

種子品質管理統計分析工具之應用

龔美玲¹、郭寶錚²、沈翰祖³

一、前言

供應優良種子苗是國家與種苗產業的重要任務，透過不斷的育種改良，提高作物產量與品質，使農民的所得增加，也讓人們能不用花費太多的支出就能獲取食物營養與健康。種子品質的優劣也是影響農民生產管理操作與投資收益的重要要素之一；因此，種子公司需根據育種計畫至最終市場銷售等不同階段，建立適合的品質管理措施及操作程序，以維持種苗產品從開發至上市的品質一致性，讓消費者可以購買到符合期望的優質種子；此外，品管系統也能提供企業嚴謹且具組織性的商業營運策略。在整個種子產品週期中，種子檢查是常見的品質監測程序；於 1924 年成立的國際種子檢查協會（International Seed Testing Association, ISTA）其宗旨為確保國際間種子貿易之品質，降低貿易糾紛，以及提昇種子檢查技術水準，並建立「國際種子檢查規則」（International Rules for Seed Testing）供世界各國及會員實驗室依循。ISTA 成員由種子公司、檢測實驗室及認證機構等三方所組成，能考量科學、商業及管理等不同層面的意見，配合實務

上的種子生產品管及種子檢查之所需，開發相關的統計工具並公開於網站上（<http://seedtest.org/>）供免費下載使用，其軟體多以 Microsoft® Office 的介面來做開發，便於檢查人員操作分析，本文將介紹其中兩項可應用於種子品管與包裝處理策略的統計分析工具。

二、種子批容器間的異質性檢定—Heterogeneity Testing Calculator

（一）應用目的

為了使取樣能具有代表性，即取得的樣品能代表整個種子批的品質情況，國際種子檢查規則以假設種子批是接近一致性（uniform）的前提下，訂定種子取樣的規則與程序，並根據種子容器的容量及數量，規定不同的最低取樣頻度。在對一批種子進行取樣時，會從不同容器中取出部分樣品（稱為原始樣品）混合成送至實驗室檢測的報驗樣品；而當容器數量超過 15 個時，並非所有的容器都會被取樣，也因此，假若容器之間的種子品質差異（稱為異質性，heterogeneity）過大時，已非取樣技術能平衡的情況下，就有可能造成取樣的結果不足以代表整個種子批品質成分

¹ 種苗改良繁殖場生物技術課 助理研究員

² 國立中興大學農藝學系 教授

³ 種苗改良繁殖場種苗經營課 副研究員兼課長

的風險，導致檢測報告的可信度降低，也就無法保證販售出去的種子產品品質。如何有效的分析種子批容器間的異質性，會是取樣與品管的重要課題。國際種子檢查規則在第 2.9 節針對種子批多容器異質性檢定 (heterogeneity testing for seed lots in multiple containers) 提供一套分析方法，並開發 Excel 介面的 Heterogeneity Testing Calculator (HTC) 統計工具，檢定種子批內不同容器之間的種子品質是否存在異質性，幫助種子公司研究改善種子包裝處理系統，也可以協助政府機構達到種子品質檢監測之目的。需要注意的是，此處的異質性檢定並不適用於分析不同組成分（例如正常幼苗與不正常幼苗）之間的差異（稱為組成分上的異質性）。

(二) 資料類型

HTC 分析的資料參數有三類，包含種子檢查中的潔淨度分析各組成分（潔淨種子、其他種子及無生命雜質）的重量百分比、發芽試驗各組成分百分比（正常苗、不正常苗及死亡種子的比例）及其他種子計數檢定（總種子數、最多的物種種子數或次多的物種種子數），總共提供 9 種資料參數的分析工作表 (sheet)。

(三) 統計分析原理

種子批的異質性分成兩種類型，一種為容器間的品質差異呈不規則但接近連續型的分布，稱為 in-range heterogeneity，另一種則為容器間的品質差異為非連續型的分布，例如存在離群值（亦稱極端值）時，或將數個品質有差異的種子批合併成一批，但沒有充分混合均勻時，就極有可能

發生種子批的異質性，此種情況稱為 off-range heterogeneity。H 值檢定主要應用於檢定 in-range heterogeneity，R 值檢定則較適用於 off-range heterogeneity。

何謂 H 值檢定 (H-value test) ?

H 值檢定最早由 Miles 於 1962 年提出，而後於 2001 年再經過 Michael Kruse 稍做修正。H 值的異質性檢定原理係根據比較獨立容器的樣品觀測值變方 (V) 與利用適合的機率分布計算容許變方 (W) 之間的比值是否超過容許值，潔淨度及發芽率適用二項分布，其他種子計數檢定則適用卜瓦松分布。由於每個容器僅有一個樣品觀測值，容器內的異質性（組內）變方無法估測，因此是以一般良好種子生產管理下，隨機變異的理論變方乘上附加變異係數 (f) 做為容許變方代替之。H 值主要運算公式為 $H = \frac{V}{W} - f$ ，假若計算出的 H 值為負值則記錄為零；其中 $V = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$ ，而 W 則有兩種計算公式，當進行潔淨度或發芽率的運算時， $W = \frac{\bar{X} \cdot (100 - \bar{X})}{n} \cdot f$ ， $\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$ ，而當進行其他種子數量上的運算時， $W = \bar{X} \cdot f$ ；f 係數及 H 值檢定臨界值可參考國際種子檢查規則 Table 2C 及 Table 2D。

何謂 R 值檢定 (R-value test) ?

R 值檢定是利用選定的品質參數（如潔淨度、發芽率、其他種子數量等），比較容器間的最大差異是否超出容許範圍，運算公式為 $R = X_{max} - X_{min}$ ，其容許範圍是根據在良好種子生產管理下的容

許標準差。由於每個容器僅有一個樣品觀測值，無法分割出容器內（組內）的異質性，故容器內的異質性亦會包含在容許標準差內。最大容許範圍可依據觀測值平均（ $\bar{X}$ ）、品質參數及有稈與否，參考對應的國際種子檢查規則 Table 2E~2G。

(四) 操作步驟說明

1. 選擇適用的工作表（請參見圖 1）。黃色欄位為資料輸入區，藍色欄位會由程式自動計算帶入數值。
2. 輸入種子批的容器總數量，之後程式會自動計算必須取樣的最小容器數；種子批至少必須要有五個包裝容器才適用本統計檢定方法。
3. 根據最小取樣容器數，進行每個容器獨立取樣，種子檢查實驗室或品管室也必須個別對每個容器的獨立樣品進行檢測。
4. 輸入每個容器的樣品檢測粒數（ n ），潔淨度分析需 1,000 粒種子，發芽試驗需 100 粒，其他種子計數檢定需 2,500 粒。
5. 於 X 欄位輸入每個容器的樣品檢測結果，程式會自動帶入 X 欄位輸入值的個數（ N ）及平均值（ $\bar{X}$ ）。
6. 輸入該種子是屬有稈（chaffy）或無稈種子，有稈種子例如禾本科，可依該物種的屬查詢國際種子檢查規則 Table 3B Part1。
7. 完成輸入上述資料後，程式會自動進行 H 值檢定（H-value test）及 R 值檢定（R-value test），透過這兩種檢定結果

來說明該種子批容器間的種子品質是否存在顯著的異質性。當 H 值與 R 值大於臨界值（critical value）時，則代表異質性為顯著，並以紅字或綠字顯示此 H 值及 R 值指出有或沒有顯著異質性存在。

備註：當潔淨度分析的結果高於 99.8% 或低於 0.2%、發芽試驗高於 99.0% 或低於 1.0%、其他種子數量少於 2 粒等任何一種情況時，H 值不會被計算。

8. 結果判別：只要 H 值或 R 值任一個有檢定出顯著異質性，則就被認定該種子批為異質的；僅有當兩種檢定結果皆為不顯著時，才代表該種子批沒有顯著異質性存在。

(五) 報告呈現

依據國際種子檢查規則規定，倘若種子批容器間的異質性檢定結果需要呈現在國際種子檢驗證中，則應列在「其他檢定」欄位，並標示所檢測的平均值、容器總數、樣品數、H 值（或 R 值）及註明「此 H 值（或 R 值）顯示（或未能顯示）顯著異質性（This H/R value does/does not indicate significant heterogeneity.）」。

三、複合種子批的相容性檢定— Check of Homogeneity When Unifying Lots

(一) 應用目的

使用大型容器來進行種子的運輸與儲藏是目前的趨勢，也意味著需要確保大包裝種子的品質能符合規定。當合併（unifying）多個種子批形成一複合種子

批 (compound lot) 時，種子批間品質存在差異且沒有混合均勻時，就有產生異質性之風險；然而，異質性檢定僅能檢定種子批的異質性是否存在，無法消除其異質性。因此，ISTA 統計委員會爲了避免混合種子批時產生顯著的異質性，提出了一個新的檢定方法—相容性檢定 (compatibility test)，以確保大型複合種子批的品質，並由 Banyai 及 Dregelyi-Kiss 兩位學者開發 Excel 介面的相容性檢定統計工具。相容性檢定目的在於檢驗種子批間成分品質的相容性，用以決定那些種子批可以在不損害到複合性種子批品質的前提下進行合併混合。

(二) 統計原理

相容性檢定也可以說是一種反向的異質性檢定 (inverse heterogeneity test)，比較種子批間品質的最大差異是否超過容許範圍，假若該組合的種子批之間最大差異值未超過容許範圍 ($R \leq R_{crit}$)，則可認定該組合種子批之間具有相容性，並且歸納成可能的同質性群體 (homogeneous groups)，品質相近的種子批才能被考慮合併混合成複合種子批；反之 ($R > R_{crit}$)，則不建議該組合進行合併。R 值的運算公式爲 $R = X_{max} - X_{min}$ ，R 值的臨界值 (R_{crit}) 可依據平均值參考國際種子檢查規則 Table 17.2~ Table 17.4。

Germination - Normal seedlings (%): Heterogeneity testing for seed lots in multiple containers
ISTA Rules - Chapter 2 - 2.9

Number of containers in the lot	12	<table border="1"> <thead> <tr> <th>X</th> <th>Container sample #</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>95</td><td>1</td></tr> <tr><td>96</td><td>2</td></tr> <tr><td>95</td><td>3</td></tr> <tr><td>90</td><td>4</td></tr> <tr><td>85</td><td>5</td></tr> <tr><td>81</td><td>6</td></tr> <tr><td>92</td><td>7</td></tr> <tr><td>80</td><td>8</td></tr> <tr><td>82</td><td>9</td></tr> <tr><td>83</td><td>10</td></tr> <tr><td>84</td><td>11</td></tr> <tr><td>94</td><td>12</td></tr> <tr><td></td><td>13</td></tr> <tr><td></td><td>14</td></tr> <tr><td></td><td>15</td></tr> <tr><td></td><td>16</td></tr> <tr><td></td><td>17</td></tr> <tr><td></td><td>18</td></tr> <tr><td></td><td>19</td></tr> <tr><td></td><td>20</td></tr> <tr><td></td><td>21</td></tr> <tr><td></td><td>22</td></tr> <tr><td></td><td>23</td></tr> <tr><td></td><td>24</td></tr> <tr><td></td><td>25</td></tr> <tr><td></td><td>26</td></tr> <tr><td></td><td>27</td></tr> <tr><td></td><td>28</td></tr> <tr><td></td><td>29</td></tr> <tr><td></td><td>30</td></tr> <tr><td></td><td>31</td></tr> <tr><td></td><td>32</td></tr> <tr><td></td><td>33</td></tr> </tbody> </table>	X	Container sample #	95	1	96	2	95	3	90	4	85	5	81	6	92	7	80	8	82	9	83	10	84	11	94	12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33
X	Container sample #																																																																					
95	1																																																																					
96	2																																																																					
95	3																																																																					
90	4																																																																					
85	5																																																																					
81	6																																																																					
92	7																																																																					
80	8																																																																					
82	9																																																																					
83	10																																																																					
84	11																																																																					
94	12																																																																					
	13																																																																					
	14																																																																					
	15																																																																					
	16																																																																					
	17																																																																					
	18																																																																					
	19																																																																					
	20																																																																					
	21																																																																					
	22																																																																					
	23																																																																					
	24																																																																					
	25																																																																					
	26																																																																					
	27																																																																					
	28																																																																					
	29																																																																					
	30																																																																					
	31																																																																					
	32																																																																					
	33																																																																					
Minimum number of independent container samples to be drawn	11																																																																					
Number of independent container samples	12																																																																					
Number of seeds tested from each container sample	100																																																																					
Chaffy seeds (Y/N)	N																																																																					
Reported mean value	88																																																																					
H value test																																																																						
W	11.55																																																																					
V	37.90																																																																					
Calculated H value	2.18																																																																					
Critical H-value	1.45																																																																					
This H value does indicate significant heterogeneity.																																																																						
R value test																																																																						
R	16.00																																																																					
Critical R value	18																																																																					
This R value does not indicate significant heterogeneity.																																																																						
Change any value in a yellow cell																																																																						

圖 1. Heterogeneity Testing Calculator 操作介面。以正常苗的比例（發芽率）為例，該種子批有 12 個容器，最小容器取樣數為 11 個，實際輸入之檢測樣品數為 12 個，每份樣品檢測粒數 100 粒，觀測值平均為 88，H 值檢定結果有顯著異質性，R 值檢定結果沒有顯著異質性，總結判定：該種子批具有顯著異質性存在

文獻報告

(三) 操作步驟說明

1. 開啟統計工具後先啟用巨集，工作表內有兩個按鍵選項，紅色按鍵為資料表清空，藍色按鍵為進行相容性檢定，操作介面請參見圖 2。
2. 於黃色區域分別輸入三種品質特性數據：潔淨度(百分比)、發芽率(百分比)及其他種子數量，資料的輸入最多以 8 個種子批為限。
3. 資料輸入完成後，按下藍色按鍵，程式會自動計算三種品質特性各自的平均

值，並與相對應的 R_{crit} 進行比對，並指出是否存在具相容性的種子批組合。

4. 案例：(1) 若種子批間品質差異過大，任何兩兩組合的種子批皆無法彼此相容，則程式會顯示「沒有任何種子批可以混合」；(2) 可能因為單一品質特性（例如發芽率）與其他種子批差異太大，導致某一批種子批與其他的種子批皆不相容；(3) 有時也可以獲得較多的選擇方案，包含兩兩一組或三個一組的種子批組合。

Lot No.	Purity %	Germination %	Other seed content
1.	98.0	91	1
2.	99.2	88	3
3.	98.2	90	2
4.	97.3	94	3
5.	97.0	85	2
6.	95.0	95	8
7.	99.1	90	1
8.	97.0	91	2

Results

The next 3 lots and 2 lots should be allowed for mixing:

1, 3, 4;	1, 3;
1, 4, 8;	1, 4;
1, 5, 8;	1, 5;
2, 3, 7;	1, 8;
	2, 3;
	2, 7;
	3, 4;
	3, 7;
	4, 8;
	5, 8;

圖 2. 複合種子批的相容性檢定操作介面。輸入數個種子批的品質數據後，程式會自動帶出具相容性的種子批組合

四、結語

依據 ISTA 規定，取樣員在取樣時應觀察種子批的異質性，倘若種子批存在明顯異質性時應停止取樣，並且拒絕接受該種子批的樣品。因此，當種子檢查單位或種子公司懷疑種子批的均質性時，異質性檢定可以提供客觀的證明，確保檢測報告

能真實反映種子批的品質。而種子批間的相容性檢定可以協助種子公司，判定哪幾個批次生產之種子可以合併包裝出貨，但又不影響整體品質。建議種子公司可善用這兩套統計工具，探討種子包裝處理過程中可能存在的問題，藉以提升產品品質，維護公司品牌形象與消費者權益。