

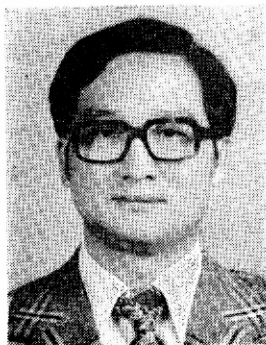
# 十字花科蔬菜主要害蟲密度估計取樣法

陳 秋 男

抽印自蔬菜害蟲研討會專刊第31頁至第36頁

中華民國七十三年四月

# 十字花科蔬菜主要害蟲密度估計取樣法



陳 秋 男

## 簡 歷

1. 民國五十四年臺灣大學農學士；六十二年美國伊利諾大學昆蟲學博士。
2. 民國六十二年十月起任職臺灣植物保護中心昆蟲組技正，至七十年兼任該組組長。
3. 民國七十二年一月起任職行政院農業發展委員會第三處植物生產組技正。
4. 曾參加國際性學術研討會十餘次，並在國內外發表著作三十多篇。

## 目 次

一、中英文摘要.....	32
二、緒 言.....	33
三、取樣調查的一般考慮事項.....	33
四、樣本必備之特性.....	33
五、樣本大小的決定.....	34
六、十字花科蔬菜主要害蟲之簡單逢機取樣法.....	35
七、引用文獻.....	36

## 摘 要

取樣調查的目的是希望經由少數代表性樣本，來準確地估計田間害蟲真正的棲羣密度，並冀望任何人採用同樣方法均能得到近似的估值，且其取樣機差小。為了達到上述目的，樣本必需具備三項特性，即代表性，隨機性及無偏性。樣本數目大小取決於(1)害蟲分布單位的大小；(2)害蟲分布單位聚集程度，亦即個體對其棲所空間之利用分配情形；及(3)取樣者對精密度要求的程度。基於上述要件，所需樣本數之多寡，可經下述三種方法計算求得：(1)利用  $n = \left(\frac{t \cdot s}{D \cdot \bar{x}}\right)^2$  式中  $t$  為學生氏  $t$  值， $s$  為標準偏差， $D$  為所需精密度（即  $S_{\bar{x}}/\bar{x}$  之比值）， $\bar{x}$  為平均密度。(2)經由Taylor的均方( $S^2$ )與平均( $m$ )之關係式： $S^2 = am^b$  來求得，其計算式為  $n = \left(\frac{t}{D}\right)^2 am^{b-2}$ 。(3)由Iwao和Kuno的平均擠度( $\hat{m}^*$ )與平均密度( $m$ )的直線迴歸式  $\hat{m}^* = \alpha + \beta m$  亦可求得，其計算式為： $n = \left(\frac{t}{D}\right)^2 \left(\frac{\hat{\alpha} + 1}{\bar{x}} + \hat{\beta} - 1\right)$ 。本文進一步介紹本省十字花科蔬菜主要害蟲之密度估計取樣法，已完成研究的種類計有：小菜蛾、白粉蝶、菜心螟、大菜螟、斜紋夜盜、偽菜蚜、桃蚜及黃條葉蚤等。（關鍵字：取樣、密度估計、花椰菜、甘藍、白菜、小菜蛾、白粉蝶、菜心螟、大菜螟、斜紋夜盜、偽菜蚜、桃蚜、黃條葉蚤）。

### ABSTRACT

Chen, C. N. 1983. Sampling for Population Estimation of Major Cruciferous Insect Pests. (Entomology Division, Plant Protection Center, Taiwan; Taichung, Taiwan, R. O. C.)

Basic principles and considerations in sampling insect population were briefly reviewed. Three formulae for the calculation of the sample size required were discussed. And a sample size table, derived from our unpublished data, for the major insect pests on three crucifers was provided to be adopted by the field workers. The pest species include *Plutella xylostella* and *Artogeia (=Pieris) rapae crucivora* on cauliflower; *Myzus persicae* and *Lipaphis erysimi* on cabbage; and aphids, *Crociodalomia binotalis*, *Oebia (=Hellula) undalis*, *Spodoptera litura* and *Phyllotreta striolata* on Chinese cabbage. (Key words: Sampling, population estimation, cruciferous insect pests, sample size table).

## 緒 言

密度估計法是研究害蟲棲羣生態，評估作物損失，決定防治需要性及瞭解防治效果的首要技術<sup>(1,10,11,12)</sup>。害蟲棲羣生態的研究常因缺乏可靠的密度估計方法而致無從着手，而蟲害管理的執行亦因未能發展適當的密度估計法而無法進行<sup>(3)</sup>。昆蟲密度估計法繁多，取樣法僅係其中簡便而可靠方法之一。大半生態學家都同意：「至目前為止，生態學中最嚴重的難題不在於理論、分析或解釋，而在於尋求田間可行的準確而無偏差的取樣方法」<sup>(2)</sup>。因此本文擬就作者過去幾年從事水稻及十字花科蔬菜主要害蟲的密度估計取樣法之研究心得，來討論取樣的一般原理原則，庶幾拋磚引玉，引起國內同行重視此問題，大家共同來研究，為植物保護莫立堅實的基礎。

### 取樣調查的一般考慮事項

影響取樣調查法之發展的因素很多，諸如生態的，統計的（即機率的），經濟的（人力、財力及時間）及物理的限制因素<sup>(9,11)</sup>。這些在發展取樣調查法之前應詳加考慮，並應設法一一克服。概略地說，取樣設計一定要先瞭解對象並決定目的。例如作物的生長發育過程，對象昆蟲之生活史，生活習性及在田間之散布情形及其變動等。如此才能考慮樣本單位（sampling unit）的選擇，取樣的工具，精密度（precision）的大小，所需樣本數（sample size）的多寡，如何進行取樣及多久應取樣一次等等<sup>(11)</sup>。

一般言之，樣本單位應儘可能小，因為抽取較多但較小的單位比取較少但較大的單位其再現性及效率要比較高。而做密度估計時，應考慮樣本單位需能用來估計絕對族羣<sup>(11)</sup>，至於樣本單位的選擇應注意到下列的原則：(1)每一單位應有均等機會被選上。(2)單位大小需穩定，否則應知其改變情形，以便做適當調整。(3)棲息於此樣本單位的昆蟲族羣之比率應維持一定。(4)此單位需能換算為單位面積或能換算出全部單位數。(5)樣本單位在田間需能易於界定，以便採樣。(6)樣本單位與蟲體大小相較不可太小，且需能涵蓋其個體活動空間之平均範圍。(7)樣本單位的選擇需能同時兼顧均方（variance）與費用（cost）<sup>(11)</sup>。

取樣調查法須確立在統計學的基礎上。要先瞭解昆蟲在田間可利用的棲息單位上之散佈（或集中）情形，以便估計樣本與樣本間的變異（即均方 variance）<sup>(4,5,6,9,11)</sup>。執行取樣時應避免使對象棲息單位遭受巨大干擾或破壞。除此之外，對於精密度（即可容忍的誤差，以標準誤差相對於平均值的比值為衡量標準）之要求，必需在人力、時間及經費允許的情形下來做決定，要求太嚴格則不經濟，因為取樣機差與樣本數之平方根呈反比（即  $S_{\bar{X}} = S\sqrt{n}$ ），要使估值的精密度提高一倍（即機差減半），則需增加原有取樣數的四倍樣本，此點宜加審慎考慮。

### 樣本必備之特性

取樣調查的目的是希望藉著少數代表性樣本，來準確地估計田間害蟲真正的棲羣密度，並冀望任何人採用同樣方法均能得到近似的估值，且其取樣機差小。換言之，即想利用樣本平均值（ $\bar{X} \pm s.e.$ ）來估計族羣平均（ $\mu$ ）。為使估值準確且誤差小，所取的樣本必須具有代表性（representativeness），沒有偏差（bias），並兼顧隨機性（randomness）。前二特性確

保樣本平均值能準確地估計族羣真值，亦即確保估值的準確性 (accuracy)。後一特性確保取樣機差 (s.e.) 之可靠性。為了使樣本真正具有代表性，樣本應儘量取自族羣的每一角落。為了符合隨機性，取樣時應設法讓族羣中的每一單位均有同等被選中的機會。同時，在進行取樣時對樣本不應有主觀的取捨，不可存有任何先入偏見，如此才能使得樣本免於偏差，以確保估值的無偏性<sup>(14)</sup>。

## 樣本大小的決定

一般言之，取樣數愈大則機差愈小，精密度愈高，所以取樣愈多愈好。但取樣太多則人力，時間及財力恐不勝負荷，所以在精密度的要求與調查成本之考慮間應取得適度的折衷，因此即需考慮到最適樣本數 (optimum sample size) 的決定方法，以避免不必要的過度取樣，減少無畏的浪費<sup>(8,11)</sup>。

樣本大小的決定須考慮兩大重要因素。一為昆蟲族羣內之個體對其棲所空間之利用分配情形。二為調查者主觀對精密度要求的程度。若個體均勻分散到樣本單位，使分布呈現齊一 (uniform)，則因為樣本間的差異小 (均方 < 平均)，所以僅需抽查少數樣本即可獲得準確可靠的估值。若個體之分散為隨機，此時變異加大 (均方 = 平均)，則需較多的樣本才能獲得同等可靠估值。然在田間情況下，極大多數昆蟲之個體分布呈現集中型 (aggregated)<sup>(11,13)</sup>，樣本間之蟲數差異更大 (均方 ≥ 平均)，此時往往因抽查的樣本數太少，以致高估或低估其均值，故在此情況下應更增大樣本數才能獲得與前二分布情況下之同樣精密度。至於精密度的要求，一般從事田間生態的研究者同意，當進行深入生態學研究時，應控制取樣機差於平均值的 0.05~0.10 範圍內，若為推廣性計劃則可放寬至 0.20~0.25<sup>(10,11)</sup>。

最適樣本大小 (n) 的決定，可經由下述公式求得：

1. 利用一般式<sup>(4,5,8)</sup>

$$n = \left( \frac{t \cdot s}{D \cdot \bar{x}} \right)^2 \dots\dots\dots(1)$$

2. 經由Taylor<sup>(18)</sup>的均方 (s<sup>2</sup>) 與平均 (m) 之關係式 s<sup>2</sup> = am<sup>b</sup> 代入(1)式

$$\text{得 } n = \left( \frac{t}{D} \right)^2 \cdot am^{b-2} \dots\dots\dots(2)$$

3. 經由Iwao & Kuno 的平均擠度 (mean crowding,  $\bar{m}^*$ ) 與平均密度 (m) 之直線迴

$$\text{歸式 } \bar{m}^* = \alpha + \beta m^{(7)} \text{ 亦可求得，其式為 } n = \left( \frac{t}{D} \right)^2 \left( \frac{\hat{\alpha} + 1}{\bar{x}} + \hat{\beta} - 1 \right) \dots\dots\dots(3)$$

上列諸式中  $\bar{x}$  為平均密度；D 為精密度 (即  $S_{\bar{x}}/\bar{x}$ )，一般設定為 D = 0.05~0.10 或 D = 0.20~0.25；t 為學生氏 t 值，可視所需信賴限界 (confidence limits) 的大小查 t 值表而得；s 為標準偏差；其餘 a, b 及  $\hat{\alpha}$ ,  $\hat{\beta}$  為得自各關係式的常數或統計值。由上列式中可知：當密度升高時，取樣數可相對地減少；當精密度要求嚴格時，則取樣數需倍增；當蟲子的分布愈集中時 (即 b 與  $\hat{\beta}$  大)，則所需樣本數也愈大。

## 十字花科蔬菜主要害蟲之簡單隨機取樣法

取樣調查十字花科蔬菜上之害蟲時，一般以整株、一葉或花球等為取樣單位，計數其上之蟲數<sup>(4,5,6)</sup>。底下就作者等初步研究結果，將幾種常見十字花科蔬菜上主要害蟲之密度估計，以簡單隨機取樣法 (simple random sampling) 執行取樣，設定精密度為  $D=0.20$  時所需之最少取樣數，列如下表 (陳秋男等未發表資料) 供作研究與推廣之參考，亦為將來改進之依據。

表 1. 三種十字花科蔬菜上主要害蟲密度估計所需取樣數

Table 1. A sample size table for the major insect pests on three crucifers ( $D=0.20$ ) (Chen, Hsiao & Su, unpublished).

A. 花 椰 菜				C. 白 菜			
平均密度 (隻/株)	小菜蛾 幼 蟲	白 粉 蝶 卵	白 粉 蝶 幼 蟲	平均密度 (隻/株)	桃 蚜	偽 菜 蚜	
0.01	7008	2847	2680	0.5	92	237	
0.1	708	308	264	1	57	139	
0.5		82	58	5	28	60	
1	78	54	32	10	25	50	
5		31	12	50	22		
10	15	28	9				
50		26	7				

B. 甘 藍				D. 白 菜				
平均密度 (隻/葉)	桃 蚜	偽 菜 蚜	兩 種 蚜 蟲	平均密度 (隻/株)	大 菜 螟	菜 心 螟	斜 紋 夜 盜	黃 條 葉 蚤
1	620	1246	1127	0.01	6989	3918	3084	3189
5	153	380	249	0.1	3930	356	998	638
10	95	272	140	0.5	2629	77	471	456
50	48	185	53	1	2210	39	339	95
100	42	174	42	5	1478	8	159	64
500	37	165	33	10	1243	4	115	16
				50	831	1	54	9

根據上表，取樣者到田間時，應先就自己的經驗猜測對象害蟲的密度，然後抽查一定數目的樣本 (比如30個樣本) 估算其密度，再對照表中的平均密度，若不足所需取樣數則應再取樣補足，如此即可確保所要求的精密程度。

## 引用文獻

1. 陳秋男。1977。取樣技術與蟲害管理。臺灣農業研究中心專刊第8號：143~152。
2. Gilbert, N., A. P. Gutierrez, B. D. Fraser, and R. E. Jones. 1976. Ecological relationships. New York: Freeman. 156pp.
3. Gonzales, D. 1970. Sampling as a basis for pest management strategies. Proc. Tall Timber Conf. Ecol. Anim. Control Habitat Mgt. No. 2:83-101.
4. Harcourt, D. G. 1961. Design of a sampling plan for studies on the population dynamics of the diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera: Plutellidae). Can. Entomol. 93:820-831.
5. Harcourt, D. G. 1962. Design of a sampling plan for studies on the population dynamics of the imported cabbageworm, *Pieris rapae* (L.) (Lepidoptera: Pieridae). Can. Entomol. 94: 849-859.
6. Harcourt, D. G. 1965. Spatial pattern of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*, on crucifers. Ann. Entomol. Soc. Amer. 58: 89-94.
7. Iwao, S. and E. Kuno. 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: 210-214.
8. Karandinos, M. G. 1976. Optimum sample size and comments on some published formulae. Bull. Entomol. Soc. Amer. 22: 417-421.
9. Morris, R. F. 1960. Sampling insect populations. Annu. Rev. Entomol. 5: 243-264.
10. Ruesink, W. G. and M. Kogan. 1975. The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. p. 309-351.  
*In*: R. L. Metcalf and W. H. Luckmann (ed.) Introduction to insect pest management. John Wiley & Sons. xiv+ 587pp.
11. Southwood, T. R. E. 1978. Ecological methods. 2nd ed. London: Chapman & Hall. xxiv+ 524pp.
12. Strickland, A. H. 1961. Sampling crop pests and their hosts. Annu. Rev. Entomol. 6: 201-220.
13. Taylor, L. R. 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature 189: 732-734.
14. Wadley, F. M. 1967. Experimental statistics in entomology. Chap. 2. Sampling. Graduate School Press. U. S. D. A. Viii+ 133pp.