

民國64年12月5日「水稻病蟲害
損失估計」研討會講稿

水稻鼠害損失估計¹

Estimation of Rat Damage to Growing Rice

古 德 業²

T. Y. Ku

- | |
|---------------|
| 一、前言 |
| 二、損失估計之重要性及現狀 |
| 三、水稻鼠害損失估計方法 |
| 四、討論 |
| 五、參考文獻 |

摘要：水稻受鼠害的損失估計，文獻報導不多，考其原因不外乎技術上的困擾，極難正確地擬出一套方法從事於損失調查。鼠類比病菌或蟲類個體大，在田間之繁殖數量要遠比病蟲為少。況且水稻在生長過程中如受到鼠類為害咬斷，水稻可重新生長分蘖，以至在收穫時難以實際辨認及算出早期為害的稻株產量損失情形。因此在實際估計損失時，必須以水稻結穗至收穫時為最適當時期；而所得到的結果亦僅能代表此一時期的為害度，並無法反映出早期的為害如何。且稻田中鼠類為害一般皆密集於其棲息出沒場所之鄰近周圍或其活動（如覓食、尋偶）途徑上隨機為害，其為害程度的高低受水稻生長期、稻田水位之高低及作物相而差異甚大。同時一般鼠類為害水稻呈點狀沿着路邊為多，可說無均勻之為害可言。如何着手估計損失實為不易。現就筆者綜合各國文獻報導，把鼠類為害水稻的損失估計方法蒐集成章，分別以直接與間接二法做一綜合論述。

一、前 言

近年來農作物之生產，經由病蟲害防治及育種等之研究發展，使產量逐漸增加；惟有害脊椎動物如鼠害鳥害等之防治研究，仍有待加強，以減少農作物遭受損耗。

由生態演化觀點而言，在數世紀前，因人口較少，糧食有餘，且廣大地區尚未開發，在地廣人稀的情況下，有害脊椎動物於其棲息處所中可獲得之食物不虞匱乏，又其天敵數量較多，故有害動物尚不足以構成威脅，而人類與有害動物之間的生存競爭比較不易產生明顯衝突。但因隨着人口之增多，開發地之增大，人為的因素造成更多、更大、更具保障的鼠類棲所，加上天敵如鷹、蛇等棲所之縮小及被獵食，以及鼠類本身之優良生存習性，如體形小、行動敏捷、晝伏夜出、雜食性（幾乎對任何食物都能適應）及繁殖力高等，在如此有利條件下使其繁衍不絕。

鼠類對農作物的損害範圍很廣，由作物播種期開始，以至生長期、收穫及儲藏期間均可造成直接

1. 臺灣植物保護中心農藥毒理組綜合論述第 2 號。本文在撰寫期間承陳秋男博士提供卓見，謹此誌謝，並承本中心農藥毒理組宣永康君協助搜集文獻及整理資料，一併誌謝。
2. 臺灣植物保護中心技正俞農藥毒理組組長。

嚙食爲害以及間接之爲害如鼠之糞尿可污穢糧食，帶菌傳染疾病等。鼠類亦可爲多種寄生蟲之寄主及病菌之媒體 (vector)，雖平時不易直接察覺，但其潛在之危險性，可依其攜帶病蟲之感染力而顯示其重要性。這些都是無形的潛在的爲害。本文僅就有形的、直接的損失爲害，蒐集文獻，整理成章。換言之，本文爲針對着田間鼠類爲害農作物之估計方法做一綜合性的介紹。

二、損失估計之重要性及現狀

任何可造成農作物損失的因子，在生產操作過程中皆應事先防患或在其發生時採取適當措施。然而造成損失的因子很多，諸如天然災害、病、蟲、草及有害脊椎動物等。此外，爲因應增產所需，農業用化合物 (Agrochemicals) 如肥料、農藥等，如使用不當亦可使作物受損。甚至因科技工業的發達及人類的需求結果，乃構成許多所謂公害問題 (包括水、空氣污染及資源匱乏)，亦可使農作物的生長及產量受到影響。綜合上列因子可能造成農作物產量的總損失每年可達 30% 以上，尤其是在發展中的國家，損失將更趨嚴重^(8,10,11,12,37)。如何減少或克服構成損失的因子乃爲當今糧食增產之重要課題。

據世界糧農組織 (FAO) 專家 Parkin 氏估計⁽²⁴⁾ 每年由鼠類所造成糧食的損耗，約佔全世界糧食收穫量的 5%，此數足可供給十三億人口食用一年。又據 Bruce-Chwatt 氏⁽⁷⁾ 之估計，每年因鼠類與昆蟲所造成農作物之總損失，約佔四千億美元，而其中五分之一 (約八百億美元) 之損失爲鼠類所造成。又據專家報告，印度有老鼠廿四億隻，每年消耗穀物八百餘萬公噸，相當於該國 1974 年進口糧食的二倍⁽¹²⁾。換言之印度每年約受鼠類損耗糧產一成以上，如把這些穀物以火車裝運時需三千英里長的車箱裝載^(11,25)。由以上資料的顯示，雖未必十分準確，但無疑地均強調鼠類爲害農作物之重要性。

臺灣地處亞熱帶及熱帶，四季氣候溫和，且農地使用劃分複雜，造成許多良好的鼠類棲息場所，致鼠害甚爲嚴重。據 1971 年的調查估計⁽³⁾，臺灣鼠隻數約爲人口的四倍，以當年人口推算約爲 5,600 萬隻，如以一般估計，以每隻一年消耗糧食五公斤計算，則每年總消耗糧食達廿八萬噸以上。臺灣農作物受野鼠之爲害，根據臺南區農業改良場調查報告，落花生受害率爲 5.69—22.5%，甘藷爲 1.6—16.1%。蔗園方面，在臺灣日據時期，甘蔗平均受害率爲 4.64%。臺灣光復後經過每年之防治，據臺糖公司 46/47 年期及 47/48 年期調查結果，平均甘蔗受害率爲 1.6%^(3,38)。

三、水稻鼠害損失估計方法

水稻受鼠害的損失估計，文獻報導不多，考其原因不外乎技術上的困擾，極難正確地擬出一套方法從事於損失調查。鼠類比病菌或蟲類個體大，在田間之繁殖數量要遠比病蟲爲少。況且水稻在生長過程中如受到鼠類爲害咬斷，水稻可重新生長分蘗，以至在收穫時難以實際辨認及算出早期爲害的稻株產量損失情形。因此在實際估計損失時，必須以水稻結穗至收穫時爲最適當時期；而所得的結果亦僅能代表此一時期的爲害度，並無法反映出早期的爲害如何。且稻田中鼠類爲害一般皆密集於其棲息出沒場所之鄰近周圍或其活動 (如覓食、尋偶) 途徑上隨機爲害，其爲害程度的高低受水稻生長期、稻田水位之高低及作物相而差異甚大。同時一般鼠類爲害水稻呈點狀沿着路邊爲多，可說無均勻之爲害可言。如何着手估計損失實爲不易。現就筆者綜合各國文獻報導，把鼠類爲害水稻的損失估計方法，自認爲可實際應用於臺灣地區者，蒐集成章，分別以直接與間接二法簡述如下：

(一) 直接鼠害損失估計：

1. 以直接在水稻田中鼠害損失估計做得最多的爲在菲律賓的鼠害研究中心 (Rodent Research

Center)。該中心自 1968 年開始即着手研究發展一種可靠的直接損失調查方法^(25,27,28,29,31)。該中心所建立的方法⁽³⁴⁾為先在水稻田中隨機選取十行水稻，並在每行水稻中隨機選取 10 撮，檢查總數 100 撮中水稻被害之情形。在這些受檢的稻撮中，被切斷或未被切斷之每株水稻均需記錄，檢查 100 撮的被害率可用下列公式計算之：

$$\text{Percent damage} = \frac{AB}{B+C}$$

$$\text{即 被害率} = \frac{\text{被害撮數 (A)} \times \text{被害撮內之未被害株數 (B)}}{\text{被害撮內之未被害株數 (B)} + \text{被害株數 (C)}}$$

以上之計算水稻被害率之公式僅適用於取樣單位為 100 者。利用此公式估計損失須假定當水稻收穫時，水稻之損失與被鼠害或剪斷之株數之累積數成比例。換言之，這種公式計算被害率之最適當調查時期為在水稻接近收穫時，如在收穫前二至三星期為最常被選用的時期；此時水稻之損失應於被剪斷之株數成正比。因此如欲利用此公式，有下列諸情況時則損失率估計結果偏差較大：

- (1) 調查區水稻在早期生長期間受到鼠害切斷而做損失估計時，因切斷之稻株重新生長抽穗，在收穫時可得到捕償損失，是故影響真正的損失估計。
- (2) 被切斷的稻株如有腐爛或踏蹋到無法辨認程度時。
- (3) 稻穗切斷株在收穫調查時無法辨認者。
- (4) 受鼠害之稻株同時有其他的病蟲為害時。
- (5) 除此之外，因不同品種及不同耕作法，產量有極大的差異，因此各個地區的水稻產量須確走，否則其損失百分率是不能表示實際損失的。

為了要得到被害水稻株數與產量減少之關係，菲律賓鼠害研究中心 Guerrero 氏⁽¹⁴⁾研究鼠類在田間實際及模擬的為害結果，證明對各種損害程度之間並無統計上顯着的差別，但當大部分的稻撮有 20% 之水稻株數被剪去時，不論何種生長時期稻谷產量將減少 15~40%。根據水稻被害時間的不同，稻穗被剪斷 60% 時，稻谷平均產量減少 9 至 64%。稻撮被鼠害食達 10~30% 時，水稻產量減少 25%，而當稻撮被害 50~70% 時，平均產量減少 56~81%。

雖然利用上述公式估計鼠類為害水稻的方法有許多限制，然因其在實際應用時簡單及所需人工少，似可沿用於一般水稻栽培地區。

2. 除利用上述之損失估計公式之外，在較早時期 Mochizuki 氏⁽²¹⁾曾以直接目測觀察的方法做為損失估計的依據。依照他的方法損失估計的等級可分為⁽³⁹⁾：

為害等級	徵	狀	估計損失百分率
極嚴重	幾乎全區稻撮受害		90%+
嚴重	半數或半數以上水稻受害		50~90%
中等	調查區內少於一半水稻受害		10~50%
輕微	很明顯呈點狀分佈為害		10%
極輕微	必須在勤慎檢視後才能發現為害		1%
無	無損害		0

利用上表之直接目測觀察，調查區之面積可自一分地至一甲地均可做實際損失估計之比較，利用此法可很簡便地概略估計用毒餌防除鼠類之效果如何。適用之放毒時間為配合水稻自抽穗期以至成熟收穫時為止，分段估計水稻被鼠害之損失情形。

(二) 鼠害損失間接估計:

在上節中敘述利用直接採樣觀測的方法估計損失，直接法適合應用於水稻結穗後及收穫前的期間內做調查估計較為精確，也僅能代表在該時間內鼠類所能造成的田間為害程度。

利用間接法，即以鼠類在田間之棲群密度 (population density) 來估計推算其可能造成對水稻之損耗程度。且經由密度測定可以反映當時之棲群密度之高低，所造成水稻損失之多寡及作為擬定防治對策之參考依據。再者，密度測定可做為防治鼠類效果之判定。

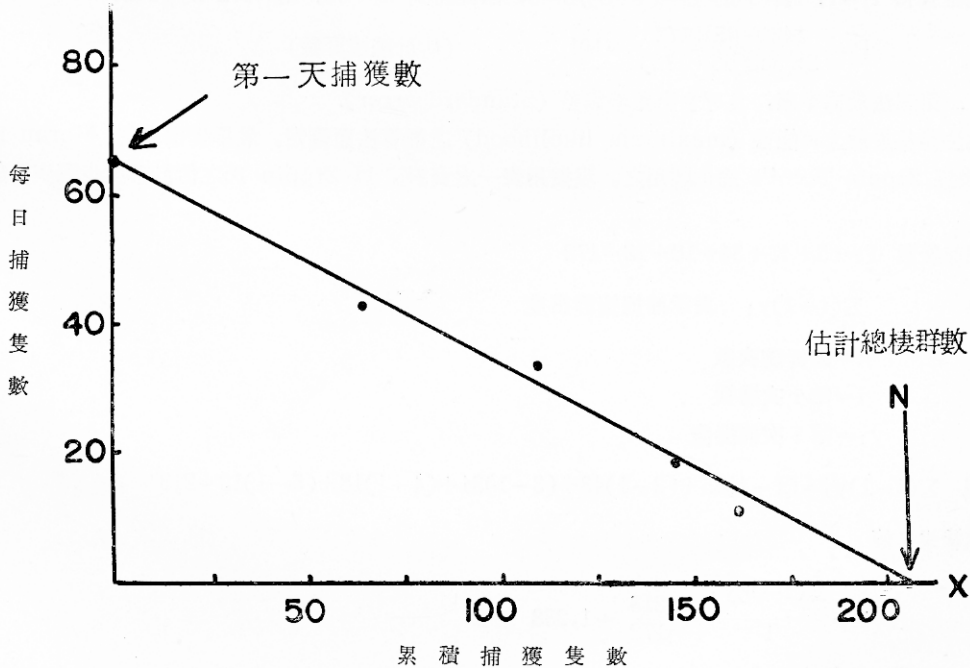
一般測定密度可分為二種：一為測定棲群之絕對密度 (absolute density)，亦即估計出在調查區域中之所有的動物數目 (即 number of animals/per unit area)；另一為相對密度 (relative density)，即憑藉累積的資料推算出不同地區間各棲群密度差異的比例，但無法知道各種棲群間的確實的棲群數目。又相對密度常被用研究同一地點在不同時間中，其棲群消長 (fluctuation) 的情形^(23,31,33)。就損失估計而言，以採用絕對密度之測定方法為宜。最常用的測定鼠類的絕對密度方法為1.捕捉除去法 (removal trapping)；2.標識再捕法 (capture, marking and release, CMR) 及3.誘餌法 (baiting)。其他各法估算密度之準確性較差，在此不為推介^(5,9,19,20,23,31,36)。

(一) 捕捉除去法:

為在欲測定之區域內，擺設捕鼠籠 (live traps) 或捕鼠夾 (snap traps) 依調查鼠種及作物相之不同，捕鼠籠擺設之距離可做適當之調整。就水稻田而言，一般為每隔 10 公尺置放一個，每公頃放置 100 個。每個鼠籠應分別編號，並蓋以乾草以避免鼠類起戒心。每日捕獲之鼠隻種類及性別登記後將鼠隻除殺後籠子仍放回原處。如此連續捕捉 3 至 7 天即可。利用捕捉除去法所得的調查資料可經由下列三法來分析：

A. 最簡便的為用 Hayne 氏圖式推走法⁽¹⁵⁾ 或迴歸直線法 (regression method)。

以表一為範例，捕捉 5 天，得到鼠隻數可依次繪在如圖一所示之方格紙上。其法為將第一次捕獲



圖一、以迴歸直線估計棲群密度

表一、鼠類捕獲數

時 間	每日捕獲數 (Y)	累積捕獲隻數 (X)
第 一 日	65	0
第 二 日	43	65
第 三 日	34	108
第 四 日	18	142
第 五 日	12	160

之數點在Y軸(縱軸)上,而將第二次以後捕獲之相對累積數點在坐標上即可,然後連接各點所形成之迴歸直線與橫軸(x軸)交會處,即為估計之鼠隻數目。 $N=204$ 隻。

B. Kono 氏估計密度法⁽¹⁷⁾:

利用 Kono 氏法求密度乃基於一種假設,即捕獲數與時間呈一指數關係,並考慮其所捕獲者僅為三個間隔相等之時期,

即 t_1, t_2 及 t_3 。

$$\text{且 } t_3 = \frac{1}{2}(t_1 + t_2)$$

$$\text{即可求 } P = \frac{n_3^2 - n_1 n_2}{2n_3 - (n_1 + n_2)}$$

其中P為總棲群數估計值,而 n_1, n_2, n_3 為在捕獲時間 t_1, t_2 及 t_3 之累積捕獲數。如以表一之範例推算得 $t_1=1, t_2=5$ 則 $t_3=(1+5)/2=3$, 因此得到 $n_1=65, n_2=172, n_3=142$ 。

$$P = \frac{142^2 - 65 \times 172}{2 \times 142 - (65 + 172)} = 191 \quad (\text{估計總棲群數})$$

C. 第三法最為準確,且可求出標準機差(Standard error)。

此法為基於最大可能性(maximum likelihood)之推算法而擬定。最早提出者為 Moran 氏⁽²²⁾,後經 Zippin 氏^(40,41) 簡化應用之。現採用表一之資料,以 Zippin 氏之估計密度步驟演算如下:

總捕獲數 $T = 65 + 43 + 34 + 18 + 12 = 172$

以 $\sum_{i=1}^k (i-1)y_i$ 表示捕捉棲群密度

k = 捕捉總次數

i = 第 i 次捕捉

y_i = 第 i 次捕捉數

$$\text{則 } \sum_{i=1}^k (i-1)y_i = (1-1)65 + (2-1)43 + (3-1)34 + (4-1)18 + (5-1)12 = 213$$

然後求R值

$$R = \frac{\sum_{i=1}^k (i-1)y_i}{T} = \frac{213}{172} = 1.238$$

$$\text{且 } R = \frac{q}{p} - \frac{kq^k}{(1-q^k)}$$

由 Zippin 氏 R 值表⁽⁴⁰⁾，可求出相關之 $1-q^k$ 值及 P 值。

即當 $R=1.238$ 時，得 $1-q^k=0.85$ 及 $p=0.33$ 。

$$\text{則 } P = \frac{T}{1-q^k} = \frac{172}{0.85} = 202$$

且 P 值之標準機差 (Standard Error, S. E.) 為;

$$S.E. = \sqrt{\frac{P(P-T)T}{T^2 - P(P-T) \left[\frac{(kp)^2}{(1-p)} \right]}} = \sqrt{\frac{202(202-172)172}{172^2 - 202(202-172) \left[\frac{(5 \times 0.33)^2}{(1-0.33)} \right]}} = 15$$

故可求得 95% 信賴限界 (confidence limit) 之密度估計值為

$$202 \pm 2 \times 15 = 202 \pm 30$$

由以上三法之比較，無論是用 Hayne 之迴歸直線法或 Kono 氏之方法皆為在 Zippin 氏之方法估計值內。

Zippin 氏^(40,41) 指出，捕獲數愈多，則密度估算值當愈為精確，可用表二中之變異係數 (Coefficient of variation, Estimate/standard error $\times 100$) 看出其相關性；例如欲得 30% 之變異係數，則須有半數以上的動物自其棲群中被捕獲。

表二、棲群捕獲數與變異係數之比例⁽⁴⁷⁾

P	Coefficient of variation			
	30%	20%	10%	5%
Proportion (to nearest 05) of population to be captured (in 100 or fewer trappigs)				
200	.55	.60	.75	.90
300	.50	.60	.75	.85
500	.45	.55	.70	.80
1,000	.40	.45	.60	.75
10,000	.20	.25	.35	.50
100,000	.10	.15	.20	.30

(二) 標識再捕法 (CMR):

此法為將捕獲之鼠，予以標識 (如剪腳趾及耳等)，然後釋放於原捕獲處，經過一段時間後，再行捕捉。在執行標識再捕法時必須假設:

- (1) 在測定期間，鼠類之棲群數呈穩定狀態。
- (2) 棲群中，每隻鼠類被捕捉之或然率相等，且標識與未標識者之被捕獲機會亦相等。

標識再捕法估計棲群數目的方法如下^(31,32,35,33):

$$N : T = n : t$$

$$N = \frac{T}{t/n} \text{ 或 } \frac{n T}{t}$$

T = 為測定密度前所捕獲而經過標識的數目。

t = 為在密度測定期間所捕獲有標識的數目。

n = 為在密度測定期間捕獲鼠隻的總數。

$N =$ 棲群數目估算值。

例如在調查區內，在測定密度前所捕獲之鼠而經作標識再行放回水稻田中的有 39 隻 (T)，經過適當時間後（以一星期左右為定）再行捕捉，在測定期間內捕獲有標識的 15 隻 (t) 及 19 隻未作標識的，將其代入上式得：

$$N : 39 = 34 : 15$$

$$N = \frac{39}{15/34} = 88$$

其 95% 之信賴限界可依下式計算之

$$\begin{aligned} S. E. &= \sqrt{\frac{T^2 n(n-t)}{t^3}} \\ &= \sqrt{\frac{(39)^2 (34) (34-15)}{15^3}} \\ &= 17.06 \end{aligned}$$

由此可得上限為 $88 + 2 + 17 = 122$

下限為 $88 - 2 + 17 = 54$

由此一範例，得該調查區之鼠隻數目密度約界於 54 隻與 122 隻之間。此種大的棲群密度範圍乃為研究野生動物之典型現象。

標識再捕法的應用及其推算密度的變通方法有多種^(29,31)，現僅就較簡單具有實際應用的 Schnabel 氏之方法舉例說明之^(31,32)

表三、Schnabel 氏棲群密度估算法^(31,32)

時 期	A		B		A×B		C	A×B C 累積值 棲 群 估計值
	誘捕數	標識數	標 識 累積數	A×B	累積值	再捕數 累積值		
1	4	4		60	0			
2	4	4	4	16	16	0	0	—
3	2	2	8	16	32	0		—
4	6	6	10	60	92	0		—
5	10	7	16	160	252	3	3	84
6	4	4	23	92	344	0	3	115
7	8	6	27	216	560	2	5	112
8	4	2	33	132	692	2	7	99
9	5	4	35	175	867	1	8	108
10	7	6	39	273	1140	1	9	127
11	7	6	45	315	1455	1	10	145
12	9	7	51	459	1914	2	12	159
13	6	3	58	348	2262	3	15	150
14	10	6	61	610	2872	4	19	151
15	8	5	67	536	3408	3	22	154
16	6	1	72	432	3840	5	27	142
17	4	2	73	292	4132	2	29	142
18	12	7	75	900	5032	5	34	148
19	8	4	82	656	5688	4	38	149

由表三的列舉的資料中，在方法上易於推算估計棲群數目。但是由表三中顯示，如果用標識再捕法所得到的再捕獲鼠隻數為零時，則 Schnabel 氏的方法難以應用；因為由推算所得到的結果，棲群數目為無限大。此外，如果在調查區的鼠類棲群動態未完全趨於穩定時，例如表三之第一次至第十次之捕捉時期所得到的估計棲群數較後期第十一次以後的為低。表三顯示，第十一次以後的估計值漸趨一致，這反映鼠隻在調查區內相當穩定，此階段之估計值更具有代表性。

依照 Schnabel 的方法，筆者就省政府農林廳於 63/64 年期進行調查的野鼠密度測定地區中選出數個地區（表四）做一實際之演算範例（4）：

表四、以 Schnabel 方法估算臺灣五個地區之鼠類棲群密度，以一公頃所得資料為例分析

地 點	時 期	A		B		A×B		C	A×B 累積值	C 累積值
		誘捕數	標識數	標 識 累 積 數	A×B	累 積 值	再捕數			
雲 林 縣 褒忠、六塊寮 (水稻田)	1	7	7	0	0	0	0	0	0	0
	2	9	5	7	63	63	4	4	16	
	3	9	3	12	108	171	6	10	17	
	4	12	2	15	180	351	10	20	17	
	5	15	3	17	255	606	12	32	19	
雲 林 縣 褒忠、馬鳴山 (水稻田)	1	13	13	0	0	0	0	0	0	0
	2	10	5	13	130	130	5	5	26	
	3	9	5	18	162	292	4	9	32	
	4	10	3	23	230	512	7	16	32	
	5	8	1	26	208	720	7	23	31	
嘉 義 民 雄 (水稻田)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	3	2	1	3	3	1	1	3	
	3	3	1	3	9	12	2	3	4	
	4	2	1	4	8	20	1	4	5	
	5	5	3	5	25	45	2	6	7	
嘉 義 民 雄 (甘蔗園)	1	34	34	0	0	0	0	0	0	0
	2	37	28	34	1,235	1,258	9	9	140	
	3	32	19	62	1,984	3,242	13	22	147	
	4	31	10	81	2,511	5,753	21	43	134	
	5	27	8	89	2,403	8,156	19	62	132	
嘉 義 朴 子 (水稻田)	1	7	7	0	0	0	0	0	0	0
	2	2	2	7	14	14	0	0	0	
	3	2	0	9	18	32	2	2	16	
	4	4	3	9	36	68	1	3	23	
	5	3	2	12	36	104	1	4	26	
臺 南 西 港 (雜作區)	1	26	29	0	0	0	0	0	0	0
	2	16	16	26	416	416	0	0	0	
	3	22	18	42	924	1,340	4	4	335	
	4	19	17	60	1,140	2,480	2	6	413	
	5	17	14	77	1,309	3,789	3	9	421	

(三) 誘 餌 法

沿用此法，最好在田間作物收成後，即田間鼠類食物缺乏時進行。本法為擺放不含毒的餌料（如糙米），並於每日測量其實際消耗量，除以每隻每日平均吃食量（見表5）⁽²⁾，即可得密度估計值。誘餌法之結果分析最好利用捕捉除去法所得之試驗區野鼠種類數目及組成百分率，以便換算及得到一較為準確之估計密度值。

表五、野鼠食量調查表

名 稱	平均每隻體重 (克)	攝食量 克/隻/日	攝食量 克/公斤體重/日
月 鼠	12	1.7	141
赤 背 條 鼠	24	3.1	129
小 黃 腹 鼠	110	7.8	74
溝 鼠	330	20.1	61
鬼 鼠	470	22.6	48

四、討 論

水稻田或其他農作物田間鼠的棲群是動態而非靜止的。尤其是在作物相複雜的情況下，野鼠的種類及組成時刻變更，密度在不同時間亦經常改變。本省水稻田之野鼠種類及週年消長常因季節及環境的改變而變動。臺灣的水稻田野鼠種類具經濟重要性者有五種^(3,6,16)，即以體形由大而小依次為鬼鼠 (*Bandicota nemorivaga*)，溝鼠 (*Rattus norvegicus*)，小黃腹鼠 (*Rattus losea*)，赤背條鼠 (*Apodemus agrarius*) 及月鼠 (*Mus formosanus*)。此五種野鼠之棲息環境及為害農作物之對象甚為複雜^(1,18,38)。如以捕捉之地點、數目及由作物害徵狀推測其出現頻率⁽¹⁸⁾，可得下列之結果：赤背條鼠及小黃腹鼠主要棲息地為稻米區；月鼠分布範圍較複雜，可在水稻、甘蔗、雜作、雜草間棲息；鬼鼠在甘蔗田、水稻田、雜作區及山坡地均有出現，為害對象甚雜；溝鼠不常在作物區捕捉到，主要散棲於村莊房舍附近、家畜飼養場、及山腳邊。野鼠在田間之週年消長及活動為害情形因性別 (圖二) 種類 (圖三) 及季節而相差甚大⁽¹⁸⁾。因此野鼠之棲群動態同時受野鼠本身及環境因子的影響，這些因子在自然界中控制野鼠之棲群消長及對農作物的為害度。其中各個因子是錯綜複雜而相互關連的，因此欲測定野鼠對農作物之損失估計時，首需對各因子之影響作長時間的瞭解與研究。

本文對水稻損失估計雖分直接與間接二方面，但任何方法的使用需視調查區及工作人員的訓練程度而定。以直接抽樣調查水稻所得之結果，可獲得一最低之損失估計值，此乃因調查工作一般都選定在水稻收穫前三星期內進行，故一旦水稻莖被剪斷破壞時，即無法很快的重生 (regenerate)。同時在此調查期至水稻收穫時間，水稻受鼠害的損失為呈現有增無減的趨向。此外，利用此一直接測定法，亦可估算出季節性的或週年的鼠害損失趨勢。但應用此法時因不同地區作物相之不同或變動，其抽樣調查技術之選定最好能先與生統專家研討，以擇一適當之取樣方法。

間接測定損失之方法，以捕捉除去法在實際應用時較為可行及簡單，但對捕鼠籠之擺設數量要因地而調整。捕鼠籠擺設太多時則徒耗勞力，且可能影響調查區鼠類之正常行為，例如造成更多的遷入。但擺設太少時總捕獲率會降低，影響整個棲群密度之估計值。此外對捕鼠器具可能引起鼠類的畏懼性 (Trap-shyness) 應加以防範，例如可先行以乾草覆蓋偽裝。又標識再捕法 (CMR) 雖較具統計學理上的依據，所估算之棲群密度亦相對最為準確，但此法在實際應用時較耗時間及勞力，且因鼠類經標識記號後須重新放回田間，在全面性之調查鼠類密度時，難為一般農民所接受。鼠類棲群密度之測定宜以兩種以上之方法同時配合執行較為理想。

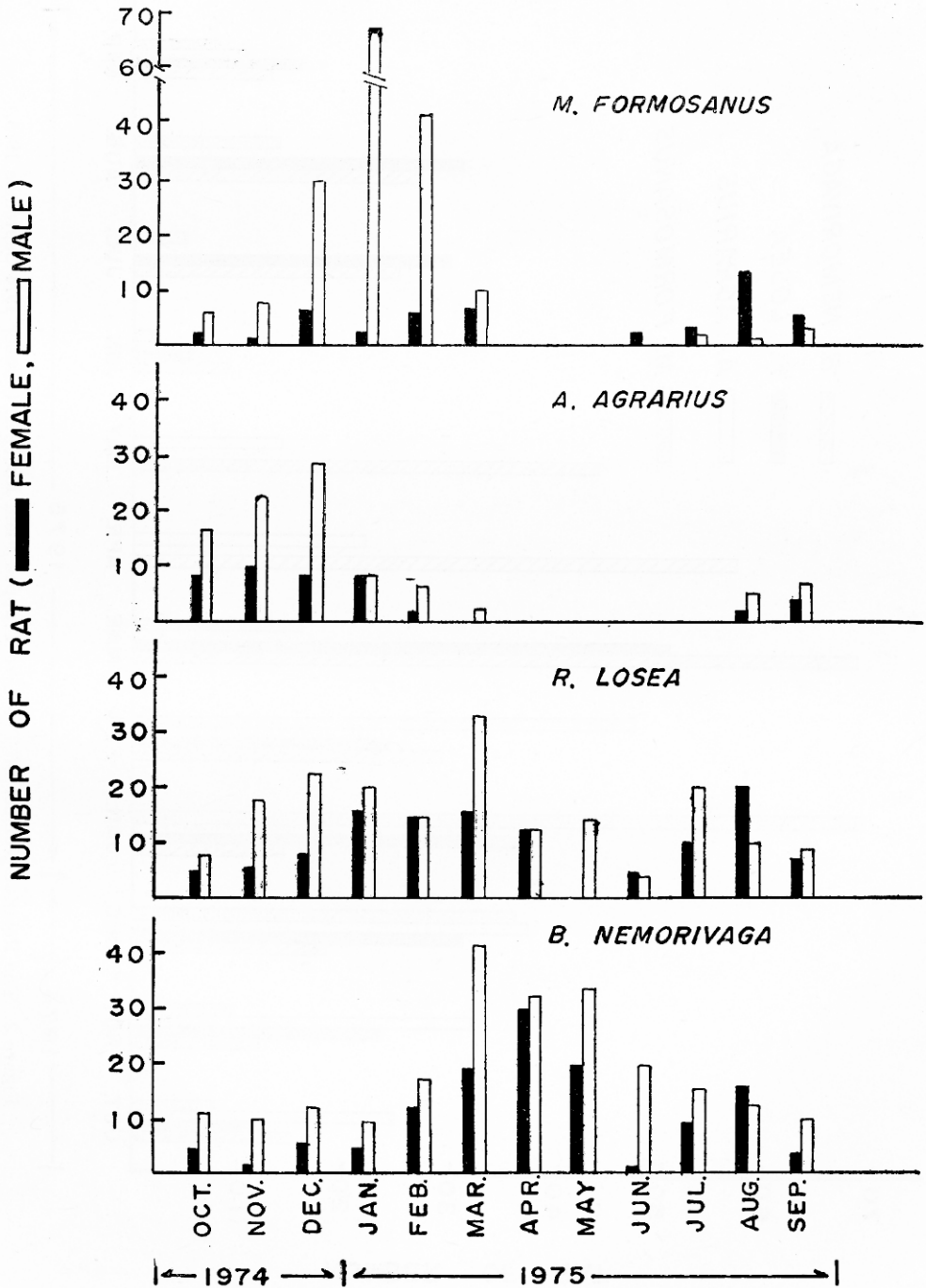


Figure 2. Sex Ratio of Live-Trapped Field Rodents.

圖二、田間捕獲野鼠之性比例

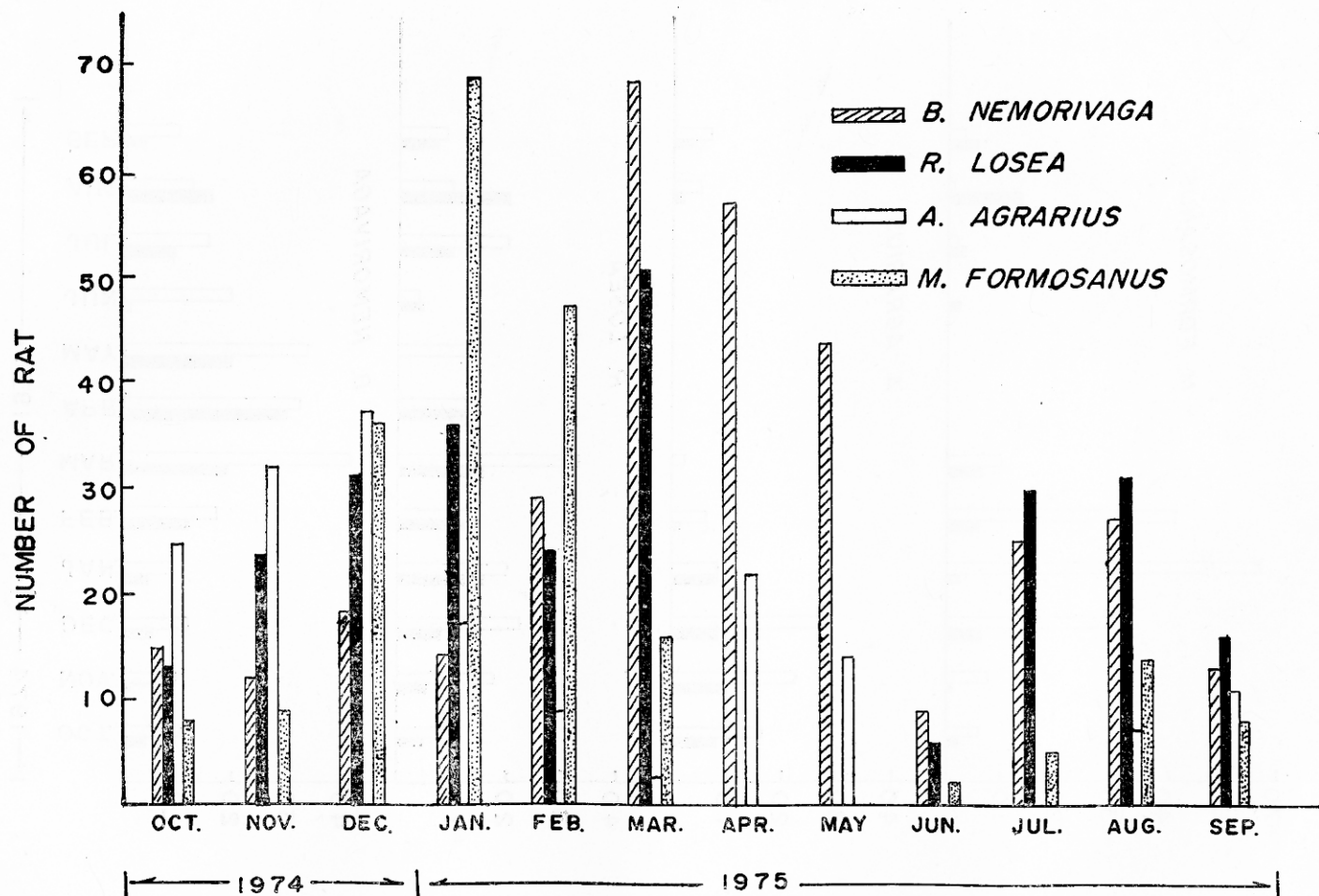


Figure 3. The Relative Number of The Live-Trapped Field Rodents, October 1974-September 1975.

圖三、中部地區野鼠之田間消長情形

五、參考文獻

1. 古德業、宣永康. 1975. 作物鼠害防治概論, 科學農業 23(7-8):327—335.
2. 古德業、宣永康. 1975. 田間野棲群密度綜合測定法, 臺灣植物保護中心 農藥毒理組技術專刊第六號.
3. 王鼎定、洪汝煌. 1971. 臺灣之野鼠防治, 臺灣農業 7(4):24-32.
4. 臺灣省政府農林廳. 1975. 63/64 年期鼠害防治及密度測定計劃.
5. Andrewartha, H. G. 1961. An introduction to the study of animal populations. Uni. Chicago Press, Chicago.
6. Aoki, B. and R. Tanaka. 1941. The rats and mice of Formosa illustrated. Association of Taiwan Museum.
7. Bruc-Chwatt, L. 1972. Pest Science. 3:467-475.
8. Crammer, H. H. 1967. Plant protection and world crop production. Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen, West Germany.
9. Davis D. E. (ed.) 1956. Manual for analysis of rodent Populations. Edwards, Ann Arbor, Michigan.
10. Ennis, W. B. Jr., W. M. Dowler and W. Klassen. 1975. Crop protection to increase food supplies, Science 188:593-598.
11. FAO. 1967. FAO symposium on crop losses, FAO. Rome.
12. Weed Science Soc. America. 1970. FAO International Conference on Weed Control.
13. Fletcher, W.W. 1975. The pest war. Basil Blackwell and Mott Ltd, Oxford.
14. Guerrers, R. D. 1970. The yield reduction of rice caused by mechanical and actual rat damage. M. S. Thesis, Rodent Research Center, Philippines.
15. Hayne, D. W. 1949. Two methods of estimating populations from trapping records. J. Mammal. 30(4):399-411.
16. Horng, W. H. 1959. A report on the Taiwan field rat control campaign. Plant Industry Series No. 17, Joint Commission on Rural Reconstruction, Republic of China.
17. Kono, T. 1953. On the estimation of insect population by time unit collecting. Res. Popul. Ecol. 2:85-94.
18. Ku, T.Y. 1975. Recent progress of rodent research in Plant Protection Center, Taiwan. Seminar on Rat Control, Oct. 21-26, 1975, ASPAC Food & Fertilizer Technology Center. Tokyo, Japan.
19. Marten, G.G. 1969. A regression method for mark-recapture estimation of population size with unequal catchability. Ecology 51:291-295.
20. Marten, G. G. 1972. Censusing mouse populations by means of tracking. Ecology 53:859-867.
21. Mochizuki, M. 1964. Investigation padi field rats in Malaysia in 1962-1964. Agri. Dept. West Malaysia, Kuala Lumpa. pp 1-83.
22. Moran, P. A. P. 1951. A mathematical theory of animal trapping. Biometrika 38:307-311.
23. Mosby, H. S. (ed.) 1962. Wildlife investigation techniques. The Wildlife Society, Washington, D. C.
24. Parhin, E. A. 1956. Stored product entomology. Ann. Rev. Entomol. 1:223-241.
25. Indian Government. 1968. Reports of Indian Food and Agriculture Ministry.
26. Annual Report. 1970. Rodent Research Center, College, Laguna, Philippines.
27. Annual Report. Rodent Research Center, College, Laguna, Philippines.
28. Annual Report. 1972. Rodent Research Center, College, Laguna, Philippines.
29. Annual Report. 1973. Rodent Research Center, College, Laguna, Philippines.

30. Annual Report. 1974. Rodent Research Center, College, Laguna, Philippines.
31. Seber, G. A. F. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Griffin, London.
32. Smith, R. L. 1966. Ecology and field biology. Harper & Row, New York.
33. Southwood, T. R. E. 1971. Ecological methods, Chapman and Hall, London.
34. Swink, F. N., J. P. Sumangil and D. O. Tolentino. 1974. A method of estimating rat damage to growing rice, Regional Training Seminar on Field Rat Control and Research, Mar. 4-5, 1974. Manila, Philippines.
35. Taber, R. D. 1956. Marking of mammals; standard methods and new developments. Ecology 37: 681-685.
36. Tanaka, R. 1975. Methods of assessing small rodent populations. Seminar on Rodent Control, ASPAC Food & Fertilizer Technology Center, Oct. 21-26, 1975. Tokyo, Japan.
37. U. S. Department of Agriculture Handbook 291. 1965. Losses in Agriculture.
38. Wang, P. Y. 1975. Control of rats in sugarcane fields. Seminar on Rat Control, ASPAC Food & Fertilizer Technology Center, Oct. 21-26, 1975. Tokyo, Japan.
39. Wood, B. J. 1971. Investigations of rats in ricefields. PANS 17(2):190-193.
40. Zippin, C. 1956. An evaluation of the removal method of estimating animal populations. Biometrika 12:163-189.
41. Zippin, C. 1958. The removal method of population estimation. J. Wildlife Management 22:82-90.
42. FAO. 1971. FAO manual on the evaluation and prevention of losses by pests, diseases and weeds, Crop loss assessment methods.