

第肆章 研究結果與討論

本章共分為四節，分別探討學童在不同數位教材設計模式下之學習效益與光合作用迷思概念的改變情形，並探究學童之先備知識對其在不同數位教材設計模式下概念學習的影響，此外，還將瞭解學童在不同數位教材設計模式下之學習感受。

第一節 學童在不同數位教材設計模式下之學習效益分析

為瞭解學童在依據 CCMD Model 所發展之數位教材下，其光合作用概念的學習效益，本節將分析四組學童(CCM+D 組、TM+D 組、CCM 組與 TM 組)在不同數位教材設計模式下學習後，其總結性評量前、後測成績的差異情形，以瞭解其學習效益。

一、學童經學習後於總結性評量的整體表現

本研究採用共變數分析進行資料分析，分析過程採用總結性評量前測成績與先備知識測驗成績為共變量、後測成績為應變量、數位教材設計模式為固定因子(fixed factor)，來探究國小六年級學童在不同數位教材設計模式下之學習情形，分析結果如表 4-1-1 所示。由表 4-1-1 可知，總結性評量前測成績與先備知識測驗成績對於總結性評量後測成績均具有顯著意義($F=66.400, p<0.01$ ； $F=40.517, p<0.01$)，也發現不同數位教材設計模式對後測成績亦具有顯著意義($F=30.881, p<0.01$)，接著進行 Post Hoc 分析(表 4-1-2)，發現當數位教材同時採用概念改變教材設計並包含動態評量的設計模式(CCM+D 組)，其學習效益顯著優於採用傳統教材設計並包含動態評量的設計模式(TM+D 組)；而 TM+D 組亦顯著優於採用概念改變教材設計但不包含動態評量的設計模式(CCM 組)；而 CCM 組則顯著優

於採用傳統教材設計但不包含動態評量的設計模式(TM 組)(表 4-1-2)。由上述結果可知，國小六年級學童在採用 CCMD Model 所發展之數位教材下，其學習效益最佳；此外，本研究也發現，數位教材採用概念改變的設計模式，其學習效益較傳統設計模式佳，而且也發現，數位教材中若包含動態評量的設計亦具有較佳的學習效益。

表 4-1-1 學童於不同數位教材設計模式之學習效益共變數分析摘要表(n=232)

變異來源	離均差平方和(SS)	自由度(df)	均方(MS)	F 值
總結性評量前測成績	8573.721	1	8573.721	66.400 ^{**}
先備知識測驗成績	5231.649	1	5231.649	40.517 ^{**}
數位教材設計模式	11962.179	3	3987.393	30.881 ^{**}
誤差	29181.670	226	129.122	
校正後總合	86151.988	231		

^{**} p<0.01

表 4-1-2 學童在不同數位教材設計模式下之學習效益事後比較分析(n=232)

分組模式			「後測成績」平均數差異	標準誤 ^a
CCM+D 組	-	TM+D 組	5.669 ^{**}	2.083
CCM+D 組	-	CCM 組	11.971 ^{**}	2.261
CCM+D 組	-	TM 組	19.644 ^{**}	2.137
TM+D 組	-	CCM 組	6.303 ^{**}	2.178
TM+D 組	-	TM 組	13.976 ^{**}	2.106
CCM 組	-	TM 組	7.673 ^{**}	2.240

^{**}p<0.01

^a 多重比較調整：LSD

第二節 學童在不同數位教材設計模式下之概念學習的情形

為瞭解 CCMD Model 所發展之數位教材，對於促進學童光合作用概念學習之效益情形，本節將分析四組學童(CCM+D 組、TM+D 組、CCM 組與 TM 組)在不同數位教材設計模式下，其光合作用概念的學習情形外，也將針對光合作用二階段診斷式測驗(TDTP 測驗)進行深入分析，除藉以瞭解學童光合作用迷思概念的改變情形外，亦將瞭解學童於教學前所持有之光合作用的迷思概念，以及迷思概念是如何透過 CCMD Model 來獲得改善。

一、不同數位教材設計模式分組的學童於光合作用概念學習效益之分析

該部分主要在瞭解學童經學習後於光合作用各概念上的學習情形，分析前先將總結性評量測驗的試題，依據本研究定義之光合作用六個主概念進行分類(請參考第三章 表 3-2-3)，並分項進行共變數分析，藉以分別瞭解學童在六個主概念分類中之學習情形。分析過程採用各主概念分類的總結性評量前測成績為共變量、後測成績為應變量、數位教材設計模式為固定因子，來探究光合作用六個主概念分類中，國小六年級學童在不同數位教材設計模式下之學習情形，分析結果如表 4-2-1 所示。

在「光合作用的意義」概念方面，總結性評量的前測成績($F=50.135, p<0.01$)與數位教材設計模式分組($F=18.049, p<0.01$)對於總結性評量後測成績具有顯著意義。接著進行 Post Hoc 分析，發現 CCM+D 組學童的學習效益顯著優於 TM+D 組、CCM 組與 TM 組學童；TM+D 組學童的學習效益顯著優於 CCM 組與 TM 組學童；而 CCM 組學童的學習效益雖優於 TM 組學童，但未達顯著差異。

在「光合作用的場所」概念方面，總結性評量的前測成績($F=27.367, p<0.01$)與數位教材設計模式分組($F=19.127, p<0.01$)對於總結性評量後測成績具有顯著意義。接著進行 Post Hoc 分析，發現 CCM+D 組學童的學習效益顯著優於 CCM 組與 TM 組學童；TM+D 組學童的學習效益亦顯著優於 CCM 組與 TM 組學童。此外，CCM+D 組學童的學習效益雖然較 TM+D 組學童佳，卻未達顯著差異；而 TM 組學童的學習效益雖較 CCM 組學童好，但亦未達顯著差異。

在「光合作用的必要條件」概念方面，總結性評量的前測成績($F=112.027, p<0.01$)與數位教材設計模式分組($F=17.098, p<0.01$)對於總結性評量後測成績具有顯著意義。接著進行 Post Hoc 分析，發現 CCM+D 組學童的學習效益顯著優於 CCM 組與 TM 組學童；此外，CCM+D 組學童的效益雖較 TM+D 組佳，卻未達顯著差異。TM+D 組學童的學習效益僅顯著優於 TM 組學童，且 TM+D 組學童的學習效益雖較 CCM 組好，但未達顯著差異。另外，CCM 組學童的學習效益則顯著優於 TM 組學童。

在「光合作用的原料」概念方面，總結性評量的前測成績($F=12.939, p<0.01$)與數位教材設計模式分組($F=16.302, p<0.01$)對於總結性評量後測成績具有顯著意義。接著進行 Post Hoc 分析，發現 CCM+D 組學童的學習效益顯著優於 CCM 組與 TM 組學童；TM+D 組學童的學習效益亦顯著優於 CCM 組與 TM 組學童。此外，CCM+D 組學童的學習效益雖然較 TM+D 組學童佳，卻未達顯著差異；TM 組學童的學習效益則較 CCM 組學童好，但亦未達顯著差異。

在「光合作用的產物」概念方面，總結性評量的前測成績($F=56.797, p<0.01$)與數位教材設計模式分組($F=13.413, p<0.01$)對於總結性評量後測成績具有顯著意義。接著進行 Post Hoc 分析，發現 CCM+D 組學童的學習效益顯著優於 TM+D 組、CCM 組與 TM 組學童；TM+D 組學童的學習效益則顯著優於 CCM 組與 TM

組學童。此外，CCM 組學童的學習效益也優於 TM 組學童，但未達顯著差異

在「光合作用在生態上的意義」概念方面，總結性評量的前測成績($F=25.734$, $p<0.01$)與數位教材設計模式分組($F=4.442$, $p<0.01$)對於總結性評量後測成績具有顯著意義。接著進行 Post Hoc 分析，發現 CCM+D 組與 TM+D 組學童的學習效益顯著優於 TM 組學童。此外，CCM+D 組學童的學習效益雖然較 TM+D 組與 CCM 組學童佳，卻未達顯著差異；TM+D 組學童的學習效益亦優於 CCM 組學童，但亦未達顯著差異；CCM 組學童的學習效益也優於 TM 組學童，但也未達顯著差異。

表 4-2-1 光合作用六個主概念的共變數分析摘要表(n=232)

概念	變數	分組 模式	平均數估計值 (標準誤)	F 值	Post Hoc ^a
光合作用的意義 (含定義、目的與 重要性)	前測			50.135 ^{**}	
		CCM+D	19.133(0.543)	18.049 ^{**}	CCM+D>TM+D ^{**} CCM+D>CCM ^{**}
	數位教材 設計模式	TM+D	16.211(0.521)		CCM+D>TM ^{**}
		CCM	14.571(0.578)		TM+D>CCM [*]
		TM	13.769(0.553)		TM+D>TM ^{**}
光合作用的場所	前測			27.367 ^{**}	
		CCM+D	7.723(0.276)	19.127 ^{**}	CCM+D>CCM ^{**}
	數位教材 設計模式	TM+D	7.058(0.270)		CCM+D>TM ^{**}
		CCM	5.200(0.291)		TM+D>CCM ^{**}
		TM	5.370(0.286)		TM+D>TM ^{**}
光合作用的必要 條件	前測			112.027 ^{**}	
		CCM+D	22.544(0.540)	17.098 ^{**}	CCM+D>CCM ^{**}
	數位教材 設計模式	TM+D	21.385(0.526)		CCM+D>TM ^{**}
		CCM	20.068(0.574)		TM+D>TM ^{**}
		TM	17.274(0.560)		CCM>TM ^{**}
光合作用的原料	前測			12.939 ^{**}	
		CCM+D	8.526(0.414)	16.302 ^{**}	CCM+D>CCM ^{**}
	數位教材 設計模式	TM+D	7.417(0.408)		CCM+D>TM ^{**}
		CCM	5.160(0.435)		TM+D>CCM ^{**}
		TM	5.841(0.433)		TM+D>TM ^{**}

光合作用的產物	前測			56.797 ^{**}	
		CCM+D	13.484(0.497)	13.413 ^{**}	CCM+D>TM+D ^{**}
	數位教材 設計模式	TM+D	11.580(0.489)		CCM+D>CCM ^{**}
		CCM	9.993(0.522)		CCM+D>TM ^{**}
		TM	9.303(0.519)		TM+D>CCM [*] TM+D>TM ^{**}
光合作用在生態 上的意義	前測			25.734 ^{**}	
		CCM+D	6.585(0.317)	4.442 ^{**}	
	數位教材 設計模式	TM+D	6.057(0.309)		CCM+D>TM ^{**}
		CCM	5.671(0.332)		TM+D>TM [*]
		TM	4.970(0.328)		

^{**} p<0.01; ^{*}p<0.05

^a 多重比較調整：LSD

由上述的結果可知，相較於其他的數位教材設計模式而言，數位教材同時採用概念改變教材設計並包含動態評量(CCM+D 組)，於上述六個光合作用概念上的學習效益最佳。另外，也發現學童在「光合作用的意義」、「光合作用的場所」、「光合作用的原料」與「光合作用的產物」四個概念上的學習，以融有動態評量之數位教材設計模式(CCM+D 組與 TM+D 組)較能輔助學生的學習；其中又以「光合作用的意義」與「光合作用的產物」兩概念，採用概念改變教材並包含動態評量之設計模式(CCM+D 組)的學習成效，顯著較採用傳統教材並包含動態評量之設計模式(TM+D 組)來得好，該結果可能是因為動態評量雖能輔助學童於提示過程中獲得並增進對相關概念的瞭解，但是概念改變數位教材較傳統數位教材，在光合作用的意義和產物兩概念間的銜接，更能讓學童理解到光合作用的意義、目的和重要性所致，所以要同時搭配上概念改變數位教材與動態評量，才能在光合作用的意義和產物上獲得較佳的學習效益；但是，若數位教材設計模式中僅包含教材而無動態評量(CCM 組或 TM 組)的話，學習成效則無顯著差異。

然而，在「光合作用的必要條件」這個概念上，僅含概念改變教材之教材設計模式(CCM 組)的學習成效則顯著優於傳統教材設計模式(TM 組)，但若數位教材中包含了動態評量的設計(CCM+D 組與 TM+D 組)，則學習效益無顯著差異，

這部份可能是因為概念改變數位教材相較於傳統數位教材對於光合作用必要條件—葉綠素與葉綠體、太陽光能和光合作用進行時間的敘述順序，較能提供學童一個完整的光合作用概念，因此，概念改變數位教材相較於傳統數位教材有較佳的效益，此外，動態評量中所提供的提示也輔助了學生對於相關概念的學習，故 CCM+D 組與 TM+D 組學童，在加上了動態評量之後的學習效益均獲得提升且無顯著差異。

在「光合作用在生態上的意義」的概念上，數位教材中包含動態評量之設計模式(CCM+D 組與 TM+D 組)的學習效益顯著優於僅具傳統數位教材設計模式(TM 組)，但是傳統教材包含動態評量之設計模式(TM+D 組)的學習效益與僅包含概念改變教材設計模式(CCM 組)者無顯著差異，故在該概念上的學習，雖概念改變教材提供了相當的輔助，但仍需要動態評量於學習過程中提供更多的協助，才能達到更好的學習效益。

二、不同數位教材設計模式學童經學習後於光合作用迷思概念之改變

情形

(一) 不同數位教材設計模式分組學童於 TDTP 前、後測各概念題項之作答分析

由表 4-2-2 可以發現，CCM+D 組在本研究之 TDTP 測驗的作答上，每題均有顯著改善，另由概念的角度來看可以發現，CCM+D 組在本研究的六個概念上，均獲得顯著改善。而 TM+D 組在本研究之 TDTP 測驗的作答上，有 9 題獲得顯著改善，由概念的角度來看，則可以發現，TM+D 組在本研究的六個概念上，共有四個概念顯著改善，而在「光合作用的意義」與「光合作用在生態上的意義」上，改善狀況較差。CCM 組在本研究之 TDTP 測驗的作答上，有 8 題獲得顯著改善，由概念的角度來看，則可以發現，CCM 組在本研究的六個概念上，共有三個概念獲得顯著改善，而在「光合作用的必要條件」、「光合作用的原料」與「光合作用在生態上的意義」上，改善狀況則較為不好。TM 組在本研究之 TDTP 測驗的作答上，有 2 題獲得顯著改善，由概念的角度來看，則可以發現，TM 組在本研究的六個概念上，改善狀況均不佳。

表 4-2-2 學童於 TDTP 前後測填答情形之 Cochran's Q 分析(n=232)

概念		CCM+D 組 (n=60)	TM+D 組 (n=62)	CCM組 (n=55)	TM組 (n=55)
光合作用的意義	Item1	34.000**	0.333	9.308**	1.000
	Item2	34.000**	14.727**	18.000**	2.667
光合作用的必要條件	Item4	27.129**	12.462**	13.235**	11.267**
	Item5	48.000**	34.000**	3.267	0.529
	Item6	18.778**	11.636**	8.333**	3.571
光合作用的場所	Item3	8.048**	4.545*	8.895**	13.500**
	Item7	49.000**	44.000**	32.000**	0.818
光合作用的原料	Item8	4.571*	15.211**	2.667	1.000
光合作用的產物	Item9	33.108**	36.000**	6.368*	1.333
	Item10	26.947**	6.368*	4.571*	1.800
光合作用在生態上的意義	Item11	13.762**	0.667	0.250	1.800

*p<0.05；**p<0.01

(二) 不同數位教材設計模式分組學童於 TDTP 前、後測各概念題項之作答情形

1. 概念一：光合作用的定義

(1). 第一題：綠色植物需要外在環境的養分來維持生命嗎？

從表 4-2-3 各組學童前測作答的情形可以瞭解，學童多認為綠色植物需要外在環境的養份—水、空氣、陽光、泥土、肥料或動物糞便裡的養份來維持生命 (CCM+D 組=100%、TM+D 組=69.4%、CCM 組=81.8%、TM 組=85.5%)，即便經過學習後，仍有相當多學童持有該迷思概念(CCM+D 組=36.7%、TM+D 組=58.1%、CCM 組=60.0%、TM 組=80.0%)。但是，其中 CCM+D 組與 CCM 組學童經過教學之後，有相當比例學童改變其想法，認為綠色植物可以自己製造養分，所以不需要外在環境的養份來維持生命。而 TM+D 組學童經過學習之後，則有更多比例(11.3%)學童認為綠色植物有時候需要吸收外界的養份、有時候自己製造養分來維持生命。另外，多數 TM 組學童仍維持其既有的迷思概念。由此可知，概念改變教材在「綠色植物獲取營養的方式」之概念學習上，有助於其釐清綠色植物屬自營生物的概念，且又以概念改變教材包含動態評量的教材設計模式，對於改善學童之迷思概念的效益最好。

表 4-2-3 四組學童 TDTP 第一題之前後測作答情形(n=232)

組別	測驗	內容選擇 (第一階)	理由(第二階)				選答率 (%)
			1	2	3	4	
CCM+D (n=60)	pre	A	0 [*] (0%)	-	-	-	0.0
		B	-	15(25%)	45 ^a (75%)	-	100.0
		C	-	-	-	0(0%)	0.0
	post	A	34 [*] (56.7%)	-	-	-	56.7
		B	-	0(0%)	21 ^a (35%)	1(1.7%)	36.7
		C	-	-	-	4(6.7%)	6.7
TM+D (n=62)	pre	A	1 [*] (1.6%)	-	-	-	1.6
		B	-	13(21.0%)	30 ^a (48.4%)	-	69.4
		C	-	-	-	18(29.0%)	29.0
	post	A	1 [*] (1.6%)	-	-	-	1.6
		B	-	7(11.3%)	29 ^a (46.8%)	-	58.1
		C	-	-	-	25(40.3%)	40.3
CCM (n=55)	pre	A	2 [*] (3.6%)	-	-	-	3.6
		B	-	17(30.9%)	28 ^a (50.9%)	-	81.8
		C	-	-	-	8(14.5%)	14.6
	post	A	13 [*] (23.6%)	-	-	-	23.6
		B	-	11(20.0%)	22 ^a (40.0%)	-	60.0
		C	-	-	-	9(16.4%)	16.4

TM (n=55)	pre	A	0 [*] (0.0%)	-	-	-	0.0
		B	-	9(16.4%)	38 ^a (69.1%)	-	85.5
		C	-	-	-	8(14.5%)	14.6
	post	A	1 [*] (1.8%)	-	-	-	1.8
		B	-	10(18.2%)	34 ^a (61.8%)	-	80.0
		C	-	-	-	10(18.2%)	18.2

*：正確答案；^a：最多人填答；
-：該選項無人選答

(2). 第二題：植物進行光合作用的目的是什麼？

從表 4-2-4 各組學童前測作答的情形可以瞭解，學童多認為植物進行光合作用時會吸收二氧化碳並產生氧氣、有淨化空氣的效果，故其進行光合作用的目的在於淨化空氣 (CCM+D 組=31.7%、TM+D 組=21.0%、CCM 組=30.9%、TM 組=34.5%)或製造氧氣提供動物呼吸使用(CCM+D 組=20.0%、TM+D 組=14.5%、CCM 組=21.8%、TM 組=12.7%)。此外，有 12.9%學童認為光合作用可以讓植物變綠且長大，故其目的在於使植物長得又綠又好；另外，有 12.5%的學童認為陽光可以提供植物養份和能量，所以植物進行光合作用的目的就是在製造自己生長所需要的養份。

經過學習後，CCM+D 組、TM+D 組與 CCM 組學童對於「植物進行光合作用的目的是淨化空氣或製造氧氣提供動物呼吸」之迷思概念已獲得相當的改善。但是，仍有相當高比例的學童(CCM+D 組=21.7%、TM+D 組=22.6%、CCM 組=9.1%、TM 組=21.5%)認為陽光可以在光合作用的過程中提供植物養份和能量，故植物進行光合作用的目的就是在製造自己生長所需要的養份；該迷思概念可能究因於學童雖瞭解太陽為光合作用的必要條件，卻無法確實釐清其僅提供植物進行光合作用的能量而非養分所致。

表 4-2-4 四組學童 TDTP 第二題之前後測作答情形(n=232)

組別	測驗	內容選擇 (第一階)	理由(第二階)					選答率 (%)
			1	2	3	4	5	
CCM+D (n=60)	pre	A	3(5.0%)	3(5.0%)	-	-	6(10.0%)	20.0
		B	-	-	19 ^a (31.7%)	-	-	31.7
		C	-	-	12(20.0%)	-	-	20.0
		D	2(3.3%)	7(11.7%)	-	3 [*] (5.0%)	5(8.3%)	28.3
	post	A	2(3.3%)	2(3.3%)	-	-	0(0.0%)	6.7
		B	-	-	2(3.3%)	-	-	3.3
		C	-	-	1(1.7%)	-	-	1.7
		D	2(3.3%)	1(1.7%)	-	37 [*] (61.7%)	13 ^a (21.7%)	88.3
TM+D (n=62)	pre	A	7(11.3%)	3(4.8%)	-	-	1(1.6%)	17.7
		B	-	-	13 ^a (21.0%)	-	-	21.0
		C	-	-	9(14.5%)	-	-	14.5
		D	2(3.2%)	9(14.5%)	-	6 [*] (9.7%)	12(19.4%)	46.8
	post	A	5(8.1%)	2(3.2%)	-	-	0(0.0%)	11.3
		B	-	-	3(4.8%)	-	-	4.8
		C	-	-	4(6.4%)	-	-	6.5
		D	2(3.2%)	8(12.9%)	-	24 [*] (38.7%)	14 ^a (22.6%)	77.4
CCM (n=55)	pre	A	9(16.4%)	11(20.0%)	-	-	0(0.0%)	36.4
		B	-	-	17 ^a (30.9%)	-	-	30.9
		C	-	-	12(21.8%)	-	-	21.8
		D	0(0.0%)	2(3.6%)	-	0 [*] (0.0%)	4(7.2%)	10.9
	post	A	7(12.7%)	6(10.9%)	-	-	3(5.5%)	29.1
		B	-	-	10 ^a (18.2%)	-	-	18.2
		C	-	-	3(5.5%)	-	-	5.5
		D	0(0.0%)	3(5.5%)	-	18 [*] (32.7%)	5(9.1%)	47.3
TM (n=55)	pre	A	11(20.0%)	0(0.0%)	-	-	0(0.0%)	20.0
		B	-	-	19 ^a (34.5%)	-	-	34.6
		C	-	-	7(12.7%)	-	-	12.7
		D	0(0.0%)	7(12.7%)	-	3 [*] (5.5%)	8(14.5%)	32.7
	post	A	6(10.9%)	3(5.5%)	-	-	0(0.0%)	16.4
		B	-	-	13 ^a (23.6%)	-	-	23.6
		C	-	-	8(14.5%)	-	-	14.6
		D	2(3.6%)	4(7.3%)	-	7 [*] (12.7%)	12(21.8%)	45.5

*：正確答案；^a：最多人填答；

-：該選項無人選答

2. 概念二：光合作用的必要條件

(1). 第四題：太陽對植物有什麼作用？

從表 4-2-6 各組學童在「太陽對植物有什麼作用？」題目之前測作答的情形可以瞭解，32.8%學童多認為植物跟動物一樣都需要適當的溫度才能生存，故植物需要太陽的熱才能生長(CCM+D 組=20.0%、TM+D 組=33.9%、CCM 組=54.5%、TM 組=23.6%)。此外，25.4%學童認為植物行光合作用可以產生葉綠素，

讓葉子更綠，所以太陽對於植物的作用主要在於可以讓植物的葉綠素增加 (CCM+D 組=26.7%、TM+D 組=25.8%、CCM 組=20.0%、TM 組=29.1%)。另外，也有 22.0%學童認為陽光是植物的養份之一，所以植物直接吸收陽光就會長大 (CCM+D 組=23.3%、TM+D 組=24.2%、CCM 組=16.4%、TM 組=23.6%)。

經過學習後，各組學童對於「太陽對植物的作用」概念之迷思概念已獲得相當的改善，尤以 CCM+D 組為最，其次是 TM+D 組。但是仍有 22.4%學童(CCM+D 組=23.3%、TM+D 組=24.2%、CCM 組=18.2%、TM 組=23.6%)持有光合作用可以產生葉綠素讓葉子更綠，故太陽的功能在使葉綠素增加。另外，也仍有 17.2%學童持有太陽就是植物之養份的迷思概念(CCM+D 組=8.3%、TM+D 組=12.9%、CCM 組=20.0%、TM 組=29.1%)。由上述結果可知，學童持有「光能可以讓植物的葉綠素增加」之迷思概念仍有待更多的輔助來協助其釐清。

表 4-2-5 四組學童 TDTP 第四題之前後測作答情形(n=232)

組別	測驗	內容選擇 (第一階)	理由(第二階)				選答率 (%)
			1	2	3	4	
CCM+D (n=60)	pre	A	12(20.0%)	-	2(3.3%)	3(5.0%)	28.3
		B	-	16 ^a (26.7%)	3(5.0%)	-	31.7
		C	-	1(1.7%)	7 [*] (1.7%)	0(0.0%)	13.3
		D	-	-	2(3.3%)	14(23.3%)	26.7
	post	A	3(5.0%)	-	0(0.0%)	0(0.0%)	5.0
		B	-	14 ^a (23.3%)	1(1.7%)	-	25.0
		C	-	0(0.0%)	37 [*] (61.7%)	0(0.0%)	61.7
		D	-	-	0(0.0%)	5(8.3%)	8.3
TM+D (n=62)	pre	A	21 ^a (33.9%)	-	0(0.0%)	0(0.0%)	33.7
		B	-	16(25.8%)	0(0.0%)	-	25.8
		C	-	0(0.0%)	10 [*] (16.1%)	0(0.0%)	16.1
		D	-	-	0(0.0%)	15(24.2%)	24.2
	post	A	7(11.3%)	-	0(0.0%)	0(0.0%)	11.3
		B	-	15 ^a (24.2%)	3(4.8%)	-	29.0
		C	-	0(0.0%)	28 [*] (45.2%)	1(1.6%)	46.8
		D	-	-	0(0.0%)	8(12.9%)	12.9
CCM (n=55)	pre	A	30 ^a (54.5%)	-	0(0.0%)	0(0.0%)	54.6
		B	-	11(20.0%)	2(3.6%)	-	23.6
		C	-	0(0.0%)	2 [*] (3.6%)	1(1.8%)	5.5
		D	-	-	0(0.0%)	9(16.4%)	16.4
	post	A	14 ^a (25.5%)	-	0(0.0%)	1(1.8%)	27.3
		B	-	10(18.2%)	2(3.6%)	-	21.8
		C	-	0(0.0%)	17 [*] (30.9%)	0(0.0%)	30.9
		D	-	-	0(0.0%)	11(20.0%)	20.0

TM (n=55)	pre	A	13(23.6%)	-	2(3.6%)	2(3.6%)	30.9
		B	-	16 ^a (29.1%)	0(0.0%)	-	29.1
		C	-	0(0.0%)	3 [*] (5.5%)	2(3.6%)	9.1
		D	-	-	4(7.3%)	13(23.6%)	30.9
	post	A	7(12.7%)	-	0(0.0%)	0(0.0%)	12.7
		B	-	13(23.6%)	3(5.5%)	-	29.1
		C	-	0(0.0%)	16 [*] (29.1%)	0(0.0%)	29.1
		D	-	-	0(0.0%)	16 ^a (29.1%)	29.1

*：正確答案；^a：最多人填答；

-：該選項無人選答

(2). 第五題：植物都在何時進行光合作用呢？

從表 4-2-7 各組學童在「植物都在何時進行光合作用呢？」題目之前測作答的情形可以瞭解，55.6%學童多認為光合作用需要陽光才能進行，所以植物只會在白天進行光合作用（CCM+D 組=65.0%、TM+D 組=50.0%、CCM 組=50.9%、TM 組=56.4%）。另外，19.0%學童認為植物一整天都可以進行光合作用，其中有 8.6%學童認為白天有太陽、晚上有月亮，所以植物一整天都可以進行光合作用，另外有 7.8%學童則認為植物白天用太陽光能、晚上用殘餘的熱能，故一整天都可以進行光合作用。經過學習後，CCM+D 組與 TM+D 組學童在「植物進行光合作用之時間」概念持有的迷思概念獲得相當的改善；但是 CCM 組與 TM 組則否，仍有 43.6%與 52.7%學童持有光合作用需要陽光才能進行，故植物只會在白天進行光合作用的迷思概念。由上述可知，動態評量融入數位教學環境的設計對該概念的學習上有相當的幫助。

表 4-2-6 四組學童 TDTP 第五題之前後測作答情形(n=232)

組別	測驗	內容選擇 (第一階)	理由(第二階)							選答率 (%)
			1	2	3	4	5	6	7	
CCM+D (n=60)	pre	A	39 ^a (65.0%)	-	-	-	-	-	-	65.0
		B	-	2(3.3%)	0(0.0%)	-	-	-	-	3.3
		C	-	-	-	-	4(6.7%)	1(1.7%)	5(8.3%)	16.7
		D	-	-	-	9 [*] (15.0%)	-	-	-	15.0
	post	A	2 ^a (3.3%)	-	-	-	-	-	-	3.3
		B	-	0(0.0%)	0(0.0%)	-	-	-	-	0.0
		C	-	-	-	-	0(0.0%)	0(0.0%)	1(1.7%)	1.7
		D	-	-	-	57 [*] (95.0%)	-	-	-	95.0
TM+D (n=62)	pre	A	31 ^a (50.0%)	-	-	-	-	-	-	50.0
		B	-	0(0.0%)	1(1.6%)	-	-	-	-	1.6
		C	-	-	-	-	6(9.7%)	1(1.6%)	4(6.5%)	17.7
		D	-	-	-	19 [*] (30.6%)	-	-	-	30.7
	post	A	7 ^a (11.3%)	-	-	-	-	-	-	11.3
		B	-	0(0.0%)	1(1.6%)	-	-	-	-	1.6
		C	-	-	-	-	1(1.6%)	0(0.0%)	0(0.0%)	1.6
		D	-	-	-	53 [*] (85.5%)	-	-	-	85.5
CCM (n=55)	pre	A	28 ^a (50.9%)	-	-	-	-	-	-	50.9
		B	-	2(3.6%)	0(0.0%)	-	-	-	-	3.6
		C	-	-	-	-	7(12.7%)	2(3.6%)	4(7.3%)	23.6
		D	-	-	-	12 [*] (21.8%)	-	-	-	21.8
	post	A	24 ^a (43.6%)	-	-	-	-	-	-	43.6
		B	-	2(3.6%)	3(5.5%)	-	-	-	-	9.1
		C	-	-	-	-	3(5.5%)	1(1.8%)	3(5.5%)	12.7
		D	-	-	-	19 [*] (34.5%)	-	-	-	34.6
TM (n=55)	pre	A	31 ^a (56.4%)	-	-	-	-	-	-	56.4
		B	-	1(1.8%)	2(3.6%)	-	-	-	-	5.5
		C	-	-	-	-	3(5.5%)	2(3.6%)	5(9.1%)	18.2
		D	-	-	-	11 [*] (20.0%)	-	-	-	20.0
	post	A	29 ^a (52.7%)	-	-	-	-	-	-	52.7
		B	-	3(5.5%)	0(0.0%)	-	-	-	-	5.5
		C	-	-	-	-	3(5.5%)	1(1.8%)	5(9.1%)	16.4
		D	-	-	-	14 [*] (25.5%)	-	-	-	25.5

*：正確答案；^a：最多人填答；

-：該選項無人選答

(3). 第六題：請問植物葉子裡的葉綠素有什麼樣的功能呢？

從表 4-2-8 各組學童在「植物葉子裡的葉綠素有什麼樣的功能？」題目之前測作答的情形可以瞭解，68.1%學童認為葉綠素可以協助植物進行光合作用、製造養分，其中，僅 24.1%學童瞭解「葉綠素會幫助植物捕捉光能，讓植物可以進行光合作用」，但卻有 32.3%學童持有的理由為「葉綠素和水、二氧化碳在陽光照射下混合後，就會產生養分」(CCM+D 組=26.7%，TM+D 組=48.4%，CCM

組=20.0%，TM 組=32.7%)，另有 11.6%學童認為「葉綠素可以吸收二氧化碳，供植物進行光合作用」(CCM+D 組=20.0%，TM+D 組=4.8%，CCM 組=10.9%，TM 組=10.9%)。此外，有 15.9%學童認為葉綠素就是植物的血液(CCM+D 組=15.0%，TM+D 組=9.7%，CCM 組=21.8%，TM 組=18.2%)，11.6%學童認為葉綠素是一種綠色色素，主要在讓植物呈現綠色並預防人類近視。經學習之後，CCM+D 組、TM+D 組與 CCM 組學童持有的迷思概念已獲得相當的改善，但是，仍有 32.3%學童持有「葉綠素和水、二氧化碳在陽光照射下混合後，就會產生養分」的迷思概念(CCM+D 組=15.0%，TM+D 組=35.5%，CCM 組=32.7%，TM 組=47.3%)。由上述的結果可知，本研究所設計之概念改變教材與動態評量，對於「葉綠素功能」概念的獲得具有不錯的效益，且同時包含兩策略設計之 CCM+D 組學童的學習效益最佳；若僅具傳統數位教材設計之模式的學習效益則較差，可能究因於傳統數位教材是強調水對植物的重要性為始，概念改變教材則以植物如何獲取養分為設計的起點，且動態評量的設計則在該概念上做了輔助教學之效，故傳統數位教材融有動態評量之設計模式的學習效益亦有不錯的效益。

表 4-2-7 四組學童 TDTP 第六題之前後測作答情形(n=232)

組別	測驗	內容選擇 (第一階)	理由(第二階)						選答率 (%)
			1	2	3	4	5	6	
CCM+D (n=60)	pre	A	5(8.3%)	0(0.0%)	-	-	-	-	8.3
		B	-	-	16 ^a (26.7%)	18 [*] (30.0%)	12(20.0%)	-	76.7
		C	-	-	-	-	-	9(15.0%)	15.0
	post	A	0(0.0%)	2(3.3%)	-	-	-	-	3.3
		B	-	-	9 ^a (15.0%)	44 [*] (73.3%)	4(6.7%)	-	95.0
		C	-	-	-	-	-	1(1.7%)	1.7
TM+D (n=62)	pre	A	5(8.1%)	5(8.1%)	-	-	-	-	16.1
		B	-	-	30 ^a (48.4%)	13 [*] (21.0%)	3(4.8%)	-	74.2
		C	-	-	-	-	-	6(9.7%)	9.7
	post	A	2(3.2%)	2(3.2%)	-	-	-	-	6.4
		B	-	-	22 ^a (35.5%)	29 [*] (46.8%)	6(9.7%)	-	91.9
		C	-	-	-	-	-	1(1.6%)	1.6
CCM (n=55)	pre	A	12 ^a (21.8%)	2(3.6%)	-	-	-	-	25.5
		B	-	-	11(20.0%)	12 [*] (21.8%)	6(10.9%)	-	52.7
		C	-	-	-	-	-	12 ^a (21.8%)	21.8
	post	A	2(3.6%)	1(1.8%)	-	-	-	-	5.5
		B	-	-	18 ^a (32.7%)	27 [*] (49.1%)	3(5.5%)	-	87.3
		C	-	-	-	-	-	4(7.3%)	7.3
TM (n=55)	pre	A	5(9.1%)	3(5.5%)	-	-	-	-	14.6
		B	-	-	18 ^a (32.7%)	13 [*] (23.6%)	6(10.9%)	-	67.3
		C	-	-	-	-	-	10(18.2%)	18.2
	post	A	1(1.8%)	1(1.8%)	-	-	-	-	3.6
		B	-	-	26 ^a (47.3%)	18 [*] (32.7%)	3(5.5%)	-	85.5
		C	-	-	-	-	-	6(10.9%)	10.9

*：正確答案；^a：最多人填答；
-：該選項無人選答

3. 概念三：光合作用的場所

(1). 第三題：請問哪一棵樹可以活得好？

從表 4-2-5 各組學童前測作答的情形可以瞭解，學童多認為乙植物有葉子可以讓其進行蒸散作用、吸收更多土壤中的養份，所以活得較甲植物來得好 (CCM+D 組=23.3%、TM+D 組=40.3%、CCM 組=23.6%、TM 組=43.6%)。此外，亦有 9.5%學童認為甲植物沒有葉子，所以不會把水份蒸散掉，植物也才不會枯死，故甲植物會得較乙植物來的好。另外，也有 8.6%的學童認為兩棵植物活得一樣好，因為植物是吸收土壤中的養份維生，和有無葉子都沒有關係。

經過學習後，各組學童對於「乙植物有葉子可以讓其進行蒸散作用、吸收更多土壤中的養份，所以活得較甲植物來得好」的迷思概念均獲得相當的改善，但 TM+D 組與 CCM 組仍有相當比例的學童持有該迷思概念，由上述結果可知，經過學習之後，學童已能瞭解植物可以利用葉子進行光合作用製造養分、來維持生命，以及葉子在光合作用的角色，但是仍有學童持有植物須從土壤中吸收養分來維持生命的迷思概念。

表 4-2-8 四組學童 TDTP 第三題之前後測作答情形(n=232)

組別	測驗	內容選擇 (第一階)	理由(第二階)						選答率 (%)
			1	2	3	4	5	6	
CCM+D (n=60)	pre	A	4(6.7%)	0(0.0%)	-	-	-	-	6.7
		B	-	-	3(5.0%)	14(23.3%)	34 [*] (56.7%)	-	85.0
		C	-	-	-	-	-	5 ^a (8.3%)	8.3
	post	A	2(3.3%)	0(0.0%)	-	-	-	-	3.3
		B	-	-	3(5.0%)	5 ^a (8.3%)	47 [*] (78.3%)	-	91.7
		C	-	-	-	-	-	3(5.0%)	5.0
TM+D (n=62)	pre	A	3(4.8%)	0(0.0%)	-	-	-	-	4.8
		B	-	-	5(8.1%)	25 ^a (40.3%)	28 [*] (45.2%)	-	93.6
		C	-	-	-	-	-	1(1.6%)	1.6
	post	A	5(8.1%)	0(0.0%)	-	-	-	-	8.1
		B	-	-	3(4.8%)	14 ^a (22.6%)	38 [*] (61.3%)	-	88.7
		C	-	-	-	-	-	2(3.2%)	3.2
CCM (n=55)	pre	A	12(21.8%)	3(5.5%)	-	-	-	-	27.3
		B	-	-	5(9.1%)	13 ^a (23.6%)	11 [*] (20.0%)	-	52.7
		C	-	-	-	-	-	11(20.0%)	20.0
	post	A	7(12.7%)	1(1.8%)	-	-	-	-	14.6
		B	-	-	9(16.4%)	11 ^a (20.0%)	24 [*] (43.6%)	-	80.0
		C	-	-	-	-	-	3(5.5%)	5.5
TM (n=55)	pre	A	3(5.5%)	0(0.0%)	-	-	-	-	5.5
		B	-	-	2(3.6%)	24 ^a (43.6%)	23 [*] (41.8%)	-	89.1
		C	-	-	-	-	-	3(5.5%)	5.5
	post	A	1(1.8%)	0(0.0%)	-	-	-	-	1.8
		B	-	-	5 ^a (9.1%)	5 ^a (9.1%)	40 [*] (72.7%)	-	90.9
		C	-	-	-	-	-	4(7.3%)	7.3

*：正確答案；^a：最多人填答；
-：該選項無人選答

(2). 第七題：請問植物的哪些地方可以進行光合作用？

從表 4-2-9 各組學童在「請問植物的哪些地方可以進行光合作用？」題目之前測作答的情形可以瞭解，67.7%學童認為植物僅有葉子可以進行光合作用，其

中，有 40.9%學童(CCM+D 組=43.3%，TM+D 組=38.7%，CCM 組=38.2%，TM 組=43.6%)認為只有葉子有葉綠體，所以植物僅有葉子可以進行光合作用；另外，還有 14.2%學童所持理由為—只有葉子有氣孔可以吸收二氧化碳可以進行光合作用；而 12.5%學童則因葉子在最上面曬得到太陽，才能進行光合作用。此外，有 24.6%學童則認為植物全身都可以照到陽光，故全身都可以進行光合作用。

經過學習之後，CCM+D 組、TM+D 組與 CCM 組的學習效益最佳。但仍有 22.4%學童因為葉子有葉綠體，所以只有葉子可以進行光合作用(CCM+D 組=6.7%，TM+D 組=9.7%，CCM 組=21.8%，TM 組=54.5%)。由上述結果可知，本研究所設計之概念改變教材與動態評量，對於「植物進行光合作用的場所」概念之獲得具有不錯的效益；同時包含兩策略設計之 CCM+D 組學童的學習效益最佳，而相對地，TM 組學童則較差，該結果可能究因於傳統數位教材是強調水對植物的重要性為始，概念改變教材則以植物如何利用葉綠體做為製造養分的場所作為起點，且動態評量的設計也在該概念上做了很好的輔助教學之效，故傳統數位教材融有動態評量之設計模式的學習效益具有相當好的效益。

表 4-2-9 四組學童 TDTP 第七題之前後測作答情形(n=232)

組別	測驗	內容選擇 (第一階)	理由(第二階)					選答率 (%)
			1	2	3	4	5	
CCM+D (n=60)	pre	A	26 ^a (43.3%)	8(13.3%)	10(16.7%)	-	-	73.3
		B	-	-	-	-	8 [*] (13.3%)	13.3
		C	-	-	-	8(13.3%)	-	13.3
	post	A	4 ^a (6.7%)	0(0.0%)	0(0.0%)	-	-	6.7
		B	-	-	-	-	54 [*] (90.0%)	90.0
		C	-	-	-	1(1.7%)	-	1.7
TM+D (n=62)	pre	A	24 ^a (38.7%)	5(8.1%)	10(16.1%)	-	-	62.9
		B	-	-	-	-	3 [*] (4.8%)	4.8
		C	-	-	-	20(32.3%)	-	32.3
	post	A	6(9.7%)	2(3.2%)	1(1.6%)	-	-	14.5
		B	-	-	-	-	47 [*] (75.8%)	75.8
		C	-	-	-	6(9.7%)	-	9.7
CCM (n=55)	pre	A	21 ^a (38.2%)	8(14.5 %)	8(14.5 %)	-	-	67.3
		B	-	-	-	-	3 [*] (5.5 %)	5.5
		C	-	-	-	15(27.3 %)	-	27.3
	post	A	12 ^a (21.8%)	6(10.9 %)	1(1.8 %)	-	-	34.6
		B	-	-	-	-	35 [*] (63.6%)	63.6
		C	-	-	-	1(1.8 %)	-	1.8

TM (n=55)	pre	A	24 ^a (43.6%)	8(14.5 %)	5(9.1%)	-	-	67.3
		B	-	-	-	-	4 [*] (7.3%)	7.3
		C	-	-	-	14(25.5 %)	-	25.5
	post	A	30 ^a (54.5 %)	4(7.3%)	3(5.5%)	-	-	76.4
		B	-	-	-	-	7 [*] (12.7 %)	12.7
		C	-	-	-	11(20.0%)	-	20.0

*：正確答案；^a：最多人填答；
-：該選項無人選答

4. 概念四：光合作用的原料

(1). 第八題：水份從哪裡進到植物的體內？

由於「水分從根部進入植物體內」的概念已於自然與生活科技課程中學習過，而從表 4-2-10 各組學童在「水份從哪裡進到植物的體內？」題目之前測作答的情形也可以瞭解到，已有 63.8%學童認為水份從植物的根部進到植物體內，但仍有 26.3%學童認為水份從莖部進到植物體內，其中，有 14.2%學童所持理由為—澆水時，水就會從莖滲透進去植物體；12.1%學童則認為植物莖部的樹皮有許多孔隙，可以吸收水分。經過學習之後，CCM+D 組與 TM+D 組的學習效益較佳。由此可知，動態評量的設計在輔助與加強該概念的學習上有不錯的成效。

表 4-2-10 四組學童 TDTP 第八題之前後測作答情形(n=232)

組別	測驗	內容選擇 (第一階)	理由(第二階)					選答率 (%)
			1	2	3	4	5	
CCM+D (n=60)	pre	A	1(1.7%)	0(0.0%)	-	-	-	1.7
		B	-	-	47 [*] (78.3%)	-	-	78.3
		C	-	-	-	4(6.7%)	8 ^a (13.3%)	20.0
	post	A	3 ^a (5.0%)	0(0.0%)	-	-	-	5.0
		B	-	-	55 [*] (91.7%)	-	-	91.7
		C	-	-	-	1(1.7%)	1(1.7%)	3.3
TM+D (n=62)	pre	A	4(6.5%)	2(3.2%)	-	-	-	9.7
		B	-	-	39 [*] (62.9%)	-	-	62.9
		C	-	-	-	8(12.9%)	9 ^a (14.5%)	27.4
	post	A	2(3.2%)	0(0.0%)	-	-	-	3.2
		B	-	-	56 [*] (90.3%)	-	-	90.3
		C	-	-	-	3 ^a (4.8%)	1(1.6%)	6.5
CCM (n=55)	pre	A	8 ^a (14.5%)	3(5.5%)	-	-	-	20.0
		B	-	-	25 [*] (45.4%)	-	-	45.5
		C	-	-	-	13(23.6%)	6(10.9%)	34.6
	post	A	6(10.9%)	2(3.6%)	-	-	-	14.6
		B	-	-	33 [*] (60.0%)	-	-	60.0
		C	-	-	-	9 ^a (16.4%)	5(9.1%)	25.5

TM (n=55)	pre	A	5(9.1%)	0(0.0%)	-	-	-	9.1
		B	-	-	37*(67.3%)	-	-	67.3
		C	-	-	-	3(5.5%)	10 ^a (18.2%)	23.6
	post	A	4(7.3%)	0(0.0%)	-	-	-	7.3
		B	-	-	41*(74.5%)	-	-	74.6
		C	-	-	-	3(5.5%)	7 ^a (12.7%)	18.2

*：正確答案；^a：最多人填答；
-：該選項無人選答

5. 概念五：光合作用的產物

(1). 第九題：下列何者才是光合作用的產物？

從表 4-2-11 各組學童在「下列何者才是光合作用的產物？」題目之前測作答的情形可以瞭解，46.6%學童認為蔬菜、水果等都是農夫進行光合作用的產物，其中，有 34.1%學童所持理由為—因為農夫會幫我們進行光合作用，我們才有蔬菜水果可以吃(CCM+D 組=41.7%、TM+D 組=38.7%、CCM 組=36.4%、TM 組=18.2%)；12.5%學童則認為植物進行光合作用就是要給人類吃，所以農夫要幫助他們進行光合作用。15.1%學童認為二氧化碳是人類進行光合作用的產物。經過學習之後，CCM+D 組、TM+D 組與 CCM 組的學習效益較佳，全部學童中僅有 13.4%學童仍持有「蔬菜、水果等都是農夫進行光合作用的產物」。由此可知，本研究設計之概念改變教材與動態評量，對於「光合作用的產物」概念之獲得具有不錯的效益。

表 4-2-11 四組學童 TDTP 第九題之前後測作答情形(n=232)

組別	測驗	內容選擇 (第一階)	理由(第二階)						選答率 (%)
			1	2	3	4	5	6	
CCM+D (n=60)	pre	A	25 ^a (41.7%)	9(15.0%)	-	-	-	-	56.7
		B	-	-	0(0.0%)	-	-	-	0.0
		C	-	-	-	5(8.3%)	5(8.3%)	-	16.7
		D	-	-	-	-	-	16*(26.7%)	26.7
	post	A	6 ^a (10.0%)	1(1.7%)	-	-	-	-	11.7
		B	-	-	0(0.0%)	-	-	-	0.0
		C	-	-	-	2(3.3%)	0(0.0%)	-	3.3
		D	-	-	-	-	-	51*(85.0%)	85.0
TM+D (n=62)	pre	A	24 ^a (38.7%)	6(9.7%)	-	-	-	-	48.4
		B	-	-	2(3.2%)	-	-	-	3.2
		C	-	-	-	3(4.8%)	8(12.9%)	-	17.7
		D	-	-	-	-	-	19*(30.6%)	30.7

CCM (n=55)	post	A	5 ^a (8.1%)	0(0.0%)	-	-	-	-	8.1
		B	-	-	0(0.0%)	-	-	-	0.0
		C	-	-	-	0(0.0%)	2(3.2%)	-	3.3
		D	-	-	-	-	-	55 [*] (88.7%)	88.7
	pre	A	20 ^a (36.4%)	6(10.9%)	-	-	-	-	47.3
		B	-	-	4(7.3%)	-	-	-	7.3
		C	-	-	-	2(3.6%)	5(9.1%)	-	12.7
		D	-	-	-	-	-	18 [*] (32.7%)	32.7
	post	A	12 ^a (21.8%)	3(5.5%)	-	-	-	-	27.3
		B	-	-	5(9.1%)	-	-	-	9.1
		C	-	-	-	3(5.5%)	3(5.5%)	-	10.9
		D	-	-	-	-	-	29 [*] (52.7%)	52.7
TM (n=55)	pre	A	10 ^a (18.2%)	8(14.5%)	-	-	-	-	32.7
		B	-	-	1(1.8%)	-	-	-	1.8
		C	-	-	-	5(9.1%)	2(3.6%)	-	12.7
		D	-	-	-	-	-	29 [*] (52.7%)	52.7
	post	A	8 ^a (14.5%)	2(3.6%)	-	-	-	-	18.2
		B	-	-	7(12.7%)	-	-	-	12.7
		C	-	-	-	4(7.3%)	1(1.8%)	-	9.1
		D	-	-	-	-	-	33 [*] (60.0%)	60.0

*：正確答案；^a：最多人填答；

-：該選項無人選答

(2). 第十題：光合作用多餘的產物可以儲存在哪些地方？

從表 4-2-12 各組學童在「光合作用多餘的產物可以儲存在哪些地方？」題目之前測作答的情形可以瞭解，33.6%學童認為光合作用多餘的產物可以儲存在葉片與花瓣中，其中，有 24.1%學童所持理由為—葉片和花瓣才曬得到太陽可以進行光合作用，所以也是儲存光合作用產物的地方(CCM+D 組=13.3%、TM+D 組=27.4%、CCM 組=34.5%、TM 組=21.8%)；另外，有 13.8%學童認為只有果實、種子、根才能進行光合作用，故其為儲存光合作用產物之處；更有 26.7%學童認為莖最粗、容納的空間最大，故為儲存光合作用產物的好地方。經過學習之後，CCM+D 組、TM+D 組與 CCM 組的學習效益較佳。尤以 CCM+D 組學童的學習效益最好，但仍有 16.8%學童仍持有葉片與花瓣是儲存光合作用產物的地方，16.4%學童則認為莖是儲存光合作用產物之處。由上述結果可知，本研究所設計之概念改變教材與動態評量，對於「光合作用多餘產物儲存之處」概念的獲得具有不錯的效益。

表 4-2-12 四組學童 TDTP 第十題之前後測作答情形(n=232)

組別	測驗	內容選擇 (第一階)	理由(第二階)					選答率 (%)
			1	2	3	4	5	
CCM+D (n=60)	pre	A	8(13.3%)	10(16.7%)	-	-	-	30.0
		B	-	-	8(13.3%)	15 [*] (25.0%)	-	38.3
		C	-	-	-	-	19 ^a (31.7%)	31.7
	post	A	3(5.0%)	0(0.0%)	-	-	-	5.0
		B	-	-	7 ^a (11.7%)	47 [*] (78.3%)	-	90.0
		C	-	-	-	-	3(5.0%)	5.0
TM+D (n=62)	pre	A	17 ^a (27.4%)	3(4.8%)	-	-	-	32.3
		B	-	-	8(12.9%)	18 [*] (29.0%)	-	41.9
		C	-	-	-	-	16(25.8%)	25.8
	post	A	9(14.5%)	0(0.0%)	-	-	-	14.5
		B	-	-	16 ^a (25.8%)	29 [*] (46.8%)	-	72.6
		C	-	-	-	-	8(12.9%)	12.9
CCM (n=55)	pre	A	19 ^a (34.5%)	7(12.7%)	-	-	-	47.3
		B	-	-	7(12.7%)	6 [*] (10.9%)	-	23.6
		C	-	-	-	-	16(29.1%)	29.1
	post	A	12(21.8%)	4(7.3%)	-	-	-	29.1
		B	-	-	8(14.5%)	14 [*] (25.5%)	-	40.0
		C	-	-	-	-	17 ^a (30.9%)	30.9
TM (n=55)	pre	A	12 ^a (21.8%)	2(3.6%)	-	-	-	25.5
		B	-	-	9(16.4%)	21 [*] (38.2%)	-	54.6
		C	-	-	-	-	11(20.0%)	20.0
	post	A	9 ^a (16.4%)	2(3.6%)	-	-	-	20.0
		B	-	-	7(12.7%)	27 [*] (49.1%)	-	61.8
		C	-	-	-	-	10(18.2%)	18.2

*：正確答案；^a：最多人填答；
-：該選項無人選答

6.概念六：光合作用在生態上的意義

(1). 第十一題：動物需要靠植物而生存嗎？

從表 4-2-12 各組學童在「動物需要靠植物而生存嗎？」題目之前測作答的情形可以瞭解，有 74.6%學童認為動物需要靠植物而生存，其中，有 51.3%學童認為動物需要植物製造的氧氣和養分，故要靠植物而生存；11.6%學童則認為植物是許多動物的家，故動物要靠植物而生存；另有 4.7%學童持有的理由為—動物只需要植物製造的氧氣。此外，19.0%學童則認為僅有草食動物需要依靠植物而生存，肉食性動物則否。經過學習之後，CCM+D 組的學習效益最佳。已有 73.3%之 CCM+D 組學童瞭解動物需要植物製造的氧氣與養份，故需依賴植物而生存；但是，TM+D 組、CCM 組與 TM 組的學童學習的效益則較差。由上述的結果可

知，本研究在光合作用於生態上意義之相關概念的教材設計上仍有待後續的設計與改善，才能獲致更好的學習效益。

表 4-2-13 四組學童 TDTP 第十一題之前後測作答情形(n=232)

組別	測驗	內容選擇 (第一階)	理由(第二階)					選答率 (%)
			1	2	3	4	5	
CCM+D (n=60)	pre	A	27 [*] (45.0%)	4(7.3%)	-	6(10.0%)	11 ^a (18.3%)	80.0
		B	-	-	1(16.4%)	-	-	1.7
		C	-	1(1.7%)	-	-	10 ^a (16.7%)	18.3
	post	A	44 [*] (73.3%)	3(5.0%)	-	3(5.0%)	1(1.7%)	85.0
		B	-	-	2(3.3%)	-	-	3.3
		C	-	2(3.3%)	-	-	5 ^a (8.3%)	11.7
TM+D (n=62)	pre	A	34 [*] (54.8%)	0(0.0%)	-	8(12.9%)	3(4.8%)	72.6
		B	-	-	2(3.2%)	-	-	3.2
		C	-	3(4.8%)	-	-	12 ^a (19.4%)	24.2
	post	A	38 [*] (61.3%)	4(6.5%)	-	4(6.5%)	2(3.2%)	77.4
		B	-	-	1(1.6%)	-	-	1.6
		C	-	0(0.0%)	-	-	13 ^a (21.0%)	21.0
CCM (n=55)	pre	A	27 [*] (49.1%)	3(5.5%)	-	4(7.3%)	1(1.8%)	63.6
		B	-	-	5(9.1%)	-	-	9.1
		C	-	2(3.6%)	-	-	13 ^a (23.6%)	27.3
	post	A	29 [*] (52.7%)	2(3.6%)	-	1(1.8%)	5(9.1%)	67.3
		B	-	-	5(9.1%)	-	-	9.1
		C	-	3(5.5%)	-	-	10 ^a (18.2%)	23.6
TM (n=55)	pre	A	31 [*] (56.4%)	4(7.3%)	-	9(16.4%)	1(1.8%)	81.8
		B	-	-	0(0.0%)	-	-	0.0
		C	-	1(1.8%)	-	-	9 ^a (16.4%)	18.2
	post	A	39 [*] (70.9%)	2(3.6%)	-	4(7.3%)	1(1.8%)	83.6
		B	-	-	0(0.0%)	-	-	0.0
		C	-	1(1.8%)	-	-	8 ^a (14.5%)	16.4

*：正確答案；^a：最多人填答；
-：該選項無人選答

三、學童經 CCMD Model 開發之數位教材學習後其概念學習情形的分析

無論從總結性評量之效益分析(請參考本章第一節)與 TDTP 前後測作答情形分析(請參考本章第二節)，均可以發現到在四種數位教材設計模式下，學童於 CCMD 模式所發展之數位學習環境下(即 CCM+D 組)之學習效益與概念改變的情形，均顯著優於其他數位教材設計模式；另外，學童於傳統數位教材設計包含網路動態評量之數位學習環境(TM+D 組)的學習效益也相當不錯，顯著優於沒有動

態評量設計的教材設計模式。為了深入瞭解 CCMD 教材開發模式中之「概念改變教材」與「動態評量策略設計」，輔助學童進行光合作用概念學習之情形，將分析 CCM+D 組與 TM+D 組學童於 GPAM-WATA 中之作答情形，來分別探討兩者對於學童學習上的輔助情形。

(一) CCMD Model 中概念改變教材輔助學習之效益分析

為深入瞭解本研究之光合作用概念改變數位教材對於學童之學習效益，將 CCM+D 組與 TM+D 組學童於 GPAM-WATA 作答中，未經任何提示輔助即作答正確(即第一次就作答正確)的答對率進行單因子變異數分析，分析過程以「未經提示即作答正確」的答對率為依變數，數位教材模式分組為固定因子，來探究概念改變教材與傳統教材對於輔助學童學習光合作用概念的效益情形，分析結果如表 4-2-14 所示。從表 4-2-14 可知，CCM+D 組與 TM+D 組學童在第一次作答 GPAM-WATA 題目(完全沒有提示)之情況下，CCM+D 組學童的答對率顯著高於 TM+D 組學童($F=17.211, p<0.01$)。由此可知，相較於傳統數位教材設計，本研究所設計之光合作用的概念改變數位教材，對於輔助學童進行光合作用概念的學習有良好效益。

(二) CCMD Model 中之 GPAM-WATA 漸進式提示輔助學習的效益分析

除上述教材設計對於學習輔助之分析外，以下將針對 GPAM-WATA 之漸進式提示對於輔助學習的情形進行深入分析。經過第一次作答之後，CCM+D 組與 TM+D 組學童均需要再針對其答錯的題目進行作答，而系統也將給予不同層次的提示；故以下將針對學童對於不同層次之提示的反應進行分析，以瞭解 GPAM-WATA 之漸進式提示(每個題目均有三個提示，從抽象到具體的方式依序於學童作答錯誤後給予提示)輔助學童作答之情形。分析過程以「經一次提示後作答正確」、「經二次提示後作答正確」與「經三次提示後作答正確」的答對率為依變數，數位教材模式分組為固定因子，來探究不同層次的提示輔助學童學習光

合作用概念的情形，分析結果如表 4-2-14 所示。從表 4-2-14 可知，不同數位教材設計模式對於「系統給予第一層提示後的答對率」($F=1.323, p>0.05$)與「系統給予第三層提示後的答對率」($F=1.577, p>0.05$)不具顯著意義，但對於「系統給予第二層提示後的答對率」具有顯著意義 $F=5.167, p<0.05$ 。由此可知，第一層提示與第三層提示對於 CCM+D 組與 TM+D 組學童的幫助是一樣的，TM+D 組學童雖在第一次作答的正確率上顯著較 CCM+D 組差，但經過系統給予第一層提示之後，於第二次再對其仍不會之題目的作答正確率則與 CCM+D 組者無差，故第一層提示確實能輔助 TM+D 組學童修正其錯誤的想法並且作答正確。然而，第二層提示則對於 CCM+D 組學童得輔助則顯著較 TM+D 組佳，TM+D 組學童對其仍然存在錯誤想法的題目，經過二次提示時仍無法獲得立即的輔助與修正，需要到第三層提示時才能改善其錯誤的想法。從上述的結果可以知道，GPAM-WATA 所提供之漸進式提示對於輔助學童學習光合作用的概念是有幫助的，而且數位教材設計模式若同時融有概念改變教材與動態評量策略的模式，對於輔助學童進行光合作用概念的學習是最有效益的。

表 4-2-14 CCM+D 組與 TM+D 組學童於動態評量之作答情形分析

提示與作答狀況	CCM+D 組		TM+D 組		F 值	Post Hoc ^a
	平均答對率	SD	平均答對率	SD		
未經提示即作答正確	70.556	19.526	56.384	18.197	17.211 ^{**}	CCM+D>TM+D
經一次提示後作答正確 ^b	54.726	26.525	49.523	23.384	1.323	
經二次提示後作答正確 ^c	59.582	31.988	45.776	30.946	5.167 [*]	CCM+D>TM+D
經三次提示後作答正確 ^d	95.412	17.746	89.488	23.355	1.577	

* $p<0.05$; ** $p<0.01$

^a 多重比較調整：LSD

^b CCM+D 組 60 人，TM+D 組 62 人

^c CCM+D 組 49 人，TM+D 組 59 人

^d CCM+D 組 34 人，TM+D 組 51 人

第三節 學童之先備知識對其在不同數位教材設計

模式下之學習影響

該節將從先備知識的角度來探討不同先備知識之學童在不同數位教材設計模式中的學習情形。本節亦將針對不同數位學習教材設計模式下，不同先備知識類型學童的學習情形進行探究。

一、學童之先備知識與概念學習間的關係

為瞭解學童之先備知識與其概念學習間的關係，以下將採用相關係數分析與共變數分析進行探究。首先，進行先備知識測驗成績與總結性評量後測成績之 Pearson 相關係數分析，結果發現學童之先備知識測驗成績與總結性評量後測成績具有顯著相關($r=0.633, p<0.01$)。接著進行共變數分析，分析之前先將四組學童的先備知識成績分別分為高、中、低分群，分析過程採用總結性評量前測成績為共變量、後測成績為應變量，以探討不同先備知識的學童其概念學習的效益情形，分析結果如表 4-3-1 所示。由表 4-3-1 可知，前測成績對後測成績具有顯著意義($F=109.510, p<0.01$)，且先備知識測驗成績對後測成績具有顯著意義($F=4.513, p<0.05$)，接著進行 Post Hoc 分析，發現先備知識成績屬於高分群者，其學習效益顯著優於先備知識屬於低分群者，而先備知識屬於中分群者，其學習效益也顯著優於先備知識屬於低分群者。由上述結果可知，先備知識對於學童的學習具有顯著的意義，且不同數位教材設計模式下的學童，其先備知識高者的學習效益都顯著優於先備知識低者；由此可知，學童的先備知識對於學童之概念學習是有重要影響的。

表 4-3-1 學童先備知識對學習效益之影響的共變數分析摘要表(n=232)

變異來源	離均差平方和(SS)	自由度(df)	均方(MS)	F 值	Post Hoc ^b
總結性評量 前測成績	22053.470	1	22053.470	109.510 ^{**}	
先備知識測驗 成績分組	1817.843	2	908.922	4.513 [*]	高分群>低分群 ^{**} 中分群>低分群 ^{**}
誤差	45915.271	228	201.383		
校正後總合	86151.988	231			

*p<0.05；**p<0.01

^a 多重比較調整：LSD

二、不同先備知識學童在不同數位教材設計模式下之學習情形

為深入瞭解高低先備知識學童在何種數位教材設計模式下的學習效益較佳，以下分別針對先備知識測驗成績屬於高與低分群之學童，其於不同數位教材設計模式下學習的效益情形進行比較分析。

(一) 先備知識測驗成績屬於高分群者

首先，針對先備知識測驗成績屬於高分群之學童進行分析，分析過程採用總結性評量前測成績為共變量、後測成績為應變量，來探討先備知識屬於高分群者於不同數位教材設計模式下的學習情形，分析結果如表 4-3-2 所示。由表 4-3-2 可知，總結性評量前測成績 ($F=72.677, p<0.01$) 與數位教材設計模式($F=32.253, p<0.01$)對於先備知識屬高分群學童之總結性評量後測成績均有顯著意義，另由 Post Hoc 分析發現，先備知識屬於高分群的學童中，CCM+D 組的學童學習效益顯著優於 CCM 組與 TM 組學童，TM+D 組學童亦顯著優於 CCM 組與 TM 組學童，而 CCM+D 組學童的學習效益雖較 TM+D 組學童佳，但未達顯著差異，另外，CCM 組學童的學習效益雖然也較 TM 組學童佳，但亦未達顯著差異。由此可知，在數位學習環境中融入動態評量的設計對於先備知識屬於高分群的學童而言，較能輔助其學習效益。

表 4-3-2 先備知識屬高分群者在不同數位教材設計模式下學習情形之
共變數分析摘要表(n=81)

變異來源	離均差平方和(SS)	自由度(df)	均方(MS)	F 值	Post Hoc ^a
總結性評量 前測成績	4301.136	1	4301.136	72.677**	
數位教材 設計模式	5726.248	3	1908.749	32.253**	CCM+D 組>CCM 組** CCM+D 組>TM 組** TM+D 組>CCM 組** TM+D 組>TM 組**
誤差	4497.766	76	59.181		
校正後總合	18359.856	80			

*p<0.05；**p<0.01

^a 多重比較調整：LSD

以下將另從 GPAM-WATA 系統所紀錄之學生的作答資料，來深入分析 TM+D 組與 CCM+D 組中，先備知識屬於高分群之個案學生，透過 GPAM-WATA 之漸進式提示的輔助來學習「光合作用的意義」、「光合作用的場所」、「光合作用的原料」、「光合作用的必要條件」、「光合作用的產物」與「光合作用在生態上的意義」等六大概念之情形。評分方式為題目一次答對給 1 分、經一次提示後答對給 0.75 分、經二次提示後答對給 0.5 分、經三次提示後答對給 0.25 分、經提示後仍答錯者給 0 分，之後，再將學童在六大概念中的作答積分轉換為答對率，分析結果如圖 4-3-1 與圖 4-3-2 所示。圖 4-3-1 與圖 4-3-2 的雷達圖中，不同顏色的線代表不同個案學生的表現情形，刻度值越大，表示表現越好。由此可知，CCM+D 組與 TM+D 組之先備知識屬於高分群的個案學童在六個概念上的作答表現可以發現，CCM+D 組學童之個案學童的作答表現相較於 TM+D 組學童之個案學童的作答表現，其答對率較接近 100%，且個案學童的表現較為一致，TM+D 組之個案學童的作答表現在動態評量的幫助下也趨近 90-100%，但表現上則較無 CCM+D 來得一致。由兩組雷達圖可以知道，包含動態評量之數位教材對於個案學童的學習有幫助，但是教材仍需要搭配上概念改變數位教材才會有更好的幫助。

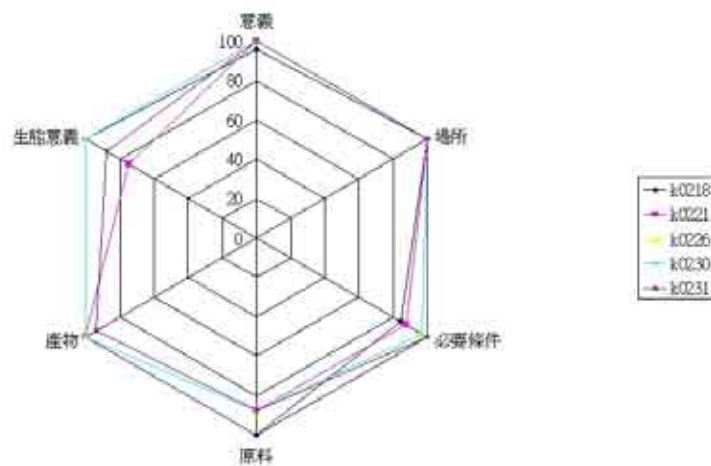


圖 4-3-1 CCM+D 組之先備知識屬於高分群學童在六個概念上的作答表現

註 每個向度的刻度值代表每個向度的答對率

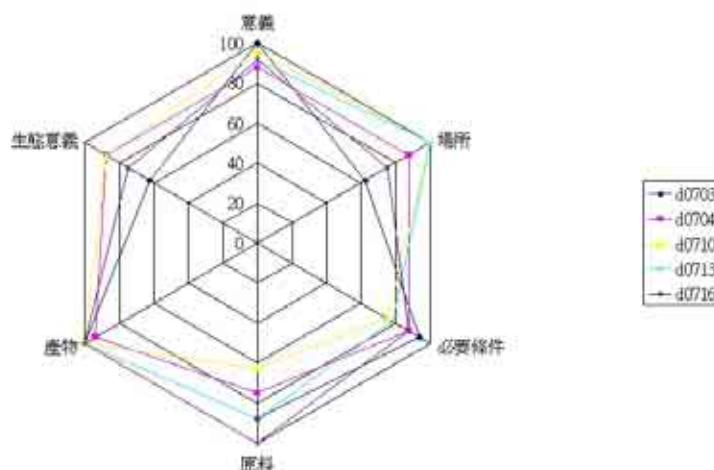


圖 4-3-2 TM+D 組之先備知識屬於高分群學童在六個概念上的作答表現

註 每個向度的刻度值代表每個向度的答對率

(二) 先備知識測驗成績屬於低分群者

接著，針對先備知識測驗成績屬於低分群之學童進行分析，分析過程採用總結性評量前測成績為共變量、後測成績為應變量，來探討先備知識屬於低分群者於不同數位教材設計模式下的學習情形，分析結果如表 4-3-2 所示。由表 4-3-2 可知，總結性評量前測成績 ($F=15.752, p<0.01$) 與數位教材設計模式($F=8.593, p<0.01$)對於先備知識屬低分群學童之總結性評量後測成績均有顯著意義，另由

Post Hoc 分析發現，先備知識屬於低分群的學童中，CCM+D 組的學童學習效益顯著優於 TM+D 組、CCM 組以及 TM 組學童，而 TM+D 組學童的學習效益則顯著優於 TM 組學童，另外，TM+D 組學童學習效益雖較 CCM 組學童佳，但未達顯著差異，而 CCM 組學童的學習效益雖然也較 TM 組學童佳，但亦未達顯著差異。由此可知，對於先備知識屬於低分群的學童而言，動態評量雖能輔助其學習效益，但仍需要搭配上概念改變教材的設計，方能達到較佳的學習成效。

表 4-3-3 先備知識屬低分群者在不同數位教材設計模式下學習情形之
共變數分析摘要表(n=77)

變異來源	離均差平方和(SS)	自由度(df)	均方(MS)	F 值	Post Hoc ^a
總結性評量 前測成績	3051.930	1	3051.930	15.752**	
數位教材 設計模式	4994.546	3	1664.849	8.593**	CCM+D 組>TM+D 組** CCM+D 組>CM 組** CCM+D 組>TM 組** TM+D 組>TM 組*
誤差	13949.617	72	193.745		
校正後總合	26511.825	76			

*p<0.05；**p<0.01

^a 多重比較調整：LSD

以下將另從 GPAM-WATA 系統所紀錄之學生的作答資料，來深入分析 TM+D 組與 CCM+D 組中，先備知識屬於低分群之個案學生，透過 GPAM-WATA 之漸進式提示的輔助來學習「光合作用的意義」、「光合作用的場所」、「光合作用的原料」、「光合作用的必要條件」、「光合作用的產物」與「光合作用在生態上的意義」等六大概念之情形。評分方式為題目一次答對給 1 分、經一次提示後答對給 0.75 分、經二次提示後答對給 0.5 分、經三次提示後答對給 0.25 分、經提示後仍答錯者給 0 分，之後，再將學童在六大概念中的作答積分轉換為答對率，分析結果如圖 4-3-3 與圖 4-3-4 所示。圖 4-3-3 與圖 4-3-4 的雷達圖中，不同顏色的線代表不同個案學生的表現情形，刻度值越大，表示表現越好。由此可知，CCM+D 組與 TM+D 組之先備知識屬於低分群的個案學童在 GPAM-WATA 中之提示作答表現

可以發現，相較於 TM+D 組個案學童，CCM+D 組個案學童的作答表現在雷達圖上較為外擴，即表現較好，由個案的表現中，可以瞭解到 CCM+D 組之數位教材模式較 TM+D 組之數位教材較能輔助學童的學習。

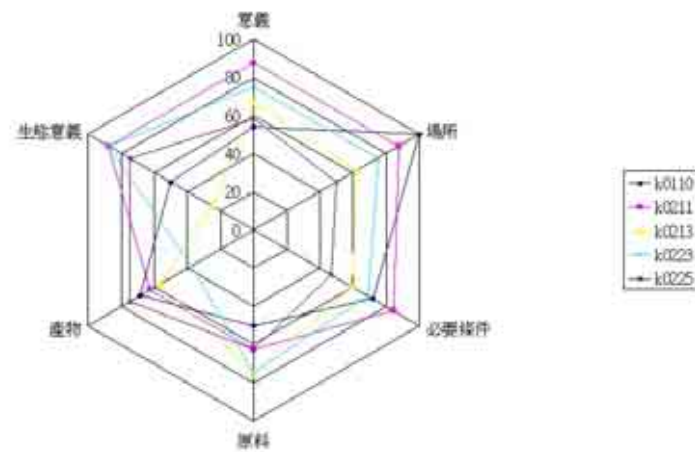


圖 4-3-3 CCM+D 組之先備知識屬於低分群學童在六個概念上的作答表現

註 每個向度的刻度值代表每個向度的答對率

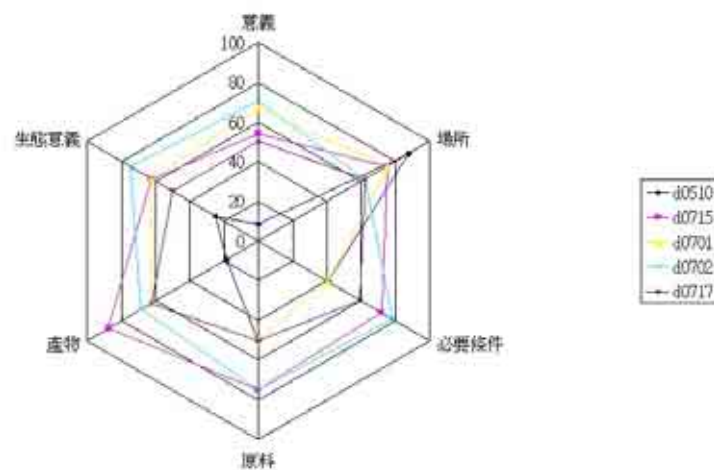


圖 4-3-4 TM+D 組之先備知識屬於低分群學童在六個概念上的作答表現

註 每個向度的刻度值代表每個向度的答對率

三、不同數位教材設計模式下不同先備知識學童之學習情形

該部分主要在瞭解不同數位教材模式設計中各種先備知識層次學童的學習情形，分析前先將四組數位教材設計模式學童的先備知識成績分別分為高、中、低分群，分析過程採用總結性評量前測成績為共變量、後測成績為應變量，數位教材設計模式與學童之先備知識層次為固定因子來進行共變數分析，藉以分別瞭解各數位教材設計模式中，不同先備知識層次學童的學習情形，分析結果如表 4-3-4 所示。

在 CCM+D 組與 CCM 組中，總結性評量測驗前測成績均對於總結性評量後測成績具有顯著意義($F=16.240, p<0.01$; $F=16.600, p<0.01$)，而學童的先備知識層次則對於總結性評量後測成績不具顯著意義($F=1.958, p>0.05$; $F=1.308, p>0.05$)。而在 TM+D 組中，總結性評量測驗成績($F=21.181, p<0.01$)與先備知識層次($F=3.895, p<0.05$) 均對於總結性評量後測成績具有顯著意義，接著進行 Post Hoc 分析，發現先備知識成績屬於高分群者，其學習效益顯著優於先備知識屬於低分群者。另外，在 TM 組中，總結性評量測驗成績($F=38.299, p<0.01$)與先備知識層次($F=5.068, p<0.01$) 也均對於總結性評量後測成績具有顯著意義，接著進行 Post Hoc 分析，發現先備知識成績屬於高分群者，其學習效益顯著優於先備知識屬於中分群與低分群者(表 4-3-4)。由上述結果可知，相較於傳統教材設計模式的數位學習環境中，具有概念改變教材設計模式的數位學習環境，較能提供不同先備知識層次學童較多的學習機會。

表 4-3-4 不同數位教材設計模式下不同先備知識層次學童之學習效益的
共變數分析摘要表(n=232)

數位教材設計模式	變數	分組	平均數估計值 (標準誤)	F 值	Post Hoc ^a
CCM+D 組	前測			16.240 ^{**}	
	先備知識層次			1.958	
TM+D 組	前測			21.181 ^{**}	
		高分群	80.966(3.458)	3.895 [*]	
	先備知識層次	中分群	72.584(2.653)		高分群>低分群 ^{**}
		低分群	65.200(3.534)		
CCM 組	前測			16.600 ^{**}	
	先備知識層次			1.308	
TM 組	前測			38.299 ^{**}	
		高分群	65.039(2.209)	5.068 ^{**}	高分群>中分群 [*]
	先備知識層次	中分群	57.330(2.514)		高分群>低分群 ^{**}
		低分群	54.276(2.348)		

*p<0.05;** p<0.01

^a 多重比較調整：LSD

第四節 學童在不同數位教材設計模式下之學習感受情形

為瞭解學童在依據 CCMD Model 所發展之數位教材下進行光合作用概念學習的感受，本節將分析四組學童(CCM+D 組、TM+D 組、CCM 組與 TM 組)在不同數位教材設計模式下學習後，填寫「網路學習環境調查問卷」的作答情形。此外，CCM+D 組與 TM+D 組學童透過網路動態評量(GPAM-WATA)學習光合作用概念的感受，也將分析兩組學童於「動態評量調查表」中的填答情形。

一、學童對於光合作用之數位教材設計的感受

為瞭解學童們對於數位教材設計模式的感受，將分析該學童於「網路學習環境調查問卷」第一部分——「我的網路上之自然與生活科技課程調查表」的填答資料，該調查表共包含「學習態度」、「任務取向」、「教學活動」、「教學表徵」與「學習成效」五個子調查表，分別用以瞭解學童對於該自然課程的喜好與興趣程度、學童是否重視並致力於完成課堂活動、學童對於數位環境所提供之教學策略、方法與表徵方式的理解感受，以及學童經過數位環境學習後對自我學習成效之觀感。調查表的分析結果如下：

從表 4-4-1 之「學習態度」子調查表之填答情形可以瞭解，不同數位教材設計模式之學童多認為利用電腦上自然與生活科技課程，讓他們感到很有興趣、且更喜歡上該門課程，同時，該上課方式也對他們的學習很有幫助，讓他們對學習內容更加瞭解。從「任務取向」子調查表之填答情形可以瞭解到，不同數位教材設計模式之學童多認為利用電腦上自然與生活科技課程，讓他們知道學習目標，且會設法瞭解該課程內容，並盡力完成教師所指定的任務。從「教學活動」子調查表之填答情形可以瞭解到，不同數位教材設計模式之學童多認為利用電腦上自然與生活科技課程，教學網頁中的教學內容比課本的內容有趣，且對其學習具有幫助，此外，教學網頁中不同的教學活動設計，亦可以提升學童的學習興趣。從

「教學表徵」子調查表之填答情形可以瞭解到，學童多認為用電腦上自然與生活科技課程，網頁中的圖片或動畫，可以幫助其更瞭解學習的內容與重點，並使其學習到更多。另外，從「學習成效」子調查表之填答情形則可以瞭解到，學童多認為用電腦上自然與生活科技課程，可使其更容易瞭解學習的目標、內容與重點，更容易進行學習活動，並且學習到更多的知識。由上述的結果可以知道，學童雖在不同數位教材設計模式進行學習，但多對於採用電腦學習自然與生活科技課程持有正向的態度，不但更具正向的學習態度、更重視於完成課堂上的活動、且教材中的各項設計與表徵也更能促進學童的學習。

表4-4-1 學童對於光合作用之數位教材設計的感受調查(n=232)

向度	題項	平均	SD	t 值 ^a
學習態度	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得對我的學習很有幫助。	3.836	0.930	13.696**
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得很有興趣。	3.647	0.987	9.978**
	用電腦上「自然與生活科技課」時，使我更加喜歡上這門課。	3.517	1.019	7.730**
	用電腦上「自然與生活科技課」時，使我對學習內容更加瞭解。	3.772	0.965	12.184**
任務取向	用電腦上「自然與生活科技課」時，我知道這一節課我要學些什麼。	3.875	0.910	14.643**
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我會設法瞭解這一門課。	3.703	0.903	11.847**
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我會盡力完成老師指定的任務。	3.974	0.892	16.632**
教學活動	用電腦上「自然與生活科技課」時，教學網頁中設計不同的教學活動，可以提升我的學習興趣。	3.651	0.932	10.635**
	用電腦上「自然與生活科技課」時，教學網頁中的教學內容比課本的內容有趣。	3.616	1.017	9.233**
	用電腦上「自然與生活科技課」時，教學網頁中的教學內容對我的學習有幫助。	3.677	0.946	9.943**
教學表徵	用電腦上「自然與生活科技課」時，網頁中的圖片或動畫，可以幫助我更瞭解學習的內容與重點。	3.802	0.946	12.904**
	用電腦上「自然與生活科技課」時，教學網頁中利用圖片或動畫，更可以幫助我學習到更多。	3.746	0.930	12.207**
學習成效	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得更容易瞭解學習目標。	3.703	0.903	11.847**
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得更容易瞭解學習的內容。	3.681	0.936	11.082**

學習 成效 (承上)	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得更容易進行學習活動。	3.573	0.951	8.982**
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得更容易知道學習的重點。	3.621	0.968	9.763**
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得學到更多的知識。	3.772	0.904	12.996**

** $p < .01$; ^a以 3.000 為檢定值，進行單一樣本 t 檢定

「學習態度」子調查表 Cronbach $\alpha = 0.866$

「任務取向」子調查表 Cronbach $\alpha = 0.800$

「教學活動」子調查表 Cronbach $\alpha = 0.835$

「教學表徵」子調查表 Cronbach $\alpha = 0.906$

「學習成效」子調查表 Cronbach $\alpha = 0.904$

然而，為了深入瞭解學童於不同數位教材設計模式進行學習之感上是否具有差異，將採用單因子變異數分析來進行探究。分析過程以「我的網路上之自然與生活科技課程調查表」各子調查表中的逐題作答情形與整份調查表的總得分為依變數、數位教材設計模式為固定因子，來探究國小六年級學童在不同數位教材設計模式下之學習感受，分析結果如表 4-4-2 所示。由表 4-4-2 可知，數位教材設計模式分組對於各子調查表的各題填答情形與整份調查表的總得分均不具顯著意義。由上述結果可知，學童對其所參與之數位教材設計模式的學習感受，不但多持正向的態度且在態度上無顯著差異，因此，換言之，利用電腦網路進行自然與生活科技課程的學習，對於提高學童的學習興趣有正向的助益。

表4-4-2 不同數位教材設計模式之學童對光合作用數位教材設計的
感受差異表(n=232)

向度	題項	CCM+D 組 (n=60)		TM+D 組 (n=62)		CCM 組 (n=55)		TM 組 (n=55)		F 值
		平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	
學習 態度	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得對我的學習很有幫助。	3.783	0.958	4.000	0.923	3.764	0.902	3.782	0.937	0.879
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得很有興趣。	3.600	0.960	3.726	1.074	3.564	0.996	3.691	0.920	0.341
	用電腦上「自然與生活科技課」時，使我更加喜歡上這門課。	3.433	0.945	3.710	1.092	3.436	1.805	3.473	0.940	1.023
	用電腦上「自然與生活科技課」時，使我對學習內容更加瞭解。	3.800	0.935	3.806	1.006	3.618	1.027	3.855	0.891	0.641
任務 取向	用電腦上「自然與生活科技課」時，我知道這一節課我要學些什麼。	3.783	0.804	4.032	0.958	3.800	0.911	3.873	0.963	0.944
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我會設法瞭解這一門課。	3.583	0.766	3.887	0.943	3.600	0.993	3.737	0.891	1.470
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我會盡力完成老師指定的任務。	3.967	0.758	4.177	0.758	3.727	1.044	4.000	0.962	2.544
教學 活動	用電腦上「自然與生活科技課」時，教學網頁中設計不同的教學活動，可以提升我的學習興趣。	3.683	0.833	3.823	0.950	3.364	0.825	3.709	1.066	2.590
	用電腦上「自然與生活科技課」時，教學網頁中的教學內容比課本的內容有趣。	3.717	0.885	3.839	0.978	3.364	0.910	3.509	1.230	2.571
	用電腦上「自然與生活科技課」時，教學網頁中的教學內容對我的學習有幫助。	3.667	0.914	3.855	0.938	3.564	0.762	3.600	1.132	1.119
教學 表徵	用電腦上「自然與生活科技課」時，網頁中的圖片或動畫，可以幫助我更瞭解學習的內容與重點。	3.817	0.792	3.871	0.932	3.764	0.902	3.745	1.158	0.208
	用電腦上「自然與生活科技課」時，教學網頁中利用圖片或動畫，更可以幫助我學習到更多。	3.783	0.783	3.903	0.936	3.636	0.910	3.636	1.078	1.133

學習成效	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得更容易瞭解學習目標。	3.733	0.841	3.790	0.908	3.600	0.830	3.673	1.037	0.471
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得更容易瞭解學習的內容。	3.750	0.836	3.774	0.913	3.582	0.875	3.600	1.116	0.654
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得更容易進行學習活動。	3.667	0.857	3.613	1.014	3.455	0.812	3.545	1.102	0.527
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得更容易知道學習的重點。	3.767	0.871	3.742	0.991	3.426	0.877	3.509	1.103	1.702
	用電腦上「自然與生活科技課」時，我覺得學到更多的知識。	3.833	0.827	3.871	0.887	3.564	0.788	3.800	1.095	1.336
總分		63.367	11.100	65.419	11.355	60.834	10.261	62.727	13.060	1.585

「學習態度」子調查表 Cronbach $\alpha=0.866$

「任務取向」子調查表 Cronbach $\alpha=0.800$

「教學活動」子調查表 Cronbach $\alpha=0.835$

「教學表徵」子調查表 Cronbach $\alpha=0.906$

「學習成效」子調查表 Cronbach $\alpha=0.904$

二、學童對於光合作用數位教材設計中之網路化動態評量的

感受

為瞭解數位教材設計模式中融有網路化動態評量之 CCM+D 組與 TM+D 組學童對於網路化動態評量設計的感受，將分析該二組學童對於動態評量感受問卷的填答資料，以瞭解學童透過網路化動態評量進行光合作用概念學習後，對於網路化動態評量的整體感受情形，包含「動態評量與傳統評量間的比較」與「學童對於動態評量提示的感受」，由於該動態評量問卷的設計過程中，為避免學童作答上的困擾，而將學童所使用之網路化動態評量簡稱為網路評量，故問卷題項中所指網路評量即為本研究所採用之網路化動態評量(GPAM-WATA)，問卷分析結果如下：

(一) 網路動態評量(即 GPAM-WATA)與傳統評量間的比較

從表 4-4-3 CCM+D 組與 TM+D 組學童對於網路動態評量感受問卷第一部分——「網路動態評量與傳統評量的比較」之填答情形可以瞭解到，學童多傾向於認為該網路動態評量較節省資源、容易作答且更為便利，而題目字跡清楚伴隨彩色圖片的說明，亦使學童較能瞭解題意；且網路動態評量較傳統評量來得有趣並較不易感到緊張與壓力，而讓他們更喜歡做測驗；而其一題一題出現的設計也讓學童更能專心作答；此外，學童也表示網路動態評量作題，立刻就可知對錯，可讓其獲得即時的學習，並不斷地透過網路動態評量所回饋的即時訊息，瞭解到自己有哪些學習概念需要再加強；而且，網路動態評量於作題過程中隨時告知學童過關情形，不但使之能隨時掌握自己的作答進度而加速其作答外，亦會促其更有動力進行測驗作題；另外，若學童答對題目時，系統恭喜其答對的設計，也會增加其作答的信心，使其更願意進行後續的測驗。由上述的結果可以知道，學童對於該網路化動態評量持有正面的態度，且該評量亦較傳統評量更能提供學童即時回饋與學習的訊息，並激勵進行測驗的信心與動力。

表 4-4-3 學童比較網路動態評量與傳統評量間差異的感受調查(n=122)

題 項	平均	SD	t 值 ^a
我覺得網路評量 ^b 比傳統紙筆測驗更結省資源。	4.189	0.899	13.720**
我覺得網路評量比傳統紙筆測驗的題目更容易作答。	4.000	0.887	11.716**
我覺得網路評量比傳統紙筆測驗可以更快獲得考試成績，所以很便利。	4.189	0.862	14.231
我覺得網路評量比傳統紙筆測驗讓我更不會緊張。	3.951	0.931	10.681**
我覺得網路評量比傳統紙筆測驗更沒有壓力感。	3.926	0.985	9.894**
我覺得網路評量比傳統紙筆測驗更有趣，讓我更喜歡做測驗。	3.762	0.984	8.148**
我覺得網路評量一題一題出現會讓我做得更專心作答。	4.090	0.840	13.377**
網路評量在答對的時候會恭喜我答對，增加我答題的信心，讓我更願意往下作答。	4.033	0.966	11.216**
網路評量會告訴我過關幾題，讓我更有動力做題目。	4.016	0.859	12.247**
網路評量會告訴我過關幾題，讓我可以隨時掌握自己的作答進度且會做得比較快。	3.951	0.857	11.481**
我覺得網路評量比傳統測驗的題目字跡更清楚，且有彩色的圖片說明，讓我比較瞭解題意。	3.926	0.870	11.046**
網路評量做題，馬上就可以知道對錯，讓我可以獲得即時的學習。	3.910	0.868	10.869**
我覺得參加網路評量的過程中，能不斷知道自己哪些學習概念(譬如：光合作用的產物、葉綠素的功能...)還需要再加強。	3.893	0.876	10.594**

**p<.01

^a以 3.000 為檢定值，進行單一樣本 t 檢定

^b問卷題項中所指網路評量即為本研究所採用之網路動態評量(GPAM-WATA)

Cronbach α =0.924

(二) 學童對於網路動態評量提示的感受

從表 4-4-4 CCM+D 組與 TM+D 組學童對於網路動態評量感受問卷第二部分—「我對網路評量提示的感受」之填答情形可以瞭解到，學童對於該網路動態評量之提示設計具有正向的態度。學童多傾向於認為網路動態評量之提示設計，會讓其做錯時較不緊張並降低其壓力；而且做錯時有提示給他們，也會讓其主動去思考哪裏做錯了，指引其解題、思考的方向，並改正錯誤的想法而更快找到正確的答案，亦可會讓學童在遇到不會的題目時更謹慎作答，並使之對題目的印象

更為深刻，同時，亦會讓學童對於光合作用的概念更為清楚。另外，網路動態評量在學童做錯時給予提示，也可以讓學童隨時知道自己作答的情況並掌握答題進度，且即時的提示回饋，也可讓學童即時修正錯誤的想法，讓他們更有動力作答並期許自己於下次作答時可以做對；大多數學童也表示，網路動態評量於做錯時給予提示，會讓學童覺得好像有個家教老師在指導其學習，且提示也可以有效幫助學童思考出正確的答案。

除上述之外，多數學童也認為，相較於沒有提示，學童較喜歡參與可以提供提示的網路動態評量，且提示不但可以促進其進行主動學習，亦可以使之獲得更多的學習。而且，學童也表示當其重複答錯同一題目時，相較於重複給予相同提示而言，其更喜歡網路動態評量給予之不同的提示，且循序漸進的提示也可讓學童隨著不同提示的指引，逐漸瞭解該如何解題；透過這些提示，就算學童對於網站教材的內容有不明白之處，漸進式提示也將指引學童學習並瞭解光合作用的相關概念。由此可知，學童對於數位教材設計模式中所包含之網路動態評量的漸進式提示設計具有正向的態度，且該設計猶如隨侍在旁的家教老師，在其做錯時給予適切的輔助與指引，促進更主動地進行光合作用概念的學習。

表 4-4-4 學童對於網路動態評量漸進式提示之感受調查(n=122)

題項	平均	SD	t 值 ^a
網路評量在做錯的時候有提示給我，會讓我比較不緊張。	3.811	0.952	8.934**
網路評量在做錯的時候有提示給我，可以降低我的壓力。	3.836	0.890	9.775**
網路評量在做錯的時候有提示給我，會讓我改正錯誤的想法並更快找到正確答案。	3.943	0.823	11.797**
網路評量在做錯的時候有提示給我，會讓我主動去思考哪裏做錯了。	3.975	0.814	12.309**
網路評量在做錯的時候有提示給我，會指引我解題、思考的方向。	3.951	0.876	11.264**
網路評量在做錯的時候有提示給我，會讓我遇到不會的題目時更謹慎作答。	4.008	0.844	12.327**
網路評量在做錯的時候有提示給我，會讓我對題目的印象更深刻。	4.016	0.878	12.017**
網路評量在做錯的時候有提示給我，會讓我對於光合作用的概念更清楚。	3.811	0.890	9.490**
網路評量在做錯的時候有提示給我，可以讓我隨時知道自己作答的情況並掌握進度。	3.852	0.754	11.507**
網路評量在做錯的時候有提示給我，我可以馬上知道自己做錯了，並且修正自己錯誤的想法。	3.975	0.824	12.181**
網路評量在做錯的時候有提示給我，會讓我更有動力作答，希望自己下一次可以做對。	4.000	0.859	12.050**
網路評量在做錯的時候有提示給我，會讓我覺得好像有個家教老師在指導我學習。	3.811	0.881	9.579**
網路評量在做錯的時候給我的提示，可以有效幫助我思考出正確的答案。	3.951	0.798	12.213**
相較於沒有提示，我比較喜歡參與可以提供提示的網路評量。	3.811	0.917	9.240**
相較於沒有提示，我覺得網路評量給我提示，可以促進我進行主動學習。	3.811	0.917	9.240**
相較於沒有提示，我覺得網路評量給我提示，可以讓我獲得更多的學習。	3.893	0.922	10.129**
當我重複答錯同一題，網路評量會給我不同的提示，我可以隨著不同的提示的指引，逐漸瞭解該怎麼樣解決題目、找出正確的答案。	3.943	0.792	12.184**
當我重複答錯同一題，網路評量會給我不同的提示，這跟重複一樣的提示比起來，我更喜歡每次給我不一樣的提示，因為這樣我會更瞭解該怎麼樣解決題目、找出正確的答案。	3.926	0.822	11.610**
就算網站教材的內容有不明白的地方，網路評量的提示也會指引我學習並瞭解光合作用的概念。	3.877	0.816	11.068**

**p<.01

^a以 3.000 為檢定值，進行單一樣本 t 檢定^b問卷題項中所指網路評量即為本研究所採用之網路動態評量(GPAM-WATA)Cronbach α =0.962

第五節 討論

由於本研究的目的是在嘗試將概念改變理論融入數位學習環境中，以開發出能促進學生於網路學習環境中進行光合作用概念學習的數位教材設計模式。從上述的研究結果可以瞭解到，本研究採用 PSHG 模式引發學生產生認知衝突的觀點與 Mikkilä-Erdmann (2001)開發概念改變文本之後設概念元素，並融入 Campione & Brown (1985)之漸進提示動態評量的理念所開發出來的數位教材設計模式——CCMD Model，用於發展光合作用數位教材，對於學生概念學習與迷思概念改變上具有良好的效益。

而 CCMD Model 所包含之「概念改變數位教材」與「網路動態評量—GPAM-WATA」的設計，對於國小六年級學童的學習均具有良好的效益，該研究發現可以從文獻中獲得解釋。Guzzetti et al. (1992) 針對 23 篇利用文本為基礎之教學策略，對於學生迷思概念影響的相關研究進行後設分析後發現，在各種類型的文本當中，促進學童概念改變的教材設計關鍵元素就是讓學童產生認知衝突；而 Wang 和 Andre (1991) 利用認知衝突的理念設計了電學概念改變文本，去探討該文本對於學生學習的效益，發現到該概念改變文本有助於增進學生簡單電路質性概念的學習，Mikkilä-Erdmann (2001) 也採用認知衝突的理念設計了光合作用的概念改變文本，並探究該文本對於 10-11 歲學童光合作用概念學習的效益，發現概念改變文本組學童相較於傳統文本組學童，在動植物之間的差異與需要建構光合作用適當心智模式表現的試題(questions which demanded construction of an adequate mental model of photosynthesis)上表現顯著較好；Çepni 和 Köse (2006) 更以產生學生認知衝突的策略來發展數位教材(該教材稱之為 CAIM)並應用於高中光合作用的教學，發現實驗組學生的學習表現顯著較對照組好，特別是在理解與應用層次上的題目表現較對照組學生來得佳，雖然 CAIM 無法改變實驗組學生的主要迷思概念，但是對於實驗組學生在植物能量來

源與營養方式之迷思概念的降低情況較對照組來得好；而本研究則從光合作用六大概念來加以分析，也發現概念改變數位教材對於國小六年級學童光合作用概念學習具有良好的效益，特別是在「光合作用必要條件」概念的學習上具有顯著的幫助，且概念改變文本對於學童於「光合作用的意義(包含定義、目的與重要性)」、「光合作用的產物」與「光合作用在生態上的意義」之迷思概念的改進上也有助益。

此外，網路漸進提示動態評量—GPAM-WATA 在促進學生概念學習與迷思概念的改變上也具有相當的助益，該研究發現可以從文獻中獲得解釋。余淑君(2001)、耿筱曾和陳淑蓉(2005)、耿筱曾和蕭建嘉(2002)、陳嘉成(2001)、劉家成(2002)都是以漸進式動態評量模式(GPA)為主並融合其他策略來促進學生概念的學習，並藉此瞭解學生概念改變的情形，其研究結果均指出融合了 GPA 模式的學習策略，對於學生迷思概念的改變具有相當的助益，而本研究亦發現到網路動態評量—GPAM-WATA 在學童學習光合作用概念的過程中，不但發揮動態評量結合教學與學習歷程的特質，在評量的過程中給予引導並增進學生學習的動機、自信心與學習潛能，同時在提示的過程中，也幫助學生達到概念改變的歷程，因此，將動態評量應用來增進學生迷思概念的改變是一個不錯的網路學習策略。

除上述外，研究也發現到學童的先備知識對於其學習效益具有重要的影響。先備知識屬於高分群學童的學習效益顯著先備知識屬於低分群者，這個發現和國內外許多學者的研究發現相同(林菁、鍾如雅和陳雅萍，2006；陳銑陵，2007；蔡清文，2006；Hailikari, Nevgi, & Komulainen, 2008)。而透過深入分析之後發現，在包含有概念改變數位教材的設計模式(CCM+D 組與 CCM 組)中，先備知識的高低不會影響學生的學習效益，但是在包含傳統數位教材的設計模式(TM+D 組與 TM 組)中，先備知識的高低將會影響學生的學習效益，因此，在數位教材設計模式中融入概念改變策略所發展的教材，將能夠提供更多元的學習環境給學習

者，輔助其在網路學習環境中進行學習。

由於一個完整的教學歷程中，除了教學活動之外，還應包含有適切的評量來提供改進教學與學習的回饋訊息。因此，本研究嘗試從概念改變的理論著手，來發展一個以概念改變理論為基礎的數位教材設計模式，並據此開發數位教材與網路評量，其中數位教材以引發學生產生認知衝突作為核心，評量策略則以結合教學與評量歷程的漸進式動態評量模式為基礎，透過兩者交互協助學生在 CCMD Model 所設計之光合作用的數位環境中進行概念學習與迷思概念的改變，從研究結果亦發現到 CCMD Model 之數位教材設計模式對於學生光合作用概念的學習具有良好的輔助效果，希望本研究所開發的 CCMD Model 能提供網路教材設計者一些參考。