

## 臺灣中部合歡山土壤碳長期累積速率之推估

### The Estimation of Carbon Long-term Accumulation Rate for Soils on Hehuan Mountain in Central Taiwan

徐進將\*      黃文樹\*\*      蔡衡\*\*\*      陳俊宏\*\*\*\*      許正一\*\*\*\*\*  
Chin-Chiang Hsu      Wen-Shu Huang      Heng Tsai      Jun-Hong Chen      Zeng-Yei Hseu

(收件日期 108 年 10 月 10 日；接受日期 109 年 3 月 17 日)

#### 摘 要

本研究在臺灣中部海拔在 3,000 m 左右的高山地區，現代植被為高山箭竹林的環境下，採集兩個土壤剖面，初步探討自全新世以來，合歡山高山環境下土壤化育型態，並推估土壤碳儲量與長期土壤碳累積速率，及其與環境變遷之關聯性。研究成果顯示，合歡山兩個土壤剖面 (HWS、HWM) 各自有兩個層序，其碳儲量分別為 35.44 kg/m<sup>2</sup> 和 73.19 kg/m<sup>2</sup>。最後本研究在 HWM 之 2A 層採集到碳樣本進行 <sup>14</sup>C 分析，並配合地層對比紀錄，土壤層序 O ~ Bw1 形成年代約在 1,720 B.P.，歷經溫暖潮濕氣候，其碳儲量累積速率為 16.31 (g/m<sup>2</sup>)/yr；土壤層序 Bw1 ~ 2A 形成年代約在 1,720 ~ 3,370 B.P.，歷經乾冷與溫暖氣候轉變期，其碳儲量累積速率為 20.97 (g/m<sup>2</sup>)/yr；土壤層序 Bw2 ~ 2A 形成年代約為 2,590 ~ 3,370 B.P.，歷經乾冷氣候，其累積的碳儲量約為 31.09 kg/m<sup>2</sup>；而 3,370 B.P. 所累積碳儲量約為 62.65 kg/m<sup>2</sup>，平均累積速率為 18.59 (g/m<sup>2</sup>)/yr。

**關鍵詞：**土壤、雙層序、有機碳、碳庫、古氣候

---

\* 國立彰化師範大學地理學系博士生

\*\* 國立中正大學通識中心兼任助理教授

\*\*\* 國立彰化師範大學地理學系教授 (通訊作者)

\*\*\*\* 國立彰化師範大學地理學系碩士

\*\*\*\*\* 國立臺灣大學農業化學系教授

### Abstract

Two soil profiles were collected in the alpine region 3,000 meters above sea level in central Taiwan where the alpine *niitakayamensis* dominates the vegetation. This study estimates soil carbon storage and its long-term accumulation rate in this mountainous area as a basis for future correlation on paleoclimate.

Field observation shows a bi-sequence along the soil profiles in the Hehuan Mountain area. A  $^{14}\text{C}$  dating was available from the charcoal found at the soil horizon of 2A of HWM. Additional soil ages were obtained from soil profiles nearby with similar characteristics of soil horizons and field morphologies published in literature. The results show the carbon storages of  $35.44 \text{ kg/m}^2$  and  $73.19 \text{ kg/m}^2$  for HWS and HWM, respectively. A rate of  $16.31 \text{ (g/m}^2\text{)/yr}$  organic carbon is stored and accumulated in soil horizons of O to Bw1 since 1,720 BP when a warm and humid climate prevailed. A great rate of  $20.97 \text{ (g/m}^2\text{)/yr}$  is suggested for the soil horizons of 2A to Bw1 developed from 3,370 to 1,720 BP. in the climatic transition from dry-cold to warm. The highest rate of  $31.09 \text{ kg/m}^2$  was found in soil horizons of 2A to Bw2 with their ages of 3,370~2,590 BP, when a cold climate dominated. These results give an overall estimation of  $62.65 \text{ kg/m}^2$  and  $18.59 \text{ (g/m}^2\text{)/yr}$  for the carbon stock and its accumulation rate over the past 3,370 years.

**Key words:** soil, bi-sequence, organic carbon, carbon stock, paleoclimate

## 壹、前言

在地球環境中，陸地上的土壤含有極高的碳儲量，遠超過大氣中的碳總藏量 (Batjes, 2014; Tarnocai et al. 2009)，且這些碳多以有機質的形式存在，在氣候調節、土壤肥力與食物生產等生態系統作用上發揮著關鍵作用 (Tiessen, Cuevas, & Chacon, 1994)。然而土壤有機碳 (Soil Organic Carbon, SOC) 儲量的估計，依研究尺度大小可分為生態系統土壤碳儲量估算 (Proctor, Watson, & Landsberg, 1976; Wibbe, Blanke, & Lenz, 1993)、區域土壤碳儲量估算 (Franzmeier, Lemme, & Miles, 1985)、全球土壤碳儲量估算 (Rubey, 1951; Bohn, 1976) 等方式，不過估算方法雖有不同，大致上仍採用土壤的總體密度 (Bulk density)、有機碳含量及土壤深度的乘積獲得 (Bonfatti, Alfred, Hartemink & Giasson, 2016; Tsai, Hu, Lin, & Chen, 2009)。

根據 Jobbagy 與 Jackson (2000) 的研究，土壤中 50% 以上的有機碳負於地表深度 0.20 m 以內，較深層 (> 0.50 m) 的有機碳則因微生物較難達到並分解而趨於穩定 (Fontaine et al., 2007; Rumpel & Kögel-Knabner, 2010)，可見土壤中的 SOC 極易受到土地利用型態的影響，一旦土壤中的有機碳庫含量受干擾而發生改變時，將可能會顯著地影響到大氣中的二氧化碳濃度。Lal (2004) 曾估算土壤有機碳庫改變 1Pg 時，大氣中 CO<sub>2</sub> 濃度將隨之改變 0.47 ppmv。此外，氣溫升高亦會增加土壤中的分解速率，從而減少生態系統的碳儲存 (Hartley, 2014)。

Chen、Juang、Cheng 與 Pai (2016) 計算出在臺灣和日本杉樹森林中 SOC 儲量，分別為 148.5 和 151.8 Mg C/ha，而且發現在 0-0.05 m 的表層土壤中，針葉林比農田有更高的 SOC 儲量。Dieleman、Venter、Ramachandra、Krockenberger 與 Bird (2013) 針對低海拔與高海拔熱帶森林碳儲量的差異，指出在更高海拔森林轉化草地可能導致比以前更多的土壤碳損失。Abril、Bartfeld 與 Bucher (2005) 在阿根廷的 Chaco 森林土壤碳平衡研究指出，在森林非焚燒地區，因枯枝落葉使土壤碳含量增加 (16%)，而在燒毀和過度耕作的地方，因生態與人為干擾使土壤碳含量下降 (38%)。

回顧臺灣過去有關高山土壤碳儲量的研究，多集中在估算不同林地或土地利用的現代碳儲量，例如 Huang (2009) 探討在臺灣地區不同類型土壤之有機碳儲量，顯示臺灣大部分 (73%) 土壤有機碳儲存於 0-0.50 m 土壤深度內，臺灣地區 1m 深度內總土壤有機碳約為 396 Tg，其中森林有 224 Tg。Chang、Duh、Chiou 與 Wang (2007) 調查臺灣不同氣候區天然林枝葉層與表土層碳儲存量，發現在表層 0.20 m 的土壤中，中高海拔森林則有 17~27 t/ha 的碳儲量。Tsai et al. (2009) 研究臺灣北部地區人工林土壤深度 0~0.30、0~0.50 及 0~1.00 公尺碳存量的估算，得到闊葉樹人工林土壤有機碳存量的平均值分別為 6.5、8.2 與 9.6 kg/m<sup>2</sup>，針葉樹人工林土壤有機碳存量的平均值則分別為 7.4、9.7 與 12 kg/m<sup>2</sup>。

在了解土壤有機碳在特定深度的累積速率的方法，須先估算特定深度的土壤年齡，如 Toma et al. (2013) 在日本南部熊本縣阿蘇地區海拔 767 ~ 937m 山區，研究 6 個測

點，估算平均總碳儲量為 232  $Mg/ha$ ，測得平均土壤年齡為 7300 年，估算出土壤碳的固存率 (Soil Carbon Sequestration Rate) 為 3.2 ( $g/m^2$ )/yr。Borren、Bleuten 與 Lapshina (2004) 在西西伯利亞南部地區 8 個測點，研究針葉林全新世各種泥炭地形，土壤年齡在 4,550 ~ 8,700 年之間，其長期的碳積累速率 (Long-term Apparent Rate of Carbon Accumulation) 為 19 ~ 69 ( $g/m^2$ )/yr。

然而過去研究對於氣候環境變遷所產生碳儲量的長期變化，卻少有研究探討。事實上，適合進行此類研究的樣點並不易取得，也限制了此類研究的展開。Wenske、Böse、Frechen 與 Lüthgens (2009) 於合歡山地區探討森林野火的發生與高山古氣候及地貌發育之間的關係，於溪谷露頭所採的沉積物層序由上而下約有兩層，而且沉積物已有土壤化育特徵，配合 Wenske et al. (2009) 其定年結果，將是一個很好的研究土壤中碳儲量長期變化的對象。因此，本研究選定鄰近該研究樣點約 100 m 處，採集兩個不同土壤剖面，透過推估合歡山地區不同層序的土壤碳儲量，以及長期累積速率，以了解高山地區碳儲量與累積速率差異等現象和古環境變遷之關係，並探討全新世中期以來臺灣高山地區氣候與環境變遷下，植被或地表作用變化等因素如何影響到土壤碳儲量的變異。

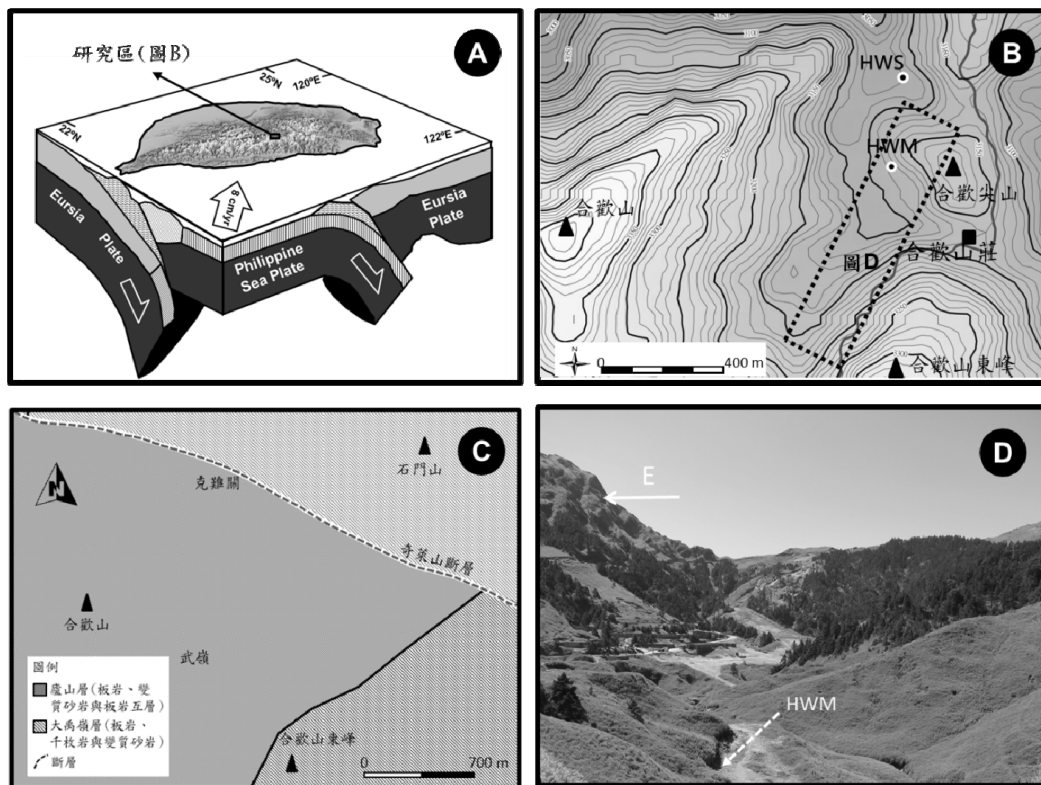
## 貳、材料與方法

### 一、研究區與採樣

本研究區位於臺灣中部高山合歡山 (Hehuan Mountain) 地區 (24°9'N, 121°17'E) 屬於太魯閣國家公園 (Fig. 1A)，合歡山為中新世廬山層所出露 (Fig. 1C) (MOEA, 1993)，岩性包括硬頁岩、板岩與千枚岩。土壤採樣點介於合歡尖山與合歡山之間山谷 (Fig. 1B)，合歡溪谷地內的合歡主峰與東峰稜線北側、合歡尖山南側凹地，具有圓弧且陡峭的後壁和平緩的底部，為冰斗地形的形貌特徵 (Chen, 2011)，冰斗地形分布高度推測合歡溪谷地一帶的冰川作用年代應在末次冰期早期 (Yang, 2006)。

根據研究區附近氣象測站資料，昆陽氣象站（海拔 3,070 m）年均溫 8.2°C，年雨量 2,470 mm，合歡山氣象站（海拔 3,402 m）年均溫 5.9°C，年雨量 3,921 mm 與玉山氣象站（海拔 3,844 m）年均溫 4.9°C，年雨量 2,975 mm。（中央氣象局網站 2010 ~ 2017 年；<https://www.cwb.gov.tw>）山區的植被 (Fig. 1D) 以玉山箭竹 (*Yushania niitakayamensis*)、臺灣鐵杉 (*Tsuga chinensis*)、臺灣冷杉 (*Abies kawakamii*) 以及臺灣雲杉 (*Picea morrisonicola*) 為主。





Description: Figure (D) is a photograph of the study area. The arrow E symbol points to the east and the soil sample HWM is located near the valley.

Fig.1 Diagram of the research area of Hehuan Mountain.

本研究於合歡山與合歡尖山之間，鄰近雪訓中心與合歡山莊附近，共採集兩個土壤剖面，分別為 HWS 與 HWM (Fig. 1B)，HWS 為 45% 坡地，西南向，海拔高度 3,080m，HWM 為 59% 坡地，西南向，海拔高度 3,120m，土壤表層保有良好的自然植被（玉山箭竹），且均未經人為干擾，並具良好排水狀況，無地下水位的影響 (Fig. 1D)。根據區域的氣候條件及 King (1993) 的調查，土壤濕潤境況 (Soil Moisture Regimes) 與土壤溫度境況 (Soil Temperature Regimes) 分別屬於濕潤 (udic) 寒冷 (frigid) 的狀態。Wenske et al. (2009) 認為此區地形係因季節性的冰積與冰融將基岩破壞，形成山谷（冰斗谷）；接著基岩風化與地表逕流增加，堆積粗碎屑層；而最底層的沉積層則是由泥質粘土基質崩積；表面的沉積為後續第二階段堆積的結果。

HWS 土壤剖面深度為 1.00 m，土壤剖面可分為兩個層序 (Bisequences)，且下層序比上層序的土壤還要厚，土壤層序依序為 O-A-Bw-2A-2E-2Bw-2C1-2C2 (Fig. 2)。HWM 土壤剖面深度為 1.50 m，土壤剖面可分為兩個層序，且下層序比上層序的土壤還要厚，土壤層序依序為 O-A-Bw1-Bw2-2A-2EB-2Bw1-2Bw2-2C1-2C2 (Fig. 3)，在 HWS 及 HWM 2A 層均有採集到可定年的物質，委託美國 BETA 實驗室進行加速質譜儀 (AMS) 分析，進行碳十四定年。

## 二、研究方法

各土壤剖面依野外所劃分土壤化育層分層取樣，所有攜回之土壤於實驗室自然風乾後，經輾碎過篩 (<2mm) 處理，供後續各種實驗之用。本研究所需土壤之物理與化學性質測定方法如下：

總體密度 (Bulk density, Bd) 測定，參考 Blake 與 Hartge (1986) 石臘塊法 (Paraffin Clod Method)，將烘乾後土塊秤取重量，並用細線綁好迅速放入已液化之石臘液中 (約 60°C) 取出，秤取石臘與土塊之重量，再將裹有石臘之土塊全部浸入水中，秤取土塊浮力重量，求取土塊體積及烘乾土塊重，以計算土塊之容積比重，最後再將土塊磨碎過篩秤取大於 2 mm 粗礫石重量，換算百分比 ( $S_i$ ) 以修正總體密度。

土壤有機碳 (Organic Carbon, OC) 測定，參考 Nelson 與 Sommers (1982) 溼氧化法，秤取 0.25 克已過篩的土樣，加入 1 M (mole/liter) 的重鉻酸鉀 ( $K_2Cr_2O_7$ ) 10 ml，充分混合後隨即加入 20 ml 濃硫酸 ( $H_2SO_4$ )，靜置後加入 100 ml 純水及 10 ml 濃磷酸溶液。加入 O-phenanthroline-ferrous 指示劑，並配置 1 N (normality) 的硫酸亞鐵銨 (Ferrous Ammonium Sulfate) 滴定，當顏色迅速變為暗綠色時，記錄此點的硫酸亞鐵銨體積，並依 Nelson 與 Sommers (1982) 公式計算有機物含量。

本研究計算土壤有機碳儲量 (Soil Organic Carbon Stock, SOCS) 方法，依據 Batjes (2014)；Dorji、Odeh 與 Field (2014)；Bai et al. (2016) 和 Bonfatti et al. (2016)，將總體密度 (Bd)，有機碳含量 (OC) 和土層厚度 (D) 乘積得之，單位： $kg/m^2$ 。

$$SOCS = \sum_{i=1}^k Bd_i \times Oc_i \times D_i \times (1 - S_i) \quad (1)$$

其中  $Bd_i$  代表第 i 層 (Horizon) 土壤的總體密度 ( $Mg/m^2$ )， $Oc_i$  代表第 i 層土壤的有機碳含量 ( $g/kg$ )， $D_i$  代表第 i 層土壤的厚度 (m)， $S_i$  代表第 i 層中土壤 >2mm 粗礫石比例 (%)。

本研究亦於 HWS 及 HWM 的 2A 層找到可供定年的焦炭物質，並將其送往美國 BETA 實驗室，透過  $^{14}C$  加速質譜儀 (AMS) 進行定年。此外，本研究並採用 Wenske et al. (2009) 之定年結果，該研究利用光激光 (Optically Stimulated Luminescence, OSL) 和  $^{14}C$  定年，得到 5 個年代，分別為 3,650 ± 620 B.P.、2,590 ± 590 B.P.、1,720 ± 480 B.P.、3,380 ± 120 B.P. 及 3,745 ± 145 B.P. (Fig. 6)。

## 參、結果

### 一、土壤形態與分類

本研究主要目的在於了解高山地區碳儲量與累積速率差異等現象和古環境變遷之關係，因此參考土壤形態特徵和 Chen (2015) 研究調查，將土壤剖面依美國農部土壤調查手冊 (Soil Survey Staff, 2014) 進行土壤形態特徵描述略述如下：

HWS 有兩個土壤層序 (Fig. 2)，上土壤層序深度為 0-0.35 m；下土壤層序深度為 0.35-1.00 m。土壤分層部份，0-0.15 m 為有機質層 (O)，0.15-0.30 m 為黑瘠表育層 (Umbric Horizon, A)，0.3-0.35 m 為變遷層 (Cambic Horizon, Bw)，0.35-0.38 m 為黑瘠表育層 (A)，0.38-0.40 m 為漂白層 (Albic Horizon, E)，0.4-0.58 m 為變遷層 (Bw)，0.58 m 以下為 C 層。

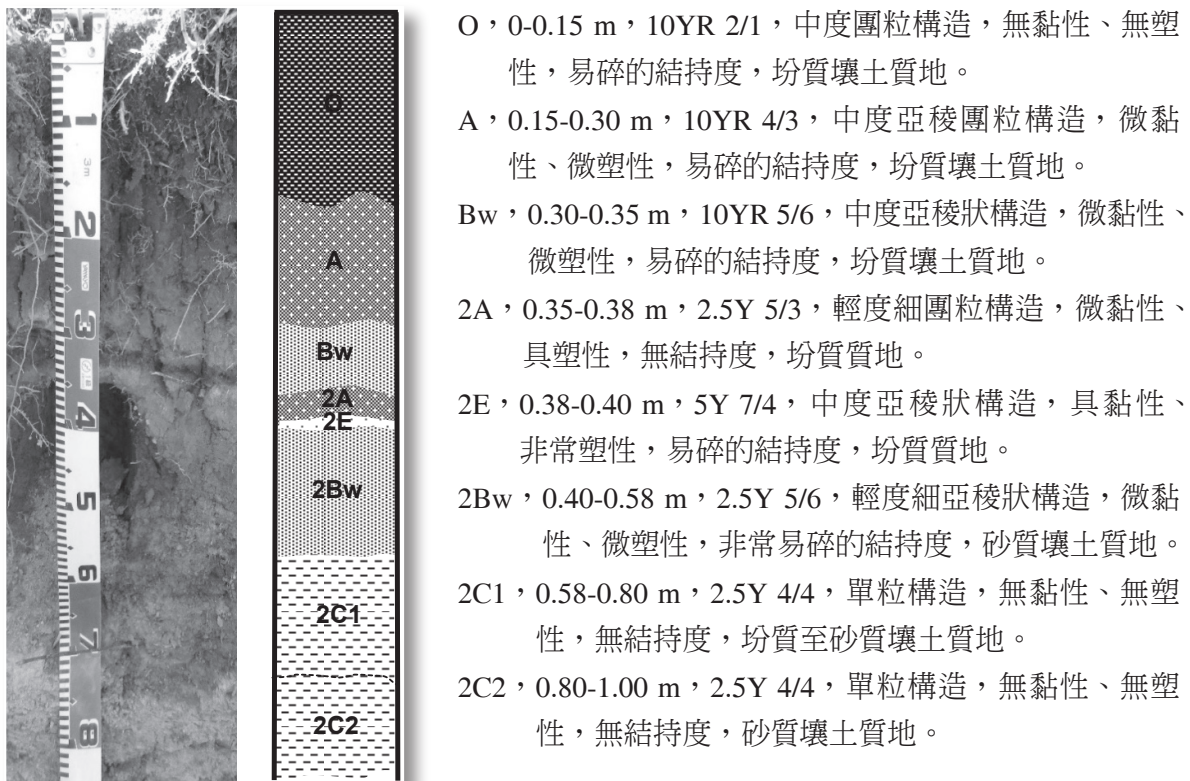


Fig. 2 Soil profile and soil morphological characteristics of the HWS samples.

HWM 有兩個土壤層序 (Fig. 3)，上土壤層序深度為 0-0.60 m；下土壤層序深度為 0.60-1.50 m，土壤分層部份，0-0.05 m 為有機質層 (O)，0.05-0.22 m 為黑瘠表育層 (A)，0.22-0.60 m 為變遷層 (Bw)，0.60-0.80 m 為黑瘠表育層 (A)，0.80-0.85 m 為 EB 層，0.85-1.10 m 為變遷層 (Bw)，1.10 m 以下為 C 層。



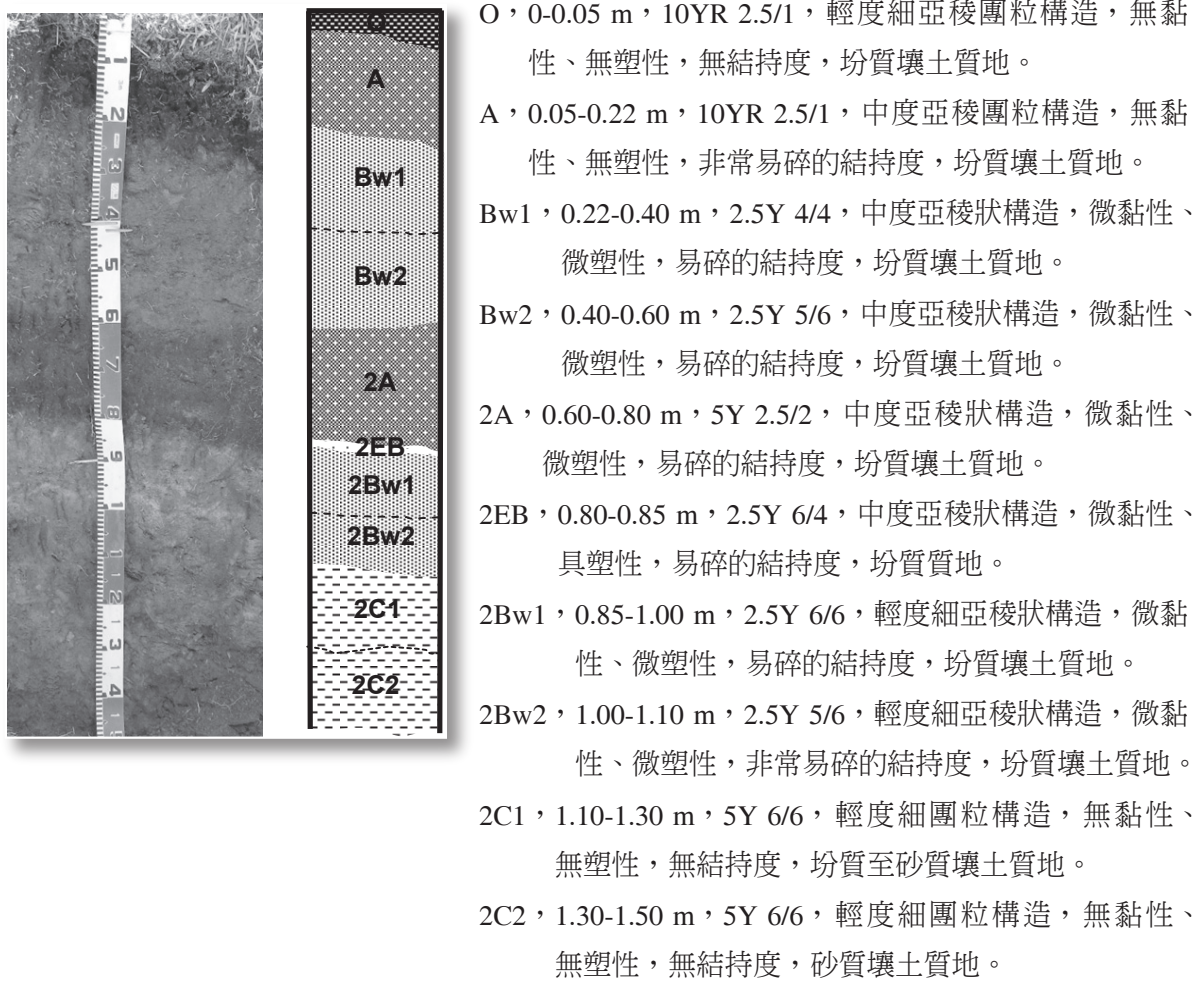


Fig. 3 Soil profile and soil morphological characteristics of the HWM samples.

本研究區土壤雖然位於合歡山的兩個土壤剖面各自有兩個層序, 性質依照美國土壤分類系統 (Soil Survey Staff, 2014), 就個別層序的土壤進行分類, 得到相同結果, 均屬於「典型腐植冷凍弱育土 (Typic Humicryepts)」。(Chen, 2015)

## 二、土壤碳儲量

依據實驗分析結果 (table 1), 進而估算各土壤的碳儲量 (Fig. 4), 在不考慮含粗礫石 C 層以下深度條件下, 得到 HWS 剖面上層 (0-0.35 m) 土壤之碳儲量為  $25.31 \text{ kg/m}^2$ , 下層 (0.35-0.58 m) 土壤則為  $10.14 \text{ kg/m}^2$ , 而 HWM 上層 (0-0.60 m) 土壤為  $38.39 \text{ kg/m}^2$ , 下層 (0.60-1.10 m) 土壤為  $34.79 \text{ kg/m}^2$  (Fig. 5a)。



**Table 1 Selected Physio-chemical properties of the soils.**

Pedon	Depth (m)	Horizon	Bulk Density ( $Mg/m^3$ )	OC (g/kg)	Si (%)
HWS	0-0.15	O	0.46	152.3	3.8
	0.15-0.30	A	1.21	74.7	5.1
	0.30-0.35	Bw	1.14	41.3	1.0
	0.35-0.38	2A	0.77	92.8	1.1
	0.38-0.40	2E	1.28	21.8	6.1
	0.40-0.58	2Bw	1.29	30.7	5.9
	0.58-0.80	2C1	1.37	23.8	
	0.80-1.00	2C2	1.49	21	
HWM	0-0.05	O	0.63	159.5	2.5
	0.05-0.22	A	1.33	73.8	3.1
	0.22-0.40	Bw1	1.16	35.6	6.0
	0.40-0.60	Bw2	1.12	46.7	1.1
	0.60-0.80	2A	1.18	109.2	5.9
	0.80-0.85	2EB	1.12	37.1	2.9
	0.85-1.00	2Bw1	1.28	30.9	10.7
	1.00-1.10	2Bw2	1.10	30.4	3.5
	1.10-1.30	2C1	1.28	38.7	
	1.30-1.50	2C2	1.25	25.3	

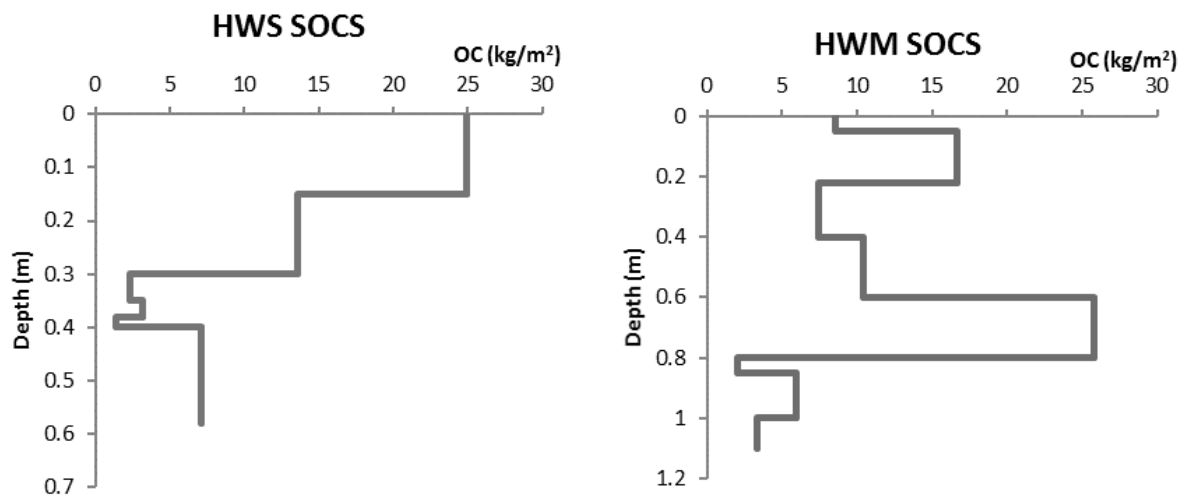
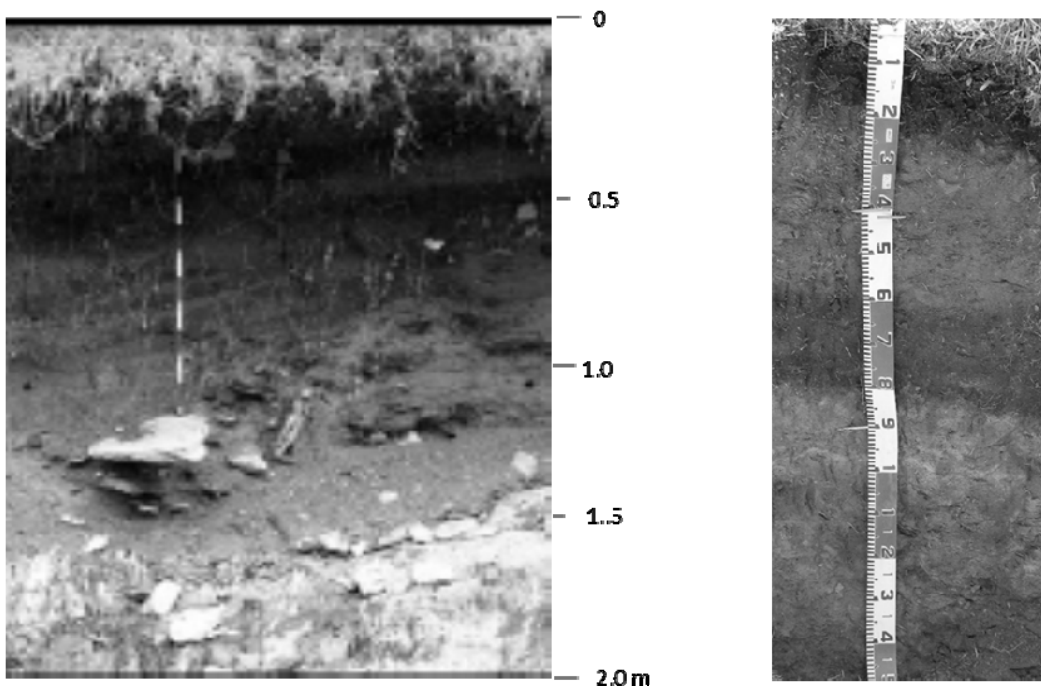


Fig. 4 Distribution of soil carbon storage within soil horizons in Hehuan Mountain.

### 三、碳儲量累積速率

由於 HWM 累計 O-Bw1 層 (0-0.40 m) 所算出來的累計碳儲量約為  $28.05 \text{ kg/m}^2$ ，累計 O-Bw2 層 (0-0.60 m) 所算出來的累計碳儲量約為  $38.39 \text{ kg/m}^2$ ，累計 O-2A 層 (0-0.80m) 的碳儲量約為  $62.65 \text{ kg/m}^2$ 。將上述的碳儲量除以土壤年齡便可得到長期的碳儲量平均累積速率。

根據定年結果，HWS 及 HWM 2A 層的焦炭物質，其年代分別為  $3140 \pm 30 \text{ yr B.P.}$  及  $3,370 \pm 30 \text{ yr B.P.}$ ，由於本研究土壤剖面 HWM 距離 Wenske et al. (2009) 採樣處僅約 100 m 左右，又土壤地層學 (Pedostratigraphy) 的方法，可將土壤化育層與地層沉積層序關係，加以排列與對比，以重建古環境變遷 (Costantini et al., 2018)，是故本研究對比 Wenske et al. (2009) 的剖面與各樣點的層序與形態關係，加上現地勘查，我們認為 Wenske et al. (2009) 的剖面由表層至富含碳之土壤層質地均為粉質壤土，尤其該研究之土壤層年齡為  $3,380 \pm 120 \text{ yr B.P.}$  和  $3,745 \pm 145 \text{ yr B.P.}$ ，與本研究於 HWM 的 2A 層所測得年齡 ( $3,370 \pm 30 \text{ yr B.P.}$ ) 具高度一致性 (Fig. 6)。因此，綜合所有年齡、現地勘查與對比可以推測得知 HWM 土壤年齡由上往下增加，土壤剖面 Bw1 層 (0.22-0.40 m) 的年齡大約為 1,720 年，Bw2 層 (0.40-0.60 m) 的年齡大約為 2,590 年。因此 table 2 中顯示了 HWM 土壤剖面碳的累積速率會隨著土壤堆積的時間不同而有所差異，其原因將在下一章節討論中論述。



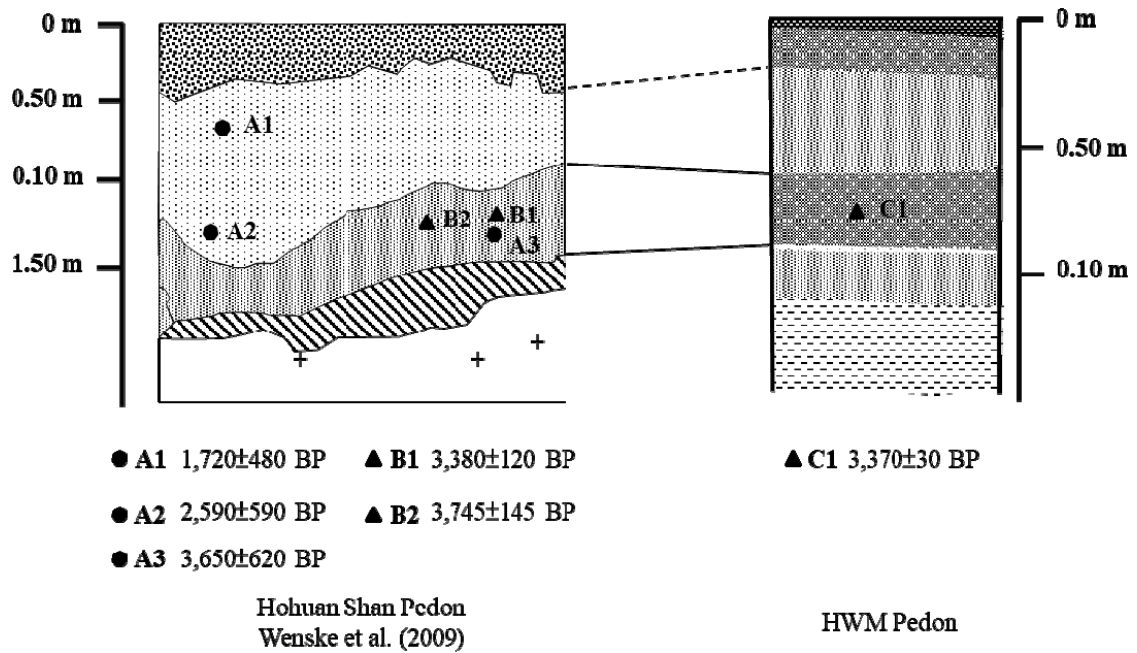


Fig. 6 The stratigraphic age correlations between Wenske et al. (2009) and this study.

**Table 2 The estimations of the soil carbon stocks and soil age in the HWM soil.**

Pedon	Horizon	Carbon Stocks ( $kg/m^2$ )	Age (B.P.)	Accumulation Rate ( $g/m^2/yr$ )
HWM	O ~ Bw1	28.05	1720	16.31
	Bw1 ~ 2A	34.60	1,720 ~ 3,370	20.97
	Bw2 ~ 2A	24.25	2,590 ~ 3,370	31.09
	O ~ 2A	62.65	3,370	18.59

## 肆、討論

### 一、古土壤環境探討

Earl-Goulet、Mahaney、Sanmugas、Kalm 與 Hancock (1998) 曾於瑞典北部的 Norra Storfjället 地區，對分布於林線以上的土壤進行調查，研究結果顯示該地塊的林線曾經向更高海拔移動過，即現今林線以上的地區曾經有森林的覆蓋，使得現今林線以上的土壤得以發育成爲淋澱土。該研究透過土壤的性質與化育機制，得到有關古氣候與環境變遷的研究值得借鏡。Birkeland、Shroba、Burns、Price 與 Tonkin (2003) 於美國科羅拉多高原，對該地的土壤進行一系列土壤調查顯示，海拔越高的土壤，酸鹼值傾向越低，且林線以上的

高山土壤，在經過一段時間發育後，土壤層序多為 A/Cu、A/Cox/Cu 及 A/Bw/Cox，森林地區的土壤容易發育為 A/E/Bw、A/E/Bt/C、O/E/Bw 以及 O/E/Bt/C 的土壤層序，草原地區的土壤則是容易發育為 A/Cu、A/Bw/C、A/Bw/C、A/Bt/C 以及 A/Bt/Bk/C 的土壤層序，可見只有在森林地區的土壤才容易發育具漂白層（E 層）的土壤層序。

臺灣高山森林多針葉林或針闊葉混合林，常見到具有 E 層漂白特徵的淋澱化土壤 (King et al., 1991)，即使在海拔超過 3,000 m 的高山地區，土壤的淋澱化現象仍是十分普遍。一般具有淋澱化的土壤，多發育於陰涼且潮濕的氣候條件，其特徵包括土壤質地為中等到粗以及具有有機質較多的表層，強烈的洗出作用導致鹽基陽離子與鐵鋁元素的流失，使土壤呈現出漂白（E 層）的現象 (Lundström, Breemen, & Bain, 2000)。

HWS 土壤層序為 O-A-Bw-2A-2E-2Bw-2C1-2C2 (Fig. 2)，HWM 土壤層序為 O-A-Bw1-Bw2-2A-2EB-2Bw1-2Bw2-2C1-2C2 (Fig. 3)，這兩個土壤層序均有淺薄的漂白層存在（E 層），顯示可能有輕微的淋澱化現象，然而因為下方的 B 層中並無明顯的淋澱化物質累積，故在分類上無法將該地區的土壤視為典型的淋澱土，根據過去在合歡山地區的土壤調查報告顯示，箭竹林環境下所化育的土壤都是新成土 (King, 1993)，而冷杉林下所化育的土壤有機會出現輕微的淋澱化作用 (King et al., 1991)，然而這樣的形態現象，則應可合理推斷研究區在下部土壤層序中，曾可能是以高山針葉林為優勢植被環境，而非現在的箭竹林為主的環境。

Wenske et al. (2009) 在相當於本研究 HWM 2A 層土壤中的焦炭得到  $3,380 \pm 120$  B.P. 和  $3,745 \pm 145$  B.P. 年代，並認為該焦炭的形成源於天然野火。關於孢粉學研究 (Liew & Huang, 1994; Liew, Lee, & Kuo, 2006) 指出當時氣候條件相對的涼冷且低濕度，可能誘發火災的發生。大規模的野火可能會對景觀產生影響，因為它們可能伴隨著火災後的地貌改變。

綜上所述，推估研究區 HWS 及 HWM 可能曾經是茂密森林區，後來因氣候因素發生大規模野火，改變了地貌，變成現在的高山草原，而優勢植群即是玉山箭竹孕育而生。(Fig. 1D)

## 二、碳儲量累積

就完整剖面碳儲量的估計，HWS 與 HWM 分別為  $35.44 \text{ kg/m}^2$  與  $73.19 \text{ kg/m}^2$  (Fig. 5b)。HWM 所累積的總碳儲量遠高於 HWS，應與其較厚的土壤有關，HWS 剖面則因位於冰斗崁邊緣位置 (Chen, 2011; Yang, 2006)，土壤較薄使其累積較少有機碳；然而就表層或淺層土壤而言，HWS 與 HWM 的碳儲量卻是差不多的 (Fig. 5b)。

然而 HWS 與 HWM 上、下層序土壤碳儲量的差異性，均顯示上層序土壤的碳儲量高於下層序的碳儲量 (Fig. 5a)，但 HWM 上、下層序差異量較小，僅  $3.6 \text{ kg/m}^2$ 。究其原因乃一般土壤之 A 層會具較高的 OC 含量，並隨深度增加而減少 (Franzluebbers, 2010; Jobbagy & Jackson, 2000)，由於 HWS 之 2A 層較薄 (3 cm)，相對碳儲存量亦較少 (Fig. 2, 3)。



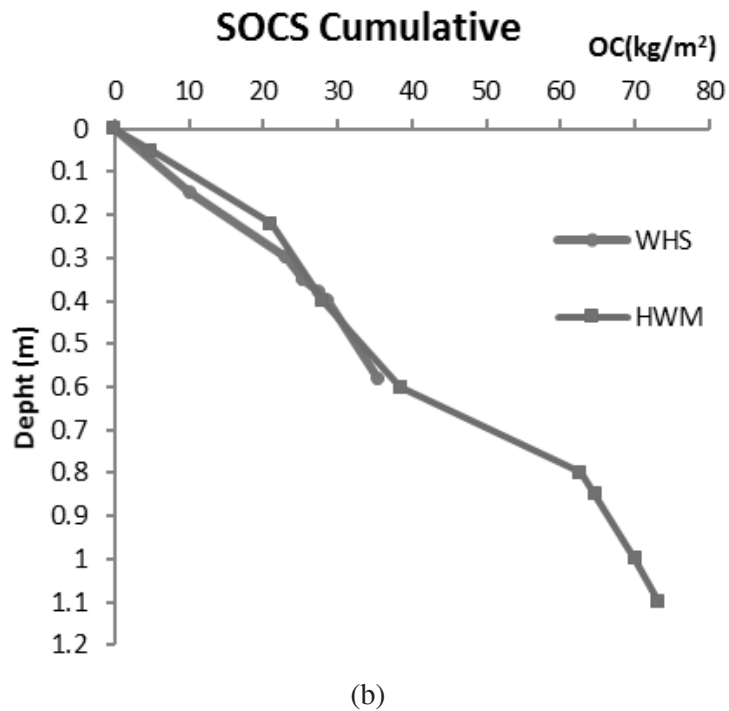
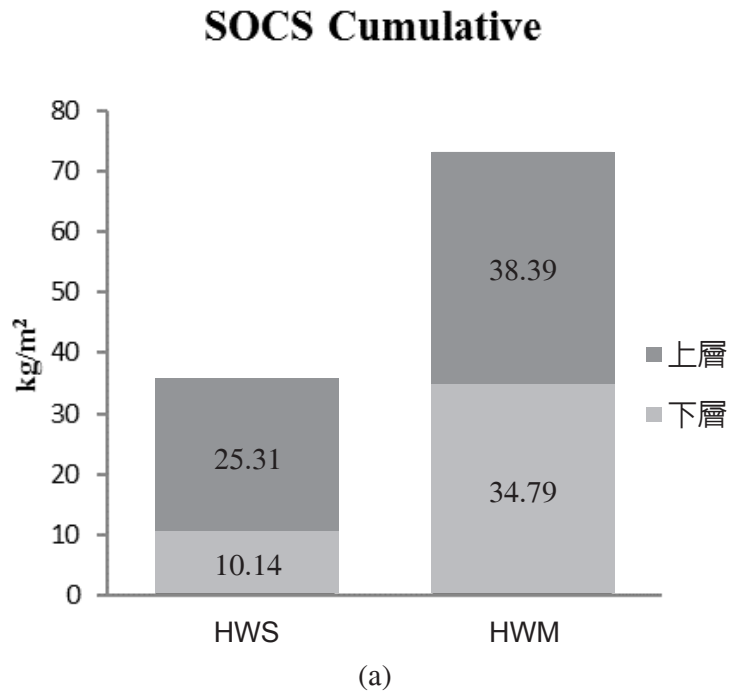


Fig. 5 Soil organic carbon stocks in Hehuan Mountain, (a) cumulative estimations for horizons; (b) total cumulative estimations for whole soils.

上、下層序土壤碳儲量差異，代表著在各土壤當時所歷經的環境的不同。因此，HWS 與 HWM 的下層序土壤碳儲量皆小於上層，或許與當時經歷較頻繁野火的發生環境

與地貌的改變，降低了碳儲量 (Dieleman et al., 2013; Abril et al., 2005) 與下層被上層覆蓋後停止了碳儲量的持續累積原因有關。

由於土壤有機碳含量會隨著深度增加而減少 (Franzluebbers, 2010)，碳儲量是土壤 OC 含量、BD 與深度的乘積 (Bonfatti et al., 2016; Bai et al., 2016; Dorji et al., 2014)，如此會因各樣本點土壤厚度或人工採樣深度的不同，所計算深度不一，求得累積碳儲量也會有所差異。本研究區 WHS 與 WHM 屬相同地區（相距約 200 m）卻有很大的差異量，較厚的土壤層所累積的碳儲量比相對薄的土壤層多，但薄的土壤層並不代表碳吸存的能力小，亦可能礦物表面吸附碳量尚未飽和 (Hartley et al., 2014)，尚可輸入大量的碳。因此，若要探討一地區過去的碳吸存能力，可以將土壤碳儲量除以土壤深度，得到土壤有機碳平均加權後的數值 (Fig. 7)，其單位是單位體積碳儲量 ( $kg/m^3$ ) (Bonfatti et al., 2016)。結果顯示 HWS 與 HWM 總平均加權的單位體積土壤碳儲量差異量  $5.42 kg/m^3$  並不大，與未做深度平均加權單位面積碳儲量  $37.75 kg/m^2$  很大的差異，這意味著 HWS 與 HWM 擁有相似的碳儲存 (Storage) 能力，從 Fig. 5b 中 HWS 與 HWM 累積曲線斜率是差不多的，亦可看出端倪。

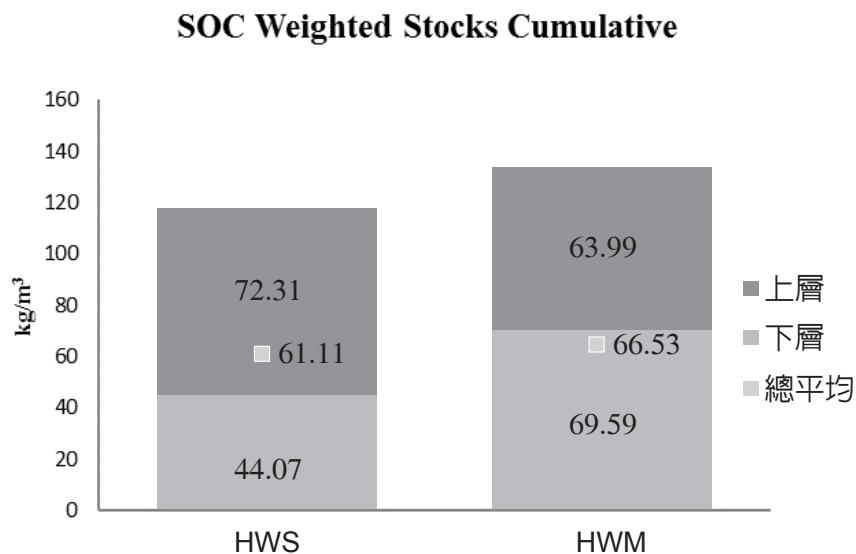
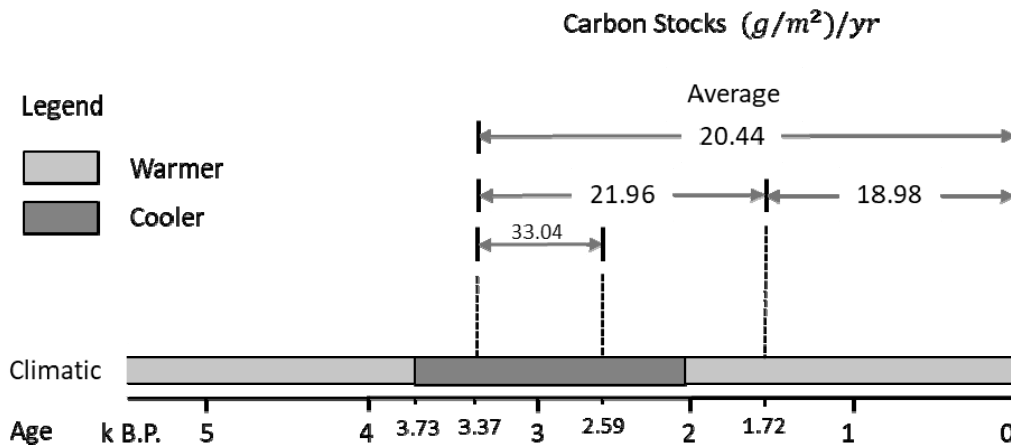


Fig. 7 The weighted average estimations of the soil stocks.

於臺灣中部七彩湖的孢粉研究，顯示全新世的中期有一段溫度較高的時段，孢粉的比例顯示這段升溫期後，即距今 3,730 年前開始進入一段較為寒冷的階段，而在距今 2,030 年前開始變熱直到現今 (Fig. 8) (Liew & Huang, 1994; Lee & Liew, 2010)。由於土壤的碳儲量反映了當時的氣候條件，寒冷的氣候有機碳分解速率變慢，累積碳儲量相對較多，溫暖的氣候會加速有機碳的分解，因此累積碳儲量較少 (Delgado-Baquerizo et al., 2017)。



Description: Paleoclimate data from Liew and Huang (1994).

Fig.8 Relationship between carbon storage accumulation rate and paleoclimate.

由於研究區可能原是森林遍布，氣候約於距今 3,730 年前轉為乾冷，並曾發生大規模野火，改變了地貌與生物演替，導致更多的碳損失。距今 3,370 年前至今長期的碳儲量累積速率為  $18.59 (g/m^2)yr$ ，而 3,370 ~ 2,590 B.P. 期間土壤經歷氣候的寒冷期，導致碳的保留較多，其碳儲量積速率就相對較高，約為  $31.09 (g/m^2)yr$ ，而在 3,370 ~ 1,720 B.P. 期間其累積速率為  $20.97 (g/m^2)yr$ ，1,720 B.P. 以後歷經溫暖的氣候，使得碳的保留較少，其碳儲量累積速率較低，約為  $16.31 (g/m^2)yr$ 。

本研究區相較於 Toma et al.(2013) 在日本南部熊本縣阿蘇地區，年平均年降雨量和氣溫分別為 3250 mm 和  $9.6 ^\circ C$ ，海拔高度 767 ~ 937 m，以 *Miscanthus sinensis* 主導的植被，調查 7300 年來土壤有機碳累積速率為  $3.2 (g/m^2)yr$ ，高出約 5 倍之多，推測其原因可能與海拔高度高及氣候溫度低有較高的碳儲量有關，Dorji et al. (2014) 的研究亦有類似的看法，可藉以支持本研究的成果。

## 伍、結論

就本研究所採集的兩個土壤剖面整體而言，HWS 較薄 (0.58 m)，其土壤碳儲量為  $35.44 kg/m^2$ ，而 HWM 較厚 (1.10 m)，土壤碳儲量則為  $73.19 kg/m^2$ 。然而 HWM 土壤剖面上、下層序碳儲量差異量不大，約為  $3.6 kg/m^2$ ，HWS 土壤剖面上、下層序碳儲量差異較大，達  $15.17 kg/m^2$ 。究其原因可能與 HWS 鄰近冰斗坎邊緣位置有關，不利堆積，使得土壤剖面 2A 層較薄 (0.03 m)，因此累積碳儲量亦隨之偏低。

若將土壤碳儲量除以土壤深度，得到土壤有機碳平均加權後的數值，顯示 HWS 與 HWM 有相似的碳吸存能力。由本研究區土壤中的碳儲量累積速率觀之，在相對寒冷的氣候階段其土壤碳儲量平均累積速率約為  $31.09 (g/m^2)/yr$ ，而溫暖的氣候條件下其土壤碳

儲量平均累積速率約為  $16.31 (g/m^2)/yr$  符合寒冷的氣候 SOC 分解速率慢，累積碳儲量多，溫暖的氣候 SOC 分解速率快，累積碳儲量少的理論，也由此可見本研究區可能原是森林遍布，氣候約於距今 3,730 年前轉為乾冷，並曾發生大規模野火，改變了地貌與生物演替，導致更多的碳損失。

## 參考文獻

### 英文部分

- Abril, A., Barttfeld, P. & Bucher, E.H. (2005) The effect of fire and overgrazing disturber on soil carbon balance in the Dry Chaco forest. *Forestry Ecology and Management* 206, 399–405.
- Bai, J., Zhang, G., Zhao, Q., Lu, Q., Jia, J., Cui, B. & Liu, X. (2016) Depth-distribution patterns and control of soil organic carbon in coastal salt marshes with different plant covers. *Scientific Reports* 6:34835.
- Batjes, N.H. (2014) Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *British Society of Soil Science, European Journal of Soil Science* 65, 4–21.
- Birkeland, P.W., Shroba, R.R., Burns, S.F., Price, A.B. & Tonkin, P.J. (2003) Integrating soils and geomorphology in mountains—an example from the Front Range of Colorado. *Geomorphology* 55: 329–344.
- Blake, G.R. & Hartge, K.H. (1986) Bulk density. In A. Klut (ed.) *Methods of soil analysis, Part 1. Physical and Mineralogical methods-Agronomy monograph No. 9*, 363-375.
- Bohn, H.L. (1976) Estimate of organic carbon in world soils [J]. *Soil Science Society of America Journal* 40: 468 - 470.
- Bonfatti, B.R., Alfred, E., Hartemink & Giasson, E. (2016) Comparing Soil C Stocks from Soil Profile Data Using Four Different Methods. *Digital Soil Morphometrics* 315-330.
- Borren, W., Bleuten, W. & Lapshina, E.D. (2004) Holocene peat and carbon accumulation rates in the southern taiga of western Siberia. *Quaternary Research* 61: 42– 51.
- Chang, C.T., Duh, C.Z., Chiou, C.Z. & Wang, C.P. (2007) A review on the forest soil organic carbon stock in Taiwan. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 40(2):261-273.
- Chen, C.P., Juang, K.W., Cheng, C.H. & Pai, C.W. (2016) Effects of adjacent land-use types on the distribution of soil organic carbon stocks in the montane area of central Taiwan. *Botanical Studies* 57:32.
- Chen, J.H. (2011) Quaternary glacial landforms in Mt. Hohuan and Mt. Chilai areas of Taiwan.
- Chen, J.H. (2015) The parental origins of soil in Taiwan's mountains and the paleoenvironmental significance: An example in central high altitude mountains. Master dissertation, Department of Geography, National Changhua University of Education.



- Costantini, E.A.C., Carnicelli, S., Sauer, D., Priori, S., Andretta, A., Kadereit, A. & Lorenzetti, R. (2018) Loess in Italy: Genesis, characteristics and occurrence. *Catena* 168: 14–33.
- Delgado-Baquerizo, M., Eldridge, D.J., Maestre, F.T., Karunaratne, S.B., Trivedi, P., Reich, P.B. & Singh, B.K. (2017) Climate legacies drive global soil carbon stocks in terrestrial ecosystems. *Science Advances* 3: e1602008.
- Dieleman, W.I.J., Venter, M., Ramachandra, A., Krockenberger, A.K. & Bird, M.I. (2013) Soil carbon stocks vary predictably with altitude in tropical forests: Implications for soil carbon storage. *Geoderma* 204-205 : 59-67.
- Dorji, T., Odeh, I.O.A. & Field, D.J. (2014) Vertical distribution of soil organic carbon density in relation to land use/cover, Altitude and Slope Aspect in the Eastern Himalayas. *Land* 3: 1232-1250.
- Earl-Goulet, J.R., Mahaney, W.C., Sanmugadas, K., Kalm, V. & Hancock, R.G.V. (1998) Middle-Holocene timberline fluctuation: influence on the genesis of Podzols (Spodosols), Norra Storfjället Massif, northern Sweden. *The Holocene* 8: 705–718.
- Fontaine, S., Barot, S., Barré, P., Bdioui, N., Bruno, M. & Rumpel, C. (2007) Stability of organic carbon in deep soil layers controlled by fresh carbon supply. *Nature* 450: 277-280.
- Franzmeier, D.P., Lemme, G.D. & Miles, R.J. (1985) Organic carbon in soils of north central United States [J]. *Soil Science Society of America Journal* 49: 702-708.
- Franzluebbers, A.J. (2010) Depth distribution of soil organic carbon as a signature of soil quality. 2010 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane, Australia.
- Hartley, I.P. (2014) Resisting climate change. *Nature climate change*. 4: 760-761.
- Huang, K.Y. (2009) The estimation of organic carbon storage in different soils of Taiwan. Master dissertation, Department of Environmental Science and Engineering, National Pingtung University of Science and Technology.
- Jobbagy, E.G. & Jackson, R.B. (2000) The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* 10(2):423-436.
- King, H.B. (1993) Genesis and classification of soils developed under Yushan Cane (*Yushania niitakayamensis*) grassland in the Ho-huan mountain area. *Bulletin of Taiwan Forestry Research Institute* 8(1): 21-38.
- King, H.B., Tan, K.J., Kan, M.J., Hwong, J.L. & Lee, S.Y. (1991) Genesis and classification of soils developed under Taiwan FIR (*Abies kawakamii*) forest in the western Taroko nationalpark. Taroko Nationalpark Management Office. Taiwan.
- Lal, R. (2004) Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123: 1-22.

- Lee, C.Y. & Liew, P.M. (2010) Late Quaternary vegetation and climate changes inferred from a pollen record of Dongyuan Lake in southern Taiwan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology* 287: 58-66.
- Liew, P.M., Lee, C.Y. & Kuo, C.M. (2006) Holocene optimal and climate variability of East Asian monsoon, interfered from forest reconstruction of a subalpine pollen sequence, Taiwan. *Earth and Planetary Science Letters* 250, 596–605.
- Liew, P.M. & Huang, S.Y. (1994) A 5000-year pollen record from Chitsai Lake, central Taiwan. *Terrestrial. Atmospheric and Oceanic Sciences* 5, 411-419.
- Lundström, N., Breemen, V. & Bain, D. (2000) The podzolization process. A review. *Geoderma* 94: 91–107.
- MOEA (1993) Geologic map of Taiwan. Scale 1:50,000. Sheet 27. TAYULING.
- Nelson, D.W. & Sommers, L.E. (1982) Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A. L. Page et al. (ed.) *Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties*. Agronomy monograph No. 9, 539-577.
- Proctor, J.T.A., Watson, R.L. & Landsberg, J.J. (1976) The carbon budgets of a young apple tree. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 101: 579 - 582.
- Rumpel, C. & Kögel-Knabner, I. (2011) Deep soil organic matter-a key but poorly understood component of terrestrial C cycle. *Plant Soil* 338: 143–158.
- Rubey, W.W. (1951) Geologic history of sea water[J]. *Bulletin of the Geological Society of America* 62: 1111 -1148.
- Soil Survey Staff. (2014) *Keys to Soil Taxonomy*, 12th ed, Washington D. C.: U.S. 80 Gov. Print. Office D.C.
- Tarnocai, C., Canadell, J.G., Schuur, E.A.G., Kuhry, P., Mazhitova, G. & Zimov, S. (2009) Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region. *Global Biogeochem Cycles* 23.
- Tiessen, H., Cuevas, E. & Chacon, P. (1994) The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature* 371, 783-785.
- Toma, Y., Clifton-Brown, J., Sugiyama, S., Nakaboh, M., Hatano, R., Fernández, F., Stewart, J.R., Nishiwaki, A. & Yamada, T. (2013) Soil carbon stocks and carbon sequestration rates in seminatural grassland in Aso region, Kumamoto, Southern Japan. *Global Change Biology* 19: 1676–1687.
- Tsai, C.C., Hu, T.E., Lin, K.C. & Chen, Z.S. (2009) Estimation of soil organic carbon stocks in plantation forest soils of northern Taiwan. *Taiwan Journal of Forest Science*. 24(2) : 103-115.

- Wenske, D., Böse, M., Frechen, M. & Lüthgens, C. (2009) Late Holocene mobilisation of loess-like sediments in Hohuan Shan, high mountains of Taiwan. *Quaternary International* 234: 174–181.
- Wibbe, M.L., Blanke, M.M. & Lenz, F. (1993) Effect of fruiting on carbon budgets of apple tree canopies[J]. *Trees* 8: 56-60.
- Yang, J.F. (2006) A preliminary study on the Quaternary glacial landforms in Mt. Hohuan of Taiwan. *The 7th Cross-Strait Geomorphology Symposium* 57-69.

# Kahoot! 線上即時反饋系統對學生的專注力與學習成效之 影響—以綜合高中經濟學課程為例

## Kahoot! the Effects of Online IRS on Concentration and Learning Outcome of Students – An Example of Economic Course in Comprehensive High School

郭志安\*  
Zion Guo

吳昭儀\*\*  
Chao-Yi Wu

(收件日期 109 年 3 月 17 日；接受日期 109 年 4 月 22 日)

### 摘 要

本研究旨在探討使用 Kahoot! 線上即時反饋系統融入綜合高中經濟學課程對學生的專注力與學習成效之影響。本文採實驗研究法，利用改編之「學生專注力量表」及「學生對 Kahoot! 看法問卷」進行施測，研究結果發現，學生的專注力在施測之後有顯著的提升，尤其以低分組女生的學習成效最為顯著。在 Kahoot! 看法問卷組成的三個構面裡，最受重視的構面為同儕的知己知彼，學生透過 Kahoot! 系統進行測驗，不僅可以瞭解自己的學習情形，更能夠立即得知自己在同儕中的相對位置，是提升學習意願最主要的動力來源。

**關鍵詞：**Kahoot、專注力、線上即時反饋、學習成效

---

\*國立彰化師範大學財務金融技術學系副教授（通訊作者）

\*\*國立土庫高級商工職業學校代理教師



### **Abstract**

This study explores the impact of the Kahoot! online interactive response system on students' concentration and learning outcomes. The experimental research method, uses an adapted "Student Concentration Scale" and "Student Questionnaire on Kahoot!". The results show students' concentration is significantly improved the experiment, and the learning outcomes of this group of girls with low grades will increase significantly. "Knowing Oneself and Each Other" is the most valued factor within the three factors formed by the "Student Questionnaire on Kahoot!". It is shown that Kahoot! enhances willingness to learn. Students can both realize their own learning performance and see their relative position among peers.





**Key words:** Concentration, IRS, Kahoot, Learning Outcome.

## 壹、導論

隨著科技的發展，許多國家都大力提倡利用資訊與傳播科技來促進教育革新與成效（蔡福興，2016），而電腦科技與網際網路的普及突破了傳統教室活動的時空限制，並透過學習者與同儕及教師的互動進而提升學習成效（Hiltz & Wellman, 1997）。即時反饋系統（interactive response system，以下簡稱 IRS）是透過電子裝置（如 PDA、手機或遙控器），讓課堂中全班學生可以即時反饋資訊給老師的一種教學應用系統（張東山，2010），IRS 也是近幾年來改善課堂教學品質最重要的資訊應用設備之一。IRS 能有效提升學生學習的積極態度和參與度，也能提升學生的專注力（林凱胤，2014；Erika & Richard, 2008）：學生也認為教師於課堂上使用 IRS，能使其更容易理解課程內容（Abram, Scott, Linda & Cynthia, 2008）。在臺灣，IRS 是由網奕資訊公司與中央大學學習科技實驗室合作聯合發展的，當時稱為「按按按」或「按按樂」高互動遙控教學系統，這是政府為了配合學校「班班有電腦」的學習環境而建置（蔡文榮，2015）。自從「按按按」即時反饋系統（以下簡稱按按按系統）上市之後，各級學校的老師趨之若鶩，一時蔚為風潮，但是按按按系統介面複雜操作不易，而且還需要昂貴的硬體設備，隨著科技的迅速發展，新型態的 IRS 出現了。如 Kahoot! 線上即時反饋系統（以下簡稱 Kahoot!）就是其中之一。

Kahoot! 彌補了按按按系統的缺失，讓使用者不必額外購買設備，只要學生使用行動裝置透過簡單的操作就可進行即時回饋與教師和同儕互動。利用 Kahoot! 教學的學習型態也符應了近年來世界各國積極推動的行動學習研究計畫。Kahoot! 是一個具遊戲性及趣味性的行動學習平台，它能夠為學生搭建一個有趣的學習空間，使學生以遊戲競答的方式參與到課堂中。它是由教師事先建立測驗題庫，再讓學生透過行動裝置登入後，與學生進行互動答題，活動進行中配合生動有趣的畫面和背景音樂，從而增強互動性和感染力。教師不但可以利用這套系統在教室進行搶答活動，課後也可以讓學生自主進行課程複習。Kahoot! 是由 Johan Brand, Jamie Brooker, Asmund Furuseth, Morten Versvik 組成的團隊於 2012 年開發，並在 2013 年底對公眾承諾永遠免費開放，目前已經在全球 180 多個國家推廣使用。如表 1 所示，Kahoot! 提供了四種出題模式，讓師生在課堂上有不同的互動形式，分別是測驗—選擇題 (Quiz)、討論—申論題 (Discussion)、統計 - 意見調查 (Survey) 和排序 - 答案重組 (Jumble)，題目可以是純文字、圖文、甚至插入影片，使其能夠為課堂教學中的不同活動提供相對應的支援。學生在課堂上使用行動裝置進入平台後，輸入遊戲代碼 (Game PIN) 及暱稱後即可進入遊戲，題目與選項會顯示在投影布幕上，學生可以立即在行動裝置上點選答案，每完成一道題目後就有立即的回饋，包括答對人數、個人得分與排名，最後教師可以透過 Excel 統計報表瞭解學生們的學習狀況，做為調整教學內容的參考依據。而透過教師根據教學需求的事先創建 (Create)、學生使用行動裝置進入測驗遊戲 (Play)、立即的回饋與分享 (Share)，無形中讓學生達到自主深度學習的目標。

表 1. Kahoot! 四種出題模式

Kahoot! 出題模式	圖示	模式特色	教學實例
1.Quiz (測驗 - 選擇題)		題數不拘 有標準答案 適用所有學科	蘋果的英文為： Apple Aplee
2.Discussion (討論 - 申論題)		只能出一題 沒有標準答案 腦力激盪 激發學生思考	先有雞還是蛋？ 雞 蛋
3.Survey (統計 - 意見調查)		題數不拘 沒有標準答案 可作為投票 與意見調查	今天學習心得？ 太棒了 普普 糟透了
4.Jumble (排序 - 答案重組)		題數不拘 有標準答案 眼明手快 需將答案依順序排出	請排序靜夜思： 床前明月光 低頭思故鄉 疑似地上霜 舉頭望明月

因應網路雲端技術及行動科技發展趨勢，教育部結合學術界、縣市政府、學校教育現場及民間資源分別在 2011 年及 2013 年推動中小學及高中職的行動學習推動計畫，鼓勵學校善用資訊設備發展資訊科技在教學應用的特色，及發展以「學習者為中心」多元創新教學模式。而在 2016 年行動學習推動計畫補助學校名單內，包含了 152 所國小、49 所國中及 45 所高中職，而國內各級學校也在 2013 年底 Kahoot! 免費開放後逐步使用此平台於課堂教學活動中。例如：高雄市博愛國小實施於六年級自然與生活科技、臺中市長安國小實施於五年級的社會領域、嘉義市精忠國小實施於六年級的自然、藝術與人文領域、臺北市立百齡高中實施於國中部生物科、彰化縣員林高中實施於英文科、中國文化大學實施於教育心理學課程等。傳統的按按按系統必須配合廠商的軟、硬體設施，學校需要額外建置專科教室，Kahoot! 吸引人的地方是學生只要用任何的行動裝置搭配寬頻網路即可進行各學科的學習，也可以和世界各地的人競賽與意見交流。學生在競賽過程中並不是一直低頭使用行動裝置，他們需要抬頭觀看投螢幕上的題目，同時還可以與周圍的同儕交流，這樣形式的學習對學生而言是非常重要的。Kahoot! 是一個跨學科、語言、年齡的遊戲化學習和分享平台，這種遊戲化學習模式能讓學生手腦並用，營造一種全新的學習體驗。

傳統的教室課堂中，教師們多以簡報、影片或其它網路資源來豐富課堂內容與教材，但也僅限於單向式的知識傳遞（教學發展中心綜合企劃組，2015）。即時反饋系統的基本概念是將課程活動由單向式講述模式轉化為雙向問答式教學，教師能從授課過程中立即

掌握學生的學習狀況，進而調整授課內容與教學進度。Kahoot! 發音接近 cahoot，源自於美國俚語單詞「合作共贏」的意思，這也寓意著 Kahoot! 的核心理念，Kahoot! 業務發展的副總裁 Asmund Furueth 說：「The minute you're born, you learn by playing together（從你出生的那一刻起，就學會了怎麼一起玩）」，教育需要回歸「玩（遊戲）」的概念，這樣孩子才能以比現在更好的方式學習和探索 (Collins, 2015)。未來，當孩子走出傳統的教育制度，才能夠明白我們所不知道的事情和變得比我們更有創造力。Kahoot! 創立於 2012 年，總部位於挪威奧斯陸，是一個基於遊戲的線上學習平台，成立宗旨是藉由遊戲的方式讓學生與同儕或與教師之間有雙向的互動式學習，從而改善傳統講授式的單向教學，希望能幫助不同年齡層及不同資質的學生發掘學習的樂趣。Kahoot! 能為學生搭建一個有趣的學習空間，讓學生以遊戲競答的方式參與到課堂中，這迷人的「競爭」要素是 Kahoot! 成功的關鍵因素之一。Asmund Furueth 認為，學生試圖在每一次測驗中讓自己的名字登上排行榜，就會付出更大的努力在課堂中專心聽講，或是利用課餘時間請教同儕或師長並養成預習和複習的習慣，無形中培養學生自主學習、主動探究問題的能力。王怡萱 (2016) 探究 Kahoot! 線上即時反饋系統輔助高中國文學習之效益，實驗組學習者對於 Kahoot! 線上即時反饋系統有正向反饋，除有助於引發同儕討論，低成就學習者前、後測中均有達到顯著進步之學習差異，能提升學習者的學習自信。

在現今的數位學習時代，IRS 的教學模式已是一個趨勢。許芳菊 (2011) 於親子天下雜誌中「十二年國教新學習時代」的報導指出，人都喜歡玩遊戲，而真正有效學習並非只是學生埋首苦讀，從大腦科學研究發現，透過學習者互動、合作、協調的過程中，才能真正建構起知識。周映汝 (2015) 探討 Kahoot! 網路平台測驗有助於提升學生的英語閱讀學習成效、學習動機和學習滿意度；學生期望教師在課堂使用 Kahoot!，並使用平台測驗取代傳統紙筆測驗。由此可知，有效學習需要學習者透過互動合作的學習模式，不論是教師與學生或是學生彼此之間，都會讓學生在互動過程中，體認學習的奧妙。本研究旨在探討應用 Kahoot! 線上即時反饋系統融入商業學程領域的教學，對學生學習經濟學之專注力及學習成效的影響，藉由資訊的融入，期望能提高學生在課堂上的學習專注力並增強其學習動機，進而增進學習成效。

## 貳、理論基礎

Roblyer 與 Edwards (2000) 研究指出資訊科技可以增加學生的學習動機、吸引學生的注意力、提高學生主動參與學習活動的意願。在電腦科技與網際網路的普及下，資訊科技應用在教育上也越來越受到重視，教師要從傳統課堂上單獨講授、抄寫黑板，加入更多元的教學方式，教室內的「教」與「學」將產生改變的風潮。本研究探討使用 Kahoot! 線上即時反饋系統融入綜合高中經濟學課程對學生的專注力與學習成效之影響，本文所探究的專注力是指學生的注意力聚焦在課室教師的教學活動上，學習成效乃指在傳統式的教學活動中融入 Kahoot! 前後，學生段考成績之差異。



## 一、專注力

在心理學上，許多學者對於專注力一詞所下的定義各異，但其中的某些觀念又雷同。Flore、Becker 與 Nero (1993) 認為增加專注力的行為能增進學業的表現。陳淑絹 (1998) 指出，高學習潛能學生的專注力優於中、低潛能學習者。Clark、Nguyen 與 Sweller (2006) 主張保持專注是學習過程關鍵的第一步。Savage, Cornish、Manly 與 Hollis (2006) 的研究結果發現，孩童在閱讀時所投注的注意力越多，越可能記得文章中的訊息，閱讀的表現也可能越好。萬家輝 (2012) 認為專注力的基本認知元素就是警覺。Iroaganachi (2012) 發現大部份的學生用耳機聽音樂時會分散其學習的注意力，導致學習成效欠佳。駱明潔與潘意鈴 (2013) 指出專注力是一種心智活動的分配。李淑菁 (2015) 認為專注是一種專一的醒覺狀態，個體將外界的某些部分帶入意識中，並調整自己的行為。本研究參考林玉雯、黃台珠與劉嘉茹 (2010) 所探討的「課室學習專注力之研究－量表發展與分析應用」，將專注力區分為六個構面：專注容量、專注意識狀態、專注選擇、專注移動、專注持續、專注強度。

## 二、學習成效

學習成效是衡量學習者學習成果的指標，也是教學品質評估中最主要的項目之一，學習成效會受到學習模式、課程設計、教學方法等因素所影響 (Kearsley, 1999)，要有良好的學習效果必須先建立良好的學習行為 (胡央志, 2014)。近年來大力推動資訊融入教學，也就是資訊科技適時地融入課程、教材與教學中，再由教師整合各項資源提供多樣而豐富的資訊，協助學生建立完整的學習知識概念，使學生在學習領域獲得較佳的學習成效。從資訊科技融入教學的意義和涵意來看，我們可以知道資訊融入教學其目的有下列三項 (王全世, 2000)：培養學生的資訊素養、培養學生運用科技與資訊的能力、提升教學品質與學習成效。即時反饋系統結合影音、圖像、簡報、競賽、評量統計，除了可以讓教師在教學方法上更靈活外，也使每位學生皆能與教師及同儕互動，而利用評量結果的統計，更可讓教師明確掌握學生的學習狀況，即時給予回饋與修正，以提升學生學習成效。(李育懃、歐陽閻, 2015)。Mula 與 Kavanagh (2009) 認為即時反饋系統在教學上之所以能帶來成效，原因之一乃是其特殊的互動性。林凱胤與楊宜真 (2012) 的研究結果指出，即時反饋系統應用於課堂中的優勢，可以幫助教師與學生。William、Christy、Katherine 與 Valerie (2007) 也提到即時反饋系統能協助教師對於學生的反應加以分析，進而能更注重學生學習需求，並將結果的分析作為未來教學修正的參考依據。Scott、Fahsl、Fark 與 Peterson (2014) 應用即時反饋系統於課堂中，經過前、後測發現，實驗組的表現優於對照組，且學生喜歡使用即時反饋系統答題，並認為它有助於提高學習成效。綜合上述，國內、外學者應用即時反饋融入教學活動中，對學習成效的影響多有正面評價。學習成效是指學生在學校課堂裡，經由教師授予課程與教材後，透過學習所獲得的知識、態度與技能之表現，通常以考試成績或學業測驗分數代表之。



## 參、研究方法

「上課了!」、「手機收起來!」、「看黑板!」,這幾乎是每堂課老師站上講台時一定會提醒學生的話。看著學生心不甘情不願的收起玩到一半的手機遊戲,拿出課本放在桌上,雖然老師在台上賣力的講解課程加上活潑生動的肢體語言,汗流浹背的吸引學生專注的目光,但還是有少數學生眼神呈現倦態,心思早就不知道神遊去哪了。根據「親子天下」雜誌於 2008 年的專注力調查結果,顯示高達 94% 的中小學導師認為學生專注力普遍不足,而專注力不足的前三名原因是「沒睡飽」、「老師上課的方式太枯燥」、「上課內容太難,聽不懂老師講什麼」(許芳菊, 2008a, 2008b); 國際市場研究集團於 2007 年針對臺灣 15 至 22 歲青少年進行的調查結果,顯示 92% 的學生表示上課無法專心(楊雅婷、陳奕樺, 2013)。綜合上述可知,學生課室專注力不足儼然成爲一大問題,學生到底專不專心與如何找回學生的專注力,是每位老師在意的問題,且專注力爲影響學生學習成效的諸多因素之一。在電腦科技與網際網路的普及下,資訊科技應用在教育上也越來越受到重視,教師要從傳統課堂上單獨講授、抄寫黑板,加入更多元的教學方式,教室內的「教」與「學」將產生改變的風潮。

### 一、Kahoot! 融入經濟教學之實驗課程

本研究欲瞭解 Kahoot! 融入教學的實驗課程後,學生主觀認為專注力於傳統式教學及 kahoot! 融入教學之差異,透過問卷量表方式,藉由前測與後測分析學生的專注力是否受 Kahoot! 實驗課程影響,在學習經濟學的專注力上有不同的改變。並以實驗課程前的段考成績做爲現有能力的參考標準,與實驗課程後的段考成績做比較,以兩者之間的差異來客觀分析本研究的學習成效是否提昇。

表 2. Kahoot! 融入經濟學實驗課程之教學活動內容及時間安排

活動名稱	活動內容	Kahoot! 實施次數	實施時間
前測	• 學生學習專注力量表前測		30 分鐘
Kahoot! 試用	• 研究對象 Kahoot! 試用	試用	30 分鐘
第十三章 國民所得	• 13-1 國民所得的概念	1、2	下課前十分鐘
	• 13-2 國民所得會計	3、4	
	• 13-3 國民所得在應用上的限制	5	
	• 13-4 經濟福利概念與社會福利指標	6	
	• 第十三章總複習	7	下課前二十分鐘

表 2. Kahoot! 融入經濟學實驗課程之教學活動內容及時間安排 (續)

活動名稱	活動內容	Kahoot! 實施次數	實施時間
第十四章 所得水準的決定	• 14-1 消費、儲蓄與投資	8、9	下課前十分鐘
	• 14-2 簡單的均衡所得決定過程	10、11	
	• 14-3 乘數原理與加速原理	12、13	
	• 14-4 膨脹、緊縮缺口與節儉的矛盾	14	
	• 14-5 政府支出與均衡所得	15	
	• 第十四章總複習	16	下課前二十分鐘
後測	• 學生學習專注力量表後測 • 學生對 Kahoot! 融入課程看法問卷		60 分鐘
Kahoot! 出題模式	• Quiz (測驗 - 選擇題)：基礎概念、名詞定義、計算題。例如，國民所得之父為？A 顧志耐 B 馬歇爾 C 凱因斯 • Discussion( 討論 - 申論題 )：例如，供給創造需求？需求創造供給？ • Survey( 統計 - 意見調查 )：例如，今天的學習感想是？ • umble( 排序 - 答案重組 )：公式排序。例如，國民所得指標排序為 (GDP、GNP、NNP、NI、PI、DI)		

本研究的實驗課程主題，是以經濟學下冊「第十三章國民所得」及「第十四章所得水準的決定」為主。實驗課程進行時，教師把每堂五十分鐘的課程劃分為兩階段：第一階段為課堂前四十分鐘，教師依課程進度教授內容；第二階段為課堂後十分鐘，教師以當節課程內容為主，施以事先設計好的 Kahoot! 題庫來進行測驗。上述實驗課程的教學活動，實施次數為 16 節課，實驗課程教學活動內容及實施時間安排如表 2。

## 二、研究對象

本研究的教學實驗課程之研究對象，以新北市某綜合高中二年級的商業學程一個班級 40 位學生為研究樣本（男生 21 人、女生 19 人）。本研究將實驗課程前的經濟學段考成績，當作學習成效的現有之參考標準，並將 40 名學生依段考成績標準化後的分數，分為高、中、低三組學習水平，以探究三組不同學習水平的學生在實施 Kahoot! 系統融入經濟課程教學後的表現。

綜合高中學生在一年級時，學習的課程內容是高中課綱，有國文、英文、數學、自然（理化、生物、地科）、社會（歷史、地理、公民），二年級時開始分流，學生可以依自己的志向選擇就讀學術學程（自然組、社會組）或專門學程（商業組、資訊組）。本研究的研究對象為專門學程學生，學生需在高二分流後的兩年課程中，學會職校生三年所學的技术與證照，課程內容不變但授課時間整整被壓縮了一年，學生既然選擇了專門學程應該有

所認知與體悟，在課堂上的專注力與學習態度將會影響到學生的學習成效。

### 三、學習專注力量表

本研究所使用的學習專注力量表採用林玉雯等人 (2010) 所發展的「課室學習專注力量表」，稍加改編而成，共計 35 題。林玉雯等人 (2010) 從注意力相關研究結論中，統整影響課室專注力的六個關鍵面向，除根據文獻分析外，亦參酌三位科學教育專家意見，定義「課室學習專注力量表」包含六個構念（共 35 題）：專注容量（5 題）指學生能同時接收與理解多種教學表徵刺激，並能參與師生教學的互動、專注意識狀態（6 題）指學生能監控身體內部的思考與感覺，對於學習疑惑能在短時間內積極尋求理解，且不受健康狀況的影響、專注選擇（7 題）指學生對於外在環境及個人內在相關刺激，能有最佳選擇控制的能力，進而增進學習成效、專注移動（6 題）指學生能理解重要的概念，兼顧概念內容與概念之間的關聯性，趨向教師所設定的學習目標、專注持續（6 題）指學生對於應學的每個概念都能集中注意力，並能夠維持專注學習的程度、專注強度（5 題）指學生對學習的內容具學習動機和專注的狀態。

本量表採李克特 (Likert) 五點量表編製而成，每一題有五個選項，分別為「非常同意」、「同意」、「無意見」、「不同意」、「非常不同意」，對應計分方面依序為 5、4、3、2、1 分；受試者根據每題題意描述，圈選出符合自我感受的選項，此一量表分數越高，代表學生對學習經濟學的專注力強度越高，反之則否。此量表經編製者施測後進行 Cronbach's  $\alpha$  信度係數考驗，在專注力總量表的  $\alpha$  係數為 0.95，而專注容量、專注意識狀態、專注選擇、專注移動、專注持續和專注強度等六個分量表的 Cronbach's  $\alpha$  係數分別為 0.79、0.81、0.85、0.8、0.78、0.75，顯示量表的內部一致性良好。本研究欲瞭解 Kahoot! 融入教學的實驗課程後，學生主觀認為其專注力於傳統式教學及 kahoot! 融入教學之差異。透過問卷量表方式，蒐集學生在實驗課程前、後的看法，並在後測量表中加入開放性的問題，探究學生於 Kahoot! 實驗課程後對經濟課程學習的想法，再藉由前測與後測的專注力量表分析學生是否因受 Kahoot! 實驗課程影響，在學習經濟學的專注力上有不同的改變。

### 四、學生對 Kahoot! 融入課程的看法問卷

為了瞭解實驗課程後，學生主觀對於 Kahoot! 在學習成效與學習意願的看法及設備操作上的便利性，本研究採用林凱胤與楊宜真 (2012) 所發展的態度量表 - 「學生對 CRS 融入課程的看法問卷」，稍加改編而成，共計 15 題。此問卷為李克特 (Likert) 五點量表，每一題有五個選項，分別為「非常同意」、「同意」、「無意見」、「不同意」、「非常不同意」，對應計分方面依序為 5、4、3、2、1 分，正向分數越高表示對課程滿意度越正面。本研究根據受試學生自評結果進行量表的內部一致性分析，Cronbach's  $\alpha$  係數為 0.89，顯示量表的內部一致性良好。

## 五、統計分析

本研究於實驗課程結束後，會進行學生對 Kahoot! 看法的問卷及學習專注力量表後測。本研究將學生在「學習專注力量表前、後測」、「學生對 Kahoot! 融入課程看法的問卷」及「實驗課程後的段考成績」等資料進行量化的統計分析，藉以瞭解 Kahoot! 系統對學生的學習專注力與學習成效的影響。本研究以實驗課程前的段考成績做為現有能力的參考標準，並與實驗課程後的段考成績做比較，以兩者之間的差異來分析學習成效是否提昇。研究架構如圖 1 所示。

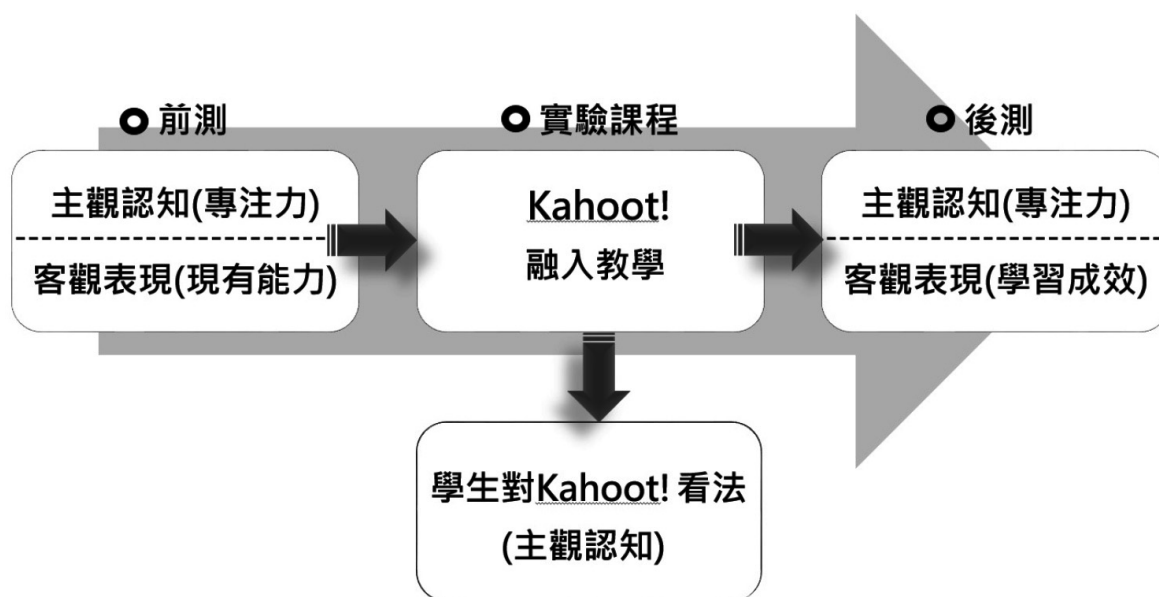


圖 1. 研究架構

## 肆、研究結果

為了瞭解 Kahoot! 系統融入經濟課程教學是否能夠提升學生的專注力，本研究對學生進行專注力量表施測，並以成對樣本  $t$  檢定 (paired-t test) 進行實驗前後之差異性比較分析。量表採李克特 (Likert) 五點量表編製而成，每一題有五個選項，分別為「非常同意」、「同意」、「無意見」、「不同意」、「非常不同意」，對應計分方面依序為 5、4、3、2、1 分；受試者根據每題題意描述，圈選出符合自我感受的選項，此一量表分數越高，代表學生對學習經濟學的專注力強度越高。本文逐題檢定 Kahoot! 系統融入經濟課程教學之後對學生專注力的影響，再依照性別分開檢定。由表 3 可知，在 35 個問題中，全班同學的專注力平均分數在 Kahoot! 系統融入經濟課程教學之後全部都顯著大於 Kahoot! 系統融入之前 ( $p$  值 = 0.000)。即使我們按照男女性別分開檢定，結果依然沒有太大的變化，女生專注力差異全部都達到 1% 的顯著水準 ( $p$  值 < 0.004)，男生的專注力差異至少達到 5% 的顯著水準 ( $p$  值 < 0.025)。也就是說，教師透過 Kahoot! 系統融入教學活動，無論是在專注容量 (5 題)、專注意識狀態 (6 題)、專注選擇 (7 題)、專注移動 (6 題)、專注持續 (6 題)、專

注強度（5 題），都能夠有效提升學生的專注力，而且這個效果在女性身上更為明顯。

表 3. 實驗前後之專注力差異性檢定（實驗課程後—實驗課程前）

專注力題號	男生	女生	全班
1	0.524*** (0.001)	0.421*** (0.004)	0.475*** (0.000)
2	0.524*** (0.000)	0.789*** (0.001)	0.650*** (0.000)
3	0.571*** (0.000)	1.000*** (0.000)	0.775*** (0.000)
4	0.476*** (0.002)	0.947*** (0.000)	0.700*** (0.000)
5	0.571*** (0.002)	0.737*** (0.000)	0.650*** (0.000)
6	0.524*** (0.002)	0.632*** (0.000)	0.575*** (0.000)
7	0.714*** (0.000)	0.895*** (0.000)	0.800*** (0.000)
8	0.429** (0.018)	0.947*** (0.000)	0.675*** (0.000)
9	1.095*** (0.000)	1.684*** (0.000)	1.375** (0.000)
10	0.810*** (0.000)	1.263*** (0.000)	1.025*** (0.000)
11	0.524*** (0.001)	0.947*** (0.000)	0.725*** (0.000)
12	1.000** (0.000)	1.368*** (0.000)	1.175*** (0.000)
13	0.333** (0.025)	0.895*** (0.000)	0.600*** (0.000)
14	0.905*** (0.000)	1.263*** (0.000)	1.075*** (0.000)
15	0.810*** (0.000)	0.895*** (0.000)	0.850*** (0.000)
16	0.524*** (0.001)	0.737*** (0.001)	0.625*** (0.000)
17	0.381*** (0.008)	0.737*** (0.000)	0.550*** (0.000)
18	0.476** (0.019)	1.263*** (0.000)	0.850*** (0.000)
19	0.810*** (0.000)	0.737*** (0.000)	0.775*** (0.000)
20	0.714*** (0.000)	0.789*** (0.000)	0.750*** (0.000)
21	0.286** (0.015)	0.895*** (0.000)	0.575*** (0.000)
22	0.667*** (0.000)	0.842*** (0.000)	0.750*** (0.000)
23	0.762*** (0.000)	0.789*** (0.000)	0.775*** (0.000)
24	0.762*** (0.000)	0.684*** (0.001)	0.725*** (0.000)
25	0.381** (0.021)	1.000*** (0.000)	0.675*** (0.000)
26	0.429*** (0.008)	0.579*** (0.000)	0.500*** (0.000)
27	0.714*** (0.000)	0.474*** (0.002)	0.600*** (0.000)
28	0.619*** (0.003)	0.526*** (0.000)	0.575*** (0.000)
29	0.619*** (0.001)	0.947*** (0.000)	0.775*** (0.000)
30	0.571*** (0.000)	0.579*** (0.001)	0.575*** (0.000)
31	0.714*** (0.000)	0.789*** (0.000)	0.750*** (0.000)
32	0.524*** (0.004)	0.684*** (0.000)	0.600*** (0.000)
33	0.667*** (0.000)	1.053*** (0.000)	0.850*** (0.000)
34	0.667*** (0.000)	0.895*** (0.000)	0.775*** (0.000)
35	0.619*** (0.001)	0.737*** (0.000)	0.675*** (0.000)

註：括號內為  $p$  值，\*\* $p < 0.05$ ，\*\*\* $p < 0.01$ 。



接下來，本文進一步探討 Kahoot! 系統融入經濟課程教學是否能夠提升學生的學習成效？本研究以學生前一次的段考成績當作現有能力的參考標準，將前一次段考分數標準化之後再依照  $Z$  值分為高分組 ( $Z > 0.4307$ )、中分組 ( $-0.4307 < Z < 0.4307$ )、低分組 ( $Z < -0.4307$ ) 等三種不同學習水平，並以成對樣本  $t$  檢定檢視學習成效。首先，我們檢定 Kahoot! 系統融入經濟課程教學對男學生、女學生和全班同學之學習成效的影響，其次再依照學習水平分開檢定。由表 4 可知，Kahoot! 系統融入經濟課程教學之後，全班同學的平均分數增加了 1.551 分，學習成效具有顯著的提升 ( $p$  值 = 0.062)，其中女學生學習成效提升的幅度更大，平均分數增加了 2.063 分，學習成效提升程度達到 5% 的顯著水準 ( $p$  值 = 0.026)。令人感到意外的是男學生的表現，Kahoot! 系統融入經濟課程教學之後，平均分數反而少了 0.349 分，雖然沒有達到統計上的顯著水準，但是，無論在高分組、中分組、低分組，男學生的學習成效全部都不如 Kahoot! 系統融入經濟課程教學之前。本研究推論，可能是因為 kahoot! 遊戲化的測驗新奇有趣，造成男學生在教學活動中疑似玩過頭導致成績反而退步了。從表 4 可以看出來，Kahoot! 系統融入經濟課程教學之後，受益最大的是低分組的女學生，她們是學習成效顯著提升的唯一組別 ( $p$  值 = 0.036)，平均分數增加了 2.268 分。

高分組與中分組學生的學習成效於 Kahoot! 系統融入經濟課程教學前後並沒有顯著的差異，表示 Kahoot! 線上即時反饋系統對高學習成就的學生幫助不大，這可能是因為高學習成就學生對學習本來就具有較高的學習動機，且有良好的讀書習慣，所以不管教師使用何種上課方式，對於高學習成就學生來說，皆能保持良好的成績表現。透過 Kahoot! 系統的教學活動後，低分組女學生的學習成效顯著提升，顯示 Kahoot! 融入教學可以引起低學習成就學生的學習興趣，讓學生從遊戲中去學習並理解課程內容，而獲得較高的成就感，尤其是對低學習成就的女學生而言效果更為顯著。

表 4. 實驗課程前後之學習成效檢定 (實驗課程後 — 實驗課程前)

學習水平	男生	女生	全班
高分組	-0.175 ( 0.433)	0.741 ( 0.237)	0.442 ( 0.332)
中分組	-0.047 ( 0.484)	1.000 ( 0.250)	0.000 ( 0.500)
低分組	-0.286 ( 0.390)	2.268** ( 0.036)	1.551* ( 0.069)
不分組	-0.349 ( 0.365)	2.063** ( 0.026)	1.567* ( 0.062)

註：括號內為  $p$  值，\* $p < 0.1$ ，\*\* $p < 0.05$ 。

因素分析能將眾多的變數精簡濃縮成較少的幾個變數，故能以簡要的構面（因素）解釋原本複雜多變的結構。表 5 為學生對 Kahoot! 融入課程看法之因素分析，當我們將 15 個題目整合成 3 個構面（因素）後，仍然可以呈現出原始資料 70% 的面貌。因素分析第一個構面的主要內容為瞭解自己的學習情形以及班上其他同學的學習情形，本文將其命名為同儕之間的「知己知彼」；第二個構面的主要內容為希望老師在課堂中使用 kahoot!

的意願，本文將其命名為學生個人的「學習意願」；第三個構面的主要內容為 kahoot! 對師生互動的影響，本文將其命名為師生之間的「活絡互動」。由表 5 可知，在受測學生對 Kahoot! 融入課程的看法中，同儕之間「知己知彼」的影響力最大，佔 28.8%；其次為學生個人的「學習意願」，佔 21.4%；師生之間「活絡互動」的影響力則佔 19.5%。

表 5. 學生對 Kahoot! 融入課程看法之因素分析

題號	知己知彼 (同儕)	學習意願 (個人)	活絡互動 (師生)
10	0.804		
4	0.798		
7	0.786		
6	0.686		
2	0.678		
11	0.671		
5	0.629		
15		0.871	
14		0.869	
13		0.679	
12		0.624	
3			0.766
8			0.725
1			0.694
9			0.623
特徵值	4.320	3.208	2.924
變異百分比	28.801	21.385	19.496
累積變異百分比	28.801	50.186	69.682

由表 6 可知，在 Kahoot! 看法問卷的三個構面裡，學生最重視的為同儕之間的知己知彼，「知己知彼」的影響力顯著大於「學習意願」和「活絡互動」這二個構面的影響力（ $p$  值 = 0.000）。學生透過 Kahoot! 系統進行測驗，不僅可以瞭解自己的學習情形，也能夠立即得知自己在同儕之間的相對表現，這是使用 Kahoot! 線上即時反饋系統最大的收穫。然而，對學生而言，使用 Kahoot! 線上即時反饋系統，在「學習意願」和「活絡互動」的收穫並無顯著差異（ $p$  值 = 0.695）。

表 6. 學生對 Kahoot! 融入課程看法之事後比較

		平均差異 (前一後)	Scheffe 顯著性	Scheffe 事後比較
1. 知己知彼	2. 學習意願	11.550	0.000***	1>2
	3. 活絡互動	12.125	0.000***	1>3
2. 學習意願	1. 知己知彼	-11.550	0.000***	1>2
	3. 活絡互動	0.575	0.718	
3. 活絡互動	1. 知己知彼	-12.125	0.000***	1>3
	2. 學習意願	-0.575	0.718	

註：\*\*\* $p < 0.01$ 。

## 伍、結論

本研究旨在探討在綜合高中的經濟學課程中，使用 Kahoot! 線上即時反饋系統，對學生的專注力與學習成效之影響。本研究在實驗前後施以專注力量表，探討學生的專注力在實驗前後之差異，研究結果顯示，學生認為教師透過 Kahoot! 系統融入教學活動中，比起傳統的講述式教學，更能引起學生的學習興趣並提升學習的專注力。Kahoot! 線上即時反饋系統對高學習成就的學生的影響不大，本研究推論，高學習成就學生對學習本來就具有較高的學習動機，且有良好的讀書習慣，所以不管教師使用何種上課方式，對於高學習成就學生來說，皆能保持良好的成績表現。但是 Kahoot! 線上即時反饋系統對低分組女生的學習成效顯著，Kahoot! 融入教學可以引起低學習成就學生的學習興趣，讓學生從遊戲中去學習並理解課程內容，而獲得較高的成就感。整體而言，Kahoot! 系統融入教學活動，對全班學生在經濟學的學習成效上具有顯著的提升。

在 Kahoot! 看法問卷進行的因素分析中發現，同儕知己知彼最為重要，顯著大於其他二個構面，學生透過 Kahoot! 系統進行測驗，在遊戲式的競答過程中能讓學生即時瞭解自己的學習情形，也可以立即得知自己在同儕中的相對位置，除了讓學習更有成效外，更是學習意願的動力來源。綜合上述研究結果可知，Kahoot! 系統融入經濟學課程確實能提高學生的專注力與學習成效如圖 2。教師透過 Kahoot! 系統進行測驗，可以持續刺激學生的注意力，讓學生保持專注在課程內容。學生也會為了在 Kahoot! 競賽中獲取高分，更主動積極的投入課堂參與，每位學生都能與教師、同儕間有同等的互動，發揮正面學習效益並提昇學習成效。

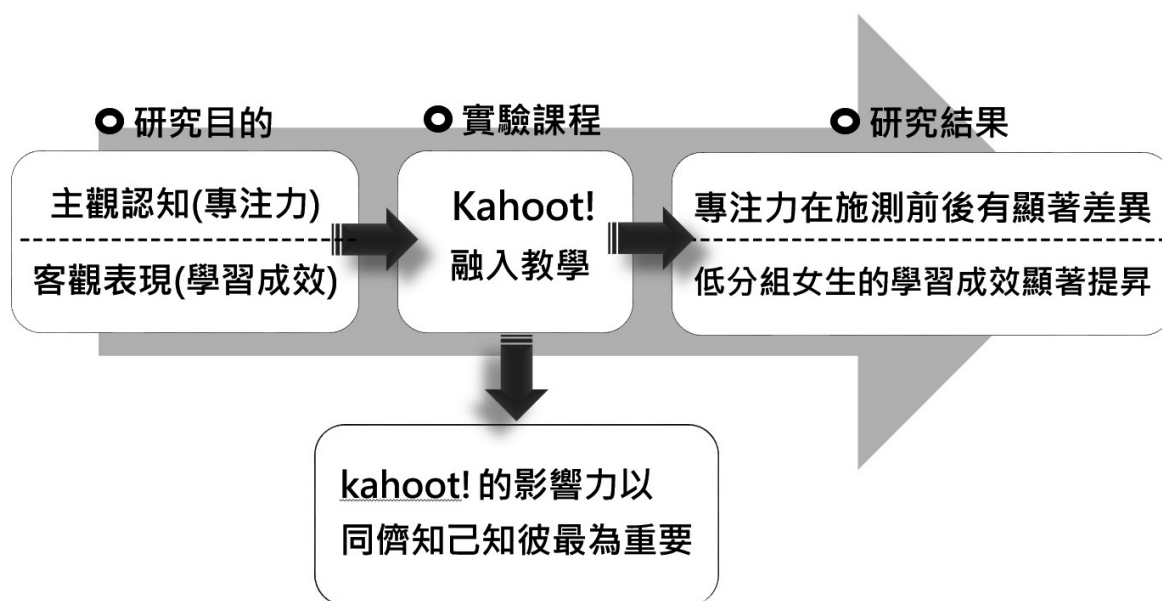


圖 2. 研究結果

本研究的推論對象僅適用於背景類似之群體，對於不同地區、不同年級學生的推論仍有限制。且採用的專注力問卷，於前測、後測皆使用相同之試卷為評量工具，無法完全掌握研究對象當日的身心狀態，易受個體主觀觀念等因素之影響，以致影響研究結果，故僅能要求研究對象盡力完成。本研究對 kahoot! 融入教學之建議為：本研究的測驗試題事先在 kahoot! 系統上編製以複習當節教師的授課內容為主，因此建議未來可以改變教學模式，例如讓學生分組針對課程內容自行出題，當作預習課程的平台。且建議學校的行政單位可以協助並支援資訊融入教學的軟、硬體設備，將有助於教學課程順利進行。本研究對未來研究之建議為：本研究於實驗課程期間，因排定的進度無法在課堂上進行補救教學，建議未來可以預留或安排補救教學在課堂或課後，加強學生不熟悉的觀念或題型，讓 kahoot! 的附加價值發揮到極致。且建議將實驗期間拉長為一個學期，再針對學生的學習成效作分析，探討 kahoot! 融入教學活動後，不同學習水平的學生，在學習成效表現上是否有更顯著的差異。

## 參考文獻

### 一、中文部份

- 王全世 (2000)。資訊科技融入教學之意義與內涵。資訊與教育，80，23-31。
- 王怡萱 (2016)。探究 Kahoot 雲端即時反饋系統輔助高中國文學習之效益。教育傳播與科技研究，115，114-124。
- 李育勳、歐陽閻 (2015)。即時反饋系統應用於國小三年級學生修辭教學之行動研究。師資培育與教師專業發展期刊，8(3)，77-102。

- 李淑菁 (2015)。找回課堂專注力。臺灣教育評論月刊，4(5)，178-181。
- 周映汝 (2015)。探討採用傳統紙筆測驗與 Kahoot 網路平台測驗對學生的英語閱讀理解表現與態度之影響 - 以學生命題為基礎 (未出版之碩士論文)。國立虎尾科技大學資訊管理研究所在職專班，雲林縣。
- 林玉雯、黃台珠、劉嘉茹 (2010)。課室學習專注力之研究 - 量表發展與分析應用。科學教育學刊，18(2)，107-129。
- 林凱胤 (2014)。即時回饋機制對學生習專注力影響之研究。科學教育學刊，22(1)，87-107。
- 林凱胤、楊宜真 (2012)。無線教室回饋系統融入護專藥理學課程之初探。醫護科技期刊，14(1)，69-82。
- 胡央志 (2014)。高職工業類科教師集體效能對學生學習成效影響之研究：以學習自我效能為中介變項。教育研究與發展期刊，10(4)，107-136。
- 張東山 (2010年07月30日)。台東女中教育科技發展心得分享。高中資訊學科中心電子報。取自 <http://icerc.tnssh.tn.edu.tw/download/epaper/epaper51/index.htm>
- 教學發展中心綜合企劃組 (2015年09月28)。即時反饋系統，讓教室動起來！。教發電子報。取自 <https://www.ctld.ntnu.edu.tw/%E6%95%99%E7%99%BC%E9%9B%BB%E5%AD%90%E5%A0%B1/1516>
- 許芳菊 (2008a)。打造專注力。親子天下雜誌，2，116-144。
- 許芳菊 (2008b)。對症下藥治分心。親子天下，2，144-145。
- 許芳菊 (2011)。十二年國教新學習時代：老師一定要做的四個轉型。親子天下雜誌，21，8-12。
- 陳淑絹 (1998)。不同性別與學習潛能之國小學童在學習適應、注意力與記憶力之比較研究。臺中師院學報，13，73-99。
- 楊雅婷、陳奕樺 (2013)。課室專注力量表之建構。教育研究與發展期刊，9(4)，178-181。
- 萬家輝 (2012)。專心一點 - 兒童專注力提升手冊。香港：泛華。
- 蔡文榮 (2015)。探討即時回饋系統運用在大學「管理數學」之教學現況。教育科學期刊，13(2)，75-96。
- 蔡福興 (2016)。輕鬆在教室中運用遊戲式反饋系統。2017年5月19日，取自 <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/o3Pn.htm>
- 駱明潔、潘意鈴 (2013)。學齡前幼兒睡眠品質與學習注意力之關聯性探究。輔導與諮商學報，35(1)，1-30。



## 二、英文部份

- Abram, W., Scott, H., Linda, N., & Cynthia, T.(2008). Student perceptions of a wireless audience response system. *Interactive Technology and Smart Education*, 5(4), 217-229.
- Clark, R. C., Nguyen, F., & Sweller, J.(2006). *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. San Francisco, CA: Pfeiffer.
- Collins, K.(2015, Jun 22). *Kahoot! is gamifying the classroom*. *WIRED*. Retrieved from <http://www.wired.co.uk/article/kahoot-gaming-education-platform-norway>
- Erika, B., & Richard, N.(2008). Using student response systems in lecture-based instruction: Does it change student engagement and learning? *Journal of Technology and Teacher Education*, 16(3), 375-383.
- Flore, T. A., Becker, E. A., & Nero, R. C.(1993). Educational interventions for students with attention deficit disorder. *Exceptional Children*, 60, 163-173.
- Hiltz, S. R., & Wellman, B.(1997). *Asynchronous learning networks as a virtual classroom*. *Communications of the ACM*, 40(9), 44-49.
- Iroaganachi, M. A.(2012). Effect of technology and musical sound on concentration in individualized learning: A study of covenant university students. *European Scientific Journal*, 8(8), 14-32.
- Kearsley, G.(1999). *Online Education: Learning and Teaching in Cyberspace*. London, England: Wadsworth.
- Mula, J. M., & Kavanagh, M.(2009). Click go the students, click-click-click: The efficacy of a student response system for engaging students to improve feedback and performance. *E-Journal of Business Education & Scholarship of Teaching*, 3(1), 1-17.
- Roblyer, M. D., & Edwards, J.(2000). *Integrating educational technology into teaching* (2nd ed). Upper Saddle River, N. J.: Merrill.
- Savage, R., Cornish, K., Manly, T., & Hollis, C.(2006). Cognitive processes in children's reading and attention: The role of working memory, divided attention, and response inhibition. *British Journal of Psychology*, 97(3), 365-385.
- Scott V. G., Fahsl A., Fark K., & Peterson C.(2014). Clicking in the Classroom: Using a Student Response System in an Elementary Classroom. *New Horizons for Learning (NHFL)*, 11(1), 1-11.
- William, R. P., Christy, K. B., Katherine, M., & Valerie, M. C.(2007). Teaching with student response systems in elementary and secondary education settings: A survey study. *Educational Technology, Research and Development*, 55(4), 315-346.