

トビイロウンカ 2 系統における幼虫生息密度・日長・温度
および稲の発育ステージに対する反応性の比較岩永 京子¹⁾・藤條 純夫

佐賀大学農学部

Comparative Studies on the Sensitivities to Nymphal Density, Photoperiod and Rice Plant Stage in Two Strains of the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* STÅL (Homoptera: Delphacidae). Kyoko IWANAGA²⁾ and Sumio Tojo (Laboratory of Nematology and Entomology, Faculty of Agriculture, Saga University, Saga 840, Japan). *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* **32**: 68-74 (1988)

Under identical rearing conditions, the individuals of the Hiroshima strain, the females of which were predominantly brachypterous within a broad range of nymphal density, showed a shorter nymphal period, but emerged to adults with a similar weight and shorter relative fore-wing length against head width, compared with the individuals of the Nagasaki-I strain, the females of which exhibited higher ratios of macropterous forms with increasing nymphal density. Both strains exposed to different combinations of photoperiod (10 and 16 h) and temperature (20 and 25°C) showed similar responses in their developmental pattern: a short day-length slightly prolonged the nymphal period. Detailed studies on the Hiroshima strain showed the presence of a photo-sensitive period during the adult and egg stages, but the induction of a diapause-like prolongation of a specific stage could not be achieved regardless of the conditions to which they were exposed. The females of the Hiroshima strain were totally brachypterous when reared on rice plants before the heading period, but they partly exhibited macropterous forms on older plants, indicating that even highly stable populations like those of the Hiroshima strain could migrate as macropterous forms when fed on rice plants near the ripening stage. From these results, it was suggested that the considerable variations in the nymphal density and wing-form relationships in *N. lugens* collected in Japan were not caused by differences in the sensitivity to photoperiod, but were due to the difference in the migratory sources.

緒 言

トビイロウンカ *Nilaparvata lugens* STÅL は、潮岬南方 500 km の定点観測船上での発見(朝比奈・鶴岡, 1968)が契機となり、その後の東シナ海洋上における調査、気象データと予察灯へのウンカ飛来状況の解析などから、中国大陸南部方面から飛来してくる可能性が確実視されるようになった(岸本, 1975, 1980)。

トビイロウンカは、幼虫時の生息密度を感受して成虫の翅型を変化させ、雌では密度が高くなるにつれ短翅型を減少し、長翅型の比率を高めることが知られている(岸本, 1957, 1965; 城野, 1963; 渡辺, 1967)。一方、NAGATA and MASUDA (1980), CHU et al. (1982) により、

トビイロウンカの翅型からみた密度に対する反応性は、採集地や季節により異なることが報告されていたが、さらに著者らが日本国内で採集した長翅型成虫から得た後世代を同一の条件で比較したところ、広範囲の生息密度において短翅型成虫をきわめて高率に出現させる定着性の高いと推定される群、上述の密度依存型の群、さらには長翅型を高率に出現させる移動性の高いと推定される群、それらの中間の形質を示す群など、地域、時期によって採集群の密度-翅型発現性は大きく変化すること、さらに、それらは遺伝的変異であることを明らかにした(IWANAGA et al., 1985, 1987)。また、中国、台湾、フィリピン、インドネシア、マレーシアで採集した群の反応性も大きく変化し、東南アジアの後3国の群はいずれ

1) 現在 聖マリアンナ医科大学

2) Present address: Department of Medical Zoology, St. Marianna University, School of Medicine, Kawasaki, Kanagawa 213, Japan.

1987年8月29日受領 (Received August 29, 1987)

も短翅型発現性がきわめて高いことから、ときに日本で採集されるそうした性状を示す群は、東南アジアを飛来源とする可能性が強く示唆された (IWANAGA, et al., 1987)。

トビイロウンカの翅型決定には、密度以外にも稲の生育状態 (岸本, 1957, 1965; 城野, 1963; 渡辺, 1967; SAXENA et al., 1981), 温度・日長 (城野, 1963; 岸本, 1965) などが関与することが示され、また、温度・日長への反応から卵態休眠・越冬の可能性も示唆されてきた (竹沢, 1961 a, b; 三宅・藤原, 1962; 奥村, 1963)。

本研究では、日本で採集した代表的な 2 群, すなわち、短翅型発現性のきわめて高い群と密度依存型の群について、幼虫時の生息密度ばかりでなく、温度、日長、さらには稲の生育状態に対する反応性を比較することにより、そうした変異が単に密度への反応性の相違から誘起されたものか、あるいは休眠性の相違にも由来するものか、さらに、短翅型発現性の群の移動の要因について検討することを試みた。

本文に入るに先立ち、実験遂行に便宜をはかられ有益な助言をいただいた九州農業試験場 湯嶋健 (現・東京農業大学), 小山重郎 (現・四国農業試験場), 永田徹 (現・東北農業試験場), 河部暹 (現・農林水産技術会議), 大矢慎吾 (現・鹿児島農試大隈支場), 京都大学 中筋房夫 (現・岡山大学), ならびに佐賀大学農学部 石橋信義の諸氏に心から御礼申し上げる。なお、本研究の一部は、農水省一般別枠研究『長距離移動性害虫の移動予知技術の開発』の受託研究費 (No. 2126) および文部省一般研究費 (No. 61540475) を用いて遂行したものである。

材料および方法

1983~1985 年の本実験に用いたトビイロウンカは、九州農業試験場で継代飼育していた『広島』(1978 年 9 月広島県福山市採集), 『長崎-I』(1980 年 6 月長崎県諫早市採集) の 2 群で、前報 (IWANAGA et al., 1985) に用いたと同じものである。継代および産卵用には底部 12.0 × 11.5 cm・高さ 20.0 cm の角型容器を、翅型検定ならびに発育日数を調査する実験には直径 6.0 cm・高さ 20.0 cm の円筒型容器を用い、それぞれ上部はナイロンゴースで覆った。稲品種レイハウの種子もみを 1/10 アンチホルミン (有効塩素濃度 1%) で消毒し、湿潤状態で発芽させた後、上述の容器内でピートモス上に播種し、草丈 4~5 cm になったものを飼育に供した。稲苗は 5 日ごとに新しいものと交換した。温度・日長を変化させる実験以外はすべて 25°C・16 時間照明下で行った。翅型

の検定には、上述の円筒型の容器内に約 200 粒のもみを播種し、孵化 24 時間以内の 1 齢幼虫を 10, 20, 50 および 150 頭放飼し、成虫まで飼育し翅型を調査した。短翅率は性別に短翅型の占める比率で表した。各区は 3 反復し、死亡により減少した個体の補充は行わなかった。

前翅長および頭幅は、150 頭区から得た同性・同翅型の各 20 個体について顕微鏡下マイクロメータを用い測定した。同様にして羽化 1 日以内の各 20 個体を -20°C に約 1 時間保った後、生体重を測定した。

日長および温度に対する反応を調べる実験では、世代別あるいは発育段階別に、異なった日長 (16L, 10L) と温度 (25°C, 20°C) を組合わせた条件下に、両群のトビイロウンカを飼育し発育経過を調査した。幼虫は、孵化 24 時間以内に上述の円筒型容器あたり 100 頭放飼し、羽化時まで飼育した。羽化した個体は毎日取り除いた。『広島』群は短翅型出現率が非常に高く、長翅型成虫はほとんど出現しなかったので調査はすべて短翅型成虫に限定した。

稲の発育に伴う翅型発現の変化をみる実験では、種子もみを 5 月 10 日以後約 1 か月ごとに 4 回播種して得た稲苗を、約 20 日後に内径 15 cm のポットに 2 株ずつ移植した。9 月 10 日前後に『広島』群の孵化幼虫を各ポット 200 頭放飼し、25°C の温室内で自然日長下に成虫まで飼育した。ポットには透明の塩化ビニール製の円筒型容器をかぶせ、側窓と上部はナイロンゴースで覆った。各区 3 反復し、1 か月ごとに施肥を行った。

結 果

Fig. 1 に示すように、『広島』群の雌は検定した幼虫密度の範囲内では短翅型成虫をほぼ 100% 出現させ、雄でも 50~60% の短翅率を示した。一方、『長崎-I』群の雌は、密度依存的に短翅率を低下させ 150 頭区では 15% になったのに対し、雄は広範囲の密度で長翅型を高率に出現させ、短翅率は 10~20% に過ぎなかった。150 頭区から得られた成虫の相対翅長は、雌では長翅型と短翅型のいずれにおいても、また、雄では短翅型において『広島』群の方が『長崎-I』群よりも有意に小さいことが認められた。他の密度については図示しなかったが同様な傾向であった。

Fig. 2 は、前述の実験での幼虫発育期間を比較したもので、飼育密度、翅型、性別にかかわらず『長崎-I』群は、『広島』群より平均して約 1~2 日長い発育期間を要する傾向が認められた。

Fig. 3 は、さらに成虫の生体重について比較したもの

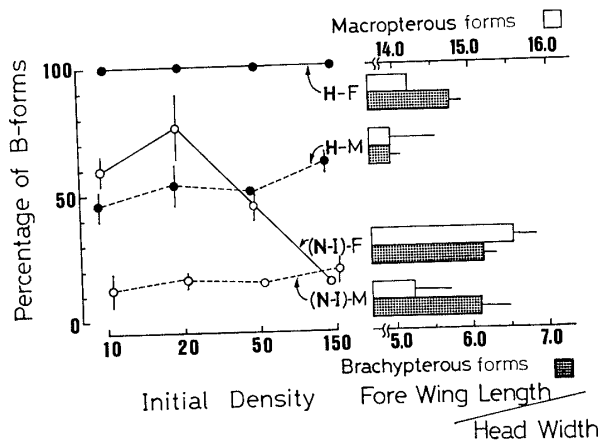


Fig. 1. Comparison of the relationships between % of brachypterous forms (B-form) and nymphal density, and relative wing length against head width in the Hiroshima (H) and Nagasaki-I (N-I) strains of *Nilaparvata lugens*. Number of newly hatched nymphs shown in the abscissa were enclosed and reared to adults in a cylindrical container (6 cm in diameter, 20 cm in height) containing rice seedlings under a 16L-8D and 25°C regime. Food plants were changed at five-day intervals. Wing forms of female (F) and male (M) adults which emerged from each density plot, and relative wing length from the 150 density plot were analysed. The values for the wing forms are averages with standard errors (three replicates) and those of the wing length are averages with standard deviations ($n=10-20$).

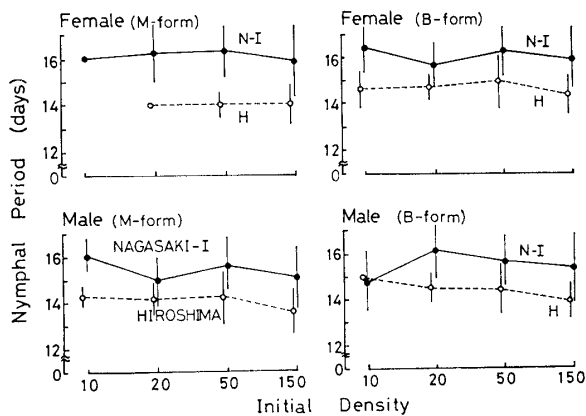


Fig. 2. Comparison of duration of nymphal period in the Hiroshima (H) and Nagasaki-I (N-I) strains reared at different densities. M-form: macropterous form; B-form: brachypterous form. Values are averages with standard deviations ($n=10-70$). See Fig. 1 for others.

で、150頭区で得られた長翅型の成虫は、『長崎-I』群のほうが『広島』群より有意に重かったが、その他の密度区では翅型、性別にかかわらず両群の生体重に差異はなかった。

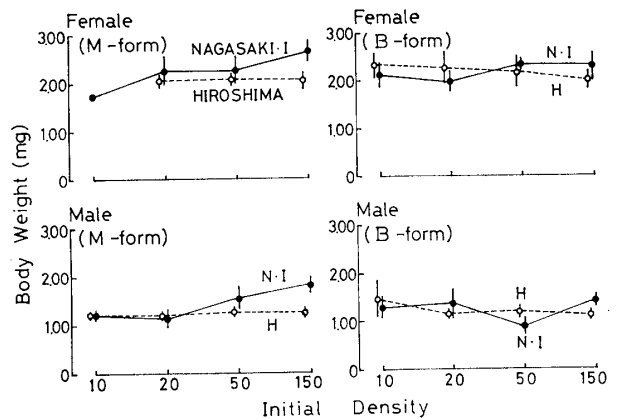


Fig. 3. Comparison of adult weights in the Hiroshima (H) and Nagasaki-I (N-I) strains reared at different densities. M-form: macropterous form; B-form: brachypterous form. Values are averages with standard deviations ($n=10-20$). See Fig. 1 for others.

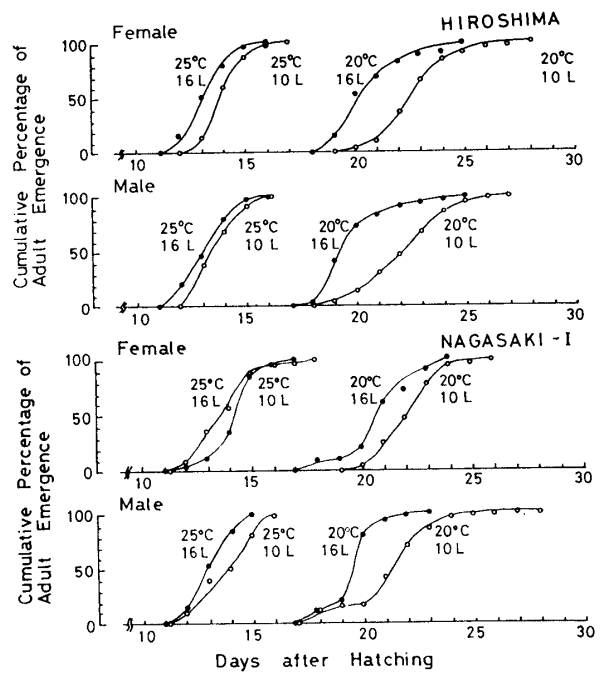


Fig. 4. Comparison of adult emergence patterns under different photoperiods and temperatures in the Hiroshima and Nagasaki-I strains. Initial nymphal density per vessel was 100. See Fig. 1 for others.

Fig. 4 は、発育速度におよぼす日長の影響を 25°C (高温) および 20°C (低温) 下で調べたものである。雌雄ともに『広島』群は、25°C 下での短日処理 (10L) により、長日処理 (16L) に比べて幼虫期間がわずかに 0.5 日延長した程度であったが、20°C 下では約 2.5 日延長した。このように、低温下で短日の影響が強く現れること

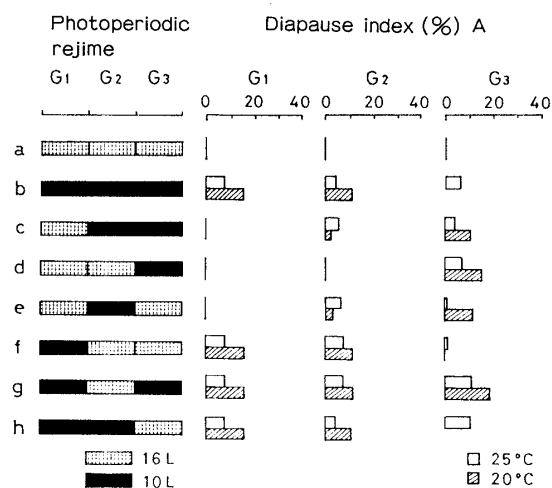


Fig. 5. Effect of photoperiodic schedules on the duration of the nymphal period in the Hiroshima strain. The planthoppers were reared for three generations (G₁, G₂, and G₃) under the photoperiodic regime represented on the left column at 20 or 25°C. Diapause index A: % of average nymphal period over that of the individuals of group a, which were exposed to a 16L-8D regime for three generations, when compared at respective generations and temperatures. Initial nymphal density per vessel was 100. See Fig. 1 for others.

が明らかになった。『長崎-I』群でも『広島』群とほぼ同様の結果が得られ (Fig. 4), 日長に対する反応性には両群間で大きな差異はないと考えられたので, 以下はすべて『広島』群を用いて実験を行った。

まず, 日長の累積効果を調べるために, 25°C・長日下に維持してきた『広島』群を3世代にわたり種々な組合せの日長・温度条件下に移し, 休眠性を推定する指標として幼虫発育遅延率を比較した。すなわち, 3世代続けて長日で飼育した対照区の各世代での平均幼虫期間を100%とした場合の, 同じ温度で飼育した同世代の他の処理区での平均幼虫発育期間のそれを越えた比率を幼虫発育遅延率とした。Fig. 5に示すように, 第1世代を短日で飼育すると (b, f, g, および h), 25°Cで7%, 20°Cで16%前後の発育遅延がみられた。しかし, 第2世代を長日に移しても (f および g), 遅延率は0%には戻らず, 前世代と同程度の発育遅延を示していた。一方, 第1世代を短日, 第2世代を長日で飼育した第3世代を短日下に戻したところ (g), 25°Cで10%, 20°Cで20%とわずかに幼虫発育遅延率は上昇した。しかし, 第1世代を短日で飼育し, その後2世代長日が続けても (f) 発育遅延はみられなかった。このように, 短日の影響は次世代まで継続される傾向が認められた。図は省略したが, 3世代連続して長日で飼育した場合, 幼虫期間はいずれ

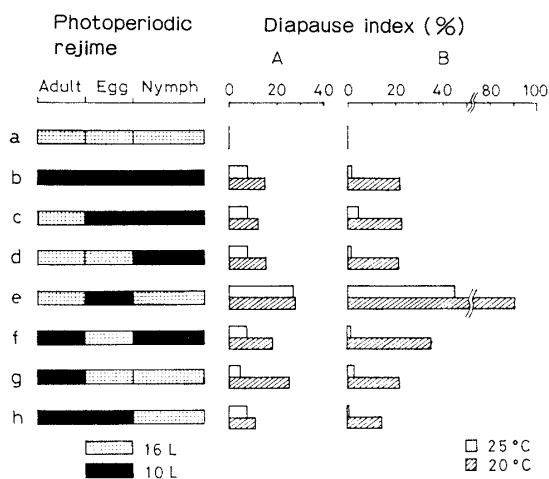


Fig. 6. Effect of photoperiodic schedules on the duration of the nymphal period in the Hiroshima strain. The planthoppers which had been kept under a 16L-8D at 25°C regime were exposed to various combinations of photoperiods in the adult, egg and nymphal stages as indicated on the left column. Diapause index A: see Fig. 5; diapause index B: % of individuals which emerged to adults after the longest nymphal period in group a, which were maintained under a 16L-8D regime, when compared at respective temperatures. Initial nymphal density per vessel was 100. See Fig. 1 for others.

の世代も25°Cでは17日以内, 20°Cでは24日以内であった。日長と温度を種々に組合わせた上述の実験区では, それを越えた幼虫期間を示した個体は最大で22%, しかも大幅に幼虫期間を延長した個体はまったく認められず, いずれも休眠は誘起されなかったと判定された。

短日が幼虫の発育に影響をおよぼし, 若干の発育遅延を起こすことが明らかになったので, 次にどの発育ステージで日長が感受されているのかを調べる実験を行った。Fig. 6は, 成虫期, 卵期および幼虫期を種々な組合せの条件下に置き, それぞれの場合の幼虫発育を, 長日条件下に維持した対照区のものと比較したものである。どの処理区においても, 対照区に比べ幼虫の発育は遅延し, 25°Cよりも20°Cにおいてより顕著であった。いずれの処理区でも, 成虫期あるいは卵期が短日にさらされており, 前の実験で示した短日の累積効果は, 親ないしはその胚子発育期の短日経験によるものと理解された。幼虫発育遅延率 (A) は, 卵期のみを短日処理した場合 (e), 25°Cで27%, 20°Cで28%と最も高くなった。ここではさらに, 対照区での最長幼虫発育日数を越えて羽化した個体の比率, すなわち発育遅延幼虫率 (B) も示してあり, 卵期のみを短日処理したものでは (e), 25°Cで45%, 20°Cでは91%と非常に高い値を示した。と

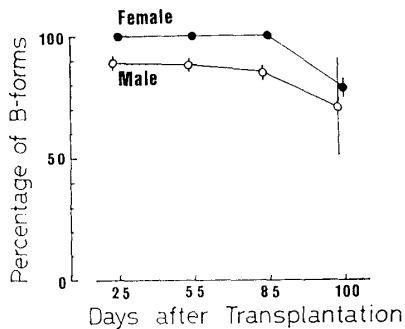


Fig. 7. Effect of rice plant conditions on % of brachypterous forms (B-form) in the Hiroshima strain. Two hundred newly hatched nymphs were reared in a pot (15 cm in diameter) transplanted with rice plants at different growth stages, under a 25°C and natural photoperiodic regime. Values are averages with standard deviations (three replicates). Day after transplantation: 25, tillering stage; 55, ear primordia stage; 85, ear sprouting period; 100, heading period.

くに 25°C では、この処理区だけに発育遅延がみられることが注目された。

Fig. 7 はこれまでの実験とは異なり、『広島』群の幼虫をポットに栽培した稲株上で飼育した場合の短翅率を比較したものである。移植後 25 日 (分けつ期)、55 日 (幼穂形成期)、85 日 (穂ばらみ期) の稲に孵化幼虫を放した場合、短翅率は雌で 100%、雄で 85~90% であった。100 日後 (出穂期) の稲上で飼育したときに初めて、雌の長翅型が出現し短翅率は 78% に、雄でも 70% 前後に低下した。

考 察

本実験で使用したトビロウカの『広島』群と『長崎-I』群は翅型からみた密度に対する反応性ばかりでなく、相対翅長、幼虫期間においても明らかに異なった性状を示した。『広島』群は、『長崎-I』群に比べてはるかに高率に短翅型を出現させ、発育期間、相対翅長とも短かった。短翅型成虫の産卵前期間は長翅型のそれより短いこと (岸本, 1965; IWANAGA and Tojo, 1986) を勘案するならば、この群は定着性のきわめて高いものと結論できる。

トビロウカでは、短翅型になるものよりも長翅型になるものの方が幼虫期間が長く、しかも幼虫時の生息密度が高くなるにつれ短翅型、長翅型ともに幼虫期間が延長するとされてきた (岸本, 1965)。しかし、本実験で用いた二つの群についてみると、幼虫期間は同じ群内では翅型にかかわらずほぼ一定で、どちらの群においても

密度に伴う変化は認められなかった。既報 (IWANAGA et al., 1985) において、『広島』群と『長崎-I』群は、それぞれ遺伝的にかなり均一であると判断した。したがって『広島』群で認められたような、幼虫期間は短いのかかわらず成虫の生体重が『長崎-I』群とほとんど同じ、すなわち、幼虫発育速度が早いということが短翅発現型の群の特質であるとみなしてよさそうである。短翅発現型の群と密度依存型の群が混在しているものを供試すれば、岸本 (1965) の結果のように、短翅型になる成虫は長翅型になるものより早く羽化することも予想される。岸本 (1965) は、内径 2 cm・高さ 20 cm の試験管に稲芽出し苗 1 本を加え、最高 20 頭の幼虫を飼育したのに対し、本研究では内径 6 cm・高さ 20 cm、すなわち、底面積 9 倍の円筒型容器内のピートモス上に約 200 本の稲芽出し苗を育成し、その中で最高 150 頭の幼虫を飼育した。後者の場合、低密度区では 2 週間たっても稲苗は枯死しなかった。したがって、本研究で調べた密度の範囲内で幼虫期間の変化が認められなかったのは、前述の可能性以外に飼育密度が岸本 (1965) の実験ほど高くなかったためか、あるいは餌がより好条件に維持されたためとも考えられ、今後検討する必要がある。

同じ同翅亜目に属するツマグロヨコバイ (奈須, 1963) やヒメトビウンカ (野田, 1985) では、日本国内での産地により幼虫休眠の深度が異なり、南方産のものは光周性を失っていることが報告された。トビロウカでも卵休眠を示唆する結果が報告 (竹沢, 1961 a, b; 三宅・藤原, 1962; 奥村, 1963) されてきたことから、『広島』群のように定着性がきわめて高いと判断される群が、日本国内で休眠・越冬していることも考えられた。しかし、本研究では世代ごと、さらには発育ステージごとに日長・温度を種々に組合わせた条件下にこの群を飼育したのであるが、いずれの場合も休眠と認められるような特定ステージでの発育遅延は認められなかった。ここでは『長崎-I』群についての詳細な検討は加えなかったが、一世代での実験結果から、両群の日長・温度に対する反応は同じであると判定された。両群とも日長 10 時間という短日下で幼虫の発育遅延が認められ、『広島』群についての検討から、前世代の、おそらくは成虫時代の短日の影響が次世代にも現れ、同世代では卵期のみ短日が発育遅延に最も強く働くことが示唆された。しかし、その場合でも平均幼虫期間は、長日に保ったものより 20~30% 延長したにとどまり、ツマグロヨコバイ (KISIMOTO, 1958; 奈須, 1963; 河部・腰原, 1975) やヒメトビウンカ (KISIMOTO, 1957) のように 2 倍以上に延

長するようなことはなかった。ツマグロヨコバイでは、成虫期および卵期が短日にさらされると幼虫休眠が誘起されることが明らかにされており(大矢, 1978), トビイロウンカでも, 休眠誘起には至らないものの両時期に短日に対する感受期があることを本研究の結果は示唆した。

以上のような結果からも, 日本国内で採集されたトビイロウンカ 個体群における 翅型からみた 密度に対する 反応性の 差異は, 光周反応の相違に基づくものではなく, 飛来源の違いを反映するものとした 前報での 推定 (IWANAGA et al., 1985, 1987) は支持された。本研究で示したように, 使用した円筒型容器内では最高の飼育密度でも, 雌成虫はほとんどすべてが短翅型になった『広島』群も, ポットに栽培した出穂後の 稲上では 20% 近くの長翅型を出現させた。この事実は, 定着性の短翅発現型の群では密度よりも 稲の生理状態が翅型決定の支配要因であり, 枯死近くの 稲では長翅型になり分散し, 低気圧に運ばれて長距離の移動に及ぶことが可能であることを示している。著者らは, 短翅発現型の群の飛来源を東南アジアと推定する根拠を示したが (IWANAGA et al., 1987), それらが直接日本に飛来してくるのか, あるいは, 岸本 (1975) が示唆したように, まず 中国大陸に飛来し増殖した後, 日本に運ばれてくるのか, さらに検討する必要がある。

摘 要

広範囲の幼虫生息密度で短翅型の雌をきわめて高率に発現させる『広島』群と, 密度依存的に雌の長翅型の比率を高める『長崎-I』群の諸形質を一定の条件下に比較した。『広島』群は『長崎-I』群に比べ, 幼虫期間は短く, 生体重はほぼ同じだが, 相対翅長の短い成虫に羽化した。日長 (16L, 10L) と温度 (25°C, 20°C) を組合わせた条件下での両群の発育経過に差はなく, 両群とも短日下で幼虫期間がわずかに延長する傾向があった。『広島』群についての詳細な検討から, いかなる条件下でも休眠と認められるような幼虫期間の顕著な延長は生じなかった。『広島』群の雌は出穂前の 稲上で飼育されるとほとんどが短翅型になったが, よりステージのすすんだ 稲上では一部長翅型になり, 短翅発現性の高い群でも 稲の状態によっては長翅型が出現し移動が可能になると示唆された。これらの結果から, 日本国内で採集されるトビイロウンカ 個体群にみられる大きな変異は光周反応の違いに基づくものではなく, 飛来源の相違を反映しているものと推察された。

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類. 第2報. 昆虫 36: 190—202.
- CHU, Y.I., R. KOU and Y. S. LEE (1982) Study on the geographical variations of the brown planthopper (*Nilaparvata lugens* STÅL) in Taiwan. Chinese J. Entomol. 2: 1—55 (in Chinese with English Summary).
- IWANAGA, K. and S. TOJO (1986) Effects of juvenile hormone and rearing density on wing dimorphism and oöcyte development in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. J. Insect Physiol. 32: 585—590.
- IWANAGA, K., S. TOJO and T. NAGATA (1985) Immigration of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, exhibiting various responses to density in relation to wing morphism. Entomol. exp. appl. 38: 101—108.
- IWANAGA, K., F. NAKASUJI and S. TOJO (1987) Wing polymorphism in Japanese and foreign strains of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. Entomol. exp. appl. 43: 3—10.
- 城野 晋 (1963) トビイロウンカの翅型決定に関する密度効果の分析. 応動昆 7: 45—48.
- 河部 暹・腰原達雄 (1975) ツマグロヨコバイの休眠誘起条件. 北日本病虫研究会報 26: 97.
- 岸本良一 (1957) ウンカ類の翅型に関する研究. III. ウンカ類の長翅型と短翅型における形態的および生理的相違について. 応動昆 1: 164—172.
- KISIMOTO, R. (1957) Studies on the diapause in the plant-hoppers. I. Effect of photoperiod on the induction and the completion of diapause in the fourth larval stage of the small brown planthopper, *Delphacodes striatella* FALLEN. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 2: 128—134.
- KISIMOTO, R. (1958) Studies on the diapause in the plant-hoppers and leafhoppers (Homoptera). II. Arrest of development in the fourth and fifth larval stage induced by short photoperiod in the green rice leafhopper, *Nephotettix bipunctatus cincticeps* UHLER. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 3: 49—55.
- 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. 四国農試研報 13: 1—106.
- 岸本良一 (1975) ウンカ海を渡る. 東京: 中央公論社, 233 p.
- 岸本良一 (1980) 最近10年間におけるウンカ類の発生動向と対策. 植物防疫三十年の歩み. 植物防疫事業三十周年記念誌, pp. 370—375.
- 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. 広島農試報告 13: 1—73.
- NAGATA, T. and T. MASUDA (1980) Insecticide susceptibility

- and wing-form ratio of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (STÅL) (Hemiptera: Delphacidae) and the white backed planthopper, *Sogatella furcifera* (HORVÁTH) (Hemiptera: Delphacidae) of Southeast Asia. Appl. Ent. Zool. 15: 10—19.
- 奈須壯兆 (1963) 稲ウイルス病を媒介するウンカ・ヨコバイ類に関する研究. 九州農試彙報 8: 153—349.
- 野田博明 (1985) ヒメトビウンカ細胞質不和合性の2・3の問題点の検討. 第29回応動昆大会講演 A7 [講要].
- 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—290.
- 大矢慎吾 (1978) ツマグロヨコバイの休眠誘起に及ぼす日長の影響. 応動昆 22: 108—114.
- SAXENA, R.C., S.H. OKECH and N.J. LIQUIDO (1981) Wing morphism in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. Insect Sci. Appl. 1: 343—348.
- 竹沢秀夫 (1961 a) トビロウンカの越冬に関する研究. I. 自然温下における卵態越冬ならびに越冬後の発育経過. 応動昆 5: 40—45.
- 竹沢秀夫 (1961 b) トビロウンカの越冬に関する研究. II. 秋末期における産卵時期と卵態越冬との関係. 応動昆 5: 134—140.
- 渡辺 直 (1967) トビロウンカとヒメトビウンカのはね型決定に及ぼす密度効果. 応動昆 11: 57—61.