

聲旁表音多媒體教學輔助軟體對國小 中年級低識字量學童識字能力之成效

曾郁琳

中央研究院
語言學研究所
博士後研究員

莊雍純

臺北市西區特殊教育
資源中心
教師

王曉嵐

國立臺灣師範大學
特殊教育學系
副教授

李佳穎*

中央研究院語言學研
究所 / 國立中央大學
認知神經科學研究所
/ 國立政治大學心智、
大腦與學習研究中心
研究員

本研究旨在探討結合統計學習與集中識字教學法的電腦輔助教學軟體「收割季節」，對國小中年級低識字量學童在中文識字表現之影響。閱讀習得是一種統計學習的過程。隨著接觸文字的經驗增加，孩童掌握使用文字來傳達語音表徵的規則。收割季節運用統計學習的原則，以聲旁為集中識字教學之主軸，選擇高表音一致性的中文字為教學目標字，使學童在遊戲過程中，透過視覺與聽覺同步即時回饋，系統性地經驗到聲旁可組成的形聲字與其發音的變化，進而建立聲旁表音的形音對應關係。低識字量學童依其識字量與智力表現分為兩組，對照組僅接受學校的日常教學，實驗組則額外接受收割季節的教學介入。針對聲旁表音測驗、教學形聲字唸名測驗、識字量評估測驗的前後測表現，進行二因子混合設計變異數分析。發現在各項表現上都有顯著的二因子顯著交互作用。單純主要效果結果顯示，實驗組在聲旁表音測驗、教學形聲字唸名測驗、識字量評估測驗的後測正確率表現均顯著優於前測表現；在教學形聲字唸名測驗的後測流暢性表現也顯著優於前測表現。未接受教學介入的控制組學童，其前、後測表現則未有顯著差異。實驗組學童從使用收割季節的遊戲過程中，察覺聲旁的表音特性以及中文形音對應之間的關係，習得中文聲旁覺知的後設知識，進而增進其閱讀正確率與流暢性表現。本研究結果支持統計學習在閱讀習得過程扮演重要的角色。未來在教材編寫、課程設計與遊戲軟體研發上可運用統計學習的原則，將有助提升閱讀表現。

關鍵字：中文閱讀習得、表音一致性、統計學習、電腦輔助教學、聲旁

* 本文以李佳穎為通訊作者 (chiaying@gate.sinica.edu.tw)。

緒論

閱讀是學習各項知識的主要途徑，主要包含識字與理解。孩童在識字過程中辨識字形，建立字形、字音與字義之間的連結，透過反覆的練習，使得識字歷程自動化。根據 Chall (1983) 閱讀發展階段，國小一到三年級的學習重心在於自動化地識字，四年級後的學習重點則是透過閱讀學會新的知識。當學童在識字上遭遇困難，勢必會影響閱讀理解的能力，造成在閱讀表現的馬太效應——識字越多的學生讀得更多，識字越少的學生讀得更少，兩者間的閱讀表現隨著年級增加而使差距加劇。因此，研發有效的識字補救教學對於中低年級學生有其迫切性。本研究將結合基礎理論研究與教學實務，研發識字教學輔助軟體，並且檢視對低識字量學童的識字表現之助益。

統計學習 (statistical learning) (Saffran et al., 1996) 是透過生活經驗的累積而察覺環境中特定刺激的規則的一種機制。文字系統雖然多元，但識字的歷程都是透過文字來傳達語音。孩童從接觸文字的經驗中，逐漸歸納出文字與聲音之間的關聯性。因此，統計學習在母語與第二語言的學習都扮演重要的角色 (Brooks & Kempe, 2013; Granena, 2013; Maye et al., 2002)。不論是第一語言或者第二語言，使用者需要掌握在該語言中特定的形音對應關係。中文被認為是象形文字，在中文字的結構中，沒有形素的存在。再者，中文讀者無法從筆畫或者部件猜出字的讀音，因此中文常被誤認為與拼音文字的識字歷程有所不同。然而，約有百分之八十的中文字是形聲字，主要是由聲旁和義旁兩個部件組成。從中文字詞辨識的基礎研究可

知，中文的讀者可以從這兩個部件獲得讀音或字義的線索 (Chen & Weekes, 2004; Hsu et al., 2009; Lee et al., 2005)。從統計學習理論的觀點來探討閱讀習得，隨著識字量的增加，中文讀者可以逐漸發展出聲旁覺識的後設語言知識 (Shu et al., 2000; Shu et al., 2003)，瞭解中文部件如何表徵語音。因此，在設計補救教學的內容時，結合統計學習與中文字詞辨識的理論研究，應能幫助孩童有效地掌握中文的形音對應關係與提升識字表現。

目前國小的國語教學採用分散式教學，是依據課文內容進行識字教學。透過書寫、詞彙、造句、句型、閱讀、寫作等活動，逐漸建立識字的基礎能力。孩童從閱讀課文的過程中，瞭解字彙的意義和接觸到與教學字有關的詞彙 (洪麗瑜、黃冠穎, 2006)。分散式教學以逐字的方式進行形音義的教學，並未參考中文構字組成的理論基礎知識，讓識字教學缺乏系統化，使得低識字量學童難以察覺中文的構字知識。集中識字法是依據中文字的部件、組成成分，將相似的中文字集中在一起，進行教學，使得學生能夠有系統性地學習識字。在補救教學中，矯正性的即時回饋對低識字量或閱讀障礙學童的學習表現有重要的影響。為了達到識字自動化的目標，往往需要透過大量的練習，因此，個別化的教學與矯正性的即時回饋在補救教學環境中需要投入大量師資與人力 (蘇宜芬等人, 2008)。在課餘時間，家長雖然願意協助識字量較低的學童，往往因不知其方法，使得學習結果未如預期，連帶也影響親子間的關係。此外，家長們也積極購買市面上的中文識字遊戲教學軟體，期望能解決孩子在識字方面的困難。然而，受到中文是象形文字的觀念所影響，大部分的識字遊戲軟體著

重於中文字的演變過程或者強調筆畫的順序，卻忽略了構字知識對於生字習得的重要性。

綜合以上所述，本研究所設計的「收割季節」，是一個以中文字詞辨視歷程與閱讀習得的發展研究作為背景知識，利用統計學習與集中識字法的概念，結合教育心理學、認知心理學、語言學、資訊科學等領域，進行研發設計具有實徵研究作為基礎的電腦輔助教學軟體。收割季節中的每一個環節，以基礎研究作為參考依據。在教材內容上，依據中文字詞辨識的基礎研究與集中識字法的原則，選擇以聲旁為主體。結合語料庫與資訊科學，選取具有相同聲旁的多組形聲字，作為收割季節的教學材料。收割季節利用打地鼠模式，將識字過程的字形與字音對應關係具體化，讓學童看到文字時，同時伴隨其讀音。透過遊戲的氛圍，提高學童的學習動機進而增加接觸文字的經驗，取代在教學現場的重複抄寫與背誦。當學童正確或錯誤點擊時，系統會提供學童個人化的即時教學回饋，幫助學童瞭解自己當下的學習表現。除了建立字形與字音之間的連結外，在即時回饋中，每一個單字皆有所衍生的對應詞彙，學童可建立字形跟意義的連結，提供自學的機會。師長及家長可從後台紀錄，瞭解學童的學習情況，進而調整教學方向、進度與策略。

本研究旨在探討集中識字法對於國小中年級低識字量學童的識字成效。過去的研究已發現，在猜測中文字的讀音時，聲旁能夠提供有效的發音線索。識字學習有困難的學童，普遍存在學習動機低落的現象，本研究將集中識字法的概念應用於「打地鼠」遊戲模式所設計出來的「收割季節」教學應用軟體，將集中識字教學遊戲化，提升低識字量

學童的學習動機，期許學童從「收割季節」的遊戲互動過程中，學習中文構字規則的後設認知知識，進而提升其識字表現。本研究將以組別（實驗組、控制組）與時間（前測、後測）為自變項，進行二乘二的二因子混合設計變異數分析（two-way mixed design ANOVA），以檢視電腦輔助教學軟體「收割季節」對國小中年級低識字量學童的識字表現之影響。本研究主要探討的問題如下：

（一）中文低識字量學童在接受電腦輔助教學軟體「收割季節」的八週介入後，聲旁表音覺知能力是否有顯著的進步？本研究將以聲旁表音測驗為指標，檢視「收割季節」對低識字量學童之助益。

（二）中文低識字量學童在接受電腦輔助教學軟體「收割季節」的八週介入後，識字量是否有顯著的提升？本研究將以教學形聲字唸名測驗、識字量評估測驗、常見字流暢性測驗（識字正確率）為指標，檢視「收割季節」是否能顯著提升低識字量學童的識字量。

（三）中文低識字量學童在接受電腦輔助教學軟體「收割季節」的八週介入後，識字的流暢性表現是否有顯著的進步？本研究將以教學形聲字唸名測驗（流暢性）、常見字流暢性測驗（流暢性）為指標，檢視「收割季節」是否能顯著提升低識字量學童的閱讀流暢性表現。

文獻探討

一、閱讀習得與形音對應關係之影響

語言讓人類能夠彼此溝通，而文字的發明使得口語能夠透過視覺符號被記錄下

來，成為知識傳承與文明進展的重要基礎。口語詞彙的習得，是在建立語音與意義的關係。而閱讀習得的過程，則是學會用一組視覺符號來表徵已經存在的語音表徵，透過語音表徵進而獲得語意概念。因此，學習視覺符號與口語表徵對應關係的過程就稱為聲韻編碼（phonological recoding）。一個精熟視覺符號與口語規則的讀者，在面對新的生字時，就能利用聲韻編碼的方式猜測該字的讀音與意義，進而使讀者運用此模式大量地增進字彙能力（Chall & Popp, 1996；Ziegler & Goswami, 2005）。舉例來說：嬰幼兒透過反覆聽到「ㄉㄤˊ ㄉㄤˊ ㄉㄤˊ」，知道「ㄉㄤˊ ㄉㄤˊ ㄉㄤˊ」指的是一種外表為紅色吃起來香甜的水果，建立了這個口語詞彙。在學習閱讀「蘋果」的文字形式時，並不是去強記這組視覺符號的意義，而是學習「蘋果」這兩個字唸成「ㄉㄤˊ ㄉㄤˊ」，孩子便能透過已存在的語音—語義連結，進而建立文字跟語義之間的連結，學習到「蘋果」這兩個字的語音與意義。透過反覆的練習，加強字形、字音與字義的連結，一個熟練的讀者看到文字表徵「蘋果」時，與「蘋果」相關的語音和語義表徵皆被激發，更有效率的獲得文字符號對應的語意概念（Chang & Lee, 2018, 2020；Hsu et al., 2021；Lee, 2011, 2019）。

世界上有各種不同的文字系統，對應到各自的口語表徵。字形與字音之間的對應關係也因文字系統不同而有所差異。人們並非以強記的方式學習閱讀，而是透過統計學習（Saffran et al., 1996）的機制，根據自身環境中所接觸的刺激，隨著經驗的累積逐漸掌握這些刺激的統計分佈的規律性。統計分佈的規律性有很多樣貌，頻率就是最廣為人知的統計分佈規律性的例子

（Erickson & Thiessen, 2015）。另外一種表示統計分佈的規律性是共現率（co-occurrence probability），主要描繪兩個刺激同時出現的機率，又可稱為銜接機率（transitional probability）（Aslin et al., 1998；Goodsitt et al., 1993；Saffran et al., 1996）。當兩個刺激之間的銜接機率高，表示兩者接續出現可能性較大，孩童也易傾向這兩個刺激視為整體（Aslin et al., 1998；Saffran et al., 1996）。Saffran 等人（1996）探討嬰兒如何從環境中的語音刺激習得語言。他們以四個三音節的無意義單詞為刺激材料（例如：bidaku），將此四個刺激組合成連續兩分鐘的語音刺激（例如：bidakupadotigolabubidaku）。在這兩分鐘的語音刺激中，實驗者設定 bi 之後接續出現的刺激必為 da，因此其銜接機率为 1；ku 後面接續出現的刺激可能是 pa、go 或 ti，因此其銜接機率則為 0.33。在嬰兒熟悉這兩分鐘的語音刺激後，實驗者利用轉頭偏好法（head-turn preference）來評估嬰兒對於這些語音刺激的熟悉程度。一般而言，嬰兒對於陌生的刺激會有較多的轉頭次數與較長的時間注視。結果發現嬰兒對銜接機率較高的刺激（例如：bida）會展現比較熟悉的反應（轉頭次數較少），對於銜接機率較低的刺激（例如：kugo）則較不熟悉（轉頭次數多且花較長的時間注意）。此實驗結果意謂在未刻意教導的情況下，嬰幼兒能夠掌握與歸納出語言裡的抽象規則。在閱讀習得的過程中，除了原先的口語刺激，孩童開始接觸文字訊息，透過統計學習的機制，開始建構口語、文字以及兩者之間的語言分布特性，進而逐漸掌握隱含其中的各種抽象規則，包含重音位置（Johnson & Jusczyk, 2001；Weber et al., 2004）、組音的統計機率（phonotactic probability）（Friederici & Wessels, 1993；

Friedrich & Friederici, 2005)、形音對應關係 (Apfelbaum et al., 2013; Armstrong et al., 2017)、語法結構 (Saffran & Wilson, 2003; Thompson & Newport, 2007; Tomasello, 2000)。

以拼音文字而言，音素 (phoneme) 是最小的發音單位，與其對應的最小書寫單位為形素 (grapheme)。因此，學習拼音文字的過程就是學會掌握形素與音素的對應關係 (Grapheme-to-Phoneme Correspondences, GPC)。舉例來說：芬蘭的文字只有 24 個形素，分別對應到 24 個音素，形音的對應關係非常一致，又可稱為表音透明度高的文字系統。相反的，英文字母「A」在 CAT、CAR、MADE 的發音皆不相同，或者是 /ip/ 可以拼成 Deep 或 Heap，所以英文的形音對應關係非常不一致，被稱為表音透明度較差的文字系統。在英文中，母音的變化比子音多 (Fowler et al., 1977; Näslund, 1999)，使得孩童在學習閱讀的初期較辛苦 (New et al., 2008)。Seymour 等人 (2003) 比較國小一年級學生在唸名真字與假字的表現，發現表音透明度高的文字系統，像希臘文、芬蘭文、德文，國小一年級學童在唸名真字與假字的表現正確率超過 90%。然而，像表音不透明的英文，小一學童閱讀真字與假字的正確率表僅 34% 與 29%。因此，形音對應一致性會影響閱讀發展的速度，形音對應關係較一致的文字系統，孩童的閱讀發展速度會快於形音對應關係較不一致的文字系統 (Goswami et al., 2005; Seymour et al., 2003)。

二、中文的形音對應關係與閱讀神經機制

中文被認為是表意文字 (ideographic writing system)，一個字 (character) 是由

部件 (radical) 組合而產生，部件則由結合筆劃 (stroke) 所產生，人們似乎無法從這些中文的文字結構獲得讀音，加上一個中文字對應到一個音節，往往認為學習中文的過程是依賴一字對應一音的配對記憶方式，要記住三千多字與音節之間的連結。因此容易誤認為中文的閱讀發展與拼音文字並不相同。中文的文字構造包含象形、指事、會意、形聲、轉注與假借，在文字發展的初期，象形文字將語意概念具象化，但並非所有的語意概念皆可具象化，因此具有語意線索的形聲字也隨之衍生。超過 80% 的中文字為形聲字，中文的形聲字由一個義旁 (semantic radical) 與一個聲旁 (phonetic radical) 所組成。例如：「楓」由「木」與「風」所組成，「木」是義旁，表示「楓」是跟木頭有關，「風」作為聲旁提供「楓」的發音線索。從「有邊讀邊」的俗諺，可推測人們已經覺察聲旁在辨識中文字所提供的語音線索。

中文聲旁的表音方式可分為規則性 (regularity) 與一致性 (consistency) 兩層次來觀察。表音規則性是指整字發音與聲旁發音是否相同。以「楓」為例，「楓」與聲旁「風」的讀音相同，因此「楓」是一個規則字；反之，「讀」則為一個不規則字，因為「讀」的發音與聲旁「賣」完全不同。行為研究結果發現規則性效果 (regularity effect)，成人在唸名規則字 (例如：楓) 的正確率比不規則字 (例如：讀) 來得高，唸名時間也比較快 (Chang et al., 2016; Lee et al., 2005)，與拼音文字的研究結果相同 (Jared, 2002)。然而，從分析國小一到六年級的國語課本的研究中發現，不論簡體或者繁體，規則字僅佔 23~24% (Li & Su, 2018; Shu et al., 2003)，意謂運用「有邊讀邊」的策略來猜測中文的讀音，並非是個有

效率的方式。

表音一致性是另一個反映中文聲旁表音有效性的指標，一致性是指一組具有相同聲旁的鄰相字，其發音的變化程度。例如：這組鄰相字「瑤」、「謠」、「搖」、「遙」、「徭」具有相同的聲旁，發音皆為「ㄟㄠㄩ」，因此稱為一致字。另一組鄰相字「疏」、「琉」、「流」、「梳」、「疏」、「毓」，雖然也有相同的聲旁，但發音可分為三種「ㄉㄞㄩ」、「ㄩㄞ」、「ㄩㄞ」，稱為不一致字。行為研究結果發現一致性效果（consistency effect），在唸名作業時，一致字（瑤、搖、遙）的唸名正確率比不一致字（流、梳、毓）來得高，唸名時間也較快（Lee et al., 2005；Lee et al., 2010），與拼音文字的研究結果相同（Jared et al., 1990）。規則性與一致性雖皆能描繪中文聲旁表音的特性，但由於規則性是考慮聲旁本身的發音與形聲字的發音是否相同，因此當聲旁本身沒有讀音或者是無法單獨存在時，就無法使用規則性來定義形聲字的表音情況。反之，表音一致性是計算一組具有相同聲旁的形聲字，字群之間的發音相似程度。因此，無論聲旁是否可以單獨成字，都可透過表音一致性指標，了解其表音情況。雖然中文文字系統的表音透明度較拼音文字系統低，但從表音規則性與表音一致性的研究結果，可推論中文字的辨識過程並非以一字對應至一音的方式處理，而是從中文的統計分佈特性中，掌握部件的功能，獲得語音的線索（李佳穎，2009；Shu et al., 2000；Shu et al., 2003）。

中文聲旁的表音特性也在腦科學研究中獲得支持的證據。腦電波研究已知不同的腦波成分（ERPs component）與字詞辨識的不同階段歷程有關，例如：N170 與早期的字形特徵分析有關，真字會比非字誘發較負相

的 N170 反應（Bentin et al., 1999；Maurer et al., 2005），P200 則和擷取字形或字音的訊息有關（Barnea & Breznitz, 1998；Serenio et al., 1998），N400 則是與語意處理有關（Kutas & Federmeier, 2011；Kutas & Hillyard, 1984；Van Petten & Kutas, 1990），P600 可反應句法處理的歷程（Gouvea et al., 2010；Hagoort & Brown, 2000；Osterhout & Holcomb, 1992）。Lee 等人（2007）利用事件相關電位（event-related potentials, ERPs）以同音字判斷作業，探討中文表音一致性的時間序列變化。結果發現在 N170、P200 與 N400 上皆觀察到一致性效果。低一致字在大腦左右兩側枕葉的電極位置上誘發較負向的 N170，在前額葉的電極位置上誘發較正向的 P200；高一一致字所誘發的 N400 反應比低一致字更負向。Lee 等人（2010）進一步使用功能性磁共振造影（functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI）探討唸名中文字時所涉及的大腦區域。實驗結果發現唸名低一致字時，在左腦的額下回（left inferior frontal gyrus）、額中回（middle frontal gyrus）、頂葉頂下葉（inferior parietal gyrus）、緣上回（supramarginal gyrus）及左腦的顳葉枕葉交接處（left temporooccipital junction）的激發程度都比高一一致字大。這些與中文形音對應有關的腦區，和拼音文字的研究結果相似（Mechelli et al., 2003；Paulesu et al., 2000）。因此，雖然中文的文字系統與拼音文字有所不同，其形音對應關係也不若拼音文字系統透明，但是閱讀中文所涉及的大腦神經機制卻和與拼音文字相似。

三、一般兒童及閱讀障礙兒童的中文識字發展研究

以統計學習的觀點來看閱讀發展的歷

程，隨著閱讀經驗的增加，孩童開始建構文字、口語以及兩者表徵之間的機率分佈表徵，逐漸發展對此語言的內隱知識，例如：重音位置 (Arciuli et al., 2010)、形素音素對應關係 (Apfelbaum et al., 2013)、構字結構 (Pacton et al., 2001) 和句法結構 (Thompson & Newport, 2007)。曾郁琳與李佳穎 (2012) 分析國小一到六年級的習得生字，建立臺灣學童各年級習得形聲字的形音對應資料庫。從此資料庫可知，一年級學到 399 個生字，形聲字有 183 個，所占比率為 45%。隨著年級上升，識字量逐漸增加，六年級習得形聲字的比率提升至 63%。從各年級習得的聲旁數量來看，一年級習得 140 個聲旁，到了四年級與六年級，習得聲旁的數量分別為 529 和 620。從各年級習得的形聲字字數與聲旁個數可知，雖然識字量隨著年級增長而逐漸增加，但是所習得的聲旁數量並未隨之大幅提升，表示新習得生字的聲旁大多已出現在先前所學的字之中。因此，到了中高年級階段，聲旁重複出現的機會提高，同一聲旁所形成的形聲字個數也逐漸變多。進一步計算每個聲旁在各年級重複出現的情況，在一年級所學到 183 個形聲字，其中 58% 形聲字的聲旁只出現一次；四年級時則累積習得 1093 個形聲字，超過一半的聲旁重複出現在至少三個形聲字中；到六年級時，聲旁重複出現至少三次的比率增加到 66%。各年級聲旁重複出現的分佈情況表示低年級學童重複接觸聲旁的機會不多，具有相同聲旁的鄰項字很少，其所形成的集合很小，因此難以察覺聲旁與語音表徵的關聯性。到中高年級階段，聲旁重複被學習的比率逐漸上升，相同聲旁的鄰項字的字群變大，因此能夠逐漸察覺中文形音對應關係。Hsu 等人 (2009) 以事件誘發電位為工具，探討聲旁

結合度 (phonetic combinability) 與表音一致性。聲旁結合度是指具有相同聲旁的字數。例如：「蝴」、「湖」、「瑚」與「鬚」的聲旁皆為「胡」，因此「蝴」、「湖」、「瑚」與「鬚」的聲旁結合度為 4。一致性的計算是以相同聲旁且相同發音的字數除以聲旁結合度。例如：「疏」、「琉」、「流」、「梳」、「疏」、「毓」等字，其聲旁結合度 6。「疏」、「琉」、「流」的發音皆為「ㄉㄨㄛˇ」，表音一致性為 0.5 (3/6)；「梳」、「疏」的發音為「ㄉㄨˇ」，表音一致性為 0.33 (2/6)；「毓」的發音為「ㄩˇ」，表音一致性為 0.17 (1/6)。結果發現在聲旁結合度大時，才會出現一致性效果。徐峻賢等人 (2009) 的研究支持統計學習的觀點，隨著閱讀經驗的增加，當兒童接觸到具有相同聲旁的形聲字很多時，才有可能夠察覺聲旁的表音特性。從 Hsu 等人 (2009) 的研究可進一步推測，學童到了中高年級階段才可能掌握聲旁表音一致性的後設知識。曾郁琳與李佳穎 (2012) 操弄字頻 (高頻、低頻)、表音一致性 (高一一致、低一致) 和刺激字類型 (規則字、不規則字、聲旁非字)，以國小四、五、六年級語言正常發展的學童為對象，探討中文聲旁表音規則性與一致性的發展趨勢。結果顯示，在唸名作業中，小學四年級以上的學童已可掌握表音規則性，即規則字的唸名正確率較不規則字來得高。表音一致性效果則最早可在四年級學童唸規則字和不規則字中觀察到，一致字 (瑤、搖、遙) 的唸名正確率比不一致字 (流、梳、毓) 來得高；對於「搖」這類聲旁單獨不成字者，則要到五、六年級才展現穩定的一致性效果。

曾郁琳與李佳穎 (2012) 發現國小中年級學童已能掌握中文聲旁表音的特性，表示即使沒有直接教導聲旁的功能，隨著字彙

的累積，透過統計學習的機制，學童仍逐漸掌握聲旁表音的後設知識。然而，約有 3%-10% 兒童在經過常規的教學後，其智力正常且沒有神經生理損傷的情況下，仍然無法掌握語言的統計分佈規則特性，使得在閱讀時面臨困難，稱為發展型閱讀障礙（Snowling, 2000）。Tzeng 等人（2018）探討中文閱讀障礙學童與一般正常發展學童對中文構字知識的掌握，比較學童在看到真字、假字和非字的腦波反應。假字的設計是以真字的聲旁為基礎，替換義旁形成一個新的組合，以此產生一個符合中文構字規則且具有語音訊息卻沒有語意表徵的刺激。非字的產生則是將部件位置錯置，並且透過增加或刪減筆畫以破壞部件結構，其目的在於使非字的音旁表音線索不完整，產生不具語音與語意表徵的刺激。實驗結果發現閱讀正常發展學童對非字誘發的 N400 反應比真字與假字大，此效果型態主要出現在前側電極位置；但在後側電極位置則呈現相反的趨勢，與成人的表現相同。閱讀障礙學童則在前側電極位置發現非字所誘發的 N400 震幅大於真字，但是非字與假字則無差異。此研究結果意味正常閱讀發展的學童精熟中文構字規則，所以能夠察覺真字、假字和非字的差異，使得三種刺激所誘發的 N400 反應有所不同。對於閱讀障礙學童而言，雖然能區辨熟悉（真字）與不熟悉（假字）刺激，但卻無法察覺假字和非字的差異在於前者是一個合理的中文字而後者不是，表示閱讀障礙學童尚未精熟中文構字規則知識。

低識字量或閱讀障礙學童在常規的教學活動中無法掌握中文部件的特性，使得閱讀表現遠落後於同儕。中文的識字教學策略可分為「分散識字教學法」與「集中識字教學法」。目前的國小國語文識字教學策略

大多使用分散識字教學，以「字不離詞、詞不離句、句不離文」的方式編輯教材，使字彙的學習與閱讀緊密結合。在識字教學時，是以一字一字的方式進行形音義的教學，並未強調中文的組字知識（張新仁、韓孟蓉，2004）。集中識字法則是常用於補救教學與教育實驗中（王瓊珠，2012；洪儷瑜、黃冠穎，2006），依據中文字的结构特性，挑選一組具有相同部件的中文字作為教學目標，以此組中文字挑選合適的詞彙並編寫成課文，進行教學。以系統性的方式，加強中文形、音、義的連結。張新仁與韓孟蓉（2004）比較國小二年級學童分別接受分散識字教學法與集中識字教學法後的識字表現。分散識字教學法所使用的教學材料，是沿用課本所編排之生字為教學用字。集中識字法的教學教材編排，則以聲旁為主，例如：「想、相、箱」，「分、芬、吩、紛」。實驗結果發現接受集中識字法教學的二年級學童，在「中文識字量表」、「國小低年級識字能力成就測驗」和「找出不同部首」的表現，均優於接受分散識字教學法的學童。洪儷瑜與黃冠穎（2006）以「以文帶字部件識字教學」和「以字帶文部件識字教學」兩種部件識字教學法對對國小二年級國語低成就學童進行補救教學。教學部件以義旁為主（例如：木，心，土），實驗結果發現此兩種補救教學對於學童的看字讀音及造詞表現皆有顯著的助益。這些研究證實集中識字法的教學成效優於分散識字教學法，能夠有效提升國小低年級學童的識字表現，但對於低識字量學童的影響仍然未知。此外，在以文帶字或者以字帶文的識字教學中，為了建立生字、詞彙與意義之間的有效連結，需要挑選適合學生閱讀能力的詞彙，並將這些詞彙編寫融入課文，使得教材編寫的過程相當耗時。

集中識字法的概念與統計學習的機制相似，因此可預期集中識字法對學童學習中文的助益。在現行的集中識字法教學中，選字的原則大多以字形相似（例如：部件為合，教學目標字：哈、拿、給、捨、答、恰），或者是義旁部件（部件為車，教學字：軟、輛、輕、陣、轉）。從中文的字詞辨識研究可知，聲旁能夠提供讀者猜測讀音的線索。因此，使用集中識字法進行輔助教學時，若選擇具有相同聲旁部件且發音相同或相似的一組形聲字，低識字量或閱讀障礙學童應能較有效率掌握中文字形與字音之間的對應關係。

研究方法

一、受試者

本研究之受試者為臺北市中年級之低識字量學童，其篩選條件為：一、智力正常或正常以上。受試者若為三年級學童，其在瑞文氏彩色圖形推理測驗（CPM）之表現須高於常模的百分等級二十五。若受試者為

四年級，則採用瑞文氏標準圖形推理測驗中（SPM），其表現須高於常模的百分等級二十五。二、受試者在識字量評估測驗之表現須低於百分等級二十五。

本研究以四十名國小三、四年級低識字量學童為受試者，隨機分配至實驗組與控制組。實驗組共二十人，包含三年級學童七名，四年級學童十三名；控制組的各年級人數與實驗組相同。實驗組與控制組中分別各有九名與八名受試者，是經臺北市國小鑑定安置委員會鑑定之學習障礙、亞型為讀寫障礙之學童。表 1 為本研究低識字量學童基本背景資料。為瞭解低識字量學童的認知能力與識字表現，本研究分別以瑞文氏彩色圖形推理測驗（Colored Progressive Matrices，簡稱 CPM）與瑞文氏標準圖形推理測驗（Standard Progressive Matrices，簡稱 SPM）評估三、四年級低識字量學童的認知能力表現；以中文識字量評估測驗評估所有受試者之識字能力。

二、實驗程序與行為評估

本研究包含三個階段，依序為前測階段、介入階段與後測階段。在介入階段，實

表 1 實驗組與控制組基本背景資料

組別	代碼	年級	性別	CPM/SPM	CPM/SPM 百分等級	識字量評估 百分等級
實驗組	S1	四	男	42	55	5~10
實驗組	S2	四	男	41	37	10~15
實驗組	S3	四	女	39	27	1~5
實驗組	S4	四	女	41	45	1~5
實驗組	S5	四	男	39	34	<1
實驗組	S6	四	女	37	25	<1
實驗組	S7	四	女	43	63	1~5
實驗組	S8	四	男	45	68	10~15

表 1 實驗組與控制組基本背景資料 (續)

組別	代碼	年級	性別	CPM/SPM	CPM/SPM 百分等級	識字量評估 百分等級
實驗組	S9	四	女	45	68	1~5
實驗組	S10	四	女	40	39	5~10
實驗組	S11	四	男	43	47	15-20
實驗組	S12	四	男	45	58	1~5
實驗組	S13	四	男	47	79	5~10
實驗組	S14	三	男	19	34	1~5
實驗組	S15	三	男	26	67	1~5
實驗組	S16	三	女	19	28	1~5
實驗組	S17	三	男	21	43	1~5
實驗組	S18	三	男	29	83	1~5
實驗組	S19	三	女	19	28	1~5
實驗組	S20	三	女	21	36	1~5
控制組	S21	四	男	39	27	10~15
控制組	S22	四	男	39	34	10~15
控制組	S23	四	男	39	27	1~5
控制組	S24	四	男	41	37	10~15
控制組	S25	四	男	39	39	10~15
控制組	S26	四	男	43	47	5~10
控制組	S27	四	男	47	70	15-20
控制組	S28	四	男	44	63	1~5
控制組	S29	四	女	40	39	5~10
控制組	S30	四	男	46	63	1~5
控制組	S31	四	男	50	87	10~15
控制組	S32	四	男	43	55	5~10
控制組	S33	四	女	42	50	1~5
控制組	S34	三	男	22	42	1~5
控制組	S35	三	男	24	61	1~5
控制組	S36	三	女	19	28	1~5
控制組	S37	三	男	19	34	1~5
控制組	S38	三	男	23	49	1~5
控制組	S39	三	女	28	84	1~5
控制組	S40	三	男	15	23	1~5

驗組與控制組低識字量學童維持校內的教學課程。唯一差異是實驗組低識字量學童接受八週電腦輔助教學軟體「收割季節」的教學介入，每周三次，一次五分鐘，總介入時間為一百二十分鐘。控制組則未使用「收割季節」。依照受試者年級之不同，三年級學童在前測階段接受瑞文氏彩色圖形推理測驗，四年級學童接受瑞文氏標準圖形推理測驗，以確認其智力表現。在前、後測階段，受試者均以個別方式，接受聲旁表音測驗、教學目標字唸名測驗、識字量評估測驗、常見字流暢性測驗，以此評估電腦輔助教學軟體成效。各個評量測驗說明如下：

1. 瑞文氏彩色圖形推理測驗 / 瑞文氏標準圖形推理測驗

瑞文氏圖形推理測驗旨在評量受試者之推理能力。該測驗包含瑞文氏彩色圖形推理測驗 (Colored Progressive Matrices, 簡稱 CPM)、瑞文氏標準圖形推理測驗 (Standard Progressive Matrices, 簡稱 SPM) 和瑞文氏高級圖形推理測驗 (Advanced Progressive Matrices, 簡稱 APM)。瑞文氏彩色圖形推理測驗 (俞筱鈞, 1993a) 和瑞文氏標準圖形推理測驗 (俞筱鈞, 1993b) 的測驗內容皆為圖案式補充圖形，測驗題目依照難度排列，測驗方式可採團體施測或個別施測。瑞文氏彩色圖形推理測驗適用於國小一年級至三年級學童，分為甲乙丙三組題目，每組各有 12 題，共有 36 題，答對一題得一分，總分 36 分。瑞文氏標準圖形推理測驗適用於國小四到六年級學童，共分為甲、乙、丙、丁、戊五組題目，每組各有 12 題，共 60 題，答對一題得一分，總分 60 分。

2. 聲旁表音測驗

聲旁表音測驗旨在評估國小三年級到國中三年級學童的聲旁表音知識 (洪儷瑜等

人, 2007)。依據聲旁的位置與表音情況，編制測驗題目共 17 題。題目形式為四選一的單選題。測驗可個別施測或團體施測，以限時的方式進行。

3. 教學形聲字唸名測驗

本測驗由研究者自行編製，旨在評估學童對已學目標字的命題精熟度。本研究使用六十組聲旁進行教學介入，隨機從每一組的聲旁表音目標字中，選擇其中一個字，做為測試題目。因此，此教學形聲字唸名測驗共包含六十個中文字，以十乘六的方式呈現於一張 A4 題本上。測驗時，受試者依序從左而右，從上而下，唸出該字發音。正確唸出該字發音即得一分，最高分為 60 分，同時記錄受試者的總唸名時間，以計算其流暢度。

4. 識字量評估測驗

識字量評估測驗旨在推估國小一年級至國中三年級學童之中文識字量 (洪儷瑜等人, 2006a)。測驗沒有時間限制，可個別施測或團體施測。受試者需寫下國字的注音和造詞，兩者皆對才予以記分。依據其得分推估受試者識字量。測驗分為兩個版本，A12 版本適用於國小一、二年級學童；A39 版本則用於國小三年級至國中三年級學童。本研究使用 A39 版本進行測驗。

5. 常見字流暢性測驗

常見字流暢性測驗旨在評估國小一年級到國中三年級學童常見字的識字正確性與流暢性 (洪儷瑜等人, 2006b)。測驗採個別施測進行，先記錄受試者看字讀音的正確字數與讀字所需的總時間。接著，受試者看字造詞。正確性的計算以讀音與造詞皆答對才予給分，流暢性則是計算每分鐘閱讀的正確字數。本測驗分成五個版本，每個版本均有 60 個字。

三、電腦輔助教學軟體「收割季節」

本研究以大腦與語言實驗室資料庫為語料內容，納入中文構字規則知識，包含聲旁表音規則性與表音一致性，結合統計學習的機制與集中識字法的原則，與政治大學機械智能實驗室共同開發電腦輔助教學軟體「收割季節」。在教學教材內容編排上，本研究選出六十組聲旁，每組聲旁包含十個字，其中六個為教學目標字，三個是與教學目標字字形相似的形似混淆字，一個是與教學目標字字音似的音似混淆字。例如：聲旁部件「內」，教學目標字：內、納、衲、訥、鈉、呐；形似混淆字：裕、柄、晚；音似混淆字：那。

在遊戲設計編排上，本研究使用之「收割季節」採用「打地鼠」模式（見圖1左）。遊戲過程中，畫面上方會出現一個部件，中文字會從畫面下方隨機出現，並且同時播放該字的讀音，協助兒童建立中文字形與字音的連結。使用者看到出現的中文字包含此部件時，就必須點擊。每一次點擊後，會立刻給予正確或者錯誤的視覺與聽覺回饋，正確點擊時可得分，點擊錯誤則扣分。當每一組部件的題目結束後，系統畫面會呈現使用者在此題組的答題表現。使用者將滑

鼠移至目標字時，系統會提供一個包含目標字的詞彙，加強該字的相關詞彙知識（見圖1右）。為提高使用者的學習興趣，因此增加遊戲難度與變化性，字呈現的速度分成三種，1，活潑好動：每兩秒出現一個目標字。2，普通：每3秒出現一個目標字。3，行動緩慢：每五秒出現一個目標字。使用者可依自身情況選擇適合的速度進行遊戲。為提高使用者的遊戲動機，選擇速度較快的模式，可獲得之分數也會較高。

在使用「收割季節」時，遊戲後台同時紀錄使用者的遊戲歷程，包含每次進行遊戲所花的時間，選擇何種速度進行遊戲，點擊每個字所需的時間和正確性，以及每個字的學習次數，以此瞭解使用者的學習進展。「收割季節」結合聲、光、影、音的多媒體教材，將抽象的中文形音對應知識以具體的方式呈現，透過互動遊戲的方式提高學童的學習興趣。使用多媒體教材進行教學，縮短教師的教材準備時間，使得教學內容得以標準化，學習者接受相同的訊息。學習者也可依個人需求調整遊戲模式與進行自發性的積極學習。

圖1 左：「收割季節」遊戲畫面；右：「收割季節」遊戲回饋畫面



結果

表 2 為實驗組與控制組在 CPM/SPM、識字量評估測驗、聲旁表音測驗、教學形聲字唸名測驗和常見字流暢性之前測表現。為確認兩組學童在介入前的各項能力是否有差異，本研究先以 *t-test* 檢驗實驗組低識字量學童與控制組低識字量學童在認知能力與前測識字表現是否有顯著組別差異。統計結果顯示，在前測階段實驗組與控制組學童的認知能力與識字表現並無顯著差異（CPM/SPM： $t = -0.01, p = 0.98$ 。識字量評估測驗： $t = -1.48, p = 0.14$ 。聲旁表音測驗： $t = -1.35, p = 0.18$ 。教學形聲字唸名測驗正確性： $t = -1.28, p = 0.20$ 。教學形聲字唸名測驗流暢性： $t = -1.11, p = 0.27$ 。常見字流暢性測驗－正確性： $t = -1.46, p = 0.15$ 。常見字流暢性測驗－流暢性： $t = -1.10, p = 0.27$ 。）。

為探討遊戲的介入的成效，本研究以二因子混合設計變異數分析，以組別（實驗組與控制組）為組間變項，時間（前測與後測）為組內變項，檢視電腦輔助教學軟體「收割季節」對國小低識字量學童在各項識字表現的影響，其結果如圖 2 至圖 5。

在聲旁表音測驗中，二因子混合設計變異數分析結果發現組別與時間的二因子交互作用達顯著水準（ $F(1, 38) = 4.80, p < .05, \eta^2 = 0.11$ ）。單純主要效果檢驗結果發現，實驗組在前、後測表現達顯著水準（ $p < .01$ ），後測表現顯著優於前測表現。控制組則無此差異（見圖 2）。

在教學形聲字唸名測驗的正確率上，二因子混合設計變異數分析結果發現組別與時間的二因子交互作用達顯著水準（ $F(1, 38) = 31.17, p < .001, \eta^2 = 0.45$ ）。單純主要效果檢驗結果發現，實驗組在前、後測表現達顯著水準（ $p < .001$ ），後測表現顯著優於前測表現。控制組則無此差異（見圖 3 左）。在教學形聲字唸名測驗流暢性，二因子混合設計變異數分析結果發現組別與時間的二因子交互作用達顯著水準（ $F(1, 38) = 6.85, p < .05, \eta^2 = 0.15$ ）。單純主要效果檢驗結果發現，實驗組在前、後測表現達顯著水準（ $p < .001$ ），後測表現顯著優於前測表現。控制組則無此差異（見圖 3 右）。

在識字量評估測驗上，二因子混合設計變異數分析結果發現組別與時間的二因子交互作用達顯著水準（ $F(1, 38) = 12.82, p < .001, \eta^2 = 0.25$ ）。單純主要效果檢驗結果發

表 2 實驗組與控制組之認知能力與語言能力

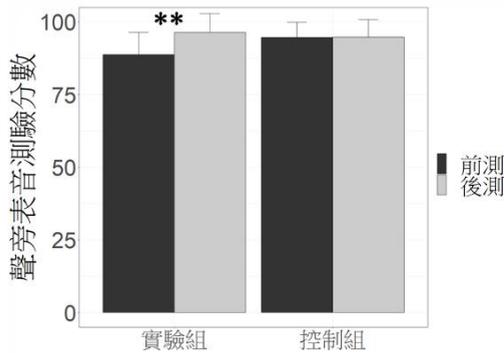
	實驗組平均數（標準差）	控制組平均數（標準差）
CPM/SPM	35.05 (10.34)	35.10 (10.93)
識字量評估測驗	981 (536)	1217 (462)
聲旁表音測驗	88.75 (16.36)	94.70 (10.96)
教學形聲字唸名測驗正確性	33.35 (11.25)	37.95 (11.48)
教學形聲字唸名測驗流暢性	23.15 (11.13)	27.79 (15.01)
常見字正確性	24.55 (12.67)	29.30 (6.97)
常見字流暢性	21.03 (10.70)	25.40 (14.07)

現，實驗組在前、後測表現達顯著水準 ($p < .001$)，後測表現顯著優於前測表現。控制組則無此差異 (見圖 4)。

在常見字流暢性測驗的正確率表現中，二因子混合設計變異數分析結果發現時間的

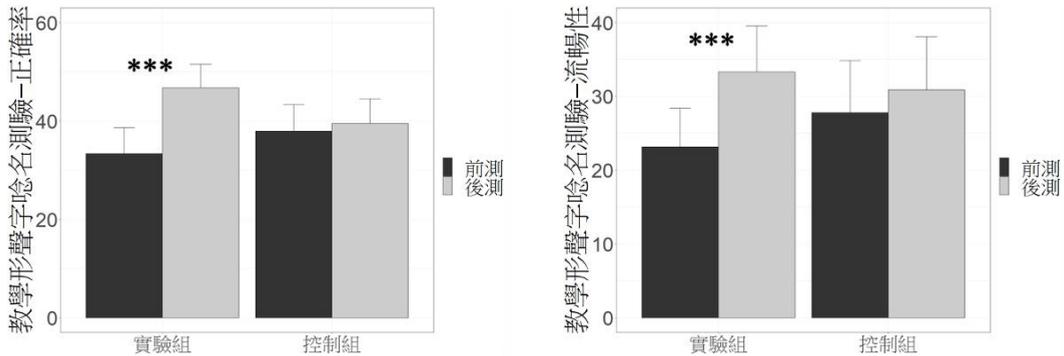
主要效果達顯著 ($F(1, 38) = 10.74, p < .01, \eta^2 = 0.22$) (見圖 5 左)。在常見字流暢性測驗的流暢性表現中，二因子混合設計變異數分析結果指出時間的主要效果達顯著 ($F(1, 38) = 7.91, p < .01, \eta^2 = 0.17$) (見圖 5 右)。

圖 2 實驗組與控制組在聲旁表音測驗的前、後測表現



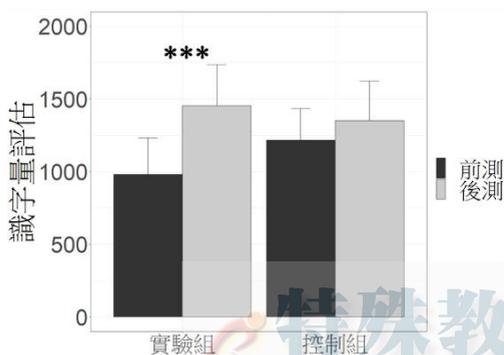
註：** $p < .01$.

圖 3 實驗組與控制組在教學形聲字唸名測驗之正確性 (左) 與流暢性 (右) 的前後、測表現



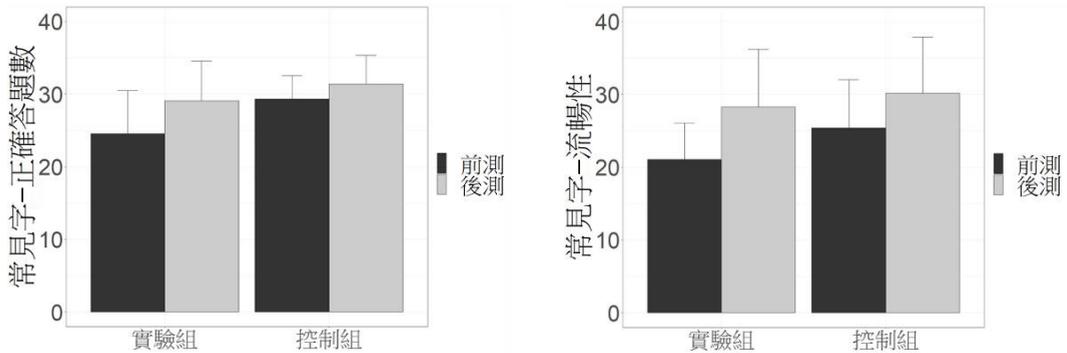
註：*** $p < .001$.

圖 4 實驗組與控制組在識字量評估測驗的前、後測表現



註：*** $p < .001$.

圖 5 實驗組與控制組在常見字流暢性測驗之正確性（左）與流暢性（右）的前、後測表現



綜合討論

本研究旨在探討一個以實徵研究證據為基礎的電腦輔助教學軟體「收割季節」之成效。「收割季節」的設計以結合中文字詞辨識歷程的基礎研究、統計學習與集中識字法的概念，利用打地鼠遊戲為模組，提升學童接觸文字的經驗與加強中文字形與字音的連結。本研究在經過八周的電腦輔助教學軟體「收割季節」介入後，實驗組低識字量學童在聲旁表音測驗、教學形聲字唸名測驗、識字量評估測驗均比前測表現有顯著提升；控制組低識字量學童未接受輔助教學軟體「收割季節」之介入，其前後測表現並無差異。研究結果意謂電腦輔助教學軟體「收割季節」對國小中年級低識字量學童的識字表現有顯著的提升效果。

本研究所使用的電腦輔助教學軟體「收割季節」提供快、中、慢三種遊戲速度讓使用者依自身情況做選擇，避免因遊戲速度過慢或過快而讓使用者失去學習動機。本研究觀察到學童在使用收割季節進行教學介入的初期，因為學習信心尚未建立，普遍選擇以慢速的方式進行遊戲，使得遊戲的分數較

低，累計分數的速度也較慢，使得學童的學習動機難以提升。在研究者給予口頭鼓勵和學童看見自己的分數逐漸增加後，學童更有參與的動力。因此，陪伴者的適時鼓勵與具體的進步表現是提升學習動機的重要因素之一。為了讓分數快速增加，學童會開始選擇以中、快速度進行遊戲，無形中提升學童的學習動機與信心。收割季節的遊戲介面以打地鼠為模板，每一個中文字皆會伴隨該字的發音。實驗組中有兩名學童會在遊戲過程，認真聽取字音，並且說出：「原來這個字是這樣唸」，表示學童從遊戲過程中開始產生自學的現象。遊戲結束後的即時回饋畫面，提供低識字量學童再次檢視當下的遊戲歷程，了解自己答對（正確點擊）與答錯（不該點擊卻點擊、該點擊卻未點擊）的情況。實驗組學童會點選答錯的教材內容，瞭解自己犯錯的內容以釐清錯誤，使得後續得到更高的分數。此外，在即時的回饋畫面中，點選單字的時候不僅出現該字的讀音，也會出現詞彙，使得實驗組學童可以學會如何將這些單字運用到詞彙中。排行榜的設計讓使用者可知自己在遊戲中的分數與排名，以及和其他使用者的差距。實驗組中有七名兒童在進入排行榜前十名後，主動表達想要繼續玩

遊戲，希望能獲取更多分數進入前三名，顯示排行榜的設計能提高學童的遊戲參與動機。綜合上述實驗組低識字量學童的使用者經驗，未來在使用「收割季節」作為教學介入的實施建議如下：首先，在第一次使用時，建立學生需要配戴耳機的使用習慣。老師充分告知學生「收割季節」的使用方式與計分標準。在進行一週後，老師可依學生的學習表現，提醒學生調整遊戲速度可獲得較高的分數與確認排行榜，保持學生的學習動機。當學生掌握單字的讀音後，老師可鼓勵學生利用回饋畫面中所出現的詞彙，除了學習如何將這些字運用到詞彙中，也可進行同音字區辨（例如：歌「謠」與「謠」言）。

在聲旁表音測驗上，實驗組低識字量學童展現顯著的訓練效果，而控制組低識字量學童則無此效果。本研究使用電腦輔助教學軟體「收割季節」是以聲旁為主，實踐集中識字教學法。遊戲過程中每一個中文字出現皆伴隨該字的讀音，加強視覺文字刺激與聽覺語音表徵之間的連結。因此，實驗組低識字量學童在教學介入的過程中，在視覺上不僅會看到聲旁單獨呈現，也會重複且不斷接觸到具有相同聲旁的鄰相字與其對應的語音表徵，進而習得中文聲旁覺識的後設知識，使得實驗組低識字量學童在聲旁表音測驗的後測表現顯著提昇。另外，實驗組低識字量學童在教學形聲字唸名測驗的正確率表現也觀察到顯著的訓練效果，而控制組低識字量學童在前、後測的表現並無差異。可能的原因之一是教學形聲字唸名測驗的中文單字是會出現在電腦輔助教學軟體「收割季節」的教材內容。控制組低識字量學童未使用收割季節，所以沒有接觸這些刺激字的經驗。實驗組低識字量學童從使用「收割季節」中，獲得接觸這些文字的經驗，因此可能也

是實驗組低識字量學童在教學形聲字唸名測驗有顯著的提升效果的原因之一。然而，實驗組低識字量學童在聲旁表音測驗與教學形聲字唸名測驗皆展現顯著的訓練效果，意味實驗組低識字量學童在經過八週的教學介入後，習得聲旁表音知識，將此學習成效遷移至教學形聲字唸名測驗，運用此知識猜測字的讀音，進而提升在教學形聲字唸名測驗上的表現。

在識字量評估測驗，實驗組低識字量學童也發現有顯著的訓練效果。Ziegler 等人（2005）認為形音對應關係透明度影響閱讀發展的速度。形音對應關係透明的芬蘭文或者西班牙文，其音節結構簡單，相同的字母總是對應到相同的音素，因此芬蘭與西班牙的兒童很快就能掌握形素與音素的對應關係。中文形音對應關係的透明度遠低於芬蘭文與西班牙文，使得中文學童需要較多的時間才能掌握中文的形音對應關聯。為了提升中文形音對應關係透明度，本研究在編排「收割季節」的遊戲內容時，從語料庫中選取具有相同聲旁且高表音一致性的形聲字，使得低識字量學童在遊戲過程中所接觸到的鄰項字是具有相同或者相似的發音，並且運用語音編碼的能力掌握中文形音對應關係的原則，習得聲旁覺識的後設知識。因此，當學童在進行識字量評估測驗時，面對不熟悉的生字就可利用聲旁覺識的知識，猜測該字的讀音，以此模式提升識字表現。

在流暢性表現上，實驗組低識字量學童在教學形聲字唸名測驗的後測表現顯著優於前測表現，控制組低識字量學童的前後測表現則無顯著差異。國際讀寫障礙協會（International Dyslexia Association）認為讀寫障礙的核心問題在於聲韻處理能力缺陷，影響閱讀表現的正確性與流暢性（Lyon et

al., 2003)。過去的研究對於教學介入或者補救教學的成效評估大多以正確率為主，對流暢性的討論較少，可能是流暢性表現的進步需要在識字正確性達到一定的程度才可發現 (Karageorgos et al., 2019; Karageorgos et al., 2020)，因此需要較長的介入時間。陳淑麗與曾世杰 (2019) 以國小一年級低成就學童為受試者，進行兩年的國語文補救教學介入。補救教學介入採密集原則，每週上課三至四次，每週六到八節。在教學介入期間，教學督導提供協助，確認教師依照研究設計所編輯的教材進行教學。補救教學的內容包含注音、字詞、流暢性、閱讀理解。識字的教學策略採用「部件教學法」，以部首為主。為增加識字量，再根據生字特性做延伸字學習。陳淑麗與曾世杰發現在補救教學介入進行兩年期間，實驗組的流暢性表現顯著優於控制組；在補救教學結束的後一年追蹤發現仍有保留顯果。本研究以「收割季節」進行教學介入，歷時八週，每週三次，一次五分鐘。實驗組低識字量學童僅接受教學介入總時間一百二十分鐘，其識字流暢性表現顯著提升，和陳淑麗與曾世杰有相同的結果。Chall (1983) 認為隨著閱讀解碼能力的提升，字詞辨識的歷程進入自動化，中年級學童在閱讀發展的重心從「學以讀」(learn to read)，進入為「讀以學」(read to learn)。低識字量或閱讀障礙學童在一開始的解碼能力不佳，造成閱讀表現不佳；進入中年級階段又無法由閱讀中學習，使得識字量遠低於同儕。收割季節在教材內容編排時，選擇以聲旁而非部首或者義旁，作為集中識字的主軸，並且以聲旁結合度大且高表音一致性的中文字做為收割季節的教學介入內容，提升中文形音對應的透明度。利用這些設計原則與教材編排，使得實驗組低識字

量學童能在八周內有效率掌握且運用聲旁表音知識，增進文字辨識的自動化歷程，提升其流暢性表現。另外，「收割季節」的遊戲設計提供快、中、慢等三種文字呈現速度，也是實驗組低識字量學童在流暢性表現有顯著進步的可能原因。

曾郁琳與李佳穎 (2012) 以國小四、五、六年級閱讀正常發展學童為對象，探討中文形音對應一致性的發展趨勢。實驗結果發現國小四年級學童在唸名規則字時 (例如：棋、淇)，先發現中文形音對應一致性的效果；唸名不規則字 (例如：讀、瀆) 的一致性效果要到五年級才會發現。對於聲旁無法單獨成字的形聲字，則要到六年級才可觀察到穩定的一致性效果。因此，聲旁表音規則性與聲旁是否可單獨成字皆會影響中文表音一致性的發展趨勢。為使低識字量學童能夠有效率掌握聲旁覺知的後設知識，在課程設計與教材編撰時，應先以規則字作為集中識字的教學內容，讓低識字量學童了解聲旁的功能，再依序以不規則字和聲旁無法單獨成字的形聲字為教學目標，使教學內容符合中文識字發展的認知歷程，讓低識字量學童能夠有效率識字。

在介入階段中，實驗組與控制組低識字量學童都接受原本校內的教學課程，所以可假定這兩組學童在原有教學活動中接觸文字的經驗相同。唯一的差異在於實驗組接受八週「收割季節」的教學介入活動。因此，當實驗組低識字量學童展現顯著的教學介入效果，可推論電腦輔助教學軟體「收割季節」能協助兒童提升其識字表現。然而，本研究中控制組低識字量學童未接受額外的教學介入，因此將識字表現的提升歸因於電腦輔助教學軟體「收割季節」須格外謹慎。為避免控制組學童因未接受教學介入而造成電腦輔

助教學軟體「收割季節」的侷限性，未來研究上可藉由實驗操弄，使控制組與實驗組對文字的接觸經驗是相同。如：控制組學童同樣使用打地鼠模組，以集中識字策略，使用不同的標的，進行教學介入，以此瞭解聲旁在中文識字發展過程所扮演的角色。例如：將目標部件以黃色墨水呈現。當出現單字的字體顏色是黃色，使用者點擊以獲得分數；反之，當使用者點擊字體顏色為藍色的單字時，就會扣分。

集中識字法是目前在教學現場最常用來增進識字表現的補救教學方法。本研究以聲旁部件為主進行集中識字，作為教學介入的目標。經過八週的教學訓練，低識字量學童的識字正確率與流暢性均有顯著的提升。過去以義旁作為集中識字教學的研究也發現顯著的教學訓練效果（洪儷瑜、黃冠穎，2006；陳淑麗、曾世杰，2019）。閱讀習得是利用文字符號來表徵語音，透過語音的媒介進而獲得語意概念的過程。中文的形聲字通常是由聲旁跟義旁組成，聲旁提供讀音的線索，義旁則負責語意概念。因此，集中識字教學若以聲旁進行教學，其成效會顯著大於以義旁作為集中識字教學的教學介入。未來的研究可使用同一組中文字，分別以聲旁和義旁進行集中識字法教學，以瞭解聲旁和義旁兩種部件對於識字正確性與流暢性之助益。

參考文獻

- 王瓊珠（2012）：台灣中文字詞教學研究之文獻回顧與展望。教育心理學報，44（2），253-272。[Wang, C.-C. (2012). Review of literature in character and vocabulary instruction studies in Taiwan. *Bulletin of Educational Psychology*, 44(2), 253-272.]
<https://doi.org/10.6251/BEP.20111109>
- 李佳穎（2009）：中文識字的認知與神經基礎。基礎教育學報，18（2），63-85。[Lee, C.-Y. (2009). The cognitive and neural basis for learning to read Chinese. *Journal of Basic Education*, 18(2), 63-85.]
- 俞筱鈞（修訂）（1993a）：瑞文氏彩色圖形推理測驗。中國行為科學社。[Yu, X.-J., (1993a). *Raven's Colored Progressive Matrices-revised*. Chinese Behavioral Science.]
- 俞筱鈞（修訂）（1993b）：瑞文氏標準圖形推理測驗。中國行為科學社。[Yu, X.-J., (1993b). *Raven's Standard Progressive Matrices-revised*. Chinese Behavioral Science.]
- 洪儷瑜、方金雅、陳慶順（2007）：部首表義測驗使用手冊。教育部特殊教育工作小組。[Hung, L.-Y., Fang, C.-Y., & Chen, C.-S. (2007). *The manual of semantic radical test*. Special Education Unit of Ministry of Education.]
- 洪儷瑜、王瓊珠、張郁雯、陳秀芬（2006a）：識字量評估測驗。教育部。[Hung, L.-Y., Wang, C.-C., Chang, Y.-W., & Chen, H.-F. (2006a). *The Assessment of Chinese Character Lists for Graders*. Ministry of Education.]
- 洪儷瑜、王瓊珠、張郁雯、陳秀芬（2006b）：常見字流暢性測驗。教育部。[Hung, L.-Y., Wang, C.-C., Chang, Y.-W., & Chen, H.-F. (2006b). *The Assessment of Sight-word Reading and Fluency*. Ministry of Education.]

- 洪儷瑜、黃冠穎 (2006)：兩種取向的部件識字教學法對國小低年級語文低成就學生之成效比較。特殊教育研究學刊，(31)，43-71。[Hung, L.-Y., & Huang, K.-Y. (2006). Two different approaches to radical-based remedial Chinese reading for low-achieving beginning readers in primary school. *Bulletin of Special Education*, 31, 43-71.]
<https://doi.org/10.6172/BSE200609.3101003>
- 張新仁、韓孟蓉 (2004)：不同識字教學法對國小低年級學生識字教學成效之研究。教育學刊，(22)，71-88。[Chang, H.-R., & Han, M.-R. (2004). The effects of different word recognition teaching methods for lower grade elementary school students. *Educational Review*, 22, 71-88.]
<https://doi.org/10.6450/ER.200406.0071>
- 陳淑麗、曾世杰 (2019)：國語文補救教學長期介入對低年級低成就學生的影響。教育研究與發展期，15(2)，57-88。[Chen, S.-L., & Tzeng, S.-J. (2019). The effect of a long-term chinese reading intervention program on primary grade students' reading growth. *Journal of Educational Research and Development*, 15(2), 57-88]
<https://doi.org/10.6151/CERQ.2012.2004.02>
- 曾郁琳、李佳穎 (2012)：國小學童習得中文形音對應一致性的發展性研究。當代教育研究季刊，20(4)，45-84。[Tzeng, Y.-L., & Lee, C.-Y. (2012). The developmental trajectories of orthography-to-phonology mapping consistency in learning to read Chinese. *Contemporary Educational Research Quarterly*, 20(4), 45-84.]
<https://doi.org/10.6151/CERQ.2012.2004.02>
- 蘇宜芬、簡邦宗、楊政育、陳學志 (2008)：認字補救學習系統之建立與效果評估研究。教育心理學報，39(4)，589-601。[Su, Y.-F., Chien, P.-T., Yang, J.-Y., & Chen, H.-C., (2008). Computer-assisted learning system for Chinese character decoding automaticity: Implementation and evaluation. *Bulletin of Educational Psychology*, 39(4), 589-601.]
<https://doi.org/10.6251/BEP.20071226>
- Apfelbaum, K. S., Hazeltine, E., & McMurray, B. (2013). Statistical learning in reading: Variability in irrelevant letters helps children learn phonics skills. *Developmental Psychology*, 49(7), 1348-1365.
<https://doi.org/10.6251/BEP.20071226>
- Arciuli, J., Monaghan, P., & Seva, N. (2010). Learning to assign lexical stress during reading aloud: Corpus, behavioral, and computational investigations. *Journal of Memory and Language*, 63(2), 180-196.
<https://doi.org/10.1016/j.jml.2010.03.005>
- Armstrong, B. C., Dumay, N., Kim, W., & Pitt, M. A. (2017). Generalization from newly learned words reveals structural properties of the human reading system. *Journal of Experimental Psychology: General*, 146(2), 227-249.
<https://doi.org/10.1037/xge0000257>
- Aslin, R. N., Saffran, J. R., & Newport, E. L. (1998). Computation of conditional probability statistics by 8-month-old infants. *Psychological Science*, 9(4), 321-324.
<https://doi.org/10.1111/1467-9280.00063>
- Barnea, A., & Breznitz, Z. (1998). Phonological and orthographic processing of Hebrew

- words: Electrophysiological aspects. *The Journal of Genetic Psychology*, 159(4), 492-504.
<https://doi.org/10.1080/00221329809596166>
- Bentin, S., Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M. H., Echallier, J. F., & Pernier, J. (1999). ERP manifestations of processing printed words at different psycholinguistic levels: Time course and scalp distribution. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(3), 235-260.
<https://doi.org/10.1162/089892999563373>
- Brooks, P. J., & Kempe, V. (2013). Individual differences in adult foreign language learning: The mediating effect of metalinguistic awareness. *Memory & Cognition*, 41(2), 281-296.
<https://doi.org/10.3758/s13421-012-0262-9>
- Chall, J. S. (1983). *Stages of reading development*. McGraw-Hill.
- Chall, J. S., & Popp, H. M. (1996). *Teaching and assessing phonics: Why, what, when, how : A guide for teachers*. Education Pub. Service.
- Chang, Y. N., Hsu, C. H., Tsai, J. L., Chen, C. L., & Lee, C. Y. (2016). A psycholinguistic database for traditional Chinese character naming. *Behavior Research Methods*, 48(1), 112-122.
<https://doi.org/10.3758/s13428-014-0559-7>
- Chang, Y. N., & Lee, C. Y. (2018). Semantic ambiguity effects on traditional Chinese character naming: A corpus-based approach. *Behavior Research Methods*, 50(6), 2292-2304.
<https://doi.org/10.3758/s13428-017-0993-4>
- Chang, Y. N., & Lee, C. Y. (2020). Age of acquisition effects on traditional Chinese character naming and lexical decision. *Psychonomic Bulletin & Review*, 27(6), 1317-1324.
<https://doi.org/10.3758/s13423-020-01787-8>
- Chen, M. J., & Weekes, B. S. (2004). Effects of semantic radicals on Chinese character categorization and character decision. *Chinese Journal of Psychology*, 46(2&3), 181-196.
<https://doi.org/10.6129/CJP.2004.460203.07>
- Erickson, L. C., & Thiessen, E. D. (2015). Statistical learning of language: Theory, validity, and predictions of a statistical learning account of language acquisition. *Developmental Review*, 37, 66-108.
<https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.05.002>
- Fowler, C. A., Liberman, I. Y., & Shankweiler, D. (1977). On interpreting the error pattern in beginning reading. *Language and Speech*, 20(2), 162-173.
<https://doi.org/10.1177/002383097702000208>
- Friederici, A. D., & Wessels, J. M. (1993). Phonotactic knowledge of word boundaries and its use in infant speech perception. *Perception & Psychophysics*, 54(3), 287-295.
<https://doi.org/10.3758/BF03205263>
- Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2005). Phonotactic knowledge and lexical-semantic processing in one-year-olds: Brain responses to words and nonsense words in picture contexts. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(11), 1785-1802.
<https://doi.org/10.1162/089892905774589172>
- Goodsitt, J. V., Morgan, J. L., & Kuhl, P. K. (1993). Perceptual strategies in prelingual speech segmentation. *Journal of Child Language*,

- 20(2), 229-252.
<https://doi.org/10.1017/S0305000900008266>
- Goswami, U., Ziegler, J. C., & Richardson, U. (2005). The effects of spelling consistency on phonological awareness: A comparison of English and German. *Journal of Experimental Child Psychology, 92*(4), 345-365.
<https://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.06.002>
- Gouvea, A. C., Phillips, C., Kazanina, N., & Poeppel, D. (2010). The linguistic processes underlying the P600. *Language and Cognitive Processes, 25*(2), 149-188.
<https://doi.org/10.1080/01690960902965951>
- Granena, G. (2013). Individual differences in sequence learning ability and second language acquisition in early childhood and adulthood. *Language Learning, 63*(4), 665-703.
<https://doi.org/10.1111/lang.12018>
- Hagoort, P., & Brown, C. M. (2000). ERP effects of listening to speech compared to reading: the P600/SPS to syntactic violations in spoken sentences and rapid serial visual presentation. *Neuropsychologia, 38*(11), 1531-1549.
[https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(00\)00053-1](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(00)00053-1)
- Hsu, C. H., Tsai, J. L., Lee, C. Y., & Tzeng, O. J. L. (2009). Orthographic combinability and phonological consistency effects in reading Chinese phonograms: An event-related potential study. *Brain and Language, 108*(1), 56-66.
<https://doi.org/10.1016/j.bandl.2008.09.002>
- Hsu, C. H., Wu, Y. N., & Lee, C. Y. (2021). Effects of phonological consistency and semantic radical combinability on N170 and P200 in the reading of Chinese phonograms. *Front Psychol, 12*, 603878.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.603878>
- Jared, D. (2002). Spelling-sound consistency and regularity effects in word naming. *Journal of Memory and Language, 46*(4), 723-750.
<https://doi.org/10.1006/jmla.2001.2827>
- Jared, D., McRae, K., & Seidenberg, M. S. (1990). The basis of consistency effects in word naming. *Journal of Memory and Language, 29*(6), 687-715.
[https://doi.org/10.1016/0749-596X\(90\)90044-Z](https://doi.org/10.1016/0749-596X(90)90044-Z)
- Johnson, E. K., & Jusczyk, P. W. (2001). Word segmentation by 8-month-olds: When speech cues count more than statistics. *Journal of Memory and Language, 44*(4), 548-567.
<https://doi.org/10.1006/jmla.2000.2755>
- Karageorgos, P., Müller, B., & Richter, T. (2019). Modelling the relationship of accurate and fluent word recognition in primary school. *Learning and Individual Differences, 76*, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.101779>
- Karageorgos, P., Richter, T., Haffmans, M. B., Schindler, J., & Naumann, J. (2020). The role of word-recognition accuracy in the development of word-recognition speed and reading comprehension in primary school: A longitudinal examination. *Cognitive Development, 56*, 1-13.
<https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2020.100949>
- Kutas, M., & Federmeier, K. D. (2011). Thirty years and counting: Finding meaning in the N400 component of the event-related

- brain potential (ERP). *Annual Review of Psychology*, 62, 621-647.
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.131123>
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307(5947), 161-163.
<https://doi.org/10.1038/307161a0>
- Lee, C. Y. (2011). The statistical learning perspective on Chinese reading. In P. McCardle, B. Miller, J. R. Lee, & O. J. L. Tzeng (Eds.), *Dyslexia across languages: Orthography and the brain-gene-behavior link* (pp. 44-61). Paul H Brookes Publishing.
- Lee, C. Y. (2019). Chinese Reading Acquisition. In C. R. Huang, J. S. Zhuo, & B. Meisterernst (Eds.), *The Routledge Handbook of Chinese Applied Linguistics* (pp. 645-658). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315625157-41>
- Lee, C. Y., Huang, H. W., Kuo, W. J., Tsai, J. L., & Tzeng, J. L. O. (2010). Cognitive and neural basis of the consistency and lexicality effects in reading Chinese. *Journal of Neurolinguistics*, 23(1), 10-27.
<https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2009.07.003>
- Lee, C. Y., Tsai, J. L., Su, E. C. I., Tzeng, O. J. L., & Hung, D. L. (2005). Consistency, regularity, and frequency effects in naming Chinese characters. *Language and Linguistics*, 6(1), 75-107.
- Lee, C. Y., Tsai, J. L., Chan, W. H., Hsu, C. H., Hung, D. L., & Tzeng, O. J. L. (2007). Temporal dynamics of the consistency effect in reading Chinese: An event-related potentials study. *Neuroreport*, 18(2), 147-151.
<https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e328010d4e4>
- Li, M. F., & Su, Y. F. (2018). Psycholinguistic properties of Chinese characters in primary school corpora of Taiwan. *Bulletin of Educational Psychology*, 49(4), 637-662.
[https://doi.org/10.6251/BEP.201806_49\(4\).0006](https://doi.org/10.6251/BEP.201806_49(4).0006)
- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of Dyslexia*, 53(1), 1-14.
<https://doi.org/10.1007/s11881-003-0001-9>
- Maurer, U., Brandeis, D., & McCandliss, B. D. (2005). Fast, visual specialization for reading in English revealed by the topography of the N170 ERP response. *Behavioral and Brain Functions*, 1(1), 13.
<https://doi.org/10.1186/1744-9081-1-13>
- Maye, J., Werker, J. F., & Gerken, L. (2002). Infant sensitivity to distributional information can affect phonetic discrimination. *Cognition*, 82(3), B101-B111.
[https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(01\)00157-3](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(01)00157-3)
- Mechelli, A., Gorno-Tempini, M. L., & Price, C. J. (2003). Neuroimaging studies of word and pseudoword reading: Consistencies, inconsistencies, and limitations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(2), 260-271.
<https://doi.org/10.1162/089892903321208196>
- Näslund, J. C. (1999). Phonemic and graphemic consistency: Effects on decoding for German and American children. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 11(2), 129-152.
- New, B., Araújo, V., & Nazzi, T. (2008). Differential processing of consonants and vowels in lexical access through reading. *Psychological Science*, 19(12), 1223-1227.

- <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02228.x>
- Osterhout, L., & Holcomb, P. J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *Journal of Memory and Language*, 31(6), 785-806.
[https://doi.org/10.1016/0749-596X\(92\)90039-Z](https://doi.org/10.1016/0749-596X(92)90039-Z)
- Pacton, S., Perruchet, P., Fayol, M., & Cleeremans, A. (2001). Implicit learning out of the lab: the case of orthographic regularities. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(3), 401-426.
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.3.401>
- Paulesu, E., McCrory, E., Fazio, F., Menoncello, L., Brunswick, N., Cappa, S. F., Cotelli, M., Cossu, G., Corte, F., Lorusso, M., Pesenti, S., Gallagher, A., Perani, D., Price, C., Frith, C. D., & Frith, U. (2000). A cultural effect on brain function. *Nature Neuroscience*, 3(1), 91-96.
<https://doi.org/10.1038/71163>
- Saffran, J. R., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274(5294), 1926-1928.
<https://doi.org/10.1126/science.274.5294.1926>
- Saffran, J. R., & Wilson, D. P. (2003). From syllables to syntax: Multilevel statistical learning by 12-month-old infants. *Infancy*, 4(2), 273-284.
https://doi.org/10.1207/S15327078IN0402_07
- Sereno, S. C., Rayner, K., & Posner, M. I. (1998). Establishing a time-line of word recognition: Evidence from eye movements and event-related potentials. *Neuroreport*, 9(10), 2195-2200.
<https://doi.org/10.1097/00001756-199807130-00009>
- Seymour, P. H., Aro, M., & Erskine, J. M. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94(2), 143-174.
<https://doi.org/10.1348/000712603321661859>
- Shu, H., Anderson, R. C., & Wu, N. (2000). Phonetic awareness: Knowledge of orthography-phonology relationships in the character acquisition of Chinese children. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 56-62.
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.92.1.56>
- Shu, H., Chen, X., Anderson, R. C., Wu, N., & Xuan, Y. (2003). Properties of school Chinese: Implications for learning to read. *Child Development*, 74(1), 27-47.
<https://doi.org/10.1111/1467-8624.00519>
- Snowling, M. J. (2000). *Dyslexia*. (2nd ed.). Blackwell Publishing.
- Thompson, S. P., & Newport, E. L. (2007). Statistical learning of syntax: The role of transitional probability. *Language Learning and Development*, 3(1), 1-42.
<https://doi.org/10.1080/15475440709336999>
- Tomasello, M. (2000). First steps toward a usage-based theory of language acquisition. *Cognitive Linguistics*, 11(1-2), 61-82.
<https://doi.org/10.1515/cogl.2001.012>
- Tzeng, Y. L., Hsu, C. H., Lin, W. H., & Lee, C. Y. (2018). Impaired orthographic processing in Chinese dyslexic children: Evidence from the lexicality effect on N400. *Scientific Studies of Reading*, 22(1), 85-100.
<https://doi.org/10.1080/10888438.2017.1353996>

- Van Petten, C., & Kutas, M. (1990). Interactions between sentence context and word frequency in event-related brain potentials. *Memory & Cognition, 18*(4), 380-393.
<https://doi.org/10.3758/BF03197127>
- Weber, C., Hahne, A., Friedrich, M., & Friederici, A. D. (2004). Discrimination of word stress in early infant perception: Electrophysiological evidence. *Cognitive brain research, 18*(2), 149-161.
<https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2003.10.001>
- Ziegler, J. C., & Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin, 131*(1), 3-29.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.3>

收稿日期：2023.08.14

接受日期：2024.02.21

Efficacy of multimedia phonetic radical training for elementary school students with poor reading ability

Yu-Lin Tzeng
Postdoctoral Fellow,
Institute of Linguistics,
Academia Sinica

Yung-Chun Chung
Teacher,
Taipei City West District
Special Education
Resource Center

Hsiao-Lan Sharon
Wang
Associate Professor,
Dept. of Special Education,
National Taiwan Normal
University

Chia-Ying Lee*
Research Fellow,
Institute of Linguistics,
Academia Sinica / Institute
of Cognitive Neuroscience,
National Central University
/ Research Center for
Mind, Brain, and Learning,
National Chengchi
University

Abstract

Rationale & Purpose: This study investigated the effectiveness of Harvest Festival, an interactive game based on the principle of statistical learning, in facilitating children's acquisition of Chinese characters. Research has demonstrated that learners can pick up the statistical structure of elements from auditory or visual inputs, including their distribution, frequency, and co-occurrence probability. Statistical learning plays a crucial role in various aspects of language acquisition, from word segmentation, phonological and orthographic awareness, to syntactic learning. Reading acquisition is a process that involves understanding how orthographic forms represent speech. Orthographic transparency varies across writing systems. However, psycholinguistic grain size theory posits that, in general, learning to read is a statistical learning process that aims to find the optimal mapping consistency and shared grain size between phonology and orthography. Chinese is often classified as a logographic writing system. Chinese characters, the basic writing unit, are composed of radicals and map onto a single-syllable morpheme rather than a phoneme in the spoken language. Corpus analysis indicates that approximately 80% of Chinese characters are phonograms (i.e., 踩, /cai3/, "to step on"), combining a semantic radical (i.e., 足, /zu2/, "foot") and a phonetic radical (i.e., 采, /cai3/, "gathering") to provide clues regarding each character's meaning and pronunciation. Studies on Chinese reading acquisition have used phonetic consistency to reflect the reliability of phonetic radicals in providing pronunciation clues for their phonograms.

Many studies have evidenced the consistency effect on Chinese word recognition, indicating that Chinese characters are learned through a universal statistical learning mechanism. For example, 搖 /yao2/ has six orthographic neighbors, namely 鷓, 瑤, 遙, 搖, 搖, and 謠. These neighbors are “friends” of 搖 because they have the same pronunciation. Similarly, 流 /liu2/ has five orthographic neighbors. However, only two of these neighbors, that is, 琉 /liu2/ and 硫 /liu2/ but not 梳 /shu1/, 疏 /shu1/, or 毓 /yu4/, are “friends” of 流. Therefore, characters such as 搖 and their orthographic neighbors are referred to as high-consistency characters (consistency index = 1). In contrast, characters such as 流, 琉, and 硫 are referred to as low-consistency characters (consistency index = 0.33). Behavioral studies have demonstrated the consistency effect in naming Chinese characters, with high-consistency characters named more quickly and accurately than low-consistency characters, particularly low-frequency characters. Moreover, the consistency effect was mainly found in phonograms with large orthographic neighborhoods. Tzeng and Lee (2012) explored the developmental trajectories through which children acquire orthographic knowledge of Chinese phonetic radicals. These results revealed that the consistency effect emerged in fourth-graders in reading and supported that repeated exposure to a phonetic radical and its associated pronunciations is essential for developing the metalinguistic knowledge for reading Chinese. However, approximately 2% to 10% of children struggle to learn to read Chinese. Harvest Festival, modified from the What-A-Male game, is designed to help children acquire the mapping between phonogram and the phonetic radical. In each training session, a target phonetic radical, selected from a Chinese psycholinguistic database, is presented at the top of the screen. Chinese phonograms either carry with this target phonetic radical or not would pop out on the screen. Players would hear the character’s pronunciation and be asked to click on those phonograms with the target phonetic radical as quickly as possible, regardless of whether they knew them. The players received immediate and accurate feedback during the interactive process and received repeated exposure to a set of phonetic radicals and their associated pronunciations. To evaluate the effectiveness of Harvest Festival, third- and fourth-grade students with poor reading ability were invited to participate in the current study. Only half of these students received training for 8 weeks. Tests for Chinese reading proficiency were conducted before and after training. The study predicted that the children who received Harvest Festival training would enhance their metalinguistic understanding of the statistical properties of Chinese phonetic radicals, including radical position and phonetic consistency, which would improve their performance on related assessments. **Methods:** 40 third- and fourth-grade students with normal intelligence but ranking below the 25th percentile

in the Assessment of Chinese Character Lists (Hung et al., 2006a) participated in this study. These students were divided into experimental and control groups by matching their reading ability. The two groups continued to receive their standard daily school instruction, but the experimental group received additional Harvest Festival training for 8 weeks (three sessions per week, 5 minutes per session). To evaluate the effectiveness of the Harvest Festival on Chinese character learning, both groups were administered a set of tests, including the phonetic radical test (Hung et al., 2007), the Self-developed test to measure the target characters' reading accuracy and fluency, the Assessment of Chinese Character Lists (Hung et al., 2006a) and the Assessment of Sight-Word Reading and Fluency (Hung et al., 2006b) in the pre- and post-training. **Findings:** Two-way mixed-design analysis of variance (groups: experimental and control; time: pretest and posttest) was conducted to evaluate the changes in the students' reading performance before and after training. Significant interaction effects between group and time were found in the phonetic radical test, self-developed test, and Assessment of Chinese Character Lists, which revealed differences in accuracy. The significant interaction effect was also identified in reading fluency on the self-developed test. Post hoc analysis revealed that the significant difference observed in reading performance before and after training only occurred in the experimental group. **Conclusions/Implementations:** Our findings that the experimental group revealed significant training effects in reading performance suggest that the Harvest Festival effectively enhances reading performance. After eight weeks of training, children with poor reading ability acquired the metalinguistic knowledge of Chinese phonetic radicals and the relationship between phonetic radicals and characters. With sufficient exposure to the phonetic radical and the associated pronunciations, children gradually enable automatization in decoding and thus enhance reading fluency. This study demonstrates that statistical learning is crucial in language acquisition, especially for children with poor reading ability. Future curriculum design and computer-based instruction should incorporate the principles of statistical learning into teaching practices.

Keywords: Chinese reading acquisition, computer-assisted instruction, phonetic consistency, phonetic radical, statistical learning

