稲品種に対する寄生性を異にするツマグロヨコバイ個体群

寒川 一成・佐藤 昭夫

北陸農業試験場

The Green Rice Leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER (Hemiptera: Deltocephalidae), Populations with Differential Reactions to Rice Varieties. Kazushige SÔGAWA and Akio SATO (Hokuriku National Agricultural Experiment Station, Joetsu, Niigata 943-01, Japan). *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **25**: 280-285 (1981)

Differential reactions of the Joetsu (Hokuriku) and Chikugo (Kyushu) populations of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps*, were comparatively studied to identify their biotypic differentiation. The reactions of the Joetsu-Chikugo hybrid progenies, and of other 13 local populations to IR 24 were also examined preliminarily.

Nymphs of the Joetsu population did not prefer the rice varieties, IR 24, IR 28, IR 32, and Kanto PL 3, whereas those of the Chikugo population accepted these varieties as well as susceptible varieties. High percentages of the Chikugo nymphs emerged to adults on these varieties, unlike the Joetsu nymphs. Although the first instar nymphs of the Joetsu and Chikugo populations excreted a nearly equal amount of honeydew on IR 24, the latter excreted much larger amounts of ninhydrin positive honeydew indicative of phloem sucking on IR 24 than did the former.

Nymphs of the F_1 progeny from the crosses between the Joetsu and Chikugo populations showed a non-preference for IR 24, and only a few individuals reached the adult stage on the same variety. The host preference and nymphal growth responses to IR 24 of the F_2 were intermediate between those of the parental populations.

The Kagoshima and Chikugo populations from Kyushu, and the Kainan population from South Shikoku had a normal ability to develop and reproduce on IR 24. The nymphal mortality of the Ino population from South Shikoku, and the Shirahama and Owase populations from the Kii Peninsula was high in the first generation on IR 24, but decreased markedly in the subsequent 2 to 3 generations on the variety. The first generation of the populations from Hokuriku, Kinki, San'in, and North Shikoku did not survive on IR 24, except the Sakai population which reached the third generation with a marked decrease in the number of individuals.

緒 言

SATO and SÔGAWA (1981) は、新潟県上越市と福岡県筑後市のツマグロヨコバイ, *Nephotettix cincticeps*, 個体群の IR 24 に対する寄生性に、明らかな相違があることを見出した。この事実は、本邦産ツマグロヨコバイの地方個体群間に、バイオタイプの変異が存在することを示唆しており、本種の稲作害虫としての様相の地方的差異 (那波, 1979; KIDOKORO, 1979) とも関連した、重要な新知見であると考えられる。

本報では、上越および筑後個体群の対品種反応の相違を一層明確にし、さらに両個体群の遺伝性と、類似個体群の地理的分布を予備的に調査した結果を報告する。

本文に先だち、ツマグロヨコバイ地方個体群の入手にご協力いただいた、名古屋大学農学部伊藤嘉昭助教授、九州農業試験場の犬矢慎吾氏、および島根県農業試験場の野田博明氏に、厚く御礼申し上げる。

材料および方法

1. ツマグロヨコバイ個体群

前報 (SATO and SÔGAWA, 1981) で記述した、上越および筑後個体群を、基準個体群として用いた。供試した各地方個体群の採集地、採集年月、および採集者は Table 1 に示した。各個体群の名称には、採集地の市、または町名を冠した。上越・筑後交雑個体群は、両個体群から未交尾の雌雄成虫を任意に抽出し、5 対ずつ正逆交

Table 1. Local Populations of the Green Rice Leafhopper Employed in the Present Experiments

Population	Locality	Date of collection	Collector
Chikugo	Chikugo, Fukuoka	May, 1979	S. Ôya
Ino	Ino, Agawa, Kochi	May, 1980	Y. Ito
Izumo	Izumo, Shimane	September, 1980	H. Noda
Joetsu	Joetsu, Niigata	September, 1979	A. Sato
Kaga	Kaga, Ishikawa	August, 1980	K. Sôgawa
Kagoshima	Kagoshima, Kagoshima	August, 1980	S. Ôya
Kainan	Kainan, Tokushima	August, 1980	K. Sôgawa
Kamoshima	Kamoshima, Oe, Tokushima	August, 1980	K. Sôgawa
Kohoku	Kohoku, Higashiazai, Shiga	September, 1980	A. Sato
Matto	Matto, Ishikawa	September, 1980	A. Sato
Owase	Owase, Mie	July, 1980	A. Sato
Sakai	Sakai, Osaka	August, 1980	K. Sôgawa
Shirahama	Shirahama, Nishimuro, Wakayama	August, 1980	K. Sôgawa
Teradomari	Teradomari, Santo, Niigata	August, 1980	K. Sôgawa
Toyama	Toyama, Toyama	August, 1980	K. Sôgawa

雑して得た。全ての個体群は、28°C、16時間照明の定温室で、日本晴幼苗を与えて飼育した。

2. 稲品種

IR 24 を判別品種、日本晴を対照品種として常用した。集団幼苗検定にかけた 32 品種 (Table 2 参照) 中、関東 PL 3 号と関東 PL 6 号は、それぞれ Pe-bihun と Tadukan を日本稲に交配し、農事試験場が育種したツマグロヨコバイ抵抗性中間母本品種であり、愛知 42 号と愛知 49 号は、Rantaj Emas 2 を母本に、愛知県農業総合試験場が作出したツマグロヨコバイおよび萎縮病抵抗性品種である。

3. 試験方法

1) 集団幼苗検定および幼虫個体飼育

前報 (SATO and SôGAWA, 1981) と同じ方法を用いた。

2) 選好性試験

土を入れたプラスチックシャーレ (径 9 cm, 深さ 2 cm) に、発芽後 2 日目の IR 24 と日本晴幼苗を、2 本ずつ交互等間隔の 2 個所に移植し、円筒型プラスチックケージ (径 7 cm, 高さ 20 cm) をかぶせ、1 日間静置した。試験開始時、ケージ内に 1 齢幼虫約 20 頭放し、4 時間後に両品種上の虫数を記録した。以後 24 時間毎に 4 日間、両品種上の虫数の変化を調べた。

3) 増殖試験

プラスチックシャーレに密植した IR 24 に、円筒型プラスチックケージをかけ、当初 10 対の成虫を入れ、累代飼育の可否を調べた。幼苗は卵期間以外毎週更新した。特定の個体群については、大型ケージ (37×25×37 cm) を用いて追試した。

4) 摂食試験

IR 24 幼苗上で、上越および筑後個体群 1 齢幼虫が、吸汁時排出する甘露の量と、そのニンヒドリン反応を、下記の方法で比較した。

プラスチックシャーレに細土を満たし、水を含ませ、あらかじめ催芽させた IR 24 種子 2 粒を、胚芽部がシャーレの中心点に位置するように播種し、中心に 5 mm の小孔をあけたプラスチックの蓋をした。2 日後、発芽した幼苗が、蓋の中心孔から外へ 1~1.5 cm 伸びた時、試験に用いた。幼苗を中心に蓋の外表面に東洋汙紙 (No. 2, 径 7 cm)、または 5×5 cm に裁断した雨滴調査用ウォーターブルー汙紙 (練馬製作所) を敷き、その上に底を切り取り、ナイロンゴースを張ったプラスチックカップ (径 6.5 cm, 深さ 3.5 cm) を倒置し、幼苗と汙紙をおおった。各カップ内に、1 齢幼虫を 10 頭ずつ入れ、幼苗を 2 日間吸汁させ、その間に排出された甘露を、装着した汙紙に吸収させた。その後、汙紙を回収し、東洋汙紙は 0.1% ニンヒドリンアセトン溶液に、瞬時浸漬した後、90°C で 10 分間加熱し発色させた。ウォーターブルー汙紙は、無処理のまま、甘露の水分を吸収し、青色に呈色した面積を比較した。

4. 試験条件

全ての試験は、28°C、16 時間照明の定温室内で実施した。

結 果

1. 上越および筑後個体群の反応

集団幼苗検定に供した稲品種は、ツマグロヨコバイ幼虫の選好性反応の相違によって、検定開始時の寄生虫数が、そのまま保持されるか、あるいは増加する品種群と、寄生虫数が、経時的に減少する品種群とに大別できた

Table 2. Preference Response of the Green Rice Leafhopper Nymphs of the Joetsu and Chikugo Populations

Insect response	Variety	% Increase or decrease of number of nymphs ^{a)}	
		Joetsu	Chikugo
Strongly rejected	Aichi 42	-71	-73
	Aichi 49	-57	-67
	Dao-ren-qiao	-100	-97
	IR 26	-55	-49
	Kanto PL 6	-68	-73
	Lepedumai	-92	-50
	Pe-bi-hun	-98	-100
	Rantaj Emas 2	-57	-44
	Tadukan	-85	-95
Not preferred	CR 94-13	-24	-12
	IR 8	-33	-18
	IR 34	-22	-24
	Milyang 21	-7	-26
	Milyang 23	-50	-21
	Milyang 30	-16	-23
Preferred	Arborio JI	4	25
	Atlai	157	83
	Azucena	25	9
	Dee-geo-woo-gen	119	47
	IR 20	50	50
	IR 22	25	-8
	IR 29	33	25
	IR 30	92	8
	Nipponbare	65	78
	Rantaj Emas 3	79	66
	Suweon 258	8	9
	TN 1	75	72
Differentiated between the populations	TKM 6	-5	14
	IR 24	-97	15
	IR 28	-54	29
	IR 32	-89	11
	Kanto PL 3	-50	17

a) $100 (B-A)/A$; A: No. of nymphs at the beginning of the experiments, B: No. of nymphs after 3 days.

(Table 2)。上越および筑後両個体群は、ほとんどの品種に対して、同様な反応を示した。しかし、IR 24, IR 28, IR 32, および関東 PL 3 号に対する両個体群の反応の相違は明確であった。すなわち、上越個体群が、上記 4 品種から離脱し、明らかな非選好性を示したのに対して、筑後個体群はこれらの品種にも選好性を示した (Table 2)。

IR 24, IR 28, IR 32, および関東 PL 3 号幼苗上での、上越および筑後個体群の幼虫発育を、個体飼育法で比較した結果、上越個体群は、成虫まで発育できなかったが、筑後個体群中には、発育を完了し羽化できる個体

Table 3. Differential Nymphal Development of the Joetsu and Chikugo Populations of the Green Rice Leafhopper on Selected Rice Varieties

Variety	Joetsu		Chikugo	
	% Survival at 8 days after release	% Nymphs which emerged to adults	% Survival 8 days after release	% Nymphs which emerged to adults
IR 24	0	0	81.8	54.5
IR 28	0	0	55.0	40.0
IR 32	0.5	0	50.0	20.0
Kanto PL3	30.0	0	40.0	20.0
Nipponbare ^{a)}	81.8	54.5	79.2	50.0
Lepedumai ^{b)}	0	0	0	0

a) Susceptible check.

b) Resistant check.

Fig. 1. Honeydew excreted by the first instar nymphs of the Joetsu and Chikugo populations on IR 24 seedlings.

A: Honeydew detected by water-blue filter paper, indicating the total amount of honeydew excreted.

B: Honeydew detected by treating the filter papers with ninhydrin reagent, indicating that the honeydew resulted from phloem sucking.

が少なからず含まれていた (Table 3)。

ウォーターブルー汚紙を用いて、上越および筑後個体群幼虫の、IR 24 幼苗上での甘露総排出量を比較したが、両個体群間に明瞭な差は認められなかった (Fig. 1)。しかし、筑後個体群は、上越個体群よりも、明らかに多量のニンヒドリン陽性の甘露を排出していた (Fig. 1)。

2. 上越・筑後交雑個体群の反応

F₁ 個体群の IR 24 幼苗上での幼虫発育は、筑後個体群よりも著しく劣った。しかし、上越個体群よりは幼虫

Fig. 2. Nymphal development of the Joetsu and Chikugo populations, and their F_1 and F_2 progenies on IR 24 seedlings.

Lines show the survival trends of nymphs. Shaded areas indicate the accumulated percentages of adults which emerged and the period of adult emergence. The vertical and horizontal shaded areas in the bottom figure indicate adult emergence in the F_2 of Joetsu $\times$ Chikugo and that of Chikugo $\times$ Joetsu, respectively.

初期死亡率がやや低く、一部幼虫は成虫になった (Fig. 2)。 F_2 個体群は、IR 24 幼苗上で、上越および F_1 個体群よりも、明らかに良好な幼虫発育を示したが、成虫羽化率は、筑後個体群よりも低かった (Fig. 2)。 F_1 個体群の IR 24 に対する選好性は、上越個体群と同様であったが、 F_2 個体群は、両親個体群のほぼ中間の反応を示した (Fig. 3)。

3. 地方個体群の反応

鹿児島、筑後、および海南個体群は、IR 24 幼苗上

Fig. 3. Preference response of the first instar nymphs of the Joetsu and Chikugo populations and their hybrid progenies to IR 24 (○) and Nipponbare (●).

で、50% 以上の高い成虫羽化率を示し、同品種上での累代飼育も、初代から容易であった (Table 5)。伊野、白浜、および尾鷲個体群の、IR 24 上での成虫羽化率は低く、累代飼育した場合も、第1世代の羽化率は低かった。しかし、第2、第3世代以降は、IR 24 上で容易に発育増殖した (Table 4)。IR 24 上で孵化した白浜および尾鷲個体群の第1～4世代幼虫の、IR 24 上での羽化率の変化を Fig. 4 に示した。IR 24 上で2～3世代累代飼育することによって、両個体群の IR 24 上での幼虫発育が、確実に向上することが明白である。

一方、松任、富山、上越、および寺泊個体群の幼虫は、IR 24 上で若齢期に大部分の幼虫が死亡し、成虫は羽化しなかった。また、出雲、鴨島、湖北、および加賀個体群も、IR 24 上で、極少数の成虫が羽化したが、次世代を得ることはできなかった (Table 4)。堺個体群の IR 24 上での羽化率も同様に低かったが、同品種上で個体数を減少させつつも、3世代継代することが可能であった。第2および第3世代幼虫の、IR 24 上での発育は、第1世代と同様に不良なままであった (Fig. 4)。

Table 4. Nymphal Development and Continuous Rearing of the Local Populations of the Green Rice Leafhopper on IR 24

Populations	Nymphal development		Rearing on IR 24
	No. of nymphs tested	No. of adults which emerged	
Chikugo	22	9♂ 3♀	Easy to rear successively.
Kainan	20	6♂ 4♀	
Kagoshima	20	8♂ 4♀	
Ino	24	3♂ 1♀	Possible to rear successively, but nymphal mortality of the 1st and 2nd generations was high.
Owase	25	1♂	
Shirahama	20	1♂ 1♀	
Sakai	20	1♂	Impossible to rear successively.
Izumo	24	1♀	
Joetsu	22	0	
Kaga	19	1♂ 1♀	
Kamoshima	20	1♂	
Kohoku	20	1♂	
Matto	24	0	
Teradomari	22	0	
Toyama	24	0

Fig. 4. Changes in the percentage of emergence of adults on IR 24 seedlings in the Shirahama, Owase, and Sakai populations reared successively on the variety.

考 察

上越および筑後ツマグロヨコバイ個体群幼虫の、IR 24 上での発育、および同品種に対する選好性が、顕著に相違することを既報した (SATO and SÔGAWA, 1981)。両個体群間の同様な寄生性の相違が、IR 28, IR 32, および関東 PL 3 号幼苗上においても認められることが判った。関東 PL 3 号の母本である Pe-bi-hun のツマグロヨコバイ抵抗性には、2つの優性同義遺伝子が関与しており (金田, 1980), 上越および筑後個体群に対して抵抗性である。関東 PL 3 号は、Pe-bi-hun が有する2個の抵抗性遺伝子のうち、1個のみを受け継いでおり、また

IR 24 の抵抗性も単優性である (金田, 1980)。そして両品種とも、上越個体群に対してのみ、抵抗性なのである。しかし、IR 24, IR 28, IR 32, および関東 PL 3 号が、同じ抵抗性遺伝子を持ち、その遺伝子に支配された形質が、両個体群の寄生性の相違の原因となっているのか否かについては不明である。

ツマグロヨコバイに対する、稲の品種抵抗性の機作は、化学的因子による篩管からの吸汁阻害にあるとされている (河部, 1979)。IR 24 幼苗上で、上越および筑後個体群幼虫が排出する甘露のうち、篩管吸汁を示唆するニンヒドリン陽性の甘露 (ÔYA, 1980) の排出量に、顕著な差異が認められた。すなわち、筑後個体群は、上越個体群よりも、IR 24 の篩管から多量に吸汁しており、後者に対して有効に作用する IR 24 の吸汁阻害因子も、前者に対しては、効果が弱いことを示している。同様な現象は、抵抗性品種上で発達する、トビイロウンカのバイオタイプの吸汁反応にも認められている (SÔGAWA, 1981)。

上越・筑後個体群間の集団交雑試験の結果は、筑後個体群の IR 24 に対する寄生性が、量的遺伝形質であるらしいことを示した。その形質は、IR 24 に対して非寄生性である上越個体群と交雑しても、一部の後代個体に遺伝されていた。しかし、その遺伝様式については、さらに詳細な検討が必要であろう。

供試したツマグロヨコバイ地方個体群は、IR 24 に対する反応にもとづいて、下記の3群に類別できた。

1. 大部分の個体が、IR 24 上で幼虫発育を全うできず、低率で羽化する成虫も、IR 24 上ではほとんど産卵しないため、IR 24 上での個体群の維持が不可能な個体群：— 北陸各地の個体群、出雲、湖北、鴨島、および堺個体群。

2. IR 24 上で正常に幼虫発育できる個体が混在しており、羽化成虫は IR 24 上で産卵する。IR 24 上で累代飼育することによって、同品種上での成虫羽化率が、速やかに向上する個体群：— 伊野、白浜、および尾鷲個体群。

3. 初世代から IR 24 で、正常に幼虫発育、増殖できる個体群：— 鹿児島、筑後、および海南個体群。

IR 24 に寄生性を示すツマグロヨコバイの個体あるいは個体群は、北陸地方を中心に分布している様相がうかがわれた。そして、IR 24 に対するツマグロヨコバイ地方個体群の寄生性の地理的変異は、各個体群中における、IR 24 寄生性個体の出現頻度の相違に帰せられる現象とみなされた。

奈須 (1963) は、ツマグロヨコバイの休眠性に地理的変異を認め、地方個体群間によっては、生理的隔離が生じていることを見出ししている。そしてこのような生理的分化が、地理的条件に対する適応によってのみ、もたらされたものなのか、あるいはツマグロヨコバイが、日本列島へ分布した経路、時代の違いが関与しているかについては、考察の余地があろうと述べている。

本報で記述したツマグロヨコバイ地方個体群の、IR 24 に対する寄生性の地理的変異も、ツマグロヨコバイと稲品種との、直接的因果関係の中で発現した現象とは考え難い。上越および筑後個体群に代表される、北陸系および西南暖地系個体群に保持されている、異質な生理的形質の 1 つと考えられ、IR 24 はそのような変異を選別する「篩」の役目を果たしたにすぎないように思われる。今後、両個体群間の生理、生態、および遺伝的諸性質の比較研究と共に、このようなバイオタイプの種内変異をもたらしした要因の究明が望まれるところである。

摘 要

ツマグロヨコバイ地方個体群の、対稲品種反応を比較調査し、バイオタイプの変異の存在を明らかにした。

1. 上越および筑後個体群は、IR 24, IR 28, IR 32, および関東 PL 3 号に対して、それぞれ非選好性および選好性を示した。これらの品種上での、両個体群の幼虫発育も有意に相違した。また、IR 24 上で、後者は前者よりも、多量のノンヒドリン陽性甘露を排出した。

2. 上越・筑後交雑 F₁ 個体群幼虫は、IR 24 に対し非選好性を示し、同品種上での羽化率も極めて低かった。F₂ 個体群の IR 24 に対する選好性、および同品種上での羽化率は、両親個体群のほぼ中間であった。

3. 九州、四国南部、および南紀に分布する、鹿児島、筑後、海南、伊野、白浜、および尾鷲個体群は、

IR 24 上でも発育増殖し、個体群が維持された。ただし、伊野、白浜、および尾鷲個体群の、IR 24 上での、第 1 および第 2 世代幼虫の死亡率は高かった。一方、北陸各地、出雲、湖北、鴨島、および堺個体群は、IR 24 に対する寄生性を欠いており、同品種上で累代飼育できなかった。

引用文献

- 金田忠吉 (1980) 昭和 54 年度特別研究「稲の耐虫性利用によるウンカ、ヨコバイと媒介ウイルス病 (いねわい化病) の防除に関する研究」, 遺伝様式の解明と品種の分類, 推進会議資料, 農林水産技術会議事務局 pp. 64—66.
- 河部 運 (1979) ツマグロヨコバイの吸汁行動とイネの抵抗性. 植物防疫 33 : 193—199.
- KIDOKORO, T. (1979) Geographic trend in the annual population fluctuation of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler (Homoptera : Deltocephalidae). Appl. Ent. Zool. 14 : 127—129.
- 那波邦彦 (1979) ツマグロヨコバイの吸汁による被害の地域差. 植物防疫 33 : 200—203.
- 奈須壮兆 (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. 九州農試報 8 : 153—349.
- ŌYA, S. (1980) Feeding habits and honeydew components of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER (Homoptera : Deltocephalidae). Appl. Ent. Zool. 15 : 392—399.
- SATO, A. and K. SŌGAWA (1981) Biotypic variations in the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler (Homoptera : Deltocephalidae), in relation to rice varieties. Appl. Ent. Zool. 16 : 55—57.
- SŌGAWA, K. (1981) Biotypic variations in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera : Delphacidae) at the IRRI, the Philippines. Appl. Ent. Zool. 16 : 129—137.

時 報

ICPC

(1) 第 5 回国際農業化学会議の開催に関する閣議了解が得られ (昭和 56 年 9 月), 日本学術会議の主催が確定した。これに伴い, 10 月はじめには第 1 回組織委員会が開催される予定で

ある。

(2) 事務局では, 日本学術会議と協力して 3rd Circular の作成につとめてきたが, 10 月上旬の発送を目途に印刷にとりかかっている。