

生物集團統計估計法 IV. 雜草集團的研究

王鑑明 戚經文

雜草集團的研究無論在實用上和理論上都是有很大的意義。農作物田間雜草集團的研究有助於雜草的化學防莠的研究工作。荒地雜草集團的研究有助於研究荒地植物生態上的植被調查工作。牧草地的牧草集團的研究有助於研究牧草混播的問題。提高到理論上的研究，我們可以通過雜草集團的研究來發現雜草種間互助和競爭的現象，作為雜草生物防除及牧草混播的理論根據。

作者在 1947 年華南農學院實習農場棉田內調查棉田雜草集團的分佈。該場土壤屬華南紅壤土，地勢高旱，缺乏灌溉。為了盡量減少調查工作量，故普查樣方(Census quadrat)僅為一平方市尺，由於棉田內雜草社會(Association)內各個種的植株細小，所以這樣大小的普查樣方仍屬合用，不嫌過小。全體調查一百個普查樣方，每個樣方內所發現的雜草種的名稱和株數加以記載，作為原始記錄(表 2)以便作進一步分析研究。調查裏邊所發現的雜草經鑑定後共有二十六種，屬於十二個科和二十六個屬。詳細列如表 1。

表 2 記錄一百個樣方內所發現的雜草種和各種的株數。由表 2 可以粗略知道最常出現的雜草有八種，即 G_1 , G_2 , G_4 , C_1 , C_3 , C_4 , $Cyp.$ 和 $Sol.$ 。

根據表 2 的資料我們可以找出麥棉田雜草各個種的統計分佈類型、種間相互關係和雜草密度與雜草統計分佈類型的關係。現在分別在下面介紹，希望有關方面加以批評和指正。

(一) 雜草集團的統計分佈類型

生物集團分佈一般是非隨機的，而隨機的生物集團分佈乃是特別，這個知識對於我們研究生物集團內的抽樣技術，具有莫大意義。

表 1. 1947 年華南農學院實習農場棉田雜草調查研究所發現的雜草名目表

中文名	英文名	科學名	所屬科名	代號
狗尾草	Green fox-tall grass	<i>Setaria viridis</i> L.	禾本科	G ₁
蟋蟀草	Yard grass	<i>Eleusine indica</i> Gaertn.	禾本科	G ₂
黃茅草	Woody grass	<i>Imperata cylindrica</i> Bearw.	禾本科	G ₃
五指草	Five finger grass	<i>Digitaria sanguinalis</i> L.	禾本科	G ₄
狗牙草	Bermuda grass	<i>Cynodon dactylon</i> Pers.	禾本科	G ₅
大葉紅頭草	Paspulum	<i>Paspulum orbiculare</i> Forst.	禾本科	G ₆
鯽魚草	Stink grass	<i>Eragrostis amabilis</i> (L.) Wright & Arn.	禾本科	G ₇
龍爪草	Crow-foot grass	<i>Dactyloctenium aegyptiacum</i> (L.) Richb.	禾本科	G ₈
藿香薊	—	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	菊科	C ₁
加拿大蓬	Fleabane	<i>Erigeron canadense</i> L.	菊科	C ₂
大葉鹹蝦花	—	<i>Synedrelia nodiflora</i> Gaertn.	菊科	C ₃
鬼針草	—	<i>Bidens Pilosa</i> L.	菊科	C ₄
豨薟	—	<i>Siegesbeckia orientalis</i> L.	菊科	C ₅
鱧腸	—	<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.	菊科	C ₆
假茵蒿	—	<i>Gynura crepidioides</i> Benth.	菊科	C ₇
牛石花	—	<i>Emilia sonchifolia</i> DC.	菊科	C ₈
土荆芥	Sweet-Secuted pigweed	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	藜科	Ch.
野棉花	Rose mallow	<i>Urena lobata</i> L.	錦葵科	Ma.
黃花酸醬	Sorrel	<i>Oxalic repens</i> Thumb.	酸醬草科	Ox.
龍珠果	Wild passion fruit	<i>Passiflora foetida</i> L.	西番蓮科	Pa.
飛蕩草	—	<i>Euphorbia Pilulifera</i> (L.) var. <i>hirta</i> (L.) Tnellg.	大戟科	Eup.
石胡荽	Money wart	<i>Centella asiatica</i> (L.) Urban.	繖形花科	Umb.
龍葵	Garden Huckleberry	<i>Solanum nigrum</i> L.	茄科	Sol.
鴨跖草	—	<i>Commelina communis</i> L.	鴨跖草科	Comm.
莎草	—	<i>Cyperus iria</i> L.	莎草科	Cyp.
野苋菜	Amaranth	<i>Amaranth viridis</i> L.	苋科	Am.

不隨機的生物集團分佈亦有不同的類型。有的是大小相等的核心分佈(符合尼門氏核心分佈),有的是大小不等的核心分佈(符合可爾氏核心分佈)更有的是非核心而是嵌紋分佈。做成生物集團分佈的不

隨機性有下列幾個因素：(1)生物的社會性：如蜜蜂、螞蟻、狼等動物喜聚居一處，形成羣落；植物社會亦形成羣落。(2)兩性的吸引性：如鴛鴦聚棲一巢，狐狸同處一穴。(3)生物產生後代成羣成組性：如蒲公英的球形頭狀花序成熟種籽落在一處發芽後則形成一簇蒲公英幼苗；龍葵一個醬果含有無數種籽，一個成熟醬果落在一處則形成一羣龍葵幼苗；甘蔗野生種割手密以地下莖繁殖，通過地下莖的蔓延性無性繁殖，後代植株環繞母株成羣生長；甘蔗條螟產卵塊，將來孵化出來的幼小幼蟲即成一核心。由於生物界母體欲使幼小後代易於照顧和保護或選擇最理想的地方來安排大多數的後代，故生物界絕大部份是非隨機的。第三個因素影響分佈非隨機性最爲主要。(4)自然環境條件的異質性：如土壤物理、化學和生物特性方面的異質性都能够影響到生活在土中和表土上的生物集團分佈的隨機性。甘蔗野生種割手密喜分佈在河旁溪邊，甘蔗條螟喜產卵在田間生長較濃綠旺盛的蔗株上。做成生物集團分佈隨機性有下列幾個因素：(1)生物產生後代單個性：這個特性適與上述成羣成組性相反，如單籽實的植物個體分佈或產單個卵的昆蟲分佈都屬這一類的生物。(2)生物的排他性：兩個生物相處在一起會發生干涉和抑制作用。如蜘蛛同種相噬，故蜘蛛的分佈是隨機的。(3)生物的生長競爭：在自然環境營養條件缺乏時，生物會互相作生長競爭，相互剋制，這種力量可以使生物集團分佈不過份集中。做成生物集團分佈的不隨機性和隨機性兩種力量的相互關係決定生物集團分佈的型式。但是這兩種力量也會隨着時間、地點、條件而變化。因而生物集團分佈型式並非絕對的。

生物集團分佈並不是一成不變的，它是受到天氣季節變遷影響，同時生物不同齡期或昆蟲不同變態都可能有不同的分佈類型。不同齡期或不同變態的幾種生物集團分佈類型重疊起來會做成生物集團分佈型態的複雜性。譬如下面所舉的可爾氏核心分佈把已混合有數種不同大小的核心分佈來分析研究便可見一斑。

現在讓我們寫下四種分佈的統計公式以便應用：

1. 潘松分佈公式(Poisson Distribution)

在 N 個取樣單位(或稱樣方)內發現有 $0, 1, 2, \dots, x, \dots$ 個雜草

表 2. 1947年華南農學院實習農場一百

雜草種名 樣方	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G ₇	G ₈	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
1-1	5	3							11	1	1			
1-2	10	5	2	2	2				9	1	2			
1-3	4	5	1	2	5				5					
1-4	4		7	7					6		2			
1-5				4	1				2					
1-6	6	1	1	2					5	2				
1-7	3	3	5	4	1				2					
1-8	4	1		4					1					
1-9	2	2		3										
1-10	7	7	3	5					1			1	1	
2-1	6			1					3		1	2		
2-2	7			2					4		4	1		
2-3	6			6					2		7	1		
2-4	1	1	1	11					3		2	1		
2-5	4	3		3					6	1		1		
2-6	6	1		3					2		4	1		
2-7	8	4		4					1		3	1		
2-8	9	3									1			
2-9		8		3					2					
2-10	4	3	1	8										
3-1		1	4						1		4	2		
3-2	3	1		2					3		10	1		
3-3	6	2		2							1	1		
3-4	6	1												
3-5	7	3		1					2		1			
3-6	6	3		1					5		1			
3-7	5	11		3					2		2	1		
3-8	6	3		4					7		2			
3-9	8	4	3						3					
3-10	5	1	1	4										
4-1	4	1		2								1		
4-2	2	3		2					2		2	1		
4-3	4	4		3							2			
4-4	9	4		2					1		4			
4-5	5	3		1	1				1		2			
4-6	4			1	1				3			1		
4-7	2	11		3			2		1		3			
4-8	7	9		5					1		7	1		
4-9	5	20						2	4		2	4		1
4-10	2	19		1			2		2		2			1
5-1	2	2		3					3		3	2		
5-2	2	1		2					1		2	2		
5-3	2	3		1							3	2		
5-4	3	2		2	1				1					
5-5	1	3			2				1			3		
5-6	3	4		1			1					3		
5-7	2	2			1							2		
5-8	3	2		1										
5-9	5	3		3					3		2	1		
5-10		14		2							2			

個樣方內雜草種和各種株數調查記錄表

C _r	C _s	Umb.	Cyp.	Comm.	Ch.	Sol.	Eup.	Ma.	Pa.	Ox.	Am.
	2					2					
	1					3					
	2		1			2					
	1			1							
			6			1					
			15		1						
	7		4			3					
			7	2	1						
	2	1	14	1	1						
	1			2							
	2	1	4	1		4					
	4		25	1							
			8								
	3	1	3								
		1	28				2	1			
	2	1	43								
			52					1			
	1		19								
		1	6		1						
	3				1						
	1										
	2		2	1							
			3	2							
	1		18			2					
			22					1			
	1		32		1	1					
			10			4					
	2		4								
	6		1			1					1
			5								
	1		5	1		2					
	2		6			2	1		1		
			7			1					
			1								
	1		17	1							
			14	1							
			11	2		7					
			6			1	1				
	3		2			5					
	2					4					
			3			5		1			
	2		2								
				3				2			
1				1				2			1
	2					1					
			1			5		1			
			1			3	2				
			8			4					

表 2.

雑草種名 様方	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G ₇	G ₈	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
6-1	2	5		4					2		2			1
6-2	3	6		1					2		1	2		
6-3	1	5		5					2	2	1			
6-4	2	8		3					4			2		
6-5	4	7		3			1		2		1	2		
6-6	3	7		3					4					
6-7	3	13		4					3			3		
6-8	1	6		4			1		4			2		
6-9	2	13		3					7			2		
6-10	3	5		2				1	1			3		
7-1	2	2		1	1				2		1	1		
7-2	2								2		4			
7-3	2	16		2					4		1	3		
7-4	2	10		3					3		2	1		
7-5	1	9		1					5			9		
7-6	1	1							6			9		
7-7	2	2		1							1	11		
7-8	1			3								10		
7-9	4	6		4	1				3			12		
7-10	3	4		5					15	1		4		
8-1	2	6		1					4		3	3		
8-2	5	5							5		1	1		
8-3	3	6							4		2	6		
8-4	2	3							1		1	15		
8-5	2								8		2	10		
8-6	1	15		1					10		3	15		
8-7		5		2					8		1	2		
8-8	2	12		1					6		1	2		
8-9	1	8							4			1		
8-10	3	6							5			4		
9-1	1			2						1	1	3		
9-2	2								2			7		
9-3		1		1					3		1	2		
9-4		1							1			13		
9-5		2		3					8		2	8		
9-6	1	3		2					4		7	2		2
9-7	1	3		4					16		5	1		3
9-8		2		2					2		6			
9-9	2	4		2					2		3	2		1
9-10	1	4		2					5		2	2		
10-1	1			3	2				7		5			
10-2				2	1				1		4	1		
10-3		2		3					1		3			
10-4		4		2	1				10		1	2		
10-5		4		2					9		2	5		
10-6		3		1	1				9		2	1		
10-7	2	1		4					5		1	4		4
10-8				4					3					1
10-9	1	2		5					5		2	1		1
10-10	3	5		4				1	3			1		

(續)

C ₇	C ₈	Umb.	Cyp.	Comm.	Ch.	Sol.	Eup.	Ma.	Pa.	Ox.	Am
			4			1			2		1
			3			4					
			4			1					
			3			1					
			5	2				1			
			1		1	2		1			
	1			1		1					
			2	2		5	1				
				1		1	1				
	1		1			6					
						3				1	
			6		1						
			3			4					
			1			2					
			2			2		1		2	
						6					
						21					
						6					
1	1		2			6	1			1	
			3			6	1		2	4	
	1		3	1		3				8	
			3			1					
			2			5				2	
						2					
			3							1	2
1			7			1				2	1
			1			1			1	1	
						9					
	1		3			2					
2						2					
			1			1					
						1					
						1					
			2			1				1	
1			4			4				7	
2						4				10	
1						4					
1	1		1	1		12				2	
			1	1		1				2	
	1		1							2	1
1						1					
1				1		1				2	1
						2				7	
	1			1		1				1	1
										7	2
	1					1				5	1
	1		3	1		1				2	1

的理論次數分別為下一級數的各項：

$$Ne^{-\bar{x}} \left(1 + \bar{x} + \frac{\bar{x}^2}{2!} + \frac{\bar{x}^3}{3!} + \cdots + \frac{\bar{x}^x}{x!} + \cdots \right) \quad (1)$$

\bar{x} 為根據資料所求得的每個樣方平均雜草數，把理論次數與觀察次數進行卡方測驗的顯著性來決定是否符合潘松分佈。自由度為卡方所由求得的組數減 2，這是因為由 N 和 \bar{x} 的兩關係式損失了兩個自由度的緣故。雜草分佈符合潘松分佈時則被認為隨機分佈。

2. 尼門氏大小相等核心分佈公式 (Neyman's Contagious Distribution)。

在未有配合理論次數之先，須由 \bar{x} 和 V 來計算二統計常數 m_1 和 m_2

$$\bar{x} = \Sigma fx/N \quad (2)$$

$$V = [\Sigma fx^2 - (\Sigma fx)^2/N]/N - 1 \quad (3)$$

$$m_1 = \bar{x}^2/(V - \bar{x}) \quad (4)$$

$$m_2 = (V - \bar{x})/\bar{x} \quad (5)$$

N 個樣方中發現零株雜草的理論次數為

$$Np_0 = Ne^{-m_1(1-e^{-m_2})} \quad (6)$$

N 個樣方中發現 x 株雜草的理論次數為 ($x \geq 1$)

$$Np_{x=n+1} = \frac{N_{m_1 m_2} e^{-m_2}}{n+1} \sum_{i=0}^n \frac{m_2^i}{i!} p_{x=n-i} \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (7)$$

把理論次數與觀察次數進行卡方測驗顯著性來決定是否符合尼門氏大小相等核心分佈，自由度為卡方所由求得的組數減 3。這是因為 N , m_1 及 m_2 三個關係式損失了三個自由度的緣故。

3. 可爾氏大小不等核心分佈公式 (Cole's Contagious Distribution)。

可爾氏認為有些生物集團分佈不隨機不符合潘松分佈而又不符合尼門氏大小相等核心分佈時，却仍有可能為核心分佈，因為幾種不同大小核心分佈混合起來會看不清原來各個的核心現象，所以不符合尼門氏核心分佈便認為無核心現象，這似乎是過早下結論，未免有些危險。

可爾氏認為兩個以上生物個體便可形成核心，所以核心可以由 2, 3, 4, ... 或更多的生物個體組成。

現在假設含有任何數目雜草植株的樣方觀察數為 ng ，而含有 1, 2, 3 ..., x 個雜草植株的樣方觀察數則分別為 $n_1, n_2, n_3, \dots, n_x$ 。所以

$$ng = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_x \quad (8)$$

$N - ng$ 則為不含有任何雜草植株的樣方觀察數。
含有雜草植株的樣方佔全體樣方數的百分比則為

$$mg = \frac{ng}{N} = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_x}{N} = \frac{n_1}{N} + \frac{n_2}{N} + \frac{n_3}{N} + \dots + \frac{n_x}{N} \quad (9)$$

mg 乃為含有不同大小雜草植株核心發現的或然率。

根據雜草核心間分佈隨機的理論，運用潘松分佈公式， N 個樣方中發現零個雜草植株的理論次數為

$$Ne^{-mg} \quad (10)$$

N 個樣方中發現一個雜草植株的理論次數為

$$Ne^{-mg} \cdot m_1 \quad (11)$$

N 個樣方中發現有 2 個雜草植株兩株成一核心的理論次數為

$$Ne^{-mg} \cdot m_2 \quad (12)$$

N 個樣方中發現有 2 個雜草植株單株成一核心的理論次數為

$$Ne^{-mg} \cdot \frac{m_1^2}{2!} \quad (13)$$

N 個樣方中發現有 2 個雜草植株以兩株成一核心或以單株成一核心的理論次數為

$$Ne^{-mg} \left(m_2 + \frac{m_1^2}{2!} \right) \quad (14)$$

同理， N 個樣方中發現有 5 個雜草植株以 5 株成一核心，以一個 4 株核心混以一個單株核心，以一個三株核心混以一個兩株核心，以一個三株核心混以兩個單株核心，以一個單株核心混以兩個雙株核心或以一個雙株核心混以三個單株核心的理論次數為：

$$Ne^{-mg} \left(m_5 + m_1 m_4 + m_2 m_3 + \frac{m_1^2 m_3}{2!} + \frac{m_1 m_2^2}{2!} + \frac{m_1^3 m_2}{3!} + \frac{m_1^5}{5!} \right) \quad (15)$$

餘類推。

把理論次數與觀察次數進行卡方測驗的顯著性來決定是否符合可爾氏不同大小核心分佈。自由度為卡方所由求得的組數減 2，這是因為由 N 及 mg 的兩關係式損失了兩個自由度的緣故。

4. 嵌紋分佈公式 (Mosaic Distribution or Negative Binomial Distribution)。

這種分佈是指非核心的不隨機分佈， N 個樣方內發現有 0, 1, 2, ... n 個雜草植株的理論次數分別為

$$N(q - p)^{-n} \quad (16)$$

式的展開各項，式中 $q = 1 + p$, $p = \frac{V}{\bar{x}} - 1$, $n = \frac{\bar{x}}{p}$ ，而 n 及 p 之

值分別相當於(4)及(5)式，(16)式展開較繁，可以運用(17)式來求得 N 個樣方發現 x 個雜草植株理論次數為：

$$\frac{(n + x - 1)!}{x!(n - 1)!} q^{-n-x} p^x \quad (x = 0, 1, 2, \dots) \quad (17)$$

(17)式內的階乘 (Factorial) 一般都為非整數的階乘，無檢索表可查，可以運用史忒林公式 (Stirling Formula) 來求其階乘之近似值。

$$\log n! = (n + \frac{1}{2}) \log n + \frac{1}{2} \log 2\pi - \left(n - \frac{1}{12n}\right) \log e \quad (18)$$

式中 $e = 2.7182818$, $\pi = 3.1415926$ 。

如 n 為負數，則求其階乘時， $\log n$ 必須運用自然對數，如 n 為正數時，求 n 的階乘可運用自然對數或普通對數均可。

表 3. 狗尾草次數分配表

狗尾草株數 x	樣方數 f	fx	fx^2
0	15	0	0
1	15	15	15
2	23	46	92
3	13	39	117
4	10	40	160
5	7	35	175
6	8	48	288
7	4	28	196
8	2	16	128
9	2	18	182
10	1	10	100
	$N=100$	295	1433

卡方測驗時，自由度等於卡方所由求得的組數減 3，這是因為由 N , p 及 n 或 N , q 及 n 三個關係式損失了三個自由度的緣故。

現在以狗尾草分佈為例。由表 2 可以整理為下一個次數分配表。

$$\bar{x} = \frac{\Sigma fx}{N} = \frac{295}{100} = 2.95$$

$$V = \frac{\Sigma fx^2 - \frac{(\Sigma fx)^2}{N}}{N - 1} = \frac{1433 - \frac{(295)^2}{100}}{100 - 1} = 5.68$$

$$V/\bar{x} = 5.68/2.95 = 1.39$$

(i) 潘松分佈測驗。

$$\bar{x} = m = 2.95, \quad e^{-m} = e^{-2.95} = 0.05234$$

$$f'_0 = Ne^{-m} = 100 \times 0.05234 = 5.234$$

$$f'_1 = Nm e^{-m} = 2.95 \times 5.234 = 15.440$$

$$f'_2 = Nm^2 \frac{e^{-m}}{2!} = 15.44 \times \frac{2.95}{2} = 22.774$$

$$f'_3 = Nm^3 \frac{e^{-m}}{3!} = 22.774 \times \frac{2.95}{3} = 22.394$$

$$f'_4 = Nm^4 \frac{e^{-m}}{4!} = 22.394 \times \frac{2.95}{4} = 16.566$$

$$f'_5 = Nm^5 \frac{e^{-m}}{5!} = 16.566 \times \frac{2.95}{5} = 9.574$$

$$f'_6 = Nm^6 \frac{e^{-m}}{6!} = 9.574 \times \frac{2.95}{6} = 4.707$$

$$f'_7 = Nm^7 \frac{e^{-m}}{7!} = 4.707 \times \frac{2.95}{7} = 1.984$$

$$f'_8 = Nm^8 \frac{e^{-m}}{8!} = 1.984 \times \frac{2.95}{8} = 0.732$$

$$f'_9 = Nm^9 \frac{e^{-m}}{9!} = 0.732 \frac{2.95}{9} = 0.240$$

$$f'_{>10} = 100 - (f'_0 + f'_1 + \dots + f'_9) = 100 - 99.645 = 0.355$$

根據表 4，把理論次數與實際次數來求卡方值為 36.14，組數為 7，故自由度為 5，查卡方表， $P < 0.01$ ，知為顯著，認為狗尾草分佈並不隨機。

(ii) 尼門氏大小相等核心分佈測驗。

$$m_1 = \frac{(\bar{x})^2}{V - \bar{x}} = \frac{(2.95)^2}{5.68 - 2.95} = \frac{0.7025}{2.73} = 3.188$$

$$m_2 = \frac{V}{\bar{x}} - 1 = \frac{5.68}{2.95} = 0.9254$$

$$NP_0 = f_0'' = Ne^{-m_1(1-e^{-m_2})} = 100e^{-3.188(1-e^{-0.9254})} =$$

$$= 100e^{-3.188(1-0.3968)} = 100e^{-1.923} = 14.617$$

$$NP_1 = f_1'' = m_1 m_2 e^{-m_2} NP_0 = 3.188 \times 0.9254 \times 0.3968 \times$$

$$\times 14.617 = 17.111$$

$$NP_2 = f_2'' = \frac{m_1 m_2 e^{-m_2}}{2} \left(NP_1 + \frac{m_2}{1!} NP_0 \right) =$$

$$= \frac{1.17064}{2} \left(17.111 + \frac{0.9254}{1} \times 14.617 \right) = 17.933$$

$$NP_3 = f_3'' = \frac{m_1 m_2 e^{-m_2}}{3} \left(NP_2 + \frac{m_2}{1!} NP_1 + \frac{m_2^2}{2!} NP_0 \right) =$$

$$= \frac{1.17064}{3} \left[17.933 + \frac{0.9254}{1} \times 17.111 + \frac{(0.9254)^2}{2} \times 14.617 \right] = 15.618$$

$$NP_4 = f_4'' = \frac{m_1 m_2 e^{-m_2}}{4} \left(NP_3 + m_2 NP_2 + \frac{m_2^2}{2!} NP_1 + \frac{m_2^3}{3!} NP_0 \right) = 12.137$$

$$NP_5 = f_5'' = \frac{m_1 m_2 e^{-m_2}}{5} \left(NP_4 + m_2 NP_3 + \frac{m_2^2}{2!} NP_2 + \right.$$

$$\left. + \frac{m_2^3}{3!} NP_1 + \frac{m_2^4}{4!} NP_0 \right) = 8.563$$

$$NP_6 = f_6'' = \frac{m_1 m_2 e^{-m_2}}{6} \left(NP_5 + m_2 NP_4 + \frac{m_2^2}{2!} NP_3 + \right.$$

$$\left. + \frac{m_2^3}{3!} NP_2 + \frac{m_2^4}{4!} NP_1 + \frac{m_2^5}{5!} NP_0 \right) = 5.714$$

$$NP_7 = f_7'' = \frac{m_1 m_2 e^{-m_2}}{7} \left(NP_6 + m_2 NP_5 + \frac{m_2^2}{2!} NP_4 + \right.$$

$$\left. + \frac{m_2^3}{3!} NP_3 + \frac{m_2^4}{4!} NP_2 + \frac{m_2^5}{5!} NP_1 + \frac{m_2^6}{6!} NP_0 \right) = 3.925$$

$$NP_8 = f_8'' = \frac{m_1 m_2 e^{-m_2}}{8} \left(NP_7 + m_2 NP_6 + \frac{m_2^2}{2!} NP_5 + \frac{m_2^3}{3!} NP_4 + \right.$$

$$\left. + \frac{m_2^4}{4!} NP_3 + \frac{m_2^5}{5!} NP_2 + \frac{m_2^6}{6!} NP_1 + \frac{m_2^7}{7!} NP_0 \right) = 2.199$$

$$NP_9 = f_9'' = \frac{m_1 m_2 e^{-m_2}}{9} \left(NP_8 + m_2 NP_7 + \frac{m_2^2}{2!} NP_6 + \right. \\ \left. + \frac{m_2^3}{3!} NP_5 + \frac{m_2^4}{4!} NP_4 + \frac{m_2^5}{5!} NP_3 + \frac{m_2^6}{6!} NP_2 + \right. \\ \left. + \frac{m_2^7}{7!} NP_1 + \frac{m_2^8}{8!} NP_0 \right) = 1.277$$

$$NP_{>10} = f_{>10}'' = N - (NP_0 + NP_1 + \dots + NP_9) = 100 - \\ - (14.617 + 17.111 + \dots + 1.277) = 0.879$$

根據表 4, 把理論次數與實際次數來求卡方值為 3.89, 組數為 8, 自由度為 5, 查卡方表, $P > 0.05$, 知為不顯著, 認為狗尾草分佈為大小相等的核心分佈。

(iii) 可爾氏大小不等核心分佈測驗。

$$n_1 = f_1 = 15, \quad n_2 = f_2 = 23, \quad n_3 = f_3 = 13, \quad n_4 = f_4 = 10, \\ n_5 = f_5 = 7, \quad n_6 = f_6 = 8, \quad n_7 = f_7 = 4, \quad n_8 = f_8 = 2, \\ n_9 = f_9 = 2, \quad n_{10} = f_{10} = 1,$$

$$ng = n_1 + n_2 + \dots + n_{10} = 15 + 23 + \dots + 1 = 85$$

$$m_1 = \frac{n_1}{N_1} = 0.15, \quad m_2 = 0.23, \quad m_3 = 0.13, \quad m_4 = 0.10,$$

$$m_5 = 0.07, \quad m_6 = 0.08, \quad m_7 = 0.04, \quad m_8 = 0.02, \\ m_9 = 0.02, \quad m_{10} = 0.01$$

$$ng = m_1 + m_2 + \dots + m_{10} = ng/N = 85/100 = 0.85。$$

$$f_0''' = Ne^{-m_1} \cdot e^{-m_2} \dots e^{-m_{10}} = Ne^{-m_g} = 100e^{-0.85} = 100 \times \\ \times 0.42741 = 42.741$$

$$f_1''' = N(m_1 e^{-m_1})(e^{-m_2} \cdot e^{-m_3} \dots e^{-m_{10}}) = Nm_1 e^{-m_g} = 0.15 \times \\ \times 42.741 = 6.411$$

$$f_2''' = N \left[\left(\frac{m_1^2}{2!} e^{-m_1} \right) (e^{-m_2} \cdot e^{-m_3} \dots e^{-m_{10}}) + \right. \\ \left. + (m_2 e^{-m_2})(e^{-m_1} \cdot e^{-m_3} \dots e^{-m_{10}}) \right] = Ne^{-m_g} \left(m_2 + \frac{m_1^2}{2!} \right) = \\ = 42.741 \left(0.23 + \frac{(0.15)^2}{2!} \right) = 10.311$$

$$\begin{aligned}
 f_3''' &= N \left[\left(\frac{m_1^3}{3!} e^{-m_1} \right) (e^{-m_2} \cdot e^{-m_3} \dots e^{-m_{10}}) + \right. \\
 &+ (m_1 e^{-m_1}) (m_2 e^{-m_2}) e^{-m_3} \cdot e^{-m_4} \dots e^{-m_{10}} + \\
 &\left. + (m_3 e^{-m_3}) e^{-m_1} \cdot e^{-m_2} \cdot e^{-m_4} \dots e^{-m_{10}} \right] = N e^{-m\sigma} \left(m_3 + m_1 m_2 + \frac{m_1^3}{3!} \right) = \\
 &= 42.741 \left(0.13 + 0.15 \times 0.23 + \frac{(0.15)^3}{3!} \right) = 7.055
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_4''' &= N e^{-m\sigma} \left(\frac{m_1^4}{4!} + \frac{m_1^2 \cdot m_2}{2!} + m_1 \cdot m_3 + \frac{m_2^2}{2!} + m_4 \right) = \\
 &= 42.741 \times 0.14854 = 6.349
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_5''' &= N e^{-m\sigma} \left(\frac{m_1^5}{5!} + \frac{m_1^3 \cdot m_2}{3!} + \frac{m_1^2 \cdot m_3}{2!} + m_1 m_4 + \frac{m_1 m_2^2}{2!} + \right. \\
 &\left. + m_2 m_3 + m_5 \right) = 42.741 \times 0.1205 = 5.150
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_6''' &= N e^{-m\sigma} \left(\frac{m_1^6}{5!} + \frac{m_1^4 \cdot m_2}{4!} + \frac{m_1^3 \cdot m_3}{3!} + \frac{m_1^2 \cdot m_4}{2!} + m_1 m_5 + \right. \\
 &+ \frac{m_2^3}{3!} + m_2 m_4 + \frac{m_2^2}{2!} + m_1 m_2 m_3 + \frac{m_1^2 \cdot m_2^2}{2!} + m_6 \left. \right) = \\
 &= 42.741 \times 0.13 = 5.556
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_7''' &= N e^{-m\sigma} \left(\frac{m_1^7}{7!} + \frac{m_1^5 \cdot m_2}{2!} + \frac{m_1^3 \cdot m_2^2}{3!} + m_1 \cdot \frac{m_2^3}{3!} + \right. \\
 &+ \frac{m_1^4 \cdot m_3}{4!} + m_1 \frac{m_2^3}{2!} + \frac{m_1^2 \cdot m_2 m_3}{2!} + \frac{m_1^3 \cdot m_4}{3!} + \frac{m_1^2 \cdot m_5}{2!} + m_1 \cdot m_6 + m_7 \left. \right) = \\
 &= 42.741 \times 0.09082 = 3.882
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_8''' &= N e^{-m\sigma} \left(m_8 + m_1 m_7 + m_2 m_6 + m_3 m_5 + \frac{m_4^2}{2!} + m_1 m_2 m_5 + \right. \\
 &+ m_1 m_3 m_4 + \frac{m_1^2 \cdot m_6}{2!} + m_2 \frac{m_3^2}{2!} + \frac{m_2^2 m_4}{2!} + \dots + \frac{m_8^3}{8!} \left. \right) = \\
 &= 42.741 \times 0.06837 = 2.922
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_9''' &= N e^{-m\sigma} \left(m_9 + m_1 m_8 + m_2 m_7 + m_3 m_6 + m_4 m_5 + m_1 m_2 m_6 + \right. \\
 &+ m_1 m_3 m_5 + m_1 \frac{m_4^2}{2!} + m_2 m_3 m_4 + \frac{m_2^2 \cdot m_5}{2!} + \frac{m_3^3}{3!} + \dots + \frac{m_9^3}{9!} \left. \right) = \\
 &= 42.741 \times 0.0597 = 2.552
 \end{aligned}$$

$$f_{>10}''' = N - (f_0''' + f_1''' + \dots + f_9''') = 100 - (42.741 + 6.411 + \dots + 2.552) = 7.071$$

根據表 4, 把理論次數與實際次數來求卡方值為 53.34, 組數為 8, 自由度為 6, 查卡方表, $P < 0.01$, 知為非常顯著, 認為狗尾草分佈並不是大小不相等的核心分佈。

(iv) 嵌紋分佈或負二項式分佈測驗。

$$\bar{x} = 2.95; \quad V = 5.68; \quad V/\bar{x} = 1.93; \quad p = \frac{V}{\bar{x}} - 1 = 0.93;$$

$$q = 1 + p = 1.93; \quad n = \frac{\bar{x}}{p} = 3.172;$$

$$f_0'''' = 100 \times \frac{(3.172 - 1)!}{0!(3.172 - 1)!} (1.93)^{-3.172} (0.93)^0 = 100 \times (1.93)^{-3.172} = 12.400$$

$$f_1'''' = 100 \times \frac{(3.172)!}{1!(2.172)!} (1.93)^{-4.172} (0.93)^1 = 100 \times \frac{7.476}{2.357} (1.93)^{-4.172} (0.93) = 18.900$$

$$f_2'''' = 100 \times \frac{(4.172)!}{2!(2.172)!} (1.93)^{-5.172} (0.93)^2 = 100 \times \frac{3.12}{2 \times 2.357} (1.93)^{-5.172} (0.93)^2 = 21.200$$

$$f_3'''' = 100 \times \frac{(5.172)!}{3!(2.172)!} (1.93)^{-6.172} (0.93)^3 = 100 \times \frac{161.3}{6 \times 2.357} (1.93)^{-6.172} (0.93)^3 = 15.800$$

$$f_4'''' = 100 \times \frac{(6.172)!}{4!(2.172)!} (1.93)^{-7.172} (0.93)^4 = 100 \times \frac{995.5}{24 \times 2.357} (1.93)^{-7.172} (0.93)^4 = 11.700$$

$$f_5'''' = 100 \times \frac{(7.127)!}{5!(2.172)!} (1.93)^{-8.172} (0.93)^5 = 100 \times \frac{7145}{120 \times 2.357} (1.93)^{-8.172} (0.93)^5 = 8.152$$

表 4. 狗尾草、蟋蟀草、黃茅草和五指草

雜草名稱	雜草株數 (X)	觀察樣方數 (f)	配合潘松分佈理論樣方數 (f')	配合尼門氏核心分佈理論樣方數 (f'')	配合可爾氏核心分佈理論樣方數 (f''')	配合嵌紋分佈理論樣方數 (f''')
狗尾草	0	15	5.234	14.617	42.741	12.400
	1	15	15.440	17.111	6.411	18.900
	2	23	22.774	17.933	10.311	21.200
	3	13	22.394	15.618	7.055	15.800
	4	10	16.566	12.137	6.349	11.700
	5	7	9.574	8.563	5.150	8.152
	6	8	4.707	5.741	5.556	5.339
	7	4	1.984	3.925	3.882	3.362
	8	2	0.732	2.119	2.922	1.883
	9	2	0.240	1.227	2.522	1.235
10	1	0.355	0.879	7.071	0.029	
總和	N=100	N=100.000	N=100.00	N=100.00	N=100.00	
顯著度						
	X	f	f'	f''	f'''	f''''
蟋蟀草	0	13	1.456	27.508	41.895	15.087
	1	15	6.159	4.430	6.284	13.918
	2	12	13.026	7.486	5.497	12.843
	3	17	18.367	8.267	7.923	10.868
	4	10	19.414	8.379	5.615	8.801
	5	8	16.424	7.127	4.963	7.049
	6	6	11.579	5.835	4.320	5.645
	7	3	6.994	4.755	3.022	4.625
	8	3	3.700	3.861	2.796	3.667
	9	2	1.739	3.089	2.245	2.851
	10	1	0.736	2.609	1.558	2.272
	11	2	0.283	2.152	1.839	
	12	1	0.100	1.714	1.321	
	13	2				
	14	1				
	15	1				
	16	1	0.023	12.788	10.722	12.374
	17	0				
	18	0				
19	1					
20	1					
總和	N=100	N=100.000	N=100.000	N=100.000	N=100.000	
顯著度						

分佈類型分析研究綜合表

$\frac{(f-f')^2}{f'}$	$\frac{(f-f'')^2}{f''}$	$\frac{(f-f''')^2}{f'''}$	$\frac{(f-f'''')^2}{f''''}$
18.22	0.01	18.04	0.545
0.01	0.26	11.35	0.804
0.07	1.43	11.74	0.152
3.94	0.44	5.01	0.496
2.60	0.38	2.10	0.247
0.69	0.28	0.67	0.163
	0.89	1.07	1.326
10.61	0.20	3.36	0.953
$\chi_1^2=36.14$	$\chi_2^2=3.89$	$\chi_3^2=53.34$	$\chi_4^2=4.686$
$P < 0.01$ (自由度=7-2=5)	$P > 0.05$ (自由度=8-3=5)	$P < 0.01$ (自由度=8-2=6)	$P > 0.05$ (自由度=8-3=5)
$\frac{(f-f')^2}{f'}$	$\frac{(f-f'')^2}{f''}$	$\frac{(f-f''')^2}{f'''}$	$\frac{(f-f'''')^2}{f''''}$
91.47	7.65	19.93	0.290
12.69	25.22	12.09	0.084
0.08	2.72	7.70	0.055
0.10	9.23	10.40	3.460
4.56	0.31	3.42	0.163
4.32	0.11	1.86	0.128
2.69	0.01		0.022
2.28			
13.48	4.63	0.29	1.787
$\chi_1^2=131.67$	$\chi_2^2=49.88$	$\chi_3^2=55.69$	$\chi_4^2=5.989$
$P < 0.01$ (自由度=9-2=7)	$P < 0.01$ (自由度=8-3=5)	$P < 0.01$ (自由度=7-2=5)	$P > 0.05$ (自由度=8-3=5)

表 4.

雜草名稱	雜草株數 (X)	觀察樣方數 (f)	配合潘松分佈理論樣方數 (f')	配合尼門氏核心分佈理論樣方數 (f'')	配合可爾氏核心分佈理論樣方數 (f''')	配合散紋分佈理論樣方數 (f''''')
五 指 草	0	18	9.633	16.497	44.043	15.500
	1	17	23.541	22.338	7.487	23.491
	2	23	26.373	21.234	10.766	22.009
	3	18	20.571	16.214	9.686	14.728
	4	15	12.034	10.704	9.267	9.502
	5	5	5.632	6.342	5.469	5.669
	6	1	2.196	3.451	3.559	3.262
	7	1	0.734	1.620	3.321	1.597
	8	1				
	9	0				
	10	0	0.286	1.600	6.402	4.236
11	1					
總和	N=100	N=100.000	N=100.000	N=100.000	N=100.000	
顯著度						
X	f	f'	f''	f'''	f'''''	
黃 茅 草	0	89	74.826	91.119	89.583	87.000
	1	5	21.899	1.504	4.479	6.000
	2	1	3.146	2.164	1.008	3.800
	3	2	0.305	2.089	1.838	2.100
	4	1	0.022	1.528	0.990	
	5	1	0.001	0.912	0.960	1.100
	6	0				
7	1	0.001	0.684	1.142		
總和	N=100	N=100.000	N=100.000	N=100.000	N=100.000	
顯著度						

$$f_6''' = 100 \times \frac{(8.172)!}{6!(2.172)!} (1.93)^{-9.172} (0.93)^6 =$$

$$= 100 \times \frac{58360}{720 \times 2.357} (1.93)^{-9.172} (0.93)^6 = 5.339$$

$$f_7''' = 100 \times \frac{(9.172)!}{7!(2.172)!} (1.93)^{-10.172} (0.93)^7 =$$

(續)

$\frac{(f-f')^2}{f'}$	$\frac{(f-f'')^2}{f''}$	$\frac{(f-f''')^2}{f'''}$	$\frac{(f-f'''')^2}{f''''}$
7.27 1.36 0.43 0.32 0.73	0.14 1.28 0.15 0.20 1.72 0.28	15.54 12.09 13.89 7.14 3.55 0.04	0.403 1.793 0.045 0.726 3.181 0.078
0.00	1.07	6.49	2.859
$\alpha_1^2=10.11$	$\alpha_2^2=4.84$	$\alpha_3^2=58.60$	$\alpha_4^2=9.085$
$P < 0.05$ (自由度=6-2=4)	$P > 0.05$ (自由度=7-3=4)	$P < 0.01$ (自由度=7-2=5)	$P > 0.05$ (自由度=7-3=4)
$\frac{(f-f')^2}{f'}$	$\frac{(f-f'')^2}{f''}$	$\frac{(f-f''')^2}{f'''}$	$\frac{(f-f'''')^2}{f''''}$
2.69 12.85	0.05	0.004 0.060	0.046 0.167 2.063
1.84	0.51	0.0006	1.012
$\alpha_1^2=17.38$	$\alpha_2^2=0.56$	$\alpha_3^2=0.0706$	$\alpha_4^2=3.288$
$P < 0.05$ (自由度=3-2=1)	$P > 0.05$	$P > 0.05$ (自由度=3-2=1)	$P > 0.05$ (自由度=4-3=1)

$$= 100 \times \frac{535400}{5040 \times 2.357} (1.93)^{-10.172} (0.93)^7 = 3.362$$

$$f_8'''' = 100 \times \frac{(10.172)!}{8!(2.172)!} (1.93)^{-11.172} (0.93)^8 =$$

$$= 100 \times \frac{4973000}{40320 \times 2.357} (1.93)^{-11.172} (0.93)^8 = 1.883$$

$$f_9''' = 100 \times \frac{(11.172)!}{9!(2.172)!} (1.93)^{-12.172} (0.93)^9 =$$

$$= 100 \times \frac{60700000}{362880 \times 2.357} (1.93)^{-12.127} (0.93)^9 = 1.235$$

$$f_{>10}'''' = N - (f_0'''' + f_1'''' + \dots + f_9'''') = 100 -$$

$$- (12.400 + 18.900 + \dots + 1.235) = 0.029$$

根據表 4，把理論次數與實際次數來求卡方值為 4.686，組數為 8，自由度為 5，查卡方表， $P > 0.05$ ，測驗為不顯著，符合嵌紋分佈。

現在把全體二十六個雜草中選其前四種作為例子進行上述分析，整理如表四。

表 4 求卡方時，遇到理論樣方數小於 5 時則數組的理論樣方數宜歸併之。由表 4 的結果可以得到有如下的結論：

1. 狗尾草分佈乃為大小相等的核心分佈，狗尾草植株分佈不隨機，它又符合嵌紋分佈，估計它是一個不隨機的核心理分佈，核心可能是不隨機地分佈，這有待分析核心個體的分佈隨機性測驗。

2. 蟋蟀草分佈乃為一個非核心的單純嵌紋分佈，分佈的不隨機性可能由於各樣方間外界自然環境營養條件差異所影響。

3. 黃茅草分佈乃為一個大小不等的核心理分佈，核心可能是不隨機地分佈，因為它又符合嵌紋分佈的，分佈為不隨機。

4. 五指草分佈為一個大小相等的核心理分佈，核心可能是不隨機地分佈，因為它又符合嵌紋分佈的，分佈為不隨機。

狗尾草既為等大小的核心理分佈，到底核心有多大，核心是否隨機分佈問題，有待於進一步的研究。看圖 1 我們可以粗略地看到狗尾草的分佈。

現在假設狗尾草存在有核心理現象，但到底核心多大，不得而知，我們可以把狗尾草特殊密集的樣方除去，看其餘樣方的狗尾草分佈是否隨機，便可探知是否有核心理存在和核心理大小。為簡便計我們可以拿 V/\bar{x} 值來測分佈的隨機性，凡是 V/\bar{x} 值與 1 無顯著區別的則分佈為隨機，凡是顯著大或小於 1 的則分佈為不隨機， V/\bar{x} 值大於

$1 + 2 \sqrt{\frac{2n}{(n-1)^2}}$ 時則認為該值顯著大於 1，分佈為過份集中(核心理

或嵌紋) V/\bar{x} 值小於 $1 - 2\sqrt{\frac{2n}{(n-1)^2}}$ 時則認為該值顯著小於 1, 分佈為過份分散, n 表示全體觀察樣方數, V 表示變量, \bar{x} 表示每樣方

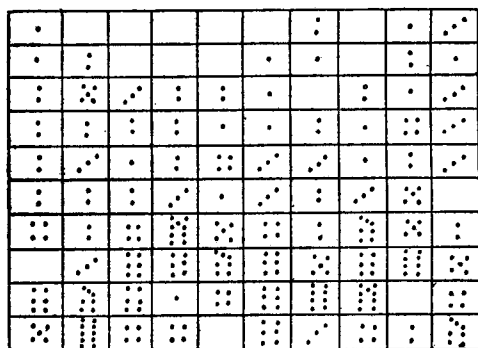


圖 1. 狗尾草分佈示意圖

平均狗尾草株數。

現在把不同過密集植株程度的樣方除去後, 求其每樣方平均狗尾草數, 變量和 V/\bar{x} 以決定是否有核心存在和核心的大小。

表 5. 各組織方的平均狗尾草株數、變量和相對變量(V/\bar{x})

樣方歸組法	樣方數 n	每樣方平均 狗尾草株數 \bar{x}	變量 V	V/\bar{x}	相對變量的顯著上下限	顯著度
					$1 \pm 2\sqrt{\frac{2n}{(n-1)^2}}$	
全體樣方	100	2.95	5.68	1.93	0.7144 → 1.2856	高於上限
含有三株狗尾草以下的樣方	66	1.52	0.868	0.57	0.6466 → 1.3534	低於下限
含有四株狗尾草以下的樣方	76	1.84	1.659	0.90	0.8357 → 1.1643	在上下限間
含有五株狗尾草以下的樣方	83	1.81	1.789	0.99	0.6862 → 1.3138	在上下限間
含有六株狗尾草以下的樣方	91	2.45	3.302	1.34	0.7004 → 1.2996	高於上限

由表 4 最末一行可以看到, 相對變量在上下限間的分佈為隨機, 超過上限的為過份密集分佈, 低於下限的為過份分散分佈。如果我們把六株或六株以上的樣方保留而加入分析, 則原來隨機分佈即變成過份集中分佈, 由此可推知核心現象有可能發生, 核心大小不小於

六株。

圖 1 的一百個樣方可以分爲 25 個相鄰的 2×2 單位, 每單位由 4 個原來的樣方構成。 n 個單位樣方中有 W 個樣方含有 7 個狗尾草植株以上, 所以樣方含有 7 個狗尾草植株以上的或然率當爲 $\frac{W}{n}$, 根據正二項式分佈, 每單位內 4 個樣方其中有 k 個 ($k = 0, 1, 2, 3, 4$) 樣方含有 7 個以上狗尾草的或然率乃爲

$$\frac{4!}{k!(4-k)!} \left(\frac{W}{n}\right)^k \left(1 - \frac{W}{n}\right)^{4-k} \quad (19)$$

本例子 $n=100$, $W=9$ (見圖 1) $\frac{W}{n} = 0.09$, 代入(19)式便得(20)式

$$\frac{4!}{k!(4-k)!} (0.09)^k (0.91)^{4-k} \quad (20)$$

把 k 分別以 0, 1, 2, 3, 4 各值代入 (20) 式而求得每個單位內有表 6. 25 個由 4 個樣方組成的單位的次數分配表

含有七株狗尾草以上的樣方數	實觀單數 際察位 f	理論與單位數 f'	$\frac{(f-f')^2}{f'}$
0	18	17.14	0.0431
1	5	6.78	0.4673
2	2	1.01	0.7857
3	0	0.07	
4	0	0.00	
總和	25	25.00	$\chi^2 = 1.2961$

0, 1, 2, 3, 4 個樣方含有 7 株以上狗尾草的理論單位數分別爲 17.14, 6.78, 1.01, 0.07 與 0.00, 與實際觀察的單位數相對比而求出卡方爲 1.2961, 自由度爲組數減 2 即爲 1, $P > 0.05$, 測驗爲不顯著, 核心現象存在, 核心大小爲七株左右, 其分佈爲隨機的, 詳參看表 6。

(二) 雜草集團中的種間相互關係

在調查二十六種雜草中, 以狗尾草(G_1)、蟋蟀草(G_2)、五指草(G_4)、藿香薊(C_1)、大葉鹹蝦花(C_2)、鬼針草(C_4)、莎草(Cyp)、及龍葵(Sol)最爲普遍。每樣方內分別含有 2.95, 4.23, 2.34, 3.35, 1.58, 2.46, 4.95, 2.07 個雜草植株, 可以用來代表八個種的相對密度。茲假設 A, B, C, D, E, F, G, H 分別爲八種不出現的或然率, 而 $A', B',$

C', D', E', F', G', H' 、分別爲八種的出現或然率,則:

$$\begin{array}{ll}
 A = e^{-2.95} = 0.0523 & A' = (1 - e^{-2.95}) = 0.4977 \\
 B = e^{-4.23} = 0.0144 & B' = (1 - e^{-4.23}) = 0.9856 \\
 C = e^{-2.34} = 0.0963 & C' = (1 - e^{-2.34}) = 0.9037 \\
 D = e^{-3.35} = 0.0351 & D' = (1 - e^{-3.35}) = 0.9649 \\
 E = e^{-1.58} = 0.2060 & E' = (1 - e^{-1.58}) = 0.7940 \\
 F = e^{-2.46} = 0.0854 & F' = (1 - e^{-2.46}) = 0.9146 \\
 G = e^{-4.59} = 0.0071 & G' = (1 - e^{-4.59}) = 0.9929 \\
 H = e^{-2.07} = 0.1262 & H' = (1 - e^{-2.07}) = 0.8738
 \end{array}$$

八個種都完全不出現的或然率爲 $ABCDEF GH = P = 4 \times 10^{-11}$

八個株都全部出現的或然率爲 $A' B' C' D' E' F' G' H' = P' = 0.51315$

完全不含有八個種之任一個的理論樣方數爲

$$NP = 100 \times 4 \times 10^{-11} = 4 \times 10^{-9} \doteq 0$$

只有八個種之任一個的理論樣方數爲

$$\begin{aligned}
 N \left(\frac{A'P}{A} + \frac{B'P}{B} + \frac{C'P}{C} + \frac{D'P}{D} + \frac{E'P}{E} + \frac{F'P}{F} + \frac{G'P}{G} + \frac{H'P}{H} \right) &= \\
 = 100(285.328 \times 4 \times 10^{-11}) &\doteq 0
 \end{aligned}$$

含有八個種之任兩個種的理論樣方數爲

$$\begin{aligned}
 N \left(\frac{A'B'P}{AB} + \frac{A'C'P}{AC} + \frac{A'D'P}{AD} + \frac{A'E'P}{AE} + \frac{A'F'P}{AF} + \frac{A'G'P}{AG} + \right. & \\
 + \frac{A'H'P}{AH} + \frac{B'C'P}{BC} + \frac{B'D'P}{BD} + \frac{B'E'P}{BE} + \frac{B'F'P}{BF} + & \\
 + \frac{B'G'P}{BG} + \frac{B'H'P}{BH} + \frac{C'D'P}{CD} + \frac{C'E'P}{CE} + \frac{C'F'P}{CF} + & \\
 + \frac{C'G'P}{CG} + \frac{C'H'P}{CH} + \frac{D'E'P}{DE} + \frac{D'F'P}{DF} + \frac{D'G'P}{DG} + & \\
 + \frac{D'H'P}{DH} + \frac{E'F'P}{EF} + \frac{E'G'P}{EG} + \frac{E'H'P}{EH} + \frac{F'G'P}{FG} + & \\
 \left. + \frac{F'H'P}{FH} + \frac{G'H'P}{GH} \right) &= 100(35503.53 \times 4 \times 10^{-11}) = \\
 = 0.0001 &
 \end{aligned}$$

含有八個種之任三個種的理論樣方數爲

$$\begin{aligned}
 N \left(\frac{A'B'C'P}{ABC} + \frac{A'B'D'P}{ABD} + \frac{A'B'E'P}{ABE} + \frac{A'B'F'P}{ABF} + \frac{A'B'G'P}{ABG} + \right. \\
 + \frac{A'B'H'P}{ABH} + \frac{A'C'D'P}{ACD} + \frac{A'C'E'P}{ACE} + \frac{A'C'F'P}{ACF} + \\
 + \frac{A'C'G'P}{ACG} + \frac{A'C'H'P}{ACH} + \frac{A'D'E'P}{ADE} + \frac{A'D'F'P}{ADF} + \\
 + \frac{A'D'G'P}{ADG} + \frac{A'D'H'P}{ADH} + \frac{A'E'F'P}{AEF} + \frac{A'E'G'P}{AEG} + \\
 + \frac{A'E'H'P}{AEH} + \frac{A'F'G'P}{AFG} + \frac{A'F'H'P}{AFH} + \frac{A'G'H'P}{AGH} + \\
 + \frac{B'C'D'P}{BCD} + \frac{B'C'E'P}{BCE} + \frac{B'C'F'P}{BCF} + \frac{B'C'G'P}{BCG} + \\
 + \frac{B'C'H'P}{BCH} + \frac{B'D'E'P}{BDE} + \frac{B'D'F'P}{BDF} + \frac{B'D'G'P}{BDG} + \\
 + \frac{B'D'H'P}{BDH} + \frac{B'E'F'P}{BEF} + \frac{B'E'G'P}{BEG} + \frac{B'E'H'P}{BEH} + \\
 + \frac{B'F'G'P}{BFG} + \frac{B'F'H'P}{BFH} + \frac{B'G'H'P}{BGH} + \frac{C'D'E'P}{CDE} + \\
 + \frac{C'D'F'P}{CDF} + \frac{C'D'G'P}{CDG} + \frac{C'D'H'P}{CDH} + \frac{C'E'F'P}{CEF} + \\
 + \frac{C'E'G'P}{CEG} + \frac{C'E'H'P}{CEH} + \frac{C'F'G'P}{CFG} + \frac{C'F'H'P}{CFH} + \\
 + \frac{C'G'H'P}{CGH} + \frac{D'E'F'P}{DEF} + \frac{D'E'G'P}{DEG} + \frac{D'E'H'P}{DEH} + \\
 + \frac{D'F'G'P}{DFG} + \frac{D'F'H'P}{DFH} + \frac{D'G'H'P}{DGH} + \frac{E'F'G'P}{EFG} + \\
 + \frac{E'F'H'P}{EFH} + \frac{E'G'H'P}{EGH} + \frac{F'G'H'P}{FGH} \Big) = \\
 = 100(1220672.28 \times 4 \times 10^{-11}) = 0.0049
 \end{aligned}$$

含有八個種之任四個種的理論樣方數爲

$$\begin{aligned}
N & \left(\frac{A'B'C'D'P}{ABCD} + \frac{A'B'C'E'P}{ABCE} + \frac{A'B'C'F'P}{ABCF} + \frac{A'B'C'G'P}{ABCG} + \right. \\
& + \frac{A'B'C'H'P}{ABCH} + \frac{A'B'D'E'P}{ABDE} + \frac{A'B'D'F'P}{ABDF} + \\
& + \frac{A'B'D'G'P}{ABDG} + \frac{A'B'D'H'P}{ABDH} + \frac{A'B'E'F'P}{ABEF} + \\
& + \frac{A'B'E'G'P}{ABEG} + \frac{A'B'E'H'P}{ABEH} + \frac{A'B'F'G'P}{ABFG} + \\
& + \frac{A'B'F'H'P}{ABFH} + \frac{A'B'G'H'P}{ABGH} + \frac{A'C'D'E'P}{ACDE} + \\
& + \frac{A'C'D'F'P}{ACDF} + \frac{A'C'D'G'P}{ACDG} + \frac{A'C'D'H'P}{ACDH} + \\
& + \frac{A'C'E'F'P}{ACEF} + \frac{A'C'E'G'P}{ACEG} + \frac{A'C'E'H'P}{ACEH} + \\
& + \frac{A'C'F'G'P}{ACFG} + \frac{A'C'F'H'P}{ACFH} + \frac{A'C'G'H'P}{ACGH} + \\
& + \frac{A'D'E'F'P}{ADEF} + \frac{A'D'E'G'P}{ADEG} + \frac{A'D'E'H'P}{ADEH} + \\
& + \frac{A'D'F'G'P}{ADFG} + \frac{A'D'F'H'P}{ADFH} + \frac{A'D'G'H'P}{ADGH} + \\
& + \frac{A'E'F'G'P}{AEFG} + \frac{A'E'F'H'P}{AEFH} + \frac{A'E'G'H'P}{AEGH} + \\
& + \frac{A'F'G'H'P}{AFGH} + \frac{B'C'D'E'P}{BCDE} + \frac{B'C'D'F'P}{BCDF} + \\
& + \frac{B'C'D'G'P}{BCDG} + \frac{B'C'D'H'P}{BCDH} + \frac{B'C'E'F'P}{BCEF} + \\
& + \frac{B'C'E'G'P}{BCEG} + \frac{B'C'E'H'P}{BCEH} + \frac{B'C'F'G'P}{BCFG} + \\
& + \frac{B'C'F'H'P}{BCFH} + \frac{B'C'G'H'P}{BCGH} + \frac{B'D'E'F'P}{BDEF} + \\
& + \frac{B'D'E'G'P}{BDEG} + \frac{B'D'E'H'P}{BDEH} + \frac{B'D'F'G'P}{BDFG} + \left. \right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{B'D'F'H'P}{BDFH} + \frac{B'D'G'H'P}{BDGH} + \frac{B'E'F'G'P}{BEFG} + \\
& + \frac{B'E'F'H'P}{BEFH} + \frac{B'E'G'H'P}{BEGH} + \frac{B'F'G'H'P}{BFGH} + \\
& + \frac{C'D'E'F'P}{CDEF} + \frac{C'D'E'G'P}{CDEG} + \frac{C'D'E'H'P}{CDEH} + \\
& + \frac{C'D'F'G'P}{CDFG} + \frac{C'D'F'H'P}{CDFH} + \frac{C'D'G'H'P}{CDGH} + \\
& + \frac{C'E'F'G'P}{CEFG} + \frac{C'E'F'H'P}{CEFH} + \frac{C'E'G'H'P}{CEGH} + \\
& + \frac{C'F'G'H'P}{CFGH} + \frac{D'E'F'G'P}{DEFG} + \frac{D'E'F'H'P}{DEFH} + \\
& + \frac{D'E'G'H'P}{DEGH} + \frac{D'F'G'H'P}{DFGH} + \frac{E'F'G'H'P}{EFGH}) = \\
& = 100(26328887.16 \times 4 \times 10^{-11}) = 0.1053
\end{aligned}$$

含有八個種之任五個種的理論的樣方數爲

$$\begin{aligned}
N \left(\frac{ABCP'}{A'B'C'} + \frac{ABDP'}{A'B'D'} + \frac{ABEP'}{A'B'E'} + \frac{ABFP'}{A'B'F'} + \frac{ABGP'}{A'B'G'} + \right. \\
+ \frac{ABHP}{A'B'H'} + \frac{ACDP'}{A'C'D'} + \frac{ACEP'}{A'C'E'} + \frac{ACFP'}{A'C'F'} + \\
+ \frac{ACGP'}{A'C'G'} + \frac{ACHP'}{A'C'H'} + \frac{ADEP'}{A'D'E'} + \frac{ADFP'}{A'D'F'} + \\
+ \frac{ADGP'}{A'D'G'} + \frac{ADHP'}{A'D'H'} + \frac{AEFP'}{A'E'F'} + \frac{AEGP'}{A'E'G'} + \\
+ \frac{AEHP'}{A'E'H'} + \frac{AFGP'}{A'F'G'} + \frac{AFHP'}{A'F'H'} + \frac{AGHP'}{A'G'H'} + \\
+ \frac{BCDP'}{B'C'D'} + \frac{BCEP'}{B'C'E'} + \frac{BCFP'}{B'C'F'} + \frac{BCGP'}{B'C'G'} + \\
+ \frac{BCHP'}{B'C'H'} + \frac{BDEP'}{B'D'E'} + \frac{BDFP'}{B'D'F'} + \frac{BDGP'}{B'D'G'} + \\
+ \frac{BDHP'}{B'D'H'} + \frac{BEFP'}{B'E'F'} + \frac{BEGP'}{B'E'G'} + \frac{BEHP'}{B'E'H'} + \left. \right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{BFGP'}{B'F'G'} + \frac{BFHP'}{B'F'H'} + \frac{BGHP'}{B'G'H'} + \frac{CDEP'}{C'D'E'} + \\
& + \frac{CDFP'}{C'D'F'} + \frac{CDGP'}{C'D'G'} + \frac{CDHP'}{C'D'H'} + \frac{CEFP'}{C'E'F'} + \\
& + \frac{CEGP'}{C'E'G'} + \frac{CEHP'}{C'E'H'} + \frac{CFGP'}{C'F'G'} + \frac{CFHP'}{C'F'H'} + \\
& + \frac{CGHP'}{C'G'H'} + \frac{DEFP'}{D'E'F'} + \frac{DEGP'}{D'E'G'} + \frac{DEHP'}{D'E'H'} + \\
& + \frac{DFGP'}{D'F'G'} + \frac{DFHP'}{D'F'H'} + \frac{DGHP'}{D'G'H'} + \frac{EFGP'}{E'F'G'} + \\
& + \frac{EFHP'}{E'F'H'} + \frac{EGHP'}{E'G'H'} + \frac{FGHP'}{F'G'H'} \Big) = \\
& = 100 \times 0.02964 \times 0.51315 = 1.5210
\end{aligned}$$

含有八個種之任六個種的理論樣方數爲

$$\begin{aligned}
N \Big(& \frac{ABP'}{A'B'} + \frac{ACP'}{A'C'} + \frac{ADP'}{A'D'} + \frac{AEP'}{A'E'} + \frac{AFP'}{A'F'} + \frac{AGP'}{A'G'} + \frac{AHP'}{A'H'} + \\
& + \frac{BCP'}{B'C'} + \frac{BDP'}{B'D'} + \frac{BEP'}{B'E'} + \frac{BFP'}{B'F'} + \frac{BGP'}{B'G'} + \frac{BHP'}{B'H'} + \\
& + \frac{CDP'}{C'D'} + \frac{CEP'}{C'E'} + \frac{CFP'}{C'F'} + \frac{CGP'}{C'G'} + \frac{CHP'}{C'H'} + \frac{DEP'}{D'E'} + \\
& + \frac{DFP'}{D'F'} + \frac{DGP'}{D'G'} + \frac{DHP'}{D'H'} + \frac{EFP'}{E'F'} + \frac{EGP'}{E'G'} + \frac{EHP'}{E'H'} + \\
& + \frac{FGP'}{F'G'} + \frac{FHP'}{F'H'} + \frac{GHP'}{G'H'} \Big) = \\
& = 100 \times 0.19366 \times 0.51315 = 9.9376
\end{aligned}$$

含有八個種之任七個種的理論樣方數爲

$$\begin{aligned}
N \Big(& \frac{AP'}{A'} + \frac{BP'}{B'} + \frac{CP'}{C'} + \frac{DP'}{D'} + \frac{EP'}{E'} + \frac{FP'}{F'} + \frac{GP'}{G'} + \frac{HP'}{H'} \Big) = \\
& = 100 \times 0.7172 \times 0.51315 = 36.8031
\end{aligned}$$

同時含有八個種的理論樣方數爲

$$N \times A'B'C'D'E'F'G'H' = NP' = 100 \times 0.51315 = 51.3150$$

要知道八個雜草種分佈是否互相獨立亦即要知道種間有無任何

互助與競爭關係，可以把上述資料列成表 7 而進一步分析之。

表 7. 八個雜草種的次數分配

每樣方中之 雜草種數目 (X)	實際觀察樣方數 (f)	假設八個種分佈互相獨立 條件下的理論樣方數 (f')	$\frac{(f-f')^2}{f'}$
0	0	0.0000	265.59
1	0	0.0000	
2	1	0.0001	
3	3	0.0049	
4	12	0.1053	
5	13	1.5210	
6	28	9.9376	
7	33	36.8031	
8	10	51.3150	33.26
總 和	N=100	N=99.6870=100	$\chi^2=299.24$

卡方測驗時，自由度為 $3 - 1 = 2$ ， $P < 0.01$ ，測驗為顯著，即八種分佈互相並不是獨立，某些種會相聚在一起，某些種不聚在一起，即種間有互助，也有競爭，到底具體上那些種的關係如何，讓我們進一步分析。

Forbes 氏 1907 年在魚類種間關係研究上提出聚合係數 (Coefficient of association) 來表示種間的相互關係。其定義如下：

$$\text{聚合係數} = \frac{\text{實際上兩個種同時存在的樣方數}}{\text{理論上兩個種同時存在的樣方數}} = \frac{h}{\frac{ab}{n}} \quad (21)$$

(21) 式中 a 表示含有 A 種 (單獨存在或與 B 種共同存在) 的實際觀察樣方數， b 表示含有 B 種 (單獨存在或與 A 種共同存在) 的實際觀察樣方數， n 表示全體觀察樣方數， h 表示 A B 兩個種共同存在在一起的實際觀察樣方數。當聚合係數等於 1 時，A 與 B 兩個種分佈互相獨立，各不相干，但當聚合係數顯著小於 1 時，A 與 B 兩個種有互相競爭或互相排斥作用，而當聚合係數顯著大於 1 時，A 與 B 兩個種有互相幫助的作用。而聚合係數的顯著性測定是採用間接方法。以卡方測驗來進行。現在設有兩個種的次數分配表如下：

表 8. A 種與 B 種兩個種的次數分配表

組 別	實際觀察樣方數 f	理論樣方數(假設兩種分佈獨立) f'	$\frac{(f-f')^2}{f'}$
A 單獨存在	f_1	$f'_1 = (n - f_2 - f_3) - f'_4$	$(f_1 - f'_1)^2 / f'_1$
A 與 B 同時存在	f_2	$f'_2 = n - f'_1 - f'_3 - f'_4$	$(f_2 - f'_2)^2 / f'_2$
B 單獨存在	f_3	$f'_3 = (n - f_1 - f_2) - f'_4$	$(f_3 - f'_3)^2 / f'_3$
A 與 B 同時不存在	f_4	$f'_4 = \frac{(n - f_1 - f_2)(n - f_2 - f_3)}{n}$	$(f_4 - f'_4)^2 / f'_4$
總 和	n	n	$x^2 = \sum \frac{(f-f')^2}{f'}$

上表理論樣方數之計算可以按表內公式，先計算 f'_4 然後方依次計算 f'_3 , f'_1 和 f'_2 。卡方測驗時，自由度為 1，因為兩個種減去總數 n 的 1 個自由度故也。如卡方為不顯著，則聚合係數與 1 無顯著區別，此時可謂 A 和 B 兩個種同時存在的實際觀察樣方數和憑機會決定下來 A 和 B 兩個種同時存在的理論樣方數完全相等；如卡方為顯著，則聚合係數與 1 有顯著區別，如小於 1 時，則實際觀察樣方數小於理論樣方數，如大於 1 時，則實際觀察樣方數大於理論樣方數。

兩個種間的聚合係數經常隨着兩個種的密度而發生變化，如兩個種的密度很大時，在這個情況下，縱使兩個種分佈為獨立的，但聚合係數仍很接近於 1；相反，當兩個種的密度很小時，A 與 B 兩個種同時存在一個樣方內的機會很小，觀察稍為與理論樣方數差了一些，便會做成極大或極小的聚合係數。故聚合係數只能表示觀察樣方數是否符合理論樣方數，而不宜用來表示兩個種的真正相關關係。上表的理論樣方數計算需些解釋。A 種不存在的樣方數為 $(n - f_1 - f_2)$ ，B 種不存在的樣方數為 $(n - f_2 - f_3)$ ，所以 A 和 B 兩個種同時不存在的樣方數則為 $n \frac{(n - f_1 - f_2)}{n}$ ， $\frac{(n - f_2 - f_3)}{n}$ 或 $\frac{(n - f_1 - f_2)(n - f_2 - f_3)}{n}$ 。A 種不存在包括兩種情況：即可能

B 單獨存在亦可能 A 和 B 都不存在，同樣 B 不存在亦包括兩種情況：即可能 A 單獨存在亦可能 A 和 B 都不存在。因此，

$$f'_3 = (n - f_1 - f_2) - f'_4$$

表 9. 狗尾草和蟋蟀草與狗尾草和五指草聚合關係調查分析表

狗尾草和蟋蟀草				狗尾草和五指草			
組別	實際觀察樣方數 f	理論樣方數 f_i	$\frac{(f-f_i)^2}{f_i}$	組別	實際觀察樣方數 f	理論樣方數 f_i	$\frac{(f-f_i)^2}{f_i}$
1. 狗尾草單獨存在	15	15.13	0.1116	1. 狗尾草單獨存在	16	15.30	0.0320
2. 狗尾草和蟋蟀草同時存在	74	73.87	0.0229	2. 狗尾草和五指草同時存在	69	69.70	0.0070
3. 蟋蟀草單獨存在	9	9.13	0.1851	3. 五指草單獨存在	13	12.30	0.0398
4. 狗尾草和蟋蟀草同時不存在	2	1.87	0.9037	4. 狗尾草和五指草同時不存在	2	2.70	0.1815
總和	100	100.00	$\chi^2 = 1.2233$	總和	100	100.00	$\chi^2 = 0.2603$

$a = f_1 + f_2 = 15 + 74 = 89$ $b = f_2 + f_3 = 74 + 9 = 83$ $n = 160$ $h = 74$	$a = f_1 + f_2 = 16 + 69 = 85$ $b = f_2 + f_3 = 69 + 13 = 82$ $n = 100$ $h = 69$
聚合係數 = $\frac{h}{ab} = \frac{74 \times 100}{89 \times 83} = 1.0075$	聚合係數 = $\frac{h}{ab} = \frac{69 \times 100}{85 \times 82} = 0.9899$
蟋蟀草對狗尾草聚合指數 = $\frac{h}{a} = \frac{74}{89} = 0.83146$	五指草對狗尾草聚合指數 = $\frac{h}{a} = \frac{69}{85} = 0.81176$
狗尾草對蟋蟀草聚合指數 = $\frac{h}{b} = \frac{74}{83} = 0.89156$	狗尾草對五指草聚合指數 = $\frac{h}{b} = \frac{69}{82} = 0.84146$

$$\text{和} \quad f_1 = (n - f_2 - f_3) - f_4$$

f_1, f_3 和 f_4 都計算後當然便可以用間接法來求得 f_2 值。

上面已經詳述了為何不能把聚合係數來表示兩個種的正確關係，Dice 氏 1945 年提倡採用聚合指數 (Association Index) 其定義如下：

$$\text{B 對 A 聚合指數} = \frac{h}{a} \quad (22)$$

$$\text{A 對 B 聚合指數} = \frac{h}{b} \quad (23)$$

爲了更好地說明清楚，現在讓我們比較狗尾草 (G_1) 和蟋蟀草 (G_2) 的聚合關係與狗尾草 (G_1) 和五指草 (G_4) 的聚合關係，看看那對種關係較爲密切。

從表 2 整理資料得到表 9。

由上表兩個聚合係數看來都很接近於 1，主要是因爲雜草種的密度高，而不能認爲該等雜草種分佈互相獨立或聚合關係不够密切。由卡方測驗，自由度爲 1 時， P 爲大於 0.05，亦證明聚合係數與 1 無顯著差別，我們有必要檢查聚合指數，由聚合指數看來，雜草種間聚合非常密切，譬如，蟋蟀草對狗尾草聚合指數爲 0.83146，意思是全體狗尾草樣方中有 83.146% 的這種樣方是與蟋蟀草同時存在的。狗尾草對蟋蟀草聚合指數爲 0.89156，意思是全體蟋蟀草樣方中有 89.156% 的這種樣方是與狗尾草同時存在的。比較狗尾草和蟋蟀草及狗尾草和五指草的聚合關係程度，可知前者較後者爲密切。這個例子不單是研究雜草種間關係爲有用，其他如植物病菌種間關係 (如甘蔗赤腐病菌與鏟刀菌) 亦甚有用。

(三) 雜草密度與雜草統計分佈類型的關係

我們測驗雜草分佈類型是否隨機已在上面詳細論述，此處可以介紹一些比較簡單的方法來測驗雜草分佈是否隨機，這是值賴相對變量 (V/\bar{x}) 和頻數指數 (Frequency Index) 來決定，前者上面談過，後者定義爲：

$$F = 1 - e^{-\bar{x}} \quad (24)$$

我們知道 \bar{x} 為每個樣方平均含有雜草株數， $e^{-\bar{x}}$ 為樣方不含有雜草之或然率， F 很明顯地表示樣方含有雜草的或然率，

現在我們把雜草各個種的 \bar{x} ， V/\bar{x} ， F ，的實際觀察值和配合潘松分佈的 V/\bar{x} 及 F 的理論值列表 10。

表 10. 各個雜草種的 \bar{x} ， V/\bar{x} 和 F 觀察值和 V/\bar{x} 和 F 的理論值比較表

雜草別	每樣方平均雜草株數 \bar{x}	實際觀察相對變量 (V/\bar{x})	配合潘松分佈理論相對變量 (V/\bar{x})'	實際觀察頻數 F	配合潘松分佈理論頻數 F'
狗尾草	2.95	1.93	1	0.85	0.948
蟋蟀草	4.23	4.22	1	0.87	0.986
黃茅草	0.29	3.86	1	0.11	0.252
五指草	2.34	1.55	1	0.82	0.904
狗牙根	0.22	2.00	1	0.15	0.198
鯽魚草	0.08	1.38	1	0.06	0.077
藎香薊	3.35	3.00	1	0.85	0.965
加拿大蓬	0.09	1.33	1	0.07	0.086
大葉鹹蝦花	1.58	2.28	1	0.63	0.794
鬼針草	2.46	4.42	1	0.65	0.915
鱧腸	0.15	2.20	1	0.09	0.139
假茼蒿	0.11	1.27	1	0.09	0.104
莎草	4.95	15.55	1	0.68	0.993
鴨跖草	0.31	1.29	1	0.23	0.267
龍葵	2.03	4.26	1	0.69	0.869
飛瘍草	0.11	1.09	1	0.10	0.104
野棉花	0.11	1.27	1	0.09	0.104
龍珠草	0.07	1.57	1	0.05	0.068
黃花酸醬草	0.70	4.91	1	0.21	0.504
野苧菜	0.12	1.25	1	0.10	0.113

表的第 2 及第 3 直行可以根據各個雜草的次數分配表來求得。第 4 直行，當分佈為潘松分佈時，相對變量均為 1，第五直行由表二資料查得含有各該雜草的樣方數以全體樣方數 100 來除之，第 6 直行乃根據(24)式按第 2 直行 \bar{x} 值代入來求之。

根據表 10 資料我們可以繪成圖 2 及圖 3。

由圖 2 及圖 3 都可以觀察並判斷知那一種雜草分佈比較隨機分散和那一種雜草分佈比較集中密集。這要看那個代表那一種雜草的

點離開潘松分佈綫的距離遠近來決定。由圖 2 所見，所有點均在潘松分佈綫上，可見雜草種都是過份密集居多，呈核心分佈居多，雜草密度愈小，分佈愈近潘松分佈，密度適中時，距離潘松分佈愈遠，密度再大時則又距離潘松分佈較近些。由圖 3 所見，所有點均在潘松分佈綫下，

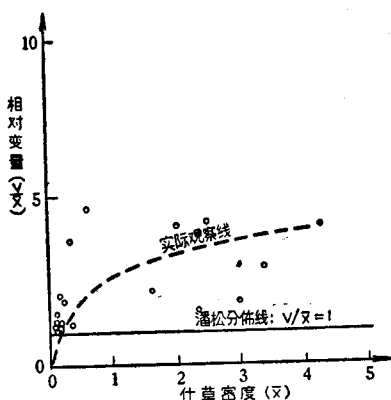


圖 2. 雜草密度相對變量關係圖

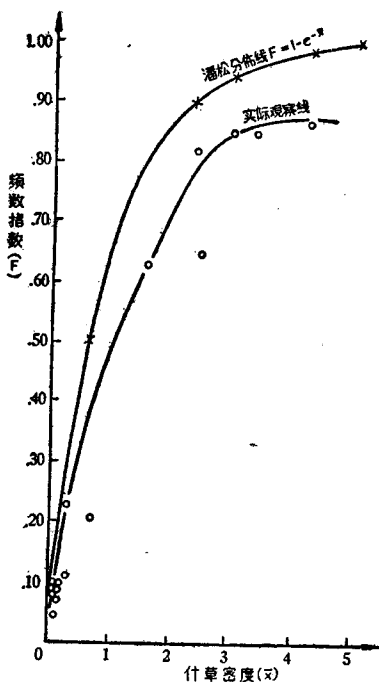


圖 3. 雜草密度與頻數指數關係圖

可見因為雜草分佈過份密度，因而含有雜草的樣方佔全體樣方百分比比較小於潘松分佈情況下的。與圖 2 的解釋一樣。雜草密度愈小，分佈愈接近潘松分佈，密度適中時距離潘松分佈愈遠，密度再大則又距離潘松分佈較近。

參 考 文 獻

- [1] 王鑑明 (1947): 蔗汁及蔗園土之微生物集團估計法. 台糖通訊 4 (7): 8—17.
- [2] 王鑑明 (1948): 病蟲害常用之數種統計分佈, 台糖季刊 2 (2): 111—119.
- [3] 尹汝湛、趙善歡、王鑑明 (1954): 稻田三化螟集團分佈的初步調查及其在實用上的意義. 昆蟲學報 4 (4): 337—364.
- [4] 王鑑明 (1957): 生物集團統計估計法 I. 水產生物學集團的估計 (未發表).
- [5] 王鑑明 (1957): 生物集團統計估計法 II. 昆蟲集團的估計法 (未發表).

- [6] Ashby, E. (1935): The quantitative aspects of vegetation; with an appendix by W. L. Stevens. *Ann. Bot.* 49: 779—802.
- [7] Ashby, E. (1936): Statistical ecology. *Bot. Rev.* 2: 221.
- [8] Ashby, E. and Pidgeon, I. M. (1942): A new quantitative method of analysis of plant communities. *Australian Jour. Science* 5: 19.
- [9] Baver, H. L. (1943): The statistical analysis of chaparral and other plant communities by means of transect samples. *Ecology* 24: 45.
- [10] Billings, W. D. (1941): Quantitative correlations between vegetational changes and soil development. *Ecology* 22 Suppl.: 448.
- [11] Blackman, G. E. (1935): A study by statistical methods of the distribution of species in grass associations, with an appendix by M. S. Bartlett. *Ann. Bot.* 49.
- [12] Blackman, G. E. (1942): Statistical and ecological study on the distribution of species in plant communities (i) Dispersion as a factor in the study of changes in plant populations. *Amer. Bot.* 6: 351.
- [13] Clapham, A. R. (1936): Over-dispersion in grassland communities and the use of statistical methods in plant ecology. *Jour. Ecology* 24: 232.
- [14] Cole, LaMont. C. (1946): A theory for analyzing contagiously distributed populations. *Ecology* 27: 329—341.
- [15] Dice, L. R. (1945): Measures of the amount of ecologic association between species. *Ecology* 26 (3): 297—302.
- [16] Dice, L. R. (1948): Application of statistical methods to the analysis of ecological association between species of birds. *The American Midland Naturalist* 39 (1): 174—178.
- [17] Forbes, S. A. (1907): On the local distribution of certain Illinois fishes: an essay in statistical ecology. *Bull. Illinois State Lab. Nat. Hist.* 7: 273—303.
- [18] Raunkaier, C. (1934): The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford Clarendon Press, xvi +632p.
- [19] Rechance, J. F. and Stewart, G. (1940): Sagebrush-grass range sampling studies: size and structure of sampling unit. *Jour. Amer. Soc. Agron.* 32: 669.
- [20] Singh, B. N. and Chalam, G. V. (1937): A quantitative analysis of the weed flora on arable land. *Jour. Ecol.* 25: 213.
- [21] Singh, B. N. and Das, K. (1938): Distribution of weed species on arable land. *Jour. Ecol.* 26: 455.
- [22] Singh, B. N. (1939): Percentage frequency and quadrat size in analytical studies of weed flora. *Jour. Ecology* 27: 66.
- [23] Smith, A. D. (1944): A study of the reliability of range vegetation estimates.

- [24] Vestal, A. G. (1943): Unequal scales for rating species in communities. Amer. Jour. Bot. 30: 305.
- [25] Winifred, E. Brenchley and Katherine Warington (1930): The weed seed population of arable land I. Jour. Ecol. 18: 235.
- [26] Winifred, E. (1933): The weed seed population of arable land II. Jour. Ecol. 21: 103.

編後記一

這篇論文是由本文作者投到植物學報上發表的。編者認為這是一篇地植物學的方法論的文章,在本刊發表較為適宜,因此編者與植物學報編委會協商,改由本刊發表。

這篇論文的內容,是最近英美植物生態學的生物統計學派的一篇代表性論文。編者對於這個學派的觀點和作風是不敢贊同的。但本刊的方針是主張百家爭鳴的。本文也代表一家之言,因此我們還是將這篇論文登出。希望讀者對於這個問題的看法,多多發表意見,以便在本刊下期發表。

李繼侗 1958年5月5日