

ツマグロヨコバイの吸汁害に関する研究

第1報 水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの個体数推定法

那波 邦彦

要 約

那波邦彦 (1982) : ツマグロヨコバイの吸汁害に関する研究. 第1報 水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの個体数推定法. 広島農試報告45 : 35~42.

水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの吸汁による加害量の一指標としての、株あたり個体数の推定法について検討した。穂ばらみ期以降、株あたりの成幼虫合計虫数の空間分布は弱い集中分布となり、平均こみあい度と平均密度の直線回帰関係により、絶対密度を推定する場合の抽出すべき必要標本数を算出した。袋かけ法により得られた個体数を絶対密度とすると、登熟期間中のみとり法の効率率は成虫では約44%、幼虫では約30%であった。すくいとり法による個体数推定値の変動係数は登熟期間を通じて乳熟期頃のそれが最小となる傾向を示した。袋かけ法により得られた個体数を絶対密度として、すくいとり法の効率を算出すると、成虫では出穂期：18%、穂揃期：22%、乳熟期：26%、幼虫では出穂期：6%、穂揃期：21%、乳熟期：26%であった。これらをもとにすくいとり個体数から株あたり個体数を算出する式を得た。

I 緒 言

ツマグロヨコバイ、*Nephotettix cincticeps* UHLER, が水稻の生育後期、とりわけ出穂期前後に多発生した場合、汁液吸収のために籾の褐変や上位葉の黄化あるいはすす病による穂や茎葉の汚染などが発生するほか、登熟歩合や千粒重の減少による被害が生じる場合があることはよく知られている。西日本地域における本種の発生量は1950年代後半から増加傾向を呈し、広島県での本田後期における発生面積率は、1960年代後半のそれが約50%前後であったが、1970年代初頭から現在まで毎年90%を越えるようになった。このような発生状況のために、本種の発生が目立つ出穂期前後には、いもち病とウンカ・ヨコバイ類との同時防除を目的とした殺虫殺菌混合剤が広く流通していることもあって、稲作農家は多大の防除費用を投入して本種の生息密度の低減を図る場合が少な

くない。

殺虫剤抵抗性の発達と残留毒性による収穫物や環境の汚染などの農業乱用に伴う諸弊害が近年明らかにされていくなかで、害虫と作物をとりまく複雑な農業生態系の総合的な管理を目的とした「総合防除」もしくは「害虫管理」の思想が広まった。この「総合防除」の考え方の根幹は、害虫の根絶を図るのではなくしかも特定の防除手段のみに依拠せず、作物の被害が許容し得る水準（「被害許容密度」）以下に害虫の密度を維持することにある。このためには害虫の個体数の変動の予測および作物の被害発現についての予測が必要とされる³⁾。

西日本地域におけるツマグロヨコバイの個体数変動の機構については、久野⁴⁾、Kiritani et al.⁷⁾、法橋²⁾などの精細な解析がある。水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの吸汁による被害については、2、3の報告^{6,12,16)}があるが、ツマグロヨコバイの加害量と水稻の被害程度との関係の法則性は従前から明確には把握されていなかった。筆者は農業の乱用を排除した本種の合理的な防除技術を確立する目的で、広島県における季節的増

注) 本報告の一部は日本応用動物昆虫学会・日本昆虫学会中国支部昭和57年度合同例会(岡山市)で発表された。

殖様式および発生量の年次変動の解析のほか、吸汁による加害が水稻の減収に及ぼす諸要因として、加害密度、加害時期、加害期間、分布型、吸汁行動、水稻の生育段階、補償作用^{10,11)}などについて1972年から10カ年にわたり検討を続けてきた。

水稻の被害程度を規定する主要な要因であるツマグロヨコバイの個体数について、その推定法を検討することは、ほ場における実際の加害密度を把握して防除の要否を判定する上で大切である。水稻の立毛中における本種の個体数の調査法には、ある面積の存在個体数(絶対密度)を直接観察して推定する直接法として、株単位でのみとりおよび払い落としによる方法、あるいはサクシジョン・キャッチャーや電気掃除機による吸虫捕集法などがあり、個体群の一部を抽出して相対密度を推定する間接法として、捕虫網によるすくいとり、あるいはスティッキー・トラップや黄色水盤による採集法などがある。ここでは、これらの調査法のうち普通に用いられている、みとりおよび払い落としによる方法(以下、みとり法と称する)および捕虫網によるすくいとり(以下、すくいとり法と称する)の2法を対象として、水稻の生育後期における個体数推定値の変動幅や効率などについて検討した結果を報告する。

Ⅱ 方 法

1. 個体数の調査

1) 調査は場

東広島市八本松町原の農業試験場水田における供試品種とその出穂期および面積は、1976年：中生新千本〔8月24日，4a〕，1977年：中生新千本〔8月22日，4a〕，1980年：中生新千本〔8月25日，12a〕およびアキヒカリ〔8月1日，4a〕，1981年：中生新千本〔8月25日，12a〕およびアキヒカリ〔7月31日，4a〕であった。また比婆郡西城町中野の農家水田における供試品種とその出穂期および面積は、1980年：ミネシキ〔8月15日，7a〕，1981年：ミネシキ〔8月17日，7a〕およびアキヒカリ〔7月24日，5a〕であった。栽植密度は、1976年および1977年の農業試験場水田では条間33cm，株間18cmで16.8株/m²，その他の水田では条間28cm，株間14cmで25.5株/m²とし，各水田とも稚苗植を行った。1981年の西城町農家水田において，いもち病防除薬剤を計3回施用した他は，各水田とも殺虫剤，殺菌剤のいずれも施用しなかった。

2) 調査法

a) 袋かけ法

各調査水田において，出穂期前後から約7日毎に，午後1時から3時までに，周縁部の株を除いて20ないし25株を系統抽出した。長径30cm，短径20cm，高さ40cmのポリキ製楕円筒にくぐらせた，長さ120cm，幅40cmのポリエステル製ゴース袋をすばやく各稲株にかぶせ，株上の虫が落下して逃亡するのを防止するために株元を結索したのち，株全体を採取した。各稲株を袋ごと熱風乾燥機で風乾したのち，個体数を計数した。直接法の一つであるこの方法(以下，袋かけ法と称する)により得られた株あたりの個体数推定値を絶対密度とみなしたが，ゴース袋を稲株にかぶせる場合に一部の成虫，幼虫が逃亡することもあり得るので，個体数推定値はやや過小評価となる傾向は否定できない。

b) みとり法

1976年の農業試験場水田，1980年および1981年の西城町農家水田において，出穂期から約7日毎に計4ないし5回，午前10時から12時までに，周縁部の株を除いて各50株を系統抽出した。株単位の個体数をみとり法により成虫，幼虫別に計数した。

c) すくいとり法

各調査水田の3ないし5カ所において，袋かけ法による個体数調査終了後に，口径36cm，深さ80cm，柄の長さ1mの鋼鉄製四折式捕虫網を用いて，5ないし10回振りのすくいとりを実施し，個体数を成虫，幼虫別に調査した。捕虫網の1回振りが半円形を描くとすると，1回振りによるすくいとり面積は約1.33m²となる。

2. 生息部位の調査

東広島市八本松町原の農業試験場水田〔供試品種：中生新千本，出穂期：1976年8月24日，面積：4a〕において，周縁部の株を除いて48株を系統抽出した。8月10日から約7日毎に，午前10時から12時までに各株上の成虫の個体数を田面からの高さ別(20cm間隔)にみとり法により調査した。調査時における生息場所の攪乱を少なくするために条間28cm，株間16cm，畦間118cmの2条並木植とした。8月上旬にイソプロチオラン粒剤(4kg/10a)を施用した他は，殺虫剤，殺菌剤のいずれも施用しなかった。

Ⅲ 結果と考察

1. みとり法による個体数推定

出穂期が異なる品種の水田間においては，ツマグロヨ

Table 1. Difference between mean numbers of *N. cincticeps* per plant caught by the direct counting (D) and those by the covering method (C).

Year	Date of census	Growth stage of rice plants	Adult				Nymph			
			D	C	P ^a	E ^b	D	C	P ^a	E ^b
1976	Aug. 24	Heading	1.84	7.15	***	25.7	5.04	31.40	***	16.1
	Sept. 1	Full-heading	6.14	25.20	***	24.4	7.68	25.55	***	30.1
	Sept. 7	Milk-ripe	5.28	8.74	***	58.1	2.22	9.25	***	24.0
	Sept. 14	Dough-ripe	4.12	7.45	***	55.3	0.46	3.65	***	12.6
1980	Aug. 12	Heading	4.35	16.75	***	26.0	7.05	6.80		
	Aug. 19	Full-heading	7.75	11.55	***	67.1	1.45	2.20	***	65.9
	Aug. 26	Milk-ripe	3.90	7.20	***	59.5	0.25	0.30		
	Sept. 2	Dough-ripe	0.65	1.40	**	46.4	—	—	—	
	Sept. 17	Yellow-ripe	0.20	0.35			—	—	—	
1981	July 29	Full-heading	0.10	0.20			1.10	1.75		
	Aug. 5	Milk-ripe	1.00	1.40			0.55	0.65		
	Aug. 10	Dough-ripe	0.80	2.20	***	36.4	0.10	0.20		
	Aug. 21	Yellow-ripe	0.75	1.70	*	44.1	—	—	—	

^aProbability level for a significant difference between D and C: * ≤5%; ** ≤1%; *** ≤0.1%, all others, not significant.

^bEfficiency of D by the comparison with C: D/C×100.

Rice variety: 1976; Nakateshinsenbon, 1980; Minenishiki, 1981; Akihikari.

コバイ成虫の活発な移動があり(未発表)、短期間において分布の集中度の変動が少なからず生じると考えられる。このため、調査対象水田とその周辺にある水田群とがほぼ同一の出穂期であった1976年と1977年(いずれも中生新千本)および1980年(ミネニシキ)において、袋かけ法により得られた個体数の調査結果から、成虫および幼虫とをこみにした標本平均密度(\bar{X})と標本こみあい度(\hat{X})の直線回帰関係($\hat{X} = \hat{\alpha}\bar{X} + \hat{\beta}$)により、基本集合度示数 $\hat{\alpha} = 0.05$ 、密度集合度示数 $\hat{\beta} = 0.10$ ($r^2 = 0.99$)を算出し、空間分布は弱い集中分布となった。

ある一定範囲の相対精度(D)で個体数を推定するために必要な抽出標本数(q)は次式で得られる(t:学生t分布のt) ⁴⁾。

$$q = \frac{t^2}{D^2} \left(\frac{\hat{\alpha} + 1}{\bar{X}} + \hat{\beta} - 1 \right)$$

いま、危険率を30%(t≒1)、相対精度D=20%とすると、株単位の絶対密度の推定を目的とする直接法を

水稻の生育後期に適用する場合の抽出すべき株数(q)は、株あたりの個体数が平均1頭のとときは29株、10頭のとときは6株、20頭のとときは4株となる。

直接法の一つであるみとり法を、水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイに適用した場合(1976年:中生新千本, 1980年:ミネニシキ, 1981年:アキヒカリ)の精度について示したのが第1表である。

成虫においては、袋かけ法により得られた個体数の平均値が株あたり約1.5頭以上になると、みとり法により得られた個体数(D)と袋かけ法により得られた個体数(C)との間に有意差が認められ、 $C = 1.06 + 2.23D$ ($r = 0.74^*$)の直線式が得られた。Cを100とした場合におけるDの比率(以下、みとり効率と称する)の平均は約44%であった。HokyoとKuno³⁾は水稻の生育全期の調査結果から、みとり法によるツマグロヨコバイ雌成虫の個体数の推定値は、サクシオン・キャッチャーによるその約50%であるとしたが、出穂期以降においてはみとり効率はやや低くなると考えられる。

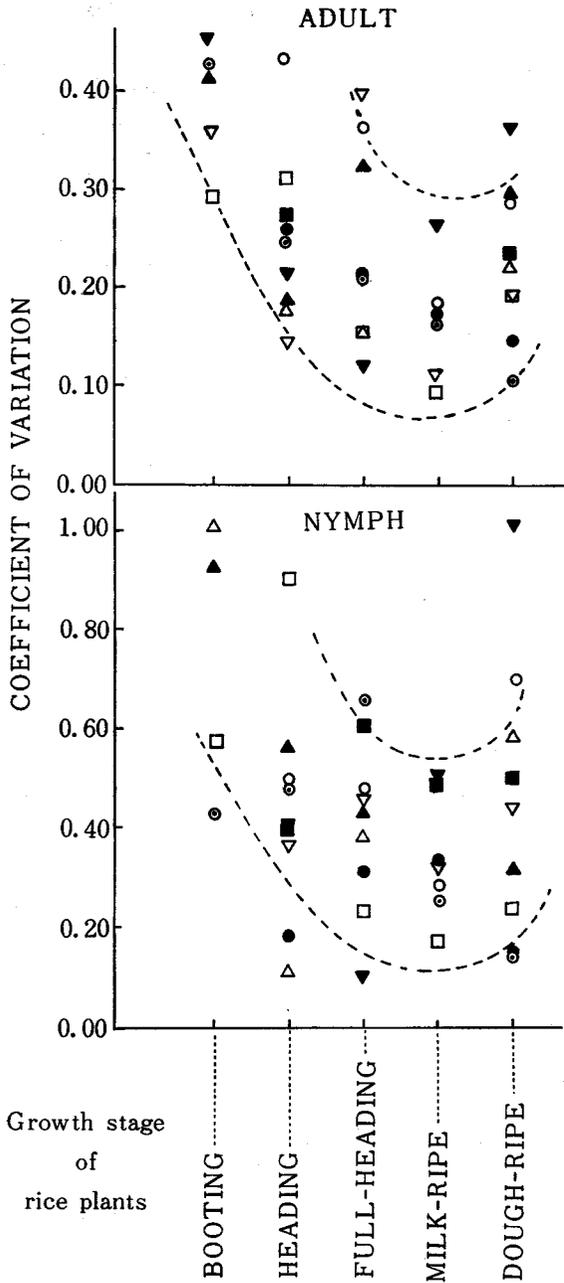


Fig. 1. Coefficient of variation of *N. cincticeps* numbers obtained by the sweeping method.

- 1976 Nakateshinseibon (hereafter, NS), ○ 1977 NS, △ 1980 Minenishiki (hereafter, MN), ▽ 1980 Akihikari (hereafter, AH), ▲ 1980 NS, ▼ 1981 AH in Higashi-hiroshima, □ 1971 NS, ■ 1971 AH in Hiba-saijyo, ⊙ 1981 MN.

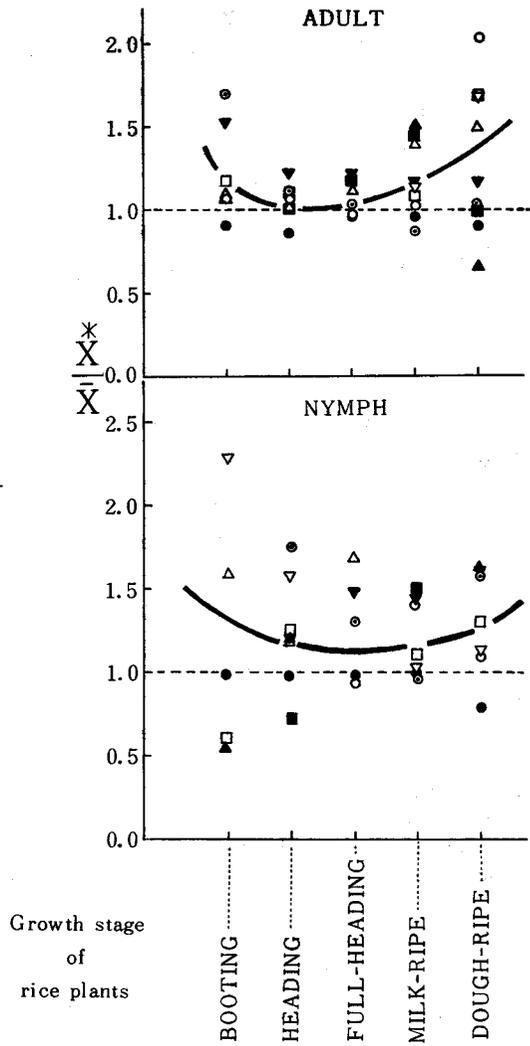


Fig. 2. Ratio of mean crowding to mean density ($\frac{X^*}{\bar{X}}$) of *N. cincticeps*. Constructed as in Fig. 1.

幼虫においても、袋かけ法により得られた個体数の平均値が株あたり約2頭以上になると、DとCの間には有意差が認められ、 $C = 1.15 + 3.93D$ ($r = 0.88^*$)の直線式が得られた。みとり効率の平均は成虫と比較するとより低く、約30%であった。

みとり法による個体数推定の精度が登熟期間中において低い理由としては、成虫の活動性や幼虫の発育に伴う稲株内での生息部位の変化¹³⁾などによる個体数の過小評価に加え、茎葉の繁茂や傾穂による稲株相互の接触が多くなり、調査時における生息場所の攪乱などが考えられ

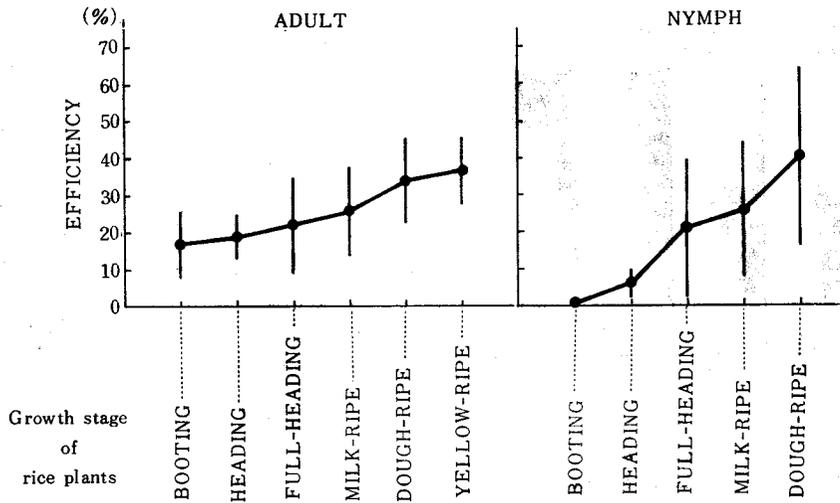


Fig. 3. Efficiency of the sweeping method of *N. cincticeps* population estimation by the comparison with the covering method. Vertical lines show the standard deviation.

る。

したがって、生息密度がきわめて低い場合は、水稻の生育後期におけるみとり法による個体数推定は妥当である。しかし、通常生息密度は広島県の中生種では出穂期前後において株あたり10~20頭(成虫幼虫合計)である(未発表)ので、一般的にはみとり効率は低いとみなし得る。また、株あたりの個体数が多い程、調査に必要な時間はより長くなることから、水稻の生育後期においてはみとり法による個体数推定は不適當であると考えられる。

2. すくいとり法による個体数推定

すくいとり法は、調査時の気象条件や植生あるいは対象とする種の垂直分布の変化などにより、その効率が影響されやすいが、簡便さと迅速さそして高価な器具を必要としないことなどの利点により、比較的分布の集中度が低い種を対象としてよく用いられてきた調査法である¹⁴⁾。

この方法を出穂期前後のツマグロヨコバイに適用した場合の精度について、高井ら¹⁵⁾は同一調査日に水稻の品種と生育段階を変えて検討した結果、すくいとり法により得られた成虫の個体数の分散がきわめて小さいとした。

第1図に、水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイ成虫および幼虫の、すくいとり法による個体数推定の場合の変動係数を示した。各調査時においては、天候は晴

ない曇、気温は24~33℃、風速は0~6 m/sと種々の気象条件であり、成虫幼虫とも変動係数にはばらつきが認められ、幼虫に特にその傾向が著しく現れた。しかしながら、出穂期以降乳熟期まで成虫幼虫のいずれにおいても変動係数が低減する傾向が認められたことは注目されてよい。

袋かけ法により得られた個体数の調査データから、株単位における空間分布の相対的な集中度を示す $\frac{\bar{X}^2}{\bar{X}}$ の値を算出し、これと水稻の生育段階との関係を第2図に示した。成虫における $\frac{\bar{X}^2}{\bar{X}}$ の値は全般的に1.0~1.5の範囲にあり、やや弱い集中分布を示したが、出穂期から乳熟期にかけては $\frac{\bar{X}^2}{\bar{X}}$ の値のばらつきは小さくなり1.0に近くなった。また、幼虫では成虫と比較して $\frac{\bar{X}^2}{\bar{X}}$ の値のばらつきはより大きい傾向となったが、出穂期から穂揃期にかけての分布の相対的な集中度は成虫におけると同様に小さくなった。

このような分布様式の変化は、出穂の斉一化と登熟の進展により、ツマグロヨコバイの摂食対象である糖などの同化産物が茎葉から穂部へ集中的に輸送されることに伴う生息環境の均質化に起因するものであり、また比較的低密度から個体間干渉が強まり株間における本種の移動と分散が絶えず生じた結果によるものとみられる。これらのことが、すくいとり法による個体数推定値の分散が、出穂期から乳熟期までの登熟期間中において、より小さくなる理由であろう。

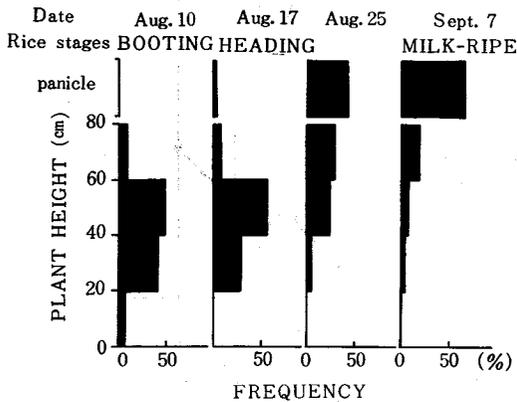


Fig. 4. Vertical distribution of *N. cincticeps* adults on rice plants in the daytime.

第3図は袋かけ法により得られた個体数推定値を100とした場合の、すくいとり法により得られた個体数推定値の比率（以下、すくいとり効率と称する）である。出穂期以前は成虫幼虫ともすくいとり効率は低く、成虫では13.6%~17.6%、幼虫では0.8~6.2%であった。穂揃期では成虫幼虫とも分散は大きくなったが、すくいとり効率は20%を越え、乳熟期に至ると成虫幼虫のいずれにおいても25.9%となった。更に登熟が進むと、糊熟期の成虫では34.2%、幼虫では39.6%となった。これらの効率の値は、高井ら¹⁵⁾のマーキング法と比較した場合の穂ばらみ期から糊熟期における約10~30%の効率を得た調査結果とほぼ同様であった。

第4図は1976年の調査による水稻の生育後期における成虫の株内生息部位の変化である。出穂に至るまでは、株中層の20~60cmの高さに生息する個体が多く認められた。穂ばらみ期では株内の全個体数のうち穂においては3.8%の個体が生息していたが、出穂期になると穂における生息個体数割合が激増し(43.3%)、しかも止葉などの上位葉群にも多くの個体が生息するのが認められた。更に、穂揃期で65.7%、乳熟期で68.8%と穂における生息個体数割合が著しく高まり、他方において株下層の生息個体数は僅少となった。

以上のような成虫の株内における垂直分布の変化が、水稻の登熟の進展に伴ってすくいとり効率が漸増した理由であると考えられる。また、水田における幼虫の吸汁部位は茎葉が圧倒的に多く、穂では吸汁痕が少ないこと¹³⁾が、すくいとり効率の変動巾が幼虫においてより大きい一因であると考えられる。

したがって、ツマグロヨコバイのすくいとり効率は穂ばらみ期以降、水稻の生育段階の進展に伴い成虫および幼虫とも上昇する傾向を示すが、効率のばらつきを考慮すると、水稻の生育後期における個体数推定法としてのすくいとり法の適用は、出穂期から乳熟期までに限定することが妥当であると結論づけられる。

ツマグロヨコバイの吸汁による加害量と水稻の被害程度との関係は、一般的には株あたり個体数と減収率の関係によって表現されており、また個体数の変動の解析も株あたり個体数を用いて行われる場合が多い。 n 回振りのすくいとり個体数(N_s)を、株あたり個体数(N_h)に換算するには次式を用いればよい。

$$N_h = \frac{100}{e} \cdot \frac{N_s}{a \cdot b \cdot n}$$

e : すくいとり効率(%)

	出穂期	穂揃期	乳熟期
成虫	18%	22%	26%
幼虫	6	21	26

a : 1回振りのすくいとり面積; 約1.33m²。

b : 1m²あたりの栽植密度; 広島県の慣行では22.2株。

栗原⁹⁾は出穂期以後の水田でのすくいとり法の振り回数を検討し、20回振り以上で個体数推定値の個人差がなくなると報告している。筆者らも別の調査において、出穂期前後の同一水田で調査者3名が各々20回振りのすくいとり法をくりかえし実施したところ、すくいとり個体数は成虫幼虫のいずれも調査者間には有意差を認めなかった(未発表)。これらのことから、振り回数は20回が調査時間や労力の点から一応のめやすとなる。

本報告では同一範囲を反復する往復すくいとり法を検討の対象とはしなかったが、秋野¹¹⁾は出穂後の水田において5往復10回振りのすくいとりを反復して同一範囲で実施し、反復の初回におけるすくいとり個体数が他の回次のそれらに比較して最も多かったとした。往復すくいとり法による個体数推定は、すくいとり効率をより高めるために有効であると考えられ今後更に検討されるべき課題であろう。

IV 摘 要

1. 水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの吸汁による加害量の一指標としての、株あたり個体数の推定

法について検討を加え、出穂期以後ではみとり法は通常の発生密度の場合、不適當であり、すくいとり法は乳熟期までに限定するのが妥當であるとした。

2、直接法による個体数推定の場合の、抽出すべき必要株数を平均こみあい度と平均密度の直線回帰関係から算出した。

3、袋かけ法により得られた個体数を絶対密度とした場合の、みとり法の効率は登熟期間中では成虫において約44%、幼虫において約30%であった。

4、すくいとり法による個体数推定の場合の変動係数は、登熟期間中では乳熟期頃が最小となる傾向を示した。

5、袋かけ法により得られた個体数を絶対密度とした場合の、すくいとり法の効率は、成虫では出穂期：18%、穂揃期：22%、乳熟期：26%、幼虫では出穂期：6%、穂揃期：21%、乳熟期：26%となったが、どの生育期でも効率のばらつきが認められた。

6、すくいとり法により得られた単位面積あたりの個体数から、株あたりの個体数を算出する式を得た。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、比婆郡西城町における調査は場の選定と調査の遂行に多大の御援助を頂いた広島県庄原病害虫防除所山口 懋主任技師に厚く御礼を申し上げる。また御指導と御助言を頂いた当場中沢啓一主任研究員、細田昭男研究員および中村啓二次長、本稿校閲の労をとられた藤原昭雄病害虫部長の各位に対し深謝する。

引用文献

1) 秋野浩二・岡本大二郎：1959. ツマグロヨコバイ 掬取調査における同一範囲反復掬取について。中国農業研究16：50—52.

2) 法橋信彦：1972. ツマグロヨコバイの生活史と個体群動態に関する研究。九州農試報告16(2)：283—382.

3) HOKYO, N. and KUNO, E.: 1970. Estimating the survival rate and mean longevity for adults in a field population of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER, by the application of HOKYO and KIRITANI's method. Res. Popul. Ecol. 12(1): 71—80.

4) IWAO, S. and KUNO, E.: 1968. Use of the regression of mean crowding on mean density for

estimating sample size and the transformation of data for the analysis of variance. Res. Popul. Ecol. 10(2): 210—214.

5) 巖 俊一・桐谷圭治：1973. 深谷昌次・桐谷圭治編「総合防除」pp. 415. 講談社. 東京.

6) 葛西辰雄・尾崎幸三郎：1972. イネの穂揃期におけるツマグロヨコバイの被害。四国植防研究7：1—4.

7) KIRITANI, K., HOKYO, N., SASABA, T. and NAKASUJI, F.: 1970. Studies on population dynamics of the green rice leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER: Regulatory mechanism of the population density. Res. Popul. Ecol. 12: 137—153.

8) 久野英二：1968. 水田における稲ウンカ・ヨコバイ類個体群の動態に関する研究。九州農試彙報14(2)：131—246.

9) 栗原徳二：1966. すくい取り法による水田のツマグロヨコバイ個体数の調査。関東東山病虫研報13：87.

10) 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(5)：200—203.

11) NABA, K.: 1981. Regional difference in the feeding damage caused by the green rice leafhopper to paddy rice in Japan. "International symposium on problems of pest management in developing countries"; proceeding of a Symposium on Tropical Agriculture Research, Kyoto, August 6—7, 1980. Tropical Agriculture Research Series. 14: 73—81.

12) 中筋房夫・野村性孝：1968. ツマグロヨコバイの被害。四国植防研究3：21—26.

13) 大兼善三郎・滝田泰章・内藤 篤：1979. 水稻の生育後期におけるツマグロヨコバイの吸汁部位。応動昆23(1)：11—16.

14) SOUTHWOOD, T.R.E.: 1978. Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations. pp. 391. Methuen and Co. Ltd. London.

15) 高井 昭・伊藤嘉昭・中村和雄・宮下和喜：1965. マーキング法とすくい取り法によるツマグロヨコバイ個体数の推定。応動昆9：5—11.

16) 山口福男・藤本 清：1969. ツマグロヨコバイの被害に関する2、3の考察。兵庫農試報告17：41—43.

Studies on the Direct Feeding Damage due to the Green Rice
Leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER, on rice plants

1. Methods of population estimation of *N. cincticeps*
on rice plants at the reproductive stage

Kunihiko NABA

Summary

In recent years in south-western Japan, the green rice leafhopper, *N. cincticeps* has occurred on rice plants in the latter growing season much widely and frequently. But the relation between the leafhopper population density toward the heading stage and the degree of the feeding damage by this insect pest has been unexplained distinctly. The accurate estimation of actual population density on rice plants at the reproductive stage is important for judging the necessity of pest control. The availability of two commonly used methods of population estimation was investigated on three rice varieties in ten fields.

1) Sample size necessary for the absolute leafhopper density were calculated from the relationship between mean crowding and mean density by the application of Iwao and Kuno's method.

2) The efficiency of direct counting was obtained by the comparison with covering method as a absolute population estimation, namely the enclosure of a rice plant and leafhoppers within a sack made of polyester fibers. The mean efficiency of adults and that of nymphs were ca. 44 % and ca. 30 % in the latter growing season, respectively, probably because of the active movement of leafhoppers and the exuberance of foliage.

3) The coefficient of variation of population estimation by sweeping method became small at the milk-ripe stage when the spatial distribution pattern of leafhoppers was nearly random.

4) The efficiency of sweeping method obtained by the comparison with covering methods as a absolute population estimation became high gradually with the advance of ripening. The sweep efficiency of adults was ca. 18 %, 22 % and 26 % at the heading stage, the full-heading stage and the milk-ripe stage, respectively. The sweep efficiency of nymphs was ca. 6 %, 21 % and 26 % at the heading stage, the full-heading stage and the milk-ripe stage, respectively. Changes in sweep efficiency was mainly due the change of the vertical distribution of leafhoppers.

5) The formula of converting leafhopper numbers per n strokes of sweeping into leafhopper numbers per plant was obtained as follows;

$$Nh = \frac{100}{e} \cdot \frac{Ns}{a \cdot b \cdot n}$$

Nh: Leafhopper numbers per plant, Ns: Leafhopper numbers per n strokes of sweeping, e : Sweep efficiency at each growth stage of rice plants, a : Area covered with one stroke of sweeping—ca. 1.33 square meters, b : Planting density—22.2 hills square meters with common practice in Hiroshima Prefecture.