

相対湿度および水がトビイロウンカ成虫の絶食耐性に及ぼす影響

市川俊英・ISICHAIKUL, Somchai¹⁾

(香川大学農学部)

Influence of relative humidity and liquid water on the tolerance to starvation in the adults of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae)

by Toshihide ICHIKAWA and Somchai ISICHAIKUL (Faculty of Agriculture, Kagawa University; Miki-cho, Kagawa 761-07)

Tolerance to starvation in the adults of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) was experimentally examined under $25 \pm 2^\circ\text{C}$ and 16L:8D. The 3 days old adults used in the experiment were drawn from a stock culture of this species collected in a hopperburned paddy field in Kagawa Prefecture in 1983. In the low humidity (77.5% in mean relative humidity) in which adults could not access to liquid water, all adults died within 1 day after the beginning of the experiment with the mean survival duration of 0.41–0.58 day. Although the adults starved under the high humidity (99.8% in mean relative humidity) could not access to liquid water, their mean survival duration, 2.2–3.9 days was significantly longer than that starved under the low humidity. Mean survival duration of the adults starved under the liquid water-supplied high humidity (99.8% in mean relative humidity), 2.7–5.5 days was significantly longer than that starved under the high humidity. Mean survival duration in macropterous form were significantly longer than that in brachypterous form in each experiment except for the females starved under the low humidity.

緒 言

1967年7月, トビイロウンカとセジロウンカの大群が南方定点(北緯29度, 東経135度)の気象観測船に飛来したこと(朝比奈・鶴岡, 1968; 鶴岡, 1968)を契機として, 農林水産省による洋上調査が開始された結果, 南方定点に加えて東シナ海上でも6–7月に両種の長距離移動している事実が次々に明らかにされてきた(板倉, 1973 飯島,

1973; KISIMOTO, 1976; 鶴町, 1978; 平尾・伊藤, 1980; KISIMOTO, 1981; 岸本ら, 1982)。移動中の両種成虫が北緯25–35度の範囲内の中国大陸で発生した湿潤な移動性低気圧の中で発見されること, これらの低気圧の日本上空通過直後に国内各地で両種の飛来が認められることなど多くの調査結果から, 両種が毎年, 梅雨期に中国大陸から日本各地の水田に飛来してイネを加害していることは確実と考えられるようになった(岸本, 1975

1) 現住所: Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

; KISIMOTO, 1977, 1981). 岸本 (1975) は両種ウンカの国内越冬説 (末永, 1956; 三宅・藤原, 1962; 奥村, 1963; 深谷, 1965など) を支える根拠が薄弱であることを挙げて再度の追及の必要性を論じたが, それに対する確実な反証が出されていないことも日本における両種の発生源が国外に限られていることを強く裏付けている.

ところで ISICHAIKUL & ICHIKAWA (1993) および ISICHAIKUL *et al.* (1994) はトビイロウンカの幼虫が高湿度環境に強く依存して生活していることを明らかにしている. 本研究ではトビイロウンカの成虫も幼虫と同様な性質を持つものか否かを明らかにするための研究の一環として, 環境中の水分条件を変化させた場合の絶食耐性について実験的に調査した. また, その結果を元にして特に本種長翅型成虫の長距離移動の問題に関連する点について若干の考察を加えた.

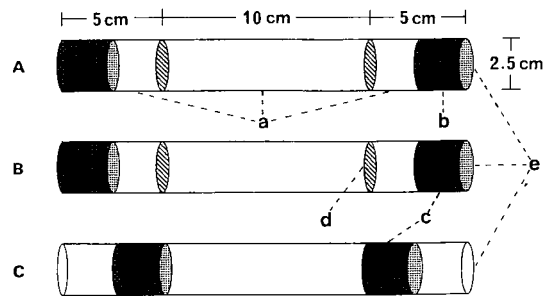
材料および方法

1983年10月に香川県木田郡三木町内の水田で発見された坪枯れで採集したトビイロウンカ雌雄成虫にイネ芽出し苗を餌および産卵場所として与え, $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 16L : 8Dの条件下で累代飼育してきた. 絶食耐性実験に供試した成虫はすべてこの累代飼育虫で, 4個のガラス製飼育容器 (直径7.5 cm, 高さ17.5 cm) 内で羽化した雌雄成虫を羽化後1日以内 (羽化後0日目) に取り出し性別と翅型を記録した後, 2日間イネ苗を与えて飼育した. その後, 羽化後3日目の同性同一翅型の成虫10個体を各実験容器に収容し, $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 16L : 8Dの条件下で実験を行った.

第1図に実験容器を模式的に示したように, 3種類の実験区 (A : 低湿度区, B : 高湿度区, C : 高湿度給水区) を設定した. どの実験区も実験容器はそれぞれ直径2.5 cm, 長さ10 cmの透明アクリル樹脂製パイプの両端に直径2.5 cm, 長さ5 cmの同一樹脂製パイプを透明粘着テープで連結したもので, いずれも10個体の成虫は長さ10 cmのパイプ内に収容した. 高湿度給水区では両連結部を吸水したポリウレタン製スポンジで仕切り, 供試成虫が口器を用いてスポンジから自由に吸水できるようにした. 一方, 高湿度区と低湿度区では両連結部をステンレススチール製の金網で仕切り, 両

端に連結した長さ5 cmのパイプには吸水状態 (高湿度区) あるいは乾燥状態 (低湿度区) のポリウレタン製スポンジを詰め, 金網に近いスポンジの一端が金網から2.5 cm離れた部分に位置するようにした. このため, 高湿度区でも口器による直接の吸水は不可能であった. 連結して長さ20 cmになった容器両端の開口部はすべてパラフィルム (American Can Company) で密閉した. 各実験区とも同性同一翅型の成虫に関する実験は3反復合計30個体とした. 死亡成虫数の調査は実験開始後24時間目までは3時間間隔で, その後は12時間間隔で行い, 暗期も調査中に限って点灯した.

実験容器内の温度と相対湿度は幼虫を収容しない3実験区の実験容器を各々1個ずつ余分に作って測定した. ただし, 実験容器は3種類とも密閉状態で使用したことにより, そのままでは温・湿度の測定ができないため, 幼虫収容部分に相当する長さ10 cmのパイプの中央部に直径1.2 cmの小孔を作り測定用プローブ (直径1.1 cm) を内部に導入できるようにした. この小孔は常時透明粘着テープで密閉しておき, 測定用プローブを導入した測定時だけ開放した. ただし, 測定用プローブを小孔からパイプ内部に導入した直後に小孔の隙間をパラフィルムで密閉しパイプ外の温・湿度状態の影響を最小限に抑えるようにした. なお, この測定にはデジタル温度湿度計 (プローブ : HMP 36, インジケータ : HMI 31, Vaisala社製) を用いて実験開始後3時間間隔 (低湿度区の場合)



第1図 各絶食耐性実験区における実験容器の模式図

A : 低湿度区, B : 高湿度区, C : 給水高湿度区, a : 透明アクリル樹脂製パイプ, b : 乾燥スポンジ, c : 吸水スポンジ, d : 金網, e : パラフィルム, 実験方法および温・湿度の測定方法については本文参照.

あるいは12時間間隔（高湿度区および高湿度給水区の場合）で行った。

結 果

4個の飼育容器内で羽化し、その中から360個体を絶食耐性実験に供試した成虫について、容器別の羽化総数、性比および雌雄別の長翅型出現率を第1表に示した。羽化総数については最少と最高の間で約1.8倍の差があったが、性比は50%内外と容器間で大差はなかった。また、どの飼育容器でも雌雄ともに短翅型と長翅型の両方が羽化し、長翅型の出現率は雄で41.3-60.8%であったが、雌では26.7-39.1%と雄よりも低かった。

第1表 各飼育容器内で羽化した成虫の性比と長翅型率¹⁾

飼育容器 番 号	羽化成虫数	性比 ²⁾ (%)	長翅型 (%)	
			雄	雌
1	335	56.4	41.3	26.7
2	599	53.8	56.5	30.0
3	419	47.5	60.8	39.1
4	585	48.7	44.6	30.0

1) 25 ± 2℃, 16L : 8Dの条件下で飼育。

2) 羽化雄成虫数 / 羽化成虫数。

第2表は3実験区の容器内の温度と相対湿度の測定結果を示したものである。実験期間中に容器内で測定した温度の最低値は25.0℃、最高値は26.4℃で、3実験区ともに25℃をわずかに越えるほとんど同一と見なされる平均値を示した。一方、高湿度区および高湿度給水区の相対湿度は99.6%から99.9%の範囲でそれらの平均値がともに99.8%であったのに対して、低湿度区の相対湿度は70.5%から80.2%の範囲でその平均値は77.5%であった。

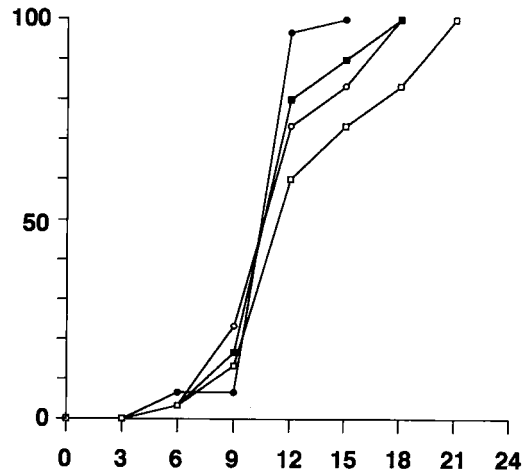
低湿度区における絶食開始後時間と累積死亡率との関係を第2図に示した。死亡個体が初めて認められたのは開始後6時間目で1日以内に全供試個体が死亡した。全供試個体の死亡が確認された実験開始後の時間は短翅型雄が15時間、短翅型雌が18時間、長翅型雄が18時間、長翅型雌が21時間であった。

高湿度区における絶食開始後時間と累積死亡率

第2表 各絶食耐性実験区の容器内における温度（平均値 ± S.D.）と相対湿度（平均値 ± S.D.）¹⁾

実験区	温度 (℃)	相対湿度 (%)
低湿度区	25.2 ± 0.3	77.5 ± 3.1
高湿度区	25.6 ± 0.3	99.8 ± 0.1
給水高湿度区	25.6 ± 0.4	99.8 ± 0.1

1) 測定方法については本文参照。



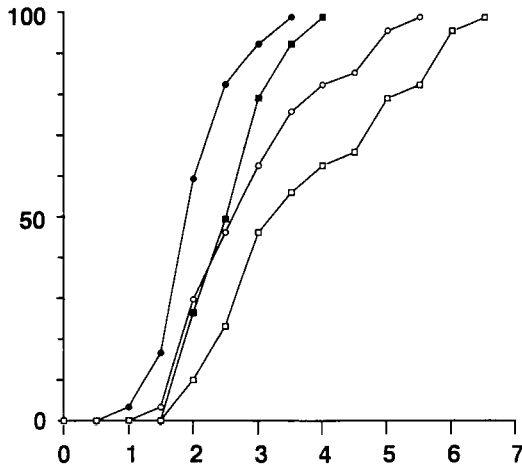
第2図 低湿度区における絶食開始後時間と累積死亡率との関係

●：短翅型雄，○：長翅型雄，■：短翅型雌，□：長翅型雌

との関係を第3図に示した。死亡個体が初めて認められたのは開始後1日目で、絶食耐性能力は雌雄ともに長翅型が短翅型に比べて、また同一翅型では雌が雄に比べてそれぞれ高い傾向が明瞭に認められた。全供試個体の死亡が確認された実験開始後の時間は短翅型雄が3.5日、短翅型雌が4.0日、長翅型雄が5.5日、長翅型雌が6.5日であった。

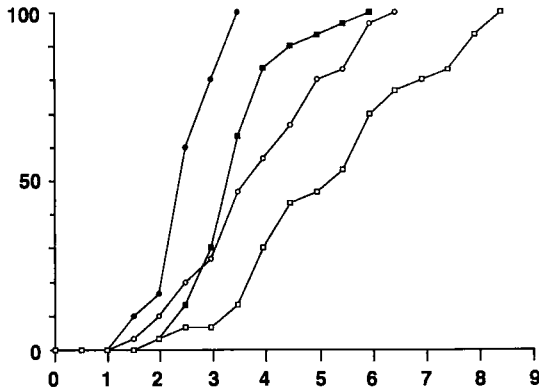
高湿度給水区における絶食開始後時間と累積死亡率との関係を第4図に示した。死亡個体が初めて認められたのは開始後1.5日目で、その後死亡個体は高湿度区の結果に比べてやや緩慢に増加する傾向が認められた。また、絶食耐性能力における各翅型間および雌雄間の差異の傾向は高湿度区の場合と同様であった。全供試個体の死亡が確認された実験開始後の時間は短翅型雄が3.5日、短

翅型雌が6.0日、長翅型雄が6.5日、長翅型雌が8.5日であった。



第3図 高湿度区における絶食開始後日数と累積死亡率との関係

●：短翅型雄，○：長翅型雄，■：短翅型雌，□：長翅型雌



第4図 給水高湿度区における絶食開始後日数と累積死亡率との関係

●：短翅型雄，○：長翅型雄，■：短翅型雌，□：長翅型雌

第3表は各実験区の成虫について絶食開始後の平均生存期間を雌雄および翅型別に示したものである。まず液体状の水に接触できなかった低湿度区と高湿度区について雌雄各々翅型別に比較すると、いずれも高湿度区の方が有意かつ顕著に平均生存期間が長かった。さらに同様な比較によって、平均相対湿度が99.8%と同じであっても液体状の

第3表 各絶食耐性実験区における性別・翅型別の平均生存日数

実験区	雄		雌	
	短翅型	長翅型	短翅型	長翅型
低湿度区	0.4 a	0.5 a	0.5 a	0.6 a
高湿度区	2.2 b	3.1 b	2.8 b	3.9 b
給水高湿度区	2.7 c	4.1 c	3.6 c	5.5 c

同性・同一翅型間において異符号で示した平均値は5%水準で有意差あり(t-検定)。低湿度区の雌を除き、同一実験区内の翅型の異なる同性の平均値はすべて5%水準で有意差あり(t-検定)。

水に接触可能であった高湿度給水区では高湿度区に比べて有意に平均生存期間が長かった。また、各実験区において同性の異なる翅型の間で比較すると、低湿度区の雌を除いていずれも長翅型が短翅型に比べて有意に平均生存期間が長かった。

考 察

トビイロウンカ成虫の絶食耐性時間(t日)に関する実験的調査を10-28℃および20℃の条件下で行った岸本(1965)はそれぞれ短翅型雄が $2 < t < 5$ (20℃のみ)、短翅型雌は $2 < t < 10$ および $1 < t < 5$ 、長翅型雄が $3 < t < 20$ および $2 < t < 9$ 、長翅型雌が $2 < t < 22$ および $3 < t < 10$ という結果を得、特に長翅型雌雄成虫の中に極めて高い絶食耐性能力を持つ個体が含まれていることを明らかにした。その後、KUSAKABE & HIRAO(1976)は 23 ± 1 ℃の下で雌雄ともに長翅型が短翅型に比べてはるかに絶食能力が高く、 $t > 15$ の個体も含まれていることを明らかにするとともに、同じ長翅型でも羽化後3.5日令の個体が1.5あるいは6.5日令に比べて絶食耐性能力の高いことも明らかにした。さらにHIRAO(1979)は 25 ± 1 ℃の下で長翅型成虫の絶食耐性が雌雄ともにヒメトビウンカ、セジロウンカ、トビイロウンカの順に高くなるとともにいずれも雌が雄よりもやや高い絶食能力を持つという結果を得ている。なお、以上のイネ加害性ウンカ類成虫の絶食耐性はすべて供試虫が液体状の水に接触可能な条件下で行われた結果である。ただしKUSAKABE & HIRAO(1976)およびHIRAO(1979)は液体状の水をまったく与えない条件下での絶食耐性につい

ても調査した結果、データはいずれも示されていないが、雌雄、翅型の別にかかわらず、1日以内にすべて死亡したと述べている。これらの研究からトビロウカ成虫、特に長翅型が液体状の水に接触しうる条件下で高い絶食耐性能力を持っていることは明らかであるが、この能力が吸水し得たことによるものか、湿度条件によるものかは分かっていなかった。また、絶食実験中の湿度条件はいずれも不明であった。

本研究では絶食耐性実験を行った実験容器内の気温と相対湿度を測定した結果、各実験区間の気温の差は無視しうる程度であったため、トビロウカ成虫の絶食耐性能力と相対湿度との関係について断片的ながら知見を得ることができた。まず液体状の水に接近し得なかった場合でも実験容器内の平均相対湿度が77.5%（低湿度区）から99.8%（高湿度区）に高まると、絶食耐性実験開始後の平均生存時間は有意かつ顕著に長くなった。また、相対湿度が99.8%と同じでも液体状の水に接近可能な状態（高湿度給水区）にすると、接近不可能な状態（高湿度区）に比べて平均生存時間はさらに有意な延長を示した。定量的データは取っていないが、高湿度給水区では常に多くの生存個体が吸水ポリウレタン上に止まっていた。この点から考えて、高湿度給水区で絶食耐性時間が最も長かったのは極端な高湿度条件に加えて口器から直接吸水することができたためであると結論することができる。また、岸本（1965）やKUSAKABE & HIRAO（1976）の実験結果と同様にいずれの実験区においても雌雄ともに絶食耐性時間は短翅型に比べて長翅型で長いという結果が得られており、これらの結果は活動のエネルギー源となる中性脂質などの貯蔵物質を短翅型よりも長翅型の方が多量に持っている（KIM *et al.*, 1973）ためではないかと考えられる。

トビロウカ成虫の飛翔行動に関する詳細な研究を行った大久保（1973）によると、液体状の水に接触できない絶食条件下で27.5℃における長翅型雌成虫の平均生存時間は相対湿度が高くなるほど延長する傾向を示し、60±5%で約10時間、70±5%で約17時間、85±5%で約24時間であった。本研究では気温が約2℃低かったが、平均相対湿度99.8%の絶食条件下における長翅型雌成虫

の平均生存時間は約3.9日であったことから、飽和に近い極端な高湿度条件下では絶食耐性時間も極端に延長することが分かる。大久保（1981）は各湿度条件下での平均飛翔継続時間が上記の平均生存時間の約半分であり、相対湿度が高くなるほど飛翔継続時間が長くなることも明らかにしている。そのような関係が極端な高湿度下でも当てはまるものとするれば、本研究の高湿度区と同一の湿度条件下における長翅型雌成虫の平均飛翔継続時間はほぼ2日間にも達するという推定値が得られる。これが事実とすれば、極端な高湿度環境はトビロウカ成虫の長距離移動の実現に不可欠な条件になるものと考えられる。6-7月に東シナ海上、太平洋上あるいは日本国内の地上上空で飛翔中のトビロウカ長翅型成虫が捕獲されるのは中国大陸で発生して移動してきた湿潤な低気圧の通過時点に一致し、しばしば通常昆虫が飛ばないような降雨条件下であること（岸本, 1975）も飛翔による本種成虫の長距離移動が極端な高湿度条件下においてのみ可能となることを強く示唆している。

トビロウカは幼虫期にも相対湿度90%あるいはそれ以上の高湿度環境を好み、そのような環境内に生息していること（ISICHAIKUL & ICHIKAWA, 1993）と、相対湿度80%以下の環境では例え健全なイネが存在しても幼虫は成長のみでなく生存もできなくなることが明らかにされている（ISICHAIKUL *et al.*, 1994）。本研究の結果も含めて考えると、トビロウカが正常に活動するためには幼虫期も成虫期も相対湿度90%以上という極端な高湿度条件を必要とすることは明らかで、本種は極端な高湿度環境に適応してきた種であると推定される。

摘 要

1983年10月に香川県内の水田の坪枯れで成虫を採集した後、室内（25±2℃, 16L:8D）でイネの芽出し苗を与えて累代飼育してきたトビロウカについて、羽化後2日以上3日以内の成虫の絶食耐性を同一室内で実験的に調査した。液体状の水に接触することができなかった低湿度区（平均相対湿度77.5%）では雌雄、翅型にかかわらず全供試個体が1日以内に死亡し、平均生存期

間は0.41-0.58日であった。高湿度区(平均相対湿度99.8%)でも供試成虫は液体状の水に接触することができなかったが、生存期間は低湿度区に比べて顕著に延長し、平均生存期間は2.2-3.9日となった。高湿度給水区の相対湿度は高湿度区と同じであったが、雌雄別、翅型別に高湿度区と比較すると供試成虫の生存期間はさらに延長し、平均生存期間は2.7-5.5日となった。なお、低湿度区の雌を除いて、雌雄ともに平均生存期間は長翅型が短翅型に比べて有意に長かった。

引用文献

- 朝比奈正二郎・鶴岡保明(1968):南方定点観測船に飛来した昆虫 第2報 Kontyu, 36: 190~202.
- 深谷昌次(1965):セジロウンカ・トビイロウンカの生理生態とその発生予察に関する調査研究(総括). 299~307. セジロウンカ・トビイロウンカの生理生態とその発生予察に関する調査研究. 農林省農政局植物防疫課.
- HIRAO, J. (1979): Tolerance for starvation by three rice planthoppers (Hemiptera: Delphacidae). Appl. Ent. Zool., 14: 121~122.
- 平尾重太郎・伊藤清光(1980): 1974年梅雨期東シナ海におけるイネウンカ類の採集記録. 応動昆, 24: 121~124.
- 飯島恒夫(1973): 昭和48年東シナ海における洋上飛来昆虫調査. 植物防疫, 27: 493~495.
- ISICHAIKUL, S. and T. ICHIKAWA (1993): Relative humidity as an environmental factor determining the microhabitat of the nymphs of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). Res. Popul. Ecol., 35: 361~373.
- ISICHAIKUL, S., K. FUJIMURA and T. ICHIKAWA (1994): Humid microenvironment prerequisite for the survival and growth of the nymphs in the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera: Delphacidae). Res. Popul. Ecol., 36: 23~28.
- 板倉 博(1973): 昭和48年南方定点に飛来したウンカ類と気象との関係. 植物防疫, 27: 489~492.
- KIM, M., T. ICHIKAWA, H. KOH, H. FUKAMI and S. ISHII (1973): Lipid in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae) I. Lipid contents and composition in two wing-forms, brachypterous and macropterous. Appl. Ent. Zool., 8: 36~43.
- 岸本良一(1965): トビイロウンカにおける多型現象とそれが個体群増殖の過程で果たす役割. 四国農業試験場報告, 13: 1~106.
- 岸本良一(1975): ウンカ海を渡る. 1-233. 中央公論社.
- KISIMOTO, R. (1976): Synoptic weather conditions inducing long-distance immigration of planthoppers, *Sogatella furcifera* Horváth and *Nilaparvata lugens* Stål. Ecol. Entomol., 1: 95~109.
- KISIMOTO, R. (1977): Bionomics, forecasting of outbreaks and injury caused by the rice brown planthopper. 27~41. In The rice brown planthopper. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. Taipei, Republic of China.
- KISIMOTO, R. (1981): Development, behaviour, population dynamics and control of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. Rev. Plant Protec. Res., 14: 26~58.
- 岸本良一・平尾重太郎・平原洋司・田中 章(1982): 沖縄, 奄美, 九州および東シナ海におけるトビイロウンカ, セジロウンカの飛来の同時性. 応動昆, 26: 112~118.
- KUSAKABE, S. and J. HIRAO (1976): Tolerance for starvation in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae). Appl. Ent. Zool., 11: 369~371.
- 三宅利雄・藤原昭雄(1962): セジロウンカ及びトビイロウンカの越冬並びに休眠に関する研究. 広島県農試報, 13: 1~73.
- 大久保宣雄(1973): 宙吊り飛しょう法によるウンカ類飛しょうの実験的研究 第1報 トビイ

- ロウンカの飛しょうの特徴およびそれらに与える物理的環境条件の影響. 応動昆, 17: 10～18.
- 大久保宣雄 (1981): 稲ウンカ類の移動飛翔の行動学および生態学的研究. 京都大学博士論文, 1～142.
- 奥村隆史 (1963): セジロウンカおよびトビロウンカの成虫期の飼育条件による卵休眠の誘起. 応動昆, 7: 285～289.
- 末永 一 (1956): セジロ及びトビロウンカの越冬並びにこれに関連した研究総括. 284～287. セジロウンカ及びトビロウンカの越冬並びに第一次発生源に関する研究. 病虫害発生子察資料, 第56号. 農林省振興局植物防疫課.
- 鶴岡昌市 (1978): 1976年東シナ海洋上のウンカ類飛来調査. 関東東山病虫害研究会年報, 25: 87.
- 鶴岡保明 (1968): 南方定点観測船「おじか」に飛来したウンカ類について. 11～18. 南方定点観測船上の飛来昆虫調査ならびにセジロウンカの異常飛来と発生源に関する記録. 病虫害発生子察特別報告, 第23号. 農林省農政局植物防疫課.