

大學叢書

實用生物統計法

王 綬 著

商務印書館發行

大學叢書

實用生物統計法

王綬著

金陵大學農學院叢書
商務印書館發行

序 言

近年來國人對於統計學一科，似甚注意，關於統計之書籍出版，亦頗不少，然類皆應用於經濟，社會以及教育者居多，而適於生物學之用者，尚不多見。作者有鑑於生物統計方法之需要，故本其教學所得，薈集數年來之講義，採其適合生物研究之用者，編輯此書，名之曰「實用生物統計法」，以備實地工作人員，如農業技術員與生物學家之應用。

本書與普通統計學不同之點，即在於顧名思義，特着重於生物問題之實用，故對於「適合性之測定」，「差異顯著性之測定」等問題研討特詳。至於普通統計學中所常見之各常數之分解，甚為簡略，以省篇幅。

變異數分析與互變異數分析法之應用，為近代統計方法之顯著進步，尤其是對於田間試驗之規劃，有極大之供獻。本書對於此法亦甚注意，除簡單應用之外，特設一章於書末，歷舉應用實例，以便仿行，至關於該章例題之選擇，亦曾頗費心思，以求其實用。

本書編輯之目的，在於實用，對論理方面，未克兼顧，祇將各種方法，歷舉實例，說明其計算方法與意義，使實地工作人員，得以採仿之，而解釋其試驗結果。

書末有附表十三，及其用法，足供本書之用，檢查頗為方便，以減

少學者之經濟與時間之損失。各表搜集自各統計書報及應用表，尤其是費雪博士之書，作者對於自由採用各書之應用表，表示十二分之敬意。

編輯此書時，得馬育華先生之襄助處頗多，甚為感謝。

王 綬謹識於首都金陵大學農學院

一九三六年三月

導 言

生物問題之研究，與社會經濟相同，研究某種問題時，常不能作盡量的研究，所搜集的資料與數字，無論是從調查得到的，或是試驗得到的，其結果不過僅是集體內之一小樣本而已，所研究的問題的結論，亦即根據此代表樣本而來，但此樣本是否可代表原集體，一方面固然要靠取樣之方法是否適當，而另一方面更須看解釋的方法如何。

農業問題何獨不然，農業不是千真萬確的科學，試驗所得到的結果，概受機率定律之支配，簡言之即試驗所得之結果，應受統計方法之處理後，方可以作結論。

統計方法應用到生物學上，祇有三四十年的歷史，但在此短時期內，其進步堪稱迅速，應用於生物之統計方法，名曰生物統計 (biometry)。其原理與社會經濟教育等統計相同，其所異者即應用方面之不同而已。生物統計學之成立，須歸功於葛爾頓 (Francis Galton) 與皮而生 (Karl Pearson) 等二氏，生物統計學，引用到農業問題之研究上，則須歸功於「學生」氏 (Student) 哈雷斯 (J. A. Harris) 以及費雪 (R. A. Fisher) 等之提倡與發明。

生物統計學為十九世紀末葉之產兒，其意為「應用於解釋生物數量的數字之統計方法」，以數學的法則解釋生物的數字，其效用一方面是闡明數字之意義，使一堆無意義的散漫數字，表現其真正的價值，其

另一方面爲歸納，使廣汎而無秩序之數字，成爲一緊縮的形式，以便作適當之結論。

本書共計九章，偏重於農藝方面之應用，凡屬試驗之結果，皆應受統計之處理，試驗之規劃亦應受統計之理解，故近代之農業技術，與統計方法實不可須臾離也。但統計學之原理殊屬深奧，亦非實地工作人員之急需，以下所云側重於實地之應用。

編輯大意與方式

1. 編輯之目的 本書編輯之目的，在於援引實例，使實地工作人員，得以依樣葫蘆加以應用。

2. 材料之採取 本書之材料儘量採取實地試驗所得之結果，於可能範圍之內，不襲取他人之材料，或假設數字。

3. 本書之範圍 本書編輯之目的在於實用，故空汎的理論，於可能範圍之內，儘量的避免之。

4. 本書之重心 本書之重心偏重於農藝問題之統計應用，所舉各例皆與農藝有直接間接之關係，但亦不可認為農藝統計之專書。

5. 本書每章之內容 每章之內容包括：目的，實例，計算方法，解釋意義，練習材料，自修問題與重要參考書目等。

6. 例題之編號法 本書例題之編號方法，與尋常所見者略有不同，其法為：各章給以大寫羅馬字如 I, II, III 等，各常數給以大寫英文字母如 A, B, C 等，各計算方法給以阿剌伯小寫字如 1, 2, 3 等，例如例題 II A 1 即表示第二章內 A 種常數第一個計算方法。

7. 學者指導 學習統計重在實地練習，故每章內均設有練習材料，學者應加以計算，至於自修問題亦應加以解答。

目次

一	數字之整理與分類	1
二	集中性之測定	9
三	離中性之測定	15
四	二數相關之測定	23
五	迴歸線與簡單曲線之配合	48
六	淨相關與複相關	64
七	適合性之測定	76
八	差異顯著性之測定	94
九	較複雜之變異數分析法之應用及互變異數分析法	132
	附表及其用法	193
	附表第一 以或差為單位之檢查偶差表	195
	附表第二 費雪氏 x 表	197
	附表第三 洛夫氏改良「學生」氏 Z 表	插頁
	附表第四 費雪氏 t 表	200
	附表第五 (A) 百分之五 Z 分佈	203
	附表第五 (B) 百分之一 Z 分佈	204
	附表第六 斯乃得克氏之 F 與 t 表	206
	附表第七 費雪氏 χ^2 表	211

附表第八	費雪氏相關係數顯著測驗表	213
附表第九	費雪氏轉 r 爲 Z 表	215
附表第十	洛夫氏 r 轉 Z 值表	219
附表第十一	ρ 與 r 對照表	220
附表第十二	二分之一自然對數($\frac{1}{2} \log_e$)表	222
附表第十三	(A) 常態曲線下之面積及縱坐標	228
附表第十三	(B) 常態曲線下之縱坐標(以最高坐標爲單位)	234
英漢術語對照表		239
例題索引		243

實用生物統計法

一 數字之整理與分類

從試驗或調查所得到的原始資料，若不加以適當之整理與分類，則形同散沙，僅是一堆數字而已，毫無價值與意義，例如 117 行高粱產量（見第一表），在未加整理以前，看不出其意義來。

第一表 開封試驗場 1929 年 117 行高粱之產量

(單位爲每英畝之英斗數)

64.9	107.1	75.9	90.6	57.9	92.0	107.7	50.4
63.6	99.4	59.3	98.5	67.7	75.6	76.2	37.5
104.8	75.4	77.6	89.7	61.0	79.6	88.3	45.3
93.3	71.5	62.0	87.7	86.5	79.7	41.4	40.9
61.5	84.1	98.6	115.6	62.0	96.8	58.3	65.5
80.6	75.2	96.2	84.4	65.7	88.5	54.1	55.4
67.8	77.1	70.6	84.3	58.9	74.3	86.4	48.4
68.8	48.3	59.3	109.6	47.7	96.2	94.7	52.1
57.3	75.2	87.4	107.0	66.8	79.2	77.7	47.4
73.9	62.4	82.4	97.8	82.5	102.9	107.4	40.0
74.3	58.1	62.9	79.5	97.0	68.1	98.4	48.7
69.8	93.4	87.2	50.9	79.1	72.7	83.8	63.0
91.3	89.7	88.2	55.6	102.3	65.6	87.3	
59.2	81.5	77.4	61.7	93.4	74.4	68.3	
79.4	80.3	81.4	74.4	127.0	65.7	49.0	

第一表之數字，爲金陵大學開封試驗場 1929 年 117 行高粱標準行之產量英畝英斗數，數字按其在試驗區內行數之先後錄寫，未曾經過任

何之整理。觀表見此原始之資料，形如散沙一盤，僅是 117 個數字而已，彼此毫無一點關係，可知統計資料，在未加整理之前，而對於數字本身之意義，無所表示，毫無價值可言。茲將數字初步整理方法，略述如下。

A. 依次表 凡採用數學之原理與方法，而整理原始資料，謂之統計處理。統計處理之第一步，即將原始數字，按其大小，由小而大，按次序列爲一依次表(array)。例如第一表內之最小的數字爲 37.5，而最大的數字爲 127.0。今按其大小排列成一依次表（見第二表），則第二表之表現數字之情形，比較第一表爲佳。自第二表可看出數字之大概情形，其集中趨勢及其變異之方向，亦可略知其梗概。本數字之最大變異與最小的變異之相距爲 $127.0 - 37.5 = 89.5$ ，即此數字內最大與最小之全距（range）爲 89.5 單位。以全距之大小亦略可表示數字之變異情形，但不甚可靠耳。

第二表 117 行高粱之依次表

37.5	55.4	62.4	69.8	77.1	82.5	89.7	98.6
40.0	55.6	62.9	70.6	77.4	83.6	90.6	99.4
40.9	57.3	63.0	71.5	77.6	84.1	91.3	102.3
41.4	57.9	63.6	72.7	77.7	84.3	92.0	102.9
45.3	58.1	64.9	73.9	79.1	84.4	93.4	104.8
47.4	58.3	65.5	74.3	79.2	84.9	93.4	107.0
47.7	58.9	65.6	74.4	79.4	86.4	94.7	107.1
48.3	59.2	65.7	74.4	79.5	86.5	95.3	107.4
48.4	59.3	66.8	74.5	79.6	87.2	96.2	107.7
48.7	59.3	67.7	75.2	79.7	87.3	96.2	109.6
49.0	61.0	67.8	75.2	80.3	87.7	96.8	115.6
50.4	61.5	68.1	75.4	80.6	88.2	97.0	127.0
50.9	61.7	68.3	75.6	81.4	88.3	97.8	
52.1	62.0	68.8	75.9	81.5	88.5	98.4	
54.1	62.0	69.7	76.2	82.4	89.1	98.5	

依次表爲統計處理之初步，其價值與效用當不能認爲滿意，若數字數目多時，欲作一依次表，亦屬甚費時間，所得亦甚微小。更進一步之處理方法，即爲使數字按其大小分類。在某一限度內之各數字，歸爲一類，在另一限度內之數字，歸爲另一類，此種分類表，在統計學上名爲次數分佈表 (frequency distribution table)。

B. 次數分佈表 依次表較之未經處理之數字已易於了解，蓋一涉獵即可知數字之大概情形。自依次表可知 117 行高粱之中價爲 75.9，其最小產量爲 37.5，而最大之產量爲 127.0，兩極端數之差爲 89.5 等事實。更進步之處理，即引用分類方法，將全依次表分爲若干組 (class)，組數之多寡視材料而異，普通次數分佈表之組數 (number of classes)，以 10 至 20 爲限，不宜過多亦不宜過少。一組內兩極端數謂之組限 (class limits)，二組限之距離謂之組價 (class interval)，若知一數字之全距與組價，則組數之多寡，可用下列公式估計之：

$$\text{組數} = \frac{\text{全距}}{\text{組價}}$$

例如上述 117 行高粱產量 (看第二表)，全表之數字可分爲 10 組，組價爲 10，第一組之組限爲 30—39.9。30 爲下限 (lower limit)，39.9 爲上限 (upper limit)。凡數字之大小在 30 以上與 40 以下者，概屬於此一組，屬於此組之數字，祇有一個，故第一組之次數 (frequency) 爲 1，第二組之組限爲 40—49.9，其次數爲 10。如此類推，將全體數字可分爲 10 組，成爲一次數分佈表 (第三表) 如下：

第三表 117 行高粱產量之次數分佈表

組限 (<i>r</i>)	中價 [*] (mid-value)	次數 (<i>f</i>)
30—39.9	35	1
40—49.9	45	10
50—59.9	55	14
60—69.9	65	21
70—79.9	75	24
80—89.9	85	21
90—99.9	95	16
100—109.9	105	8
110—119.9	115	1
120—129.9	125	1
		117

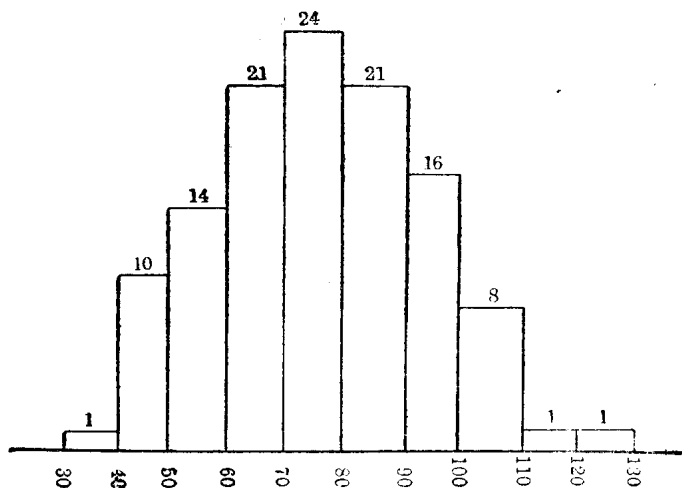
作次數分佈表時，應注意下列各事：(1)每一組內各次數之平均價，應與該組之中價相等或相距不遠；(2)各組之組限應清晰而無疑難；(3)全分佈內之各組價，應一律相等；(4)組數不宜過多，亦不宜過少，約 10 至 20 組為宜。

次數分佈表之利益在於將數字約縮，使學者格外可以一目了然。從第三表可知，多數之次數集中於中間數組，兩端漸少，以至於兩極端。此種分佈情形，在統計學上名為常態分佈 (normal distribution)。常態分佈在統計學上應用極大，各種統計常數與理論，概都根據此種特性而來。關於常態分佈之討論，不屬於本書之範圍，故不詳及，學者自行參考他書可也。

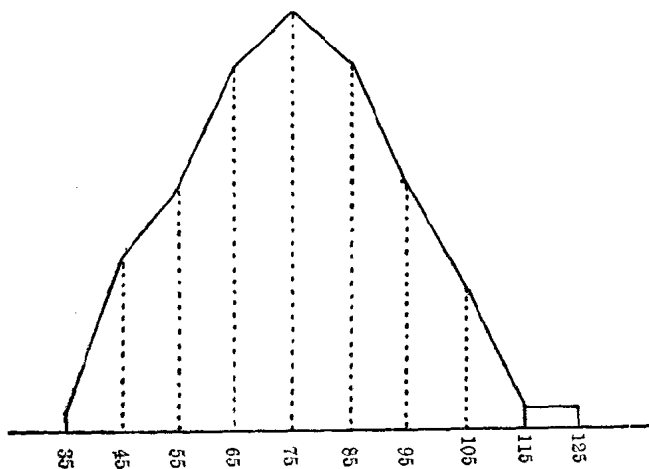
C. 次數分佈圖 次數分佈情形，尚可利用繪圖法表示之，此種圖即名為次數分佈圖 (frequency distribution diagram)。次數分佈圖可

*中價為組限之中點。

使觀者格外可以一目了然次數分佈的情形。繪圖的方法，普通可分爲兩種：(1) 柱形圖 (histogram)，又名爲筒形圖，例如第一圖。其法爲先在橫軸 (X-axis) 上，或基線上，劃定各組之組限，然後依照各組之所有次數，按比例垂直劃柱形，各柱形之高低，與該組之次數成正比例，如第一圖所示，觀圖即可使學者更易領會次數分佈之情形，(2) 多邊形圖 (polygon)，例如第二圖。其繪法與第一圖相同，自各組之中點，作直線與基線相垂直，按各組之次數多寡，畫定直線之長短，然後將各直線之頂點依次相連，即成爲多邊形圖(第二圖)，茲以 117 行高粱之次數分佈圖，繪如下：



第一圖 117 行高粱分佈之柱形圖



第二圖 117 行高粱之多邊形圖

練習題與練習資料

以民國十七年金陵大學 601 行大豆之產量(見第 7 頁), 作以下之練習, (1) 作次數分佈表, (2) 畫次數分佈圖, (3) 答以下之諸問題:

1. 何謂統計學? 統計方法? 生物統計? 試各給以簡明之定義。
2. 你為什麼要學生物統計?
3. 試申述次數分佈之得失各點, 並述作表時應注意之事。
4. 試說明依次表, 次數分佈表, 組價, 組限, 上組限, 下組限, 中價, 全距離, 次數等名詞。
5. 何謂常態分佈? 並述其特性。

重要參考書目

1. 金國寶: 統計學大綱 第一, 二, 三章。
2. 艾偉: 高級統計學 第一, 二, 三章。

民國十七年金陵大學 601 行大豆產量之依次表

50	171	196	211	224	234	244	254	267	281	299	326
88	172	197	212	224	234	245	254	267	281	300	327
92	173	197	212	224	234	245	254	267	282	300	328
93	173	198	212	224	234	245	255	267	282	300	328
97	173	198	213	225	234	245	255	268	282	301	330
105	174	198	213	225	235	245	255	269	283	301	330
106	175	198	213	225	235	245	256	269	283	301	331
111	176	198	213	225	235	245	257	269	283	301	331
116	176	198	214	226	235	245	257	269	284	302	332
117	177	199	214	226	236	246	258	269	284	302	333
118	177	199	214	227	236	246	258	269	284	302	333
118	179	200	214	227	236	246	258	270	285	302	333
118	179	200	214	227	236	246	258	270	286	302	333
119	180	200	214	227	233	246	258	271	286	302	333
120	180	201	215	227	237	247	259	271	286	303	334
122	180	201	215	227	237	247	259	272	287	303	339
123	181	201	215	227	237	247	259	272	287	303	341
128	182	202	215	227	238	247	259	272	287	304	342
131	182	202	215	227	238	247	259	272	287	305	343
131	182	202	216	228	238	248	260	272	288	306	344
136	183	202	216	228	238	248	260	272	288	307	346
138	183	202	216	228	238	248	260	272	288	307	347
139	183	203	216	228	238	249	261	272	289	308	347
139	184	203	216	229	238	249	261	273	289	308	349
143	185	203	216	229	238	249	261	274	289	309	349
146	185	203	217	229	239	249	261	274	290	309	351
146	186	204	217	229	239	249	261	274	290	311	351
147	186	204	217	230	239	250	261	274	290	311	355
148	187	205	217	230	239	250	261	275	291	312	357
148	189	205	218	230	240	251	262	275	291	312	358
150	189	205	218	230	240	251	262	275	291	313	358
150	189	205	218	230	240	251	262	275	292	313	360
150	189	205	219	230	240	251	262	276	292	313	369
151	190	205	219	230	240	251	262	276	292	315	371
152	190	205	219	230	240	251	262	276	293	315	371
152	191	205	219	230	241	251	263	276	293	316	385
155	191	206	219	231	241	251	263	276	294	317	386
155	192	206	219	231	241	252	263	276	294	317	388
155	192	207	219	231	241	252	263	277	295	317	412
157	192	207	219	231	241	252	264	277	295	319	444
158	192	208	219	232	242	252	264	277	296	319	
159	192	209	220	232	242	252	264	277	296	319	
159	192	209	220	232	242	252	264	277	296	319	
161	193	209	220	232	242	252	265	278	296	321	
162	193	210	221	232	242	253	265	278	296	321	
162	195	210	221	232	243	253	265	278	296	322	
164	195	210	222	233	243	253	265	279	297	322	
169	195	210	222	233	243	254	266	280	297	323	
169	195	210	222	233	244	254	266	280	297	324	
170	196	210	223	233	244	254	266	281	298	324	
171	196	211	223	233	244	254	266	281	298	324	

3. King, W. I.: Elements of Statistical Methods, Chap. XI, pp. 97—120.
4. Chaddock, R. E.: Principles and Methods of Statistics, Chap. V, pp. 53—80.
5. Mills, F. C.: Statistical Methods, Chap. III, pp. 61—91.
6. Jerome, H.: Statistical Methods, Chap. I, pp. 1—12.