brown rice planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae). II. Essential amino acids for the nymphal development. *Appl. Entomol. Zool.* **20**: 424—430.
- 小山健二 (1991) セジロウンカの幼虫発育に不可欠なビタミン. *応動昆* **35**: 297—301.
- KOYAMA, K. and J. MITSUHASHI (1975) Essential amino acids for the growth of the smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus* FALLÉN (Hemiptera: Delphacidae). *Appl. Entomol. Zool.* **10**: 208—215.
- 小山健二・三橋 淳 (1980) 完全合成飼料によるセジロウンカの人工飼育. *応動昆* **24**: 117—119.
- KUSUMI, T., Y. SUWA, H. KITA and S. NASU (1979) Symbiotes of planthopper. I. The isolation of intracellular symbiotes from the smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus* FALLÉN (Hemiptera: Delphacidae). *Appl. Entomol. Zool.* **14**: 459—463.
- LECKSTEIN, P.M. and M. LLEWELLYN (1973) Effect of dietary amino acid on the size and alary polymorphism of *Aphis fabae*. *J. Insect Physiol.* **19**: 973—980.
- LECKSTEIN, P.M. and M. LLEWELLYN (1974) The role of amino acids in diet intake and selection and utilization of dipeptides by *Aphis fabae*. *J. Insect Physiol.* **20**: 877—885.
- MITSUHASHI, J. (1970) A device for collecting planthopper and leafhopper eggs (Hemiptera: Delphacidae). *Appl. Entomol. Zool.* **5**: 47—49.
- MITSUHASHI, J. and K. KOYAMA (1971) Rearing of planthoppers on a holidic diet. *Entomol. Exp. Appl.* **14**: 93—98.
- 三橋 淳・小山健二 (1972) ヒメトビウンカの人工飼育, 特に1齢幼虫の飼育条件の検討. *応動昆* **16**: 8—17.