

應用灰色控制系統於農業用水、肥效與作物產量間之決策分析

陳鈞華⁽¹⁾、宋建明⁽²⁾、李煜基⁽³⁾、徐貴新⁽⁴⁾、甘俊二⁽⁵⁾

⁽¹⁾屏東科技大學土木工程系副教授、水利技師

⁽²⁾屏東科技大學土木所博士班

⁽³⁾屏東科技大學土木所碩士班

⁽⁴⁾東南科技大學環境管理系副教授兼研發處處長、水利技師

⁽⁵⁾七星農田水利研究發展基金會董事長、水利技師

摘要

在台灣早期農業技術於種植農作物於世界各國是首屈一指，台灣在面臨 WTO 之農業衝擊下，需走出更符應世界潮流之水資源再利用及有機作物之栽培技術。基於此，本研究利用灰色控制系統於農業再生用水、肥效及作物產量間之探討，經結果顯示灌溉之水質為影響作物產量最為關鍵因素。其中，液態肥中磷的增加，無論是用以地下水或溪水稀釋，對稻米而言其優化程度均為 100%。然而玉米優化程度為 78%，相較下種植稻米經濟效益高於玉米 2 成。

關鍵詞：灰色控制、農業灌溉水、液態肥

一、前言

有機作物耕作技術改良於當前全球之一項熱門產業，由於台灣早期是以農業為主要產業，使得全國百姓一年四季於全台灣各地區種植不同之蔬果，因蔬果種類繁雜，使得產量與經濟效益有所差異，然而其中影響作物產量最主要之因素為養份與水質。本研究藉此探討以不同養分與再生利用液態肥

水(稀釋之液態肥)形成不同有機作物耕作技術改良方案，列出以不同作物種植之最佳經濟產量方案。本研究以台灣最為常見作物：稻米與玉米，配置不同營養質，液態肥(氮、磷、鉀, N、P、K)與稀釋後之液態肥水替代肥料灌溉作物。

二、文獻回顧

七十年代末期，大陸華中理工大學鄧聚龍教授，開始研究利用時間序列建立系統動態模型。並於 1981 年，於上海召開的中美控制系統學術會議上，鄧教授宣讀“Control

Problem of Unknown System”一文，發言中首次使用“灰色系統 (Grey System)”一詞。接著於 1982 年 3 月在北荷蘭 (North-Holland) 出版公司所出版國際雜誌

“System and Control Letters” 上發表“Control Problem Grey Systems”，在國際上正式宣告“灰色系統理論”的誕生。

灰色系統理論的主要內容有：GM 模型、灰色預測、灰關聯分析、灰色統計與聚類、灰色決策、灰色控制等等。現實世界中，許多系統即使是有大樣本，其分佈也不一定

是典型的，然而，非典型隨機過程是難以用統計方法處理的。由於灰色非線性規劃和灰動態規劃函數不易建立，且實際用處不大，在基本計算程序中，選擇到最佳之設計方案為一方案成功與否的關鍵。故在對設計方案的計算設計工作項目中，如何能夠達到最佳決策方案為目前之重要課題。

三、研究方法

所謂灰色決策，為發生某事件，需考慮用許多決策去應對。於不同決策中有不同效果，然後用幾種目標去衡量，最後針對對策中選出一最佳值，稱為最佳決策。

若一事件為 a_i ，決策為 b_i ，則對策與事件之二元組合稱之局勢，為 S_{ij} ：

$$S_{ij} = (a_i, b_i) \quad (1)$$

另 b_i 應對 a_i 效果為 r_{ij} ，則對於任一局勢 S_{ij} 都必有一效果 r_{ij} 為：

$$r: S_{ij} \rightarrow r_{ij} \quad (2)$$

以若干個 r_{ij} 中選擇出最佳決策。一般說來，決策者希望效果測度越大越好，效果測度最大之對應決策，為最佳決策。計算步驟如下：

- (1) 訂出事件與對策。
- (2) 建立局勢。
- (3) 訂出目標。
- (4) 訂出不同目標下之白化值。
- (5) 計算不同目標之局勢效果測度。

$$\text{中心效果測度 } r_{ij}^{(p)} = \frac{\min\{u_{ij}^{(p)} \cdot u_n\}}{\max\{u_{ij}^{(p)} \cdot u_0\}} \quad (3)$$

測度適用不同場所，本研究希望效果在某個指定值附近，故採用中心測度。

- (6) 將多目標問題轉為單一目標問題。
- (7) 按最佳效果選出最佳局勢進行決策。本研究採用 2 個目標決策。

四、研究與討論

本研究使用 3 種不同濃度的氮、磷、鉀做為農業灌溉試驗，各種液態肥稀釋後灌溉之農業生產情況見表 1、表 2。

表 1 由 2011 年四月份產品價格(元/kg)

種類	稻米	玉米	備註
價格	110	100	有機農市民集

表 2 液化肥稀釋後之產量情況

液態肥 (氮磷鉀)	液態肥與地下水稀釋(c)		液態肥與溪水稀釋(d)	
	稻米 (e)	玉米 (e)	稻米 (e)	玉米 (e)
N40P40K20 (a ₁)	214	134	195	92
N30P50K20 (a ₂)	244	171	214	153
N20P60K20 (a ₃)	159	220	256	183

註：每 700 平方公尺產量 1 公斤

第 1 步，確定事件：

a_1 —氮磷鉀 N40P40K20；

a_2 —氮磷鉀 N30P50K20；

a_3 —氮磷鉀 N20P60K20。

第 2 步，確定對策：

b_1 —液態肥與地下水稀釋，種稻米(cc)；

b_2 —液態肥與地下水稀釋，種玉米(cē)；

b_3 —液態肥與溪水稀釋，種稻米(de)；

b_4 —液態肥與溪水稀釋，種玉米(dē)。

第 3 步，確定目標及效度預測：

目標 1，產量推測，可表示為

$$r^1 = \frac{\text{產量}}{\text{最高產量}}$$

目標 2，產量推測，可表示為

$$r^2 = \frac{\text{產量}}{\text{最高產量}}$$

(註：本研究為 2 個目標，可記為 r^1, r^2)

第 4 步，灰色計算，結果如表 3。

表 3 灰色決策方法計算結果

方案	產量指標 1		產量指標 2	
	產量/kg	r^1	產量/萬元	r^2
(a_1b_1)	214	0.83	2.35	0.83
(a_1b_2)	134	0.52	1.34	0.48
(a_1b_3)	195	0.76	2.15	0.76
(a_1b_4)	92	0.36	0.92	0.32
(a_2b_1)	244	0.95	2.69	0.95
(a_2b_2)	171	0.67	1.71	0.61
(a_2b_3)	214	0.83	2.35	0.83
(a_2b_4)	153	0.60	1.53	0.54
(a_3b_1)	159	0.62	1.75	0.62
(a_3b_2)	220	0.86	2.20	0.78
(a_3b_3)	256	1.00	2.82	1.00
(a_3b_4)	183	0.71	1.83	0.65

注:1 每 700 平方公尺產量 1 公斤，每 700 平方公尺產量 1 元產值的單位為元 /667m²。2 表中第 3 列中 0.83=214/256，

0.52=134/256；第 5 0.83=2.35/2.82，
0.48=1.34/2.82，其餘類推。

第 5 步，各目標的決策矩陣 $r^i(i=1, 2)$ ：

$$r^1 = \begin{bmatrix} \frac{0.83}{(a_1,b_1)} & \frac{0.52}{(a_1,b_2)} & \frac{0.76}{(a_1,b_3)} & \frac{0.36}{(a_1,b_4)} \\ \frac{0.95}{(a_2,b_1)} & \frac{0.67}{(a_2,b_2)} & \frac{0.83}{(a_2,b_3)} & \frac{0.60}{(a_2,b_4)} \\ \frac{0.62}{(a_3,b_1)} & \frac{0.86}{(a_3,b_2)} & \frac{1.00}{(a_3,b_3)} & \frac{0.71}{(a_3,b_4)} \end{bmatrix}$$

$$r^2 = \begin{bmatrix} \frac{0.83}{(a_1,b_1)} & \frac{0.48}{(a_1,b_2)} & \frac{0.76}{(a_1,b_3)} & \frac{0.32}{(a_1,b_4)} \\ \frac{0.95}{(a_2,b_1)} & \frac{0.61}{(a_2,b_2)} & \frac{0.83}{(a_2,b_3)} & \frac{0.54}{(a_2,b_4)} \\ \frac{0.62}{(a_3,b_1)} & \frac{0.78}{(a_3,b_2)} & \frac{1.00}{(a_3,b_3)} & \frac{0.65}{(a_3,b_4)} \end{bmatrix}$$

第 6 步，求綜合效果測度，公式：

$r^\Sigma = r^1 \wedge r^2$ ，即

$$r^\Sigma = \begin{bmatrix} \frac{r^\Sigma(a_1,b_1)}{(a_1,b_1)} & \frac{r^\Sigma(a_1,b_2)}{(a_1,b_2)} & \frac{r^\Sigma(a_1,b_3)}{(a_1,b_3)} & \frac{r^\Sigma(a_1,b_4)}{(a_1,b_4)} \\ \frac{r^\Sigma(a_2,b_1)}{(a_2,b_1)} & \frac{r^\Sigma(a_2,b_2)}{(a_2,b_2)} & \frac{r^\Sigma(a_2,b_3)}{(a_2,b_3)} & \frac{r^\Sigma(a_2,b_4)}{(a_2,b_4)} \\ \frac{r^\Sigma(a_3,b_1)}{(a_3,b_1)} & \frac{r^\Sigma(a_3,b_2)}{(a_3,b_2)} & \frac{r^\Sigma(a_3,b_3)}{(a_3,b_3)} & \frac{r^\Sigma(a_3,b_4)}{(a_3,b_4)} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} \frac{0.83}{(a_1,b_1)} & \frac{0.48}{(a_1,b_2)} & \frac{0.76}{(a_1,b_3)} & \frac{0.32}{(a_1,b_4)} \\ \frac{0.95}{(a_2,b_1)} & \frac{0.61}{(a_2,b_2)} & \frac{0.83}{(a_2,b_3)} & \frac{0.54}{(a_2,b_4)} \\ \frac{0.62}{(a_3,b_1)} & \frac{0.78}{(a_3,b_2)} & \frac{1.00}{(a_3,b_3)} & \frac{0.65}{(a_3,b_4)} \end{bmatrix}$$

第 7 步，以單目標決策方法，求 r^Σ 中最優局勢和最優對策。

第 1 行最優對策為 $\frac{0.83}{(a_1,b_1)}$ ；

第 2 行最優對策為 $\frac{0.95}{(a_2,b_1)}$ ；

第 3 行最優對策為 $\frac{1.00}{(a_3,b_1)}$ ；

第 1 列最優對策為 $\frac{0.95}{(a_3,b_1)}$ ；

第 2 列最優對策為 $\frac{0.78}{(a_3, b_2)}$;

第 3 列最優對策為 $\frac{1.00}{(a_3, b_3)}$;

第 4 列最優對策為 $\frac{0.65}{(a_3, b_4)}$ 。

按效果測度大小排序，得

$$\frac{1.00}{(a_3, b_1)} = \frac{1.00}{(a_3, b_3)} > \frac{0.95}{(a_2, b_1)} > \frac{0.83}{(a_1, b_1)} > \frac{0.78}{(a_3, b_2)} > \frac{0.65}{(a_3, b_4)}$$

(註:>表示優於;<表示劣於)。

得出局勢之優劣排序為：

$$(a_3, b_1) > (a_3, b_3) > (a_2, b_1) > (a_1, b_1) > (a_3, b_2) > (a_3, b_4)$$

由圖 1 得知當稻米利用液態肥不論是地下水或溪水平均模糊決策值均都有 0.88 以上之優勢。

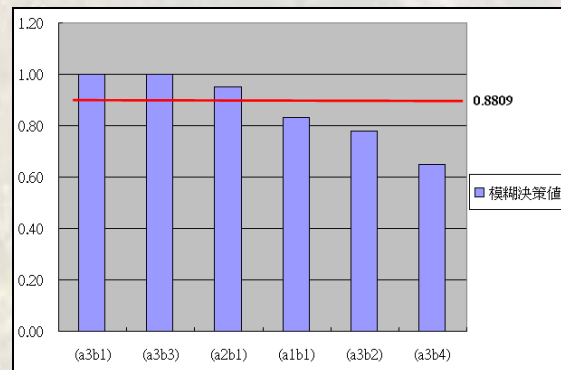


圖 1 液態肥在不同決策下之模糊決策值

五、結論與建議

1. 氮磷鉀(N20P60K20)(a_3)，以地下水稀釋或溪水稀釋，且以種植稻米最為佳決策，其優化程度為 100%；其次是氮磷鉀(N30P50 K20)(a_2)，以地下水稀釋，且種稻米最為好，優化程度為 95%。
2. 以中心效果測度中，得知由氮磷鉀(N20P60 K20)(a_3)直接灌溉農田，並種植玉米為尚未探討之決策方案的。
3. 建議於後續研究之研究者，可針對以灰色控制決策來分析方案優劣時，可依作物市場價格好與壞時，採用上、下限效果測度，找出適當上、下值範圍，加以探討不同時間點時方案之優、劣比較。

參考文獻

1. 鄧聚龍，1985。灰色控制系統。華中理工大學。
2. 鄧聚龍，1985。灰色系統社會。經濟。國防工業出版社。
3. 林植鑫、張森，1994。水輪機導葉分段關閉的灰色決策。水電能源科學。
4. 雷勇、姚淑媛，1998。設計方案評估中的最優灰色決策。遼寧工學院學報。

收稿：100 年 5 月 4 日
修改：100 年 5 月 7 日
接受：100 年 5 月 11 日