



使用程式語言R輕鬆完成試驗設計分析

(一) 完全隨機設計

農試所作物組 楊滿霞

一、前言

掌握好統計分析工具，農業研究分析工作就能得心應手，以往農業研究人員主要使用SASEG(statistical analysis system enterprise guide)進行統計分析，此軟體不需要寫程式，人性化界面進行點選或者拖拉方式，即可進行資料整理與分析，非常受到研究人員的歡迎。R為近20年來逐漸在學術界站穩一席之地的統計分析工具之一，相對於SASEG需要一筆不小的租賃經費，R是一個結合統計分析與繪圖功能的免費且開放軟體，但使用者需有自行撰寫程式的能力，此為大部分研究人員對於R卻步的主要原因。R的優點之一為開放讓使用者自行撰寫函數與套件，增強R的分析功能，本文作者自行撰寫R的完全隨機設計(completely randomized design, CRD)函數，並公開讓研究人員無償使用，此函數的特點為將撰寫程式的工作降到最低，僅需要撰寫函數本身一行程式，使用者即可獲得完整的分析結果，本文提供完全隨機數計函數的操作說明並提供單、複因子的範例，讓使用者更了解此函數的運用。

二、完全隨機設計簡介

農業研究常依據試驗目的挑選適當的試驗設計規劃試驗田區，完全隨機設計是最簡單且最普遍的試驗設計，在試驗環境(田區)均勻無偏性因子影響下，研究人員可以挑選完全隨機設計來規劃試驗，根據試驗處理組合數及重複數將所在試驗環境(田區)下分成(試驗處理組合數 $\times$ 重複數)個小區，在每個小區隨機實施不同處理組合。完全隨機設計可以做單因子或複因子的分析，如果是單因子完全隨機設計分析，根據變方分析(analysis of variance, ANOVA)結果檢視主效應是否顯著，如果顯著則需進一步做最小顯著差異性測驗(least significant difference, LSD)，了解處理間是否有差異；如果是複因子完全隨機設計分析，根據變方分析結果需先檢視交感是否顯著，如果交感效應

作者：楊滿霞助理研究員
連絡電話：04-23317128

顯著，針對所有處理組合做LSD或者固定某一因子，對另一因子做LSD，此時，主效應是否顯著不重要。如果交感效應不顯著但主效應顯著時，應針對主效應做LSD，了解該因子處理間是否有差異(圖一)。

三、完全隨機設計函數(CRD)使用

R是免費且公開的軟體，R可以作資料處理、繪圖、統計分析，並提供使用者建立自己撰寫的函數及套件(package)，方便散佈自己的分析方法或教學。本文提供完全隨機設計函數，函數名稱為CRD，此函數依據研究人員需求設計，不必撰寫複雜的程式碼，一行程式碼即可完成完全隨機設計分析，相關下載及使用說明如下：

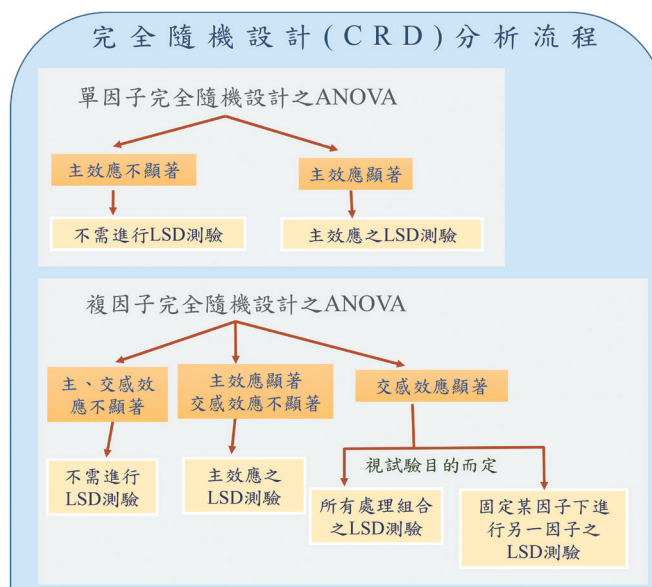
(一)下載R軟體與CRD函數

R軟體官網<https://www.r-project.org/>提供免費下載R，進入網頁後左列表Download>CRAN，選擇所在國家Taiwan><https://cran.csie.ntu.edu.tw/>，依作業系統需求選擇下載選項，如果是微軟系統則選擇Download R for Windows，點選「base」套件，頁面會顯示最新的R版本供下載「Download R-4.2.0 for Windows」，點選後將自動下載R-4.2.2.exe執行檔，安裝此執行檔即可完成R軟體安裝。完成R安裝後到農業試驗所網頁<https://www.tari.gov.tw/>，路徑為

「農業試驗所>本所簡介>研究單位>作物組>業務專區>生物統計與生物資訊>簡介>檔案下載」，下載「完全隨機設計CRD函數.zip」，內含CRD.RData及R_InputData資料夾，左鍵點2下打開CRD.RData，在R console視窗，輸入CRD後按下enter鍵，即可出現CRD函數原始程式碼。

(二)CRD函數引數簡介

延續上述操作，將R_InputData資料夾複製貼到D槽，該資料夾內含CRD_Rprogram.R、CRD.csv、f2CRD.csv和f3CRD.csv共4個檔案。為讓使用者了解CRD函數的使用，點選CRD.RData主視窗左上角檔案>開啟命令稿，打開CRD_Rprogram.R，該檔案提供單因子、2因子及3因子的CRD函數的撰寫範例，範例檔案分別為CRD.csv、f2CRD.csv和f3CRD.csv。R函數撰寫的規則為，先寫



圖一、完全隨機設計(CRD)分析流程。

出函數名稱，後面加括弧（），括弧中再寫各引數的指定內容，經由CRD函數撰寫範例可知，CRD函數包含4個引數，分別為WD、Filename、X和T。以單因子撰寫範例CRD(WD="d:/R_InputData", Filename="CRD.csv", X=3, T=1)為說明。

WD為指定待分析檔案放置的路徑，等號「=」代表指定的意思，等號後面填寫檔案放置路徑，由於路徑為字串，需用引號'或者'"標示，R程式才能認得此路徑名稱，此範例為WD="d:/R_InputData"(或者WD='d:/R_InputData')，代表待分析檔案放在D槽的R_InputData資料夾內，建議使用者可在D槽下建立R_InputData資料夾，並將待分析檔案放入該資料夾內，則不用變動程式，或者請使用者依自己電腦放置待分析檔案位置，調整指定路徑內容，建議使用者路徑避免出現中文字，以免產生不可預期的錯誤；Filename為待分析檔案名稱，檔案名稱需含副檔名，且檔案必需為csv檔，本範例檔案名稱為CRD.csv，由於檔案名稱也為字串，需用引號'或者'"標示，此範例寫法為Filename="CRD.csv"(或者Filename='CRD.csv')；X為觀測值在待分析檔案中的「第幾行」，限制指定的行數只能為1行，此範例寫法為X=3，即CRD.csv中第3行為觀測值；T為處理在待分析檔案內的「第幾行」，最多可指定3個處理行數，即

CRD函數最多提供3因子分析，無4因子以上的分析服務，此範例寫法為T=1，代表CRD.csv第1行為處理因子。如為複因子分析，處理因子為1個以上，以2因子為例CRD(WD="d:/R_InputData", Filename="f2CRD.csv", X=4, T=c(1,2))，檔案f2CRD.csv的第1和2行為處理因子，則該引數寫成T=c(1,2)，將指定的行數寫在c()內並用，隔開(c代表combine，將其內的引數結合為向量)。確定好4個引數需填入的資訊後，填寫在CRD()內後並以半形逗號「,」隔開，即完成CRD函數的撰寫(圖二)。

(三)CRD函數執行與分析結果說明

了解CRD函數撰寫後，這邊說明如何執行CRD函數並解讀分析結果，執行R程式的方式很簡單，將游標停在該R程式後，鍵盤先後點選ctrl和r，即可執行該行程式，以下用單因子範例CRD(WD="d:/R_InputData", Filename="CRD.csv", X=3, T=1)做說明。執行該程式後，出現安裝agricolae套件(該套件功能為分析LSD)的國家連線選擇列表，請選擇Taiwan再點選「確定」

```
#One Factor
CRD(WD="d:/R_InputData",Filename="CRD.csv",X=3,T=1)
單因子程式範例

#Two Factors
CRD(WD="d:/R_InputData",Filename="f2CRD.csv",X=4,T=c(1,2))
2因子程式範例

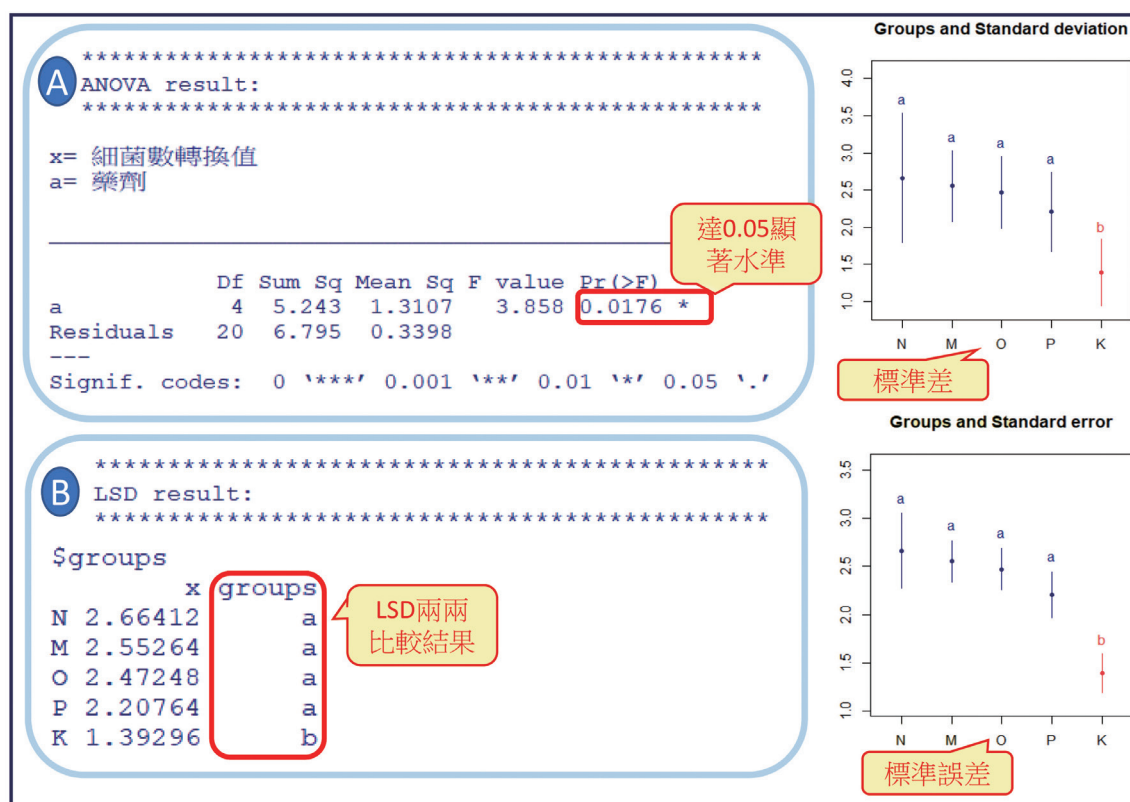
#Three factors
CRD(WD="d:/R_InputData",Filename="f3CRD.csv",X=4,T=c(1,2,3))
3因子程式範例
```

圖二、提供單因子與複因子CRD函數R程式範例寫法供參。

後，在R console視窗即出現CRD的分析結果，游標點選該視窗後。可使用滑鼠滾珠前後查看分析結果內容，資料分析結果分為3大部分Data Input、ANOVA result和LSD result。

Data Input顯示待分析檔案內的資料簡介，描述檔案內有25個觀測值共3個變數，也會顯示變數資料的類型，例如「藥劑」為字串，「細菌數」為整數，「細菌數轉換值」為數值。ANOVA result部分，首先顯示觀測值「細菌數轉換值」代號為x，處理「藥劑」代號為a，接下來兩部分的ANOVA result和LSD result，變數皆以前述代號顯示，ANOVA表格可依Pr(>F)欄位檢視處理因子或交

感因子是否顯著，如出現「*」及「**」分別代表達0.05和0.01顯著水準，則須做LSD分析。LSD result在第一行標示為哪一個因子的LSD分析結果，可再\$group內見到處理LSD分析的結果，第一行為處理的代號，第二行為處理平均值，第三行為LSD兩兩比較結果，另外，R Graphics視窗為LSD的結果繪圖，按壓page up 或page down檢視LSD結果圖。有關單因子範例結果可參考圖三，ANOVA分析結果顯示藥劑因子顯著(圖三A)，「藥劑」因子的LSD結果可見圖三B，圖三右側兩張小圖為LSD分析結果繪圖，CRD函數針對每個LSD結果分別提供使用者「標準差」及「標準誤差」兩張圖



圖三、CRD函數提供之單因子分析結果(擷取部分結果)。

參考，使用者可在該視窗點選右鍵複製或儲存圖片。

以2因子CRD(`WD="d:/R_InputData",Filename="f2CRD.csv",X=4,T=c(1,2))`分析為例，同樣會出現ANOVA result(圖四)和LSD result兩部分，其中LSD result會再細分為三部分「主效應分析」、「交感效應分析」、「固定某一因子分析其他因子結果」(分別為圖五A、B、C)。LSD result for Main effect可在第一列得知目前這是分析哪一個因子，依序看到a和b的主效應分析結果；LSD result for Interaction effect同樣可第一列得知目前這是分析哪一交感因子，在此例顯示為a*b代表a和b因子的交感效應。LSD result for Interaction effect with fixed one factor level可在第一

行見到固定哪一個因子，例如'a=30'及在\$parameters的name.t欄位為b，代表固定a因子為30時，分析b因子的LSD結果。另外，R Graphics視窗為LSD的結果繪圖，包含前述之主效應、交感效應及固定某一因子的交感效應，可點選該視窗，按壓page up 或page down檢視LSD結果圖，每個LSD分析結果，都提供使用者「標準差」及「標準誤差」兩張圖做為參考；在交感效應部分，則提供兩因子交感效應圖，可直接在該視窗點選右鍵複製或儲存圖片。不管ANOVA分析結果主效應或交感效應是否顯著，CRD函數提供的LSD result包含所有處理組合(主效應及交感效應)LSD分析結果，使用者須依照ANOVA分析結果挑選需要的LSD結果即可(參考圖一流程說明)；以2因子為

```

*****
ANOVA result:
*****

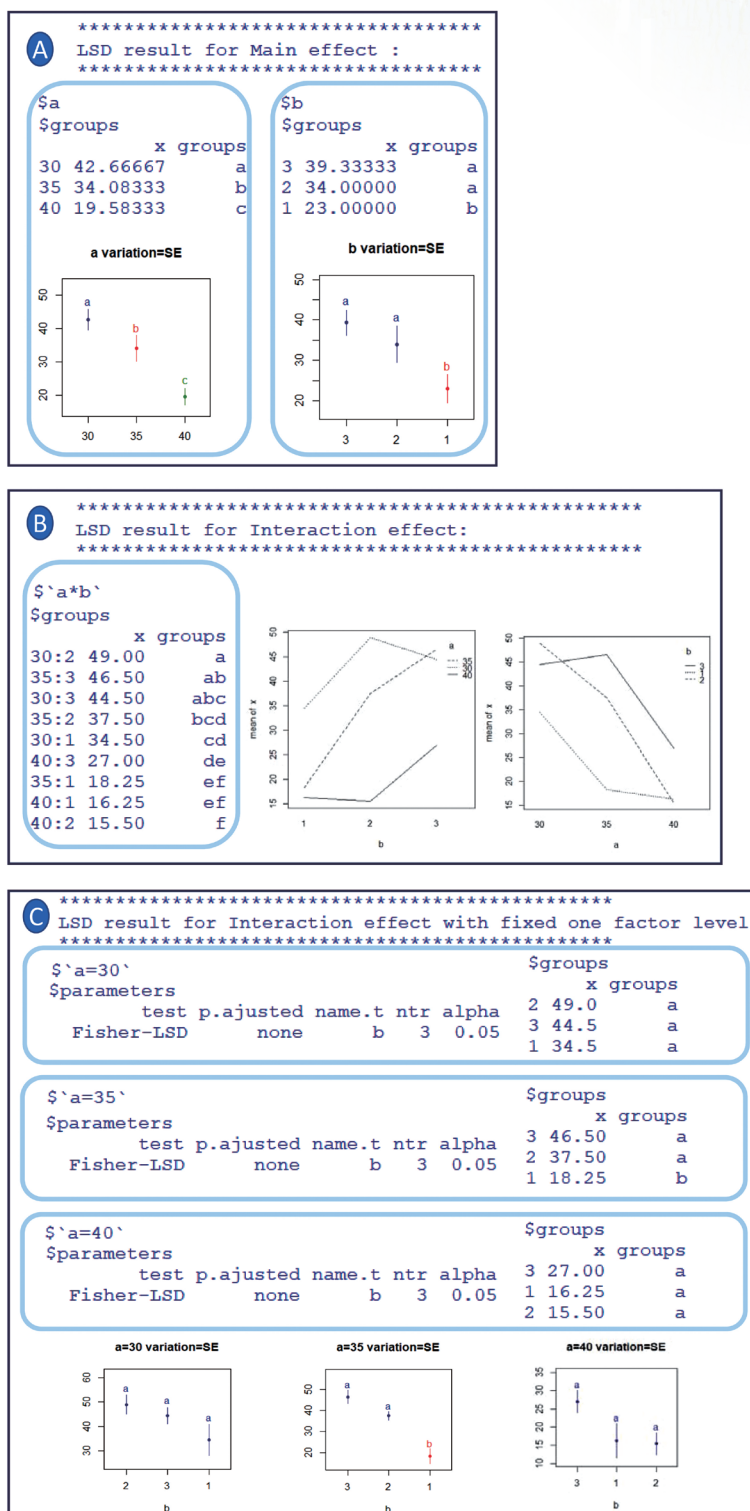
x= 觀測值
a= 溫度
b= 原料
  
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
a	2	3267	1633.5	27.488	3.08e-07	***
b	2	1665	832.4	14.008	6.71e-05	***
a:b	4	773	193.3	3.252	0.0267	*
Residuals	27	1604	59.4			

Signif. codes:	0	'***'	0.001	'**'	0.01	'*' 0.05

交感效應達
0.05顯著水準

圖四、CRD函數提供之2因子分析ANOVA結果。



圖五、CRD函數提供之2因子分析LSD結果(擷取部分結果)。

例，圖四顯示主效應及交感效應皆顯著，此時只需要做交感效應LSD分析，不需做主效應之LSD分析，使用者在整理分析結果時，只需要採用圖五(B)或(C)的交感效應分析結果，不需要採用圖五(A)的主效應分析結果。

四、結論

使用者使用CRD函數分析完全隨機設計分析，只需要撰寫一行R程式，即可完成程式撰寫工作，使用者快速獲得分析結果，大幅減少撰寫程式及程式除錯的麻煩，CRD函數將所有可能LSD分析結果列出來，並非所有結果都是必需的，使用者須具備基本的統計觀念，學會如何解讀ANOVA分析結果，再依據ANOVA結果挑選正確的LSD分析，另外提醒使用者，在ANOVA分析前，資料須符合常態分布，使用CRD函數分析前，請確認資料是否符合常態分布，以免獲得不正確的分析結果。