ツマグロヨコバイの大量飼育法

杉 本 渥¹⁾

農薬検査所

Mass Rearing of Green Rice Leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER (Hemiptera : Deltocephalidae). Atsushi SUGIMOTO²⁾ (Agricultural Chemicals Inspection Station, Kodaira, Tokyo 187, Japan). *Jap. J. appl. Ent. Zool.* **25** : 77-83 (1981)

Experiments in rearing of green rice leafhopper were mostly carried out in the laboratory under artificial illumination by using cages whose design has been described in a previous paper. The insects grew well in the laboratory when nymphs and adult insects were fed very young seedlings renewed at approximately 7-day intervals. The best results were obtained with seedlings at the stage when the tip of the first leaf was just emerging. Nutritive quality of the seedlings was found to rapidly decrease when the interval after seeding increased. Under such conditions of feeding, 15-20 newly emerged adults could be produced by a female when oviposition lasted 2 days. Though the weight and fecundity of newly emerged females somewhat decreased with the increase of population density, maximum production of newly emerged adults under the rearing conditions mentioned above amounted to nearly 4,000 individuals per cage.

緒 言

ツマグロヨコバイ *Nephotettix cincticeps* の周年大量飼育は、温室でイネにより(新海, 1960), または室内でイネ苗により(河野, 1964; 尾崎・黒須, 1967) 行うことができるが、現在では温室飼育法よりも室内飼育法のほうが、管理が容易なため多く用いられている。しかしその方法も労力がかかなりかかり、繁殖は必ずしも良好ではないといわれる。

著者はさきに室内大量飼育を能率的に行う一方法について報告したが(杉本, 1969), ここにはその方法に検討を加えた結果について報告する。

本報告の実験にあたっては、農事試験場三田久男技官(現在中国農業試験場)から、飼料イネ苗の培養に要した大量の良質の種籾をご提供頂き、また同技官、東京農工大学一瀬太良教授ならびに高知県農林技術研究所害虫研究室の方々から、供試虫の入手にご助力頂いた。報告の取りまとめにあたっては熱帯農業研究センター顧問山田登博士から文献について貴重なご教示を頂いた。本文に先立ち、これらの方々から心からお礼を申し上げる。

材料および方法

1. 供試虫

ツマグロヨコバイは東京(府中市)産、埼玉(鴻巣市)産および高知(南国市)産を、農薬検査所で前報(杉本, 1969)の方法により累代飼育中のものを用いた。

2. 飼育方法

飼育室および飼育箱

飼育の大部分は温度 25~26°C, 相対湿度 50~60%, 16 時間照明の恒温飼育室内で Fig. 1 B の飼育箱を用いて行ったが、一部はそれに先立ち 24~27°C, 16 時間照明の温室内で、同図 A の飼育箱を用いて行った。また同図 C の飼育箱を用いてイネによる飼育も行った。以上の条件の詳細は Table 1 に示した。

なお上記恒温飼育室内の照明は前報(杉本, 1969)のとおり、すなわち飼育棚後側に 20 W 白色蛍光灯を飼育箱 2 個ごとに 1 本ずつ設けたが、実験の一部ではこの蛍光灯の一部を 2 本に増し、または白色からブラントルクス®に換えた。

3. 飼育の手順

1) 現在 熱帯農業研究センター

2) Present address : Tropical Agriculture Research Center, Yatabe, Ibaraki 305, Japan.
1980 年 10 月 2 日受領 (Received October 2, 1980)

Fig. 1. Rearing cages for green rice leafhoppers. Cage A: 40×30×40 cm. Cage B: 36×27×36 cm (SUGIMOTO, 1969). Cage C: 45×60×70 cm. n: Polyethylene net, 83×64 mesh/inch. t: Tray filled with soil. r: Reticulated plastic ware in which seedlings grow in taking their roots through the reticulation (cage A). g: Glass-glazed top and bottom. w: Wire grid put in the tray after seeding rice seeds (cage B). s: Support for the reticulated ware or the tray with wire grid. To renew the seedlings maintained in cages A and B, the cage is turned upside down (a) and the old seedlings hung above are taken out after brushing off the insects staying on them. A tray with fresh seedlings is inserted in after raising up the cage (A-b) or before brushing off the insects (B-a).

Table 1. Rearing conditions of green rice leafhoppers

Fig.	Room ¹⁾	Cage ²⁾	No. of ³⁾ parent females /cage	Feed-seedlings	
				Age days after seeding	Max. vol. ⁴⁾ of seeds /tray (ml) and renewal
5	G	A	25	4, 7, 11	100-II ⁵⁾
6	R, G	A	25	4	100-I
	G	C	25	older, 2 and 5 leaf blades	
7 a	R	B	90	3, 4, 5, 7	200-II
b	"	"	90	3, 4, 5, 7	100-II
c	"	"	120	3, 4, 5	100-II
8 a	"	"	25	4, 7	200-I
b	"	"	25	4	100-I, II
9 a	"	"	95	4	100-I
b	"	"	95	4	50-II
10	"	"	50-330	4	50, 100, 200-II
11	"	"	1000-4500 ⁶⁾ nymphs	4	50-I 50, 200-II
12	"	"	50-216	4	50, 100, 200-II

1) G: Greenhouse, R: Constant temperature in the laboratory, 25-26°C with illumination for 16 hours/day. 2) see Fig. 2. 3) permitted to oviposit during 2 days. 4) see Fig. 3. 5) renewed at 3-4 day intervals through larval period, in this experiment only. 6) Population density was adjusted at 3rd instar stage (17 days after oviposition).

飼育箱AおよびBによる飼育方法は前報(杉本, 1969)に準じたが産卵, 飼育密度および飼料イネ苗の生育度・給与方法は次のようにした。

産卵および飼育密度: 産卵は常に2日間行わせた

(Fig. 3)。飼育密度は、産卵させる親雌虫の数を変えることによって調節したが、実験3のii)に限り幼虫3齢期(産卵開始日から17日後)に調整した。実験ごとの親雌虫数、幼虫数はTable 1に示した。

飼料イネ苗の生育度および給与方法: 幼虫〜成虫期の飼料苗は、実験1では種々の生育度のものを用いたが、実験2および3では常に播種後4日のものを用いた(Table 1)。苗の培養は温度27~28°Cの室内で行ったが、播種後日数と生育度との関係はFig. 2に示したとおりである。飼育箱に入れた飼料苗はFig. 3およびTable 1に示したように、7日ごと、または3~4日ごと(産卵開始日から17日後以降)に更新し、その間、飼料皿1個あたりの播種量を常に50 mlとするか、または100 ml か 200 ml まで増すようにした。なお実験1のii)に限り、飼料苗は播種後4日以降の培養は温室内で行い(Fig. 2)、幼虫期初期から3~4日ごとに更新した。

Fig. 2に示した播種後日数と生育度との関係は、下記の浸種法を用いることによって常に確保された。すなわち、まず27~28°C下で1日間(収穫直後の種籾は2日間)、次で冷蔵庫内で数日~10日間浸種して、催芽を抑えながら種籾に水分を十分吸収させることにより、発芽を統一にさせた。この浸種法は播き残りの種籾が再び冷蔵でき、無駄なく使用できる利点もあった。

イネによる飼育: 産卵から幼虫ふ化までは飼育箱Aを用い、産卵開始日から10日後に幼虫を飼育箱Cに収容

Fig. 2. Appearance of young rice seedlings grown in the laboratory and in the greenhouse. i: Incomplete leaf. f: First leaf having a leaf blade.

Fig. 3. Methods of rearing green rice leafhoppers on young and older rice seedlings (see Table 1 for the stage of seedlings used). Nymphs and adult insects were fed young seedlings at 7-day and 3-4 day intervals (I, II). ▼: Renewal of feed-seedlings. — — — — —: Volume of rice seeds per tray for cages A and B. ▽: Evaluation of growth of the insects. 1) Young seedlings 4-5 days after seeding were always used for oviposition. 2) Maintained in cage A placed in the laboratory (see Table 1). 3) Including some nymphs. 4) Fecundity was evaluated by counting nymphs from adults permitted to oviposit on young seedlings for 24 hours.

したイネの上に移した。イネは本葉2枚および5枚で用いたが、それぞれ飼育終了時には本葉5枚および8枚に成長した。

4. 飼育成績の調査方法

羽化時の生存虫数、羽化1～2週間後の生存成虫数、雌成虫の平均体重および増殖能力などを調べた。なお実

験1のiv)および実験2～3では雌成虫の体重・増殖能力はFig. 3に示したように、羽化時生存虫数調査の5日後～13日後の間に3回調べて、その平均値を求めた。また実験1のv)では成虫を羽化後20～21日間飼育して、その間3～4日ごとに増殖能力を調べた。体重・増殖能力の測定方法は次のとおりである。

平均体重: 雌成虫50匹をまとめて採取し、冷却麻醉を施して秤量し、平均体重を算出した。

増殖能力: イネ苗に産卵させてふ化幼虫数を調べた。直径7cmのシャーレに培養した播種後4日のイネ苗(播種量5ml)を直径10cm、高さ15cmの円筒形金網かごに収容して前記恒温飼育室内に置き、かご内に成虫を雌雄50対放飼して24時間産卵させ、10日後に幼虫を苗から払い落として虫数を調べた。なお実験1のi)では、同じ方法により、生育度の異なるイネ苗に産卵させて、ふ化幼虫数を調べた。

結 果

1. 飼料苗の生育度のちがいが飼育に及ぼす影響

i) 苗の生育度による産卵の多少

播種後3～6日の苗に産卵させた時、Fig. 4に示したように、ふ化幼虫数は播種後3日の苗では少なかったが、4日以降の苗ではほとんど変らなかった。播種後3日の苗は草丈がきわめて低く、雌成虫が頭を上にしてとまれない例も観察された。

ii) 温室での苗による飼育

Fig. 5に示したように、羽化時生存虫数および雌成虫の平均体重は播種後4日の苗による飼育ですぐれ、それより生育が進んだ苗ほど劣った。

iii) 温室での苗およびイネによる飼育

苗は播種後4日のものを用い、室内飼育もあわせて行った。結果はFig. 6に示したとおりで、苗による飼育は温室と室内のいずれも、生存虫数、羽化の整一度およ

Fig. 4. Number of nymphs hatched on young seedlings at different stages from female adults permitted to oviposit on them for 24 hours.

T, K, S: Tokyo, Kōchi and Saitama strains.

Fig. 5. Rearing of green rice leafhopper (Tokyo strain) on young seedlings at different stages of development, in greenhouse.

■ : Adults. □ : Nymphs.
i, ii, iii : Replication.

Fig. 6. Rearing of green rice leafhopper (Tokyo strain) on young and older seedlings in the laboratory and in the greenhouse. Old seedlings which had 2 and 5 leaf blades developed 5 and 8 leaf blades respectively at the end of the rearing experiment.

▷ : Examination of the number of insects which survived. ▴ : Weighing of female adults. ■ : same as in Fig. 5. i, ii : Replication.

び雌成虫体重がイネにまさった。本葉2枚のイネでは他に比べて羽化が遅れ、雌成虫体重も著しく低かった。

iv) 室内での生育度の異なる苗による飼育

Fig. 7 に示したように、雌成虫の体重および増殖能力は飼料苗の培養期間が短いほど高かったが、生存虫数は

Fig. 7. Rearing of green rice leafhoppers on young seedlings at different stages. a, b, c : Number of parent females and volume of seedlings were different (see Table 1).

— : Kōchi strain, --- : Saitama strain. (1) : at emergence, (2) (3) : 1 and 2 weeks after emergence.

Fig. 7 a の埼玉産個体群を除けば、播種後4日の苗による飼育で最も多かった。なお a, b, c の間では飼料苗量あたりの飼育密度はaが最低、cが最高であった (Table 1)。この結果から苗の栄養価は培養日数が短いほど高いが、高密度飼育に最もよく耐えるのは播種後4日のものであると認めた。

v) 成虫期の飼育条件による増殖能力のちが

まず幼虫～成虫期を通じて播種後4日および7日の、2種類の生育度の苗により、2種類の照明下で飼育した時の増殖能力の消長を調べた。結果は Fig. 8a に示したとおりで、若い苗によって飼育したほうが増殖能力が高くなることは Fig. 7 に示した結果と同じであったが、照明のちがいは増殖能力に著しい影響を及ぼさなかった。しかしここでは、増殖能力が飼料苗の更新前には低下し、更新後には再び高まるという変動がうかがわれた。

そこで次に、同一飼育条件下で羽化した成虫群を2分し、それぞれ飼料苗を7日ごとおよび3～4日ごとに更新して飼育した。その時の増殖能力の消長は Fig. 8b に示したとおりで、Fig. 7 a のそれと同様の増殖能力変動は7日ごとと更新では見られたが、3～4日ごとと更新では見られなくなった。

2. 飼料苗の更新間隔のちがいが飼育に及ぼす影響

Fig. 9 に示したように、幼虫3齢期以降の飼料苗を7

Fig. 8. Fluctuation of fecundity and survival rate of female adults reared on young seedlings. a: on seedlings 4 days (●) and 7 days (○) after seeding. b: on seedlings renewed at 7- and 3-4 day intervals. ▽: Emergence of female adults. ▼: Renewal of seedlings. —, ----; same as in Fig. 7. W: Illumination with white fluorescent lamp placed behind the cage (SUGIMOTO, 1969). PP: Stronger illumination using two "Plantlux" fluorescent lamps.

Fig. 9. Rearing of Kōchi strain on young seedlings 4 days after seeding. a: Seedlings were renewed at 7-day intervals. b: Half volume of seeds renewed twice as compared with "a" (see Table 1). W, PP: same as in Fig. 8. WP: "Plantlux" was added to W. P: a "Plantlux". (1) (2) (3): same as in Fig. 7.

日ごとに更新した場合 (a) と、その半量の苗を 3~4 日ごとに更新して用いた場合 (b) とでは飼育成績に大差がなかった。この結果によって、苗量を変えずに更新回数を 7 日ごとから 3~4 日ごとに増せば、飼育虫数が倍加されることが考えられた。

なおこの実験では 4 種類の照明を用いたが、照明のちがいが飼育に大きな影響を及ぼしたとは認められなかった。

3. 増殖率および飼育密度

i) 増殖率

高知産個体群の飼育における飼育箱 1 個あたりの親雌虫数と、羽化時生存虫数との関係は Fig. 10 に示したとおりであった。増殖率は低い場合もあったが、おおむね 15 倍から 20 倍であった。しかし親雌虫数を 200 匹以上に増すと増殖が頭打ちとなることがうかがわれた。

ii) 幼虫 3 齢期から羽化の間の生存率

Fig. 11 に示したように、播種量 50 ml の飼料苗を 7 日ごとに更新して 1,000 匹飼育した時、および同量の苗を 3~4 日ごとに更新して 1,000~2,000 匹飼育した時には、生存率はほとんど 90% 以上であった。しかし 4,500 匹飼育した場合には苗量を播種量 200 ml に増した (更新は 3~4 日ごと) にもかかわらず、生存率は 90% を下回った。

iii) 飼育密度のちがいが成虫期生存率および雌成虫の体重・増殖能力に及ぼす影響

Fig. 12 には種々の飼育密度における羽化時生存虫数と、そこで得られた成虫の羽化 2 週間後の生存率・性比および体重・増殖能力との関係を示した。ただし、飼料苗の最高播種量が 50 ml, 100 ml および 200 ml と異なった飼育の成績を集計したので、飼料苗の量が一定の条件での飼育密度の影響を検討するため、播種量 100 ml

Fig. 10. Relation between the number of parent female adults and their reproduction in Kōchi strain. ● ○ ⊙: 50, 100 and 200 ml seeds per tray renewed at 3-4 day intervals (see Table 1).

Fig. 11. Relation between the number of 3rd instar nymphs released per cage and their survival rate in Kōchi strain. ● ○ : same as in Fig. 10. × : 50 ml seeds renewed at 7-day intervals.

Fig. 12. Relation between the density of insects on feed-seedlings and their survival rate as well as sex ratio 2 weeks after emergence and weight and fecundity of female adults in Kōchi strain. ● ○ ⊙ : same as in Fig. 10. In trays containing each 100 and 200 ml seeds (○ ⊙), the number of individuals at emergence was converted to that of individuals emerging from trays with 50 ml seeds.

および 200 ml の場合の羽化時虫数は、50 ml あたりに換算して示した。この図では、高密度飼育で得られた成虫は、低密度の場合と比べて生存率はそう変わらないが、雌成虫の体重および増殖能力が低下することが認められ

る。しかし羽化時虫数 1,000 匹～2,000 匹の間で体重・増殖能力が変らなかった理由は不明である。

考 察

ツマグロヨコバイの飼育繁殖には分げつ初期のイネが良く(新海, 1960), それ以前の, 生育がまだ盛んでないものは良くない(三田の私信による)といわれる。しかし室内飼育には, 播種後 8～10 日(河野, 1964), 草丈 3～10 cm(尾崎・黒須, 1967), 3～4 cm(杉本, 1969), 第 2～3 葉期(大竹, 1971)などのイネ苗が用いられている。どの生育度のイネまたはイネ苗が最適かは, これまで明らかにされていない。

本報告の実験 1 の結果によれば, 飼料に適するイネは, 前記のようにかなり成長したもの, もしくは発芽直後の苗であるといえる。苗は播種後 4 日, すなわち第 1 本葉抽出期(Fig. 2)の草丈 3～4 cm のものが最適で, 生育がそれよりも進むほど(本葉 2～3 枚までは)飼料価値が低下する。なお, 上記最適生育度の苗による飼育成績は, 温室でのイネによるそれにまさった(Fig. 6)。また室内飼育の成績は, 照明のちがいにあまり左右されなかった(Fig. 8a, 9)。

星川(1971)によれば, イネ苗は発芽直後は光合成も外部からの窒素吸収もせず, 種粒の胚乳貯蔵養分によって生育するが, 第 3 葉(第 2 本葉)ごろまでに胚乳養分を使い果たし, 2 葉半ごろから主として自らの窒素吸収と光合成によって生育するようになる。このことと上記実験結果とを結びつければ次のことが考えられる。すなわち, ツマグロヨコバイの飼料に適するイネは, かなり成長した光合成の盛んなもの, もしくは胚乳養分が豊富な発芽直後の苗である。苗の場合, 飼育虫の栄養は主として苗の胚乳養分でまかなわれるので, 苗の培養や飼育にあたって, 苗の光合成を増強するような照明を必ずしも必要としない。また大きなイネは生育が光線量や土壌のちがいに左右されやすいのに比べて, 胚乳養分の豊富な苗のほうが飼育虫の栄養条件を安定させやすい。

しかし, 苗は上記のように生育にしたがい飼料価値が急速に低下するので, 飼育の途中何回か更新する必要がある。また飼育虫の栄養条件をなるべく一定させるため, 更新は必ず定期的に行うべきであると考えられる。河野(1964)は更新時期を, 幼虫の發育にしたがいその間隔を短くするように定めた。それに対して杉本(1969)は更新間隔を常に 7 日としたが, この方法は飼育作業日程を週単位で組む都合上採用したものである。7 日ごとに更新した場合, 幼虫の飼育に支障はないが(杉本,

1969; 本報告 Fig. 6, 9a, 11), 成虫期には苗の新旧による増殖能力の変動が生ずる (Fig. 8)。しかしこの給与方法でも、苗更新の1日後～4日後ごろに次世代増殖用の成虫を採取すれば、増殖率の振れはかなり防げるであろう。大竹 (1971) が認めた、採取日の異なる雌成虫群間の産卵力の変異は、おそらく上記のような、飼料苗の新旧が関係したものであろう。

本報告の実験2の結果からは、幼虫3齢期以降の飼料苗更新間隔を3～4日に、すなわち7日の場合と比べて更新回数を倍加すれば、飼育虫数が倍加できると考えられた。実験3では、上記の3～4日ごとに更新する方法では、飼料皿1個あたり播種量 50 ml の苗によって1,800～2,000匹が飼育でき、これほどに飼育密度を高めても増殖率および幼虫～成虫の生存率は必ずしも低下しなかった。また同量の苗を7日ごとに更新して給与した場合にも1,000匹内外が飼育できた。この密度は、前報 (杉本, 1969) に示したもの (播種量は最高 200 ml, 7日ごと更新により 800～1,000 匹) のほぼ4倍となる。また、この密度からすれば播種量最高 200 ml の苗を幼虫3齢期以降に3～4日ごとに更新した場合、8,000匹近い飼育が可能となるはずである。けれども飼育成績からは、飼育箱1個あたりの虫数は4,000匹付近が限度と認められる (Fig. 10, 11)。虫数がそれ以上になると、飼料の量よりも生息密度上の問題が起こるのであろう。

前記のように本報告における飼育はすべて、親雌虫に2日間産卵させて行ったが、高知産個体群ではこの条件下でおおむね15～20倍の増殖率が得られた (Fig. 10)。この増殖率は産卵期間1日あたりに換算すれば7.5～10倍となるが、同個体群の低密度で飼育された雌成虫の、24時間産卵による平均ふ化幼虫数は10匹内外であった (Fig. 4, 8, 12)。このことや Fig. 11 の結果から、この飼育法は幼虫期の生存率がかなり高いものと考えられる。ただし Fig. 10 に見られる増殖率の振れの原因が親雌虫の増殖能力の変動と、幼虫期生存率の変動のいずれにあるのかは不明である。

以上のように増殖の安定度に検討の余地があるが、前

報 (杉本, 1969) の飼育箱1個あたり最高4,000匹に近い飼育が可能と認められた。ただし飼育密度を高めると新成虫の体重および増殖能力は多少低下する (Fig. 12)。したがって増殖の安定上、増殖源を低密度飼育により保持しつつ、高密度飼育を必要に応じて行うのが良いと思われる。

摘 要

前報のイネ苗によるツマグロヨコバイ大量飼育法に検討を加え、次のことを認めた。すなわち、飼料とする苗は第1本葉抽出期のものが最適で、この生育度は親雌虫が産卵するのに適する。飼料苗を7日ごとに更新した場合、幼虫の飼育には支障がないが、成虫期には苗の新旧による増殖能力の変動が起こる。飼料苗の更新回数を幼虫3齢期以降、7日ごとから3～4日ごとに倍加すれば、飼育虫数が倍加できる。この飼料条件下で、高知産個体群では親雌虫に2日間産卵させた場合、15～20倍の増殖率が得られた。飼育密度が高いほど新成虫の体重および産卵能力が低下するが、前報の飼育箱1個あたり最高4,000匹近い飼育が可能と認めた。

引用文献

- 星川清親 (1971) 田植機イネ作 稚苗の生理と育苗技術. 農山漁村文化協会, 東京, 236 pp.
- 河野達郎 (1964) ツマグロヨコバイ個体群におけるマラソン抵抗性の変動. 殺虫剤抵抗性に関する試験成績, 日本植物防疫協会, 東京, 115 pp (とう写刷): 78-88.
- 大竹昭郎 (1971) ツマグロヨコバイの産卵力にみられる変異. 四国植物防疫研究 No. 6: 73-80.
- 尾崎幸三郎・黒須泰久 (1967) ツマグロヨコバイにおける殺虫剤抵抗性. 応動昆 11: 145-149.
- 新海 昭 (1960) ウンカ, ヨコバイ類による接種方法. 植物ウイルス病 (日高 醇ら編), 朝倉書店, 東京, 400 pp.: 30-43.
- 杉本 渥 (1969) ツマグロヨコバイの大量飼育装置. 農業検査所報告 No. 9: 19-24.