

發展與效化自我調節學習外來種生物議題量表

林樹聲*

國立嘉義大學 數理教育所

摘要

「自我調節學習能力」是個人自主學習的一個特質，學生若能展現自我調節的學習能力，除了符合已具備功能性的科學素養之外，也代表個體能運用後設認知的高層次思考能力在學習某一主題。有鑑於科學教育領域倡導學習社會性科學議題(Socioscientific Issue, SSI)多時，但國內沒有對應自我調節學習某個SSI議題的量表出現，再加上為了協助國小高年級學生檢視自己學習「外來種生物議題」的狀況，本研究旨在發展國小層級「自我調節學習外來種生物議題量表」。試題在確認內容效度、表面效度後，研究者以便利取樣的方式，選取臺北市、新北市、新竹市、臺中市、南投縣、彰化縣、嘉義縣、嘉義市、臺南市等地區的國小六年級學生填寫，有效樣本406人，以此進行項目分析和探索性因素分析；之後再商請上述各地區其他國小六年級學生填寫問卷，有效樣本666人，以此進行驗證性因素分析。分析結果證實本量表具有良好的構面和整體適配度。效化後的量表共15題，擷取出的三個構面和題數分別是：外來種生物議題的「學習動力」四題、「行動策略」八題、「反思收穫」三題。全量表的信度值Cronbach's α 為.86 ($N = 406$)，分量表分別為.69、.85、.63，量表能解釋整體變異量達52.38%。

關鍵詞：外來種生物議題、自我調節學習、國小學生、量表

壹、背景和動機

十二年國民基本教育的實施，為臺灣教育注入了一股新的氣象與改革。而課程總綱倡導「自發、互動、共好」的理念，強調教育實踐的目標之一是營造「學生為主體」的教學和學習氛圍、環境，由此培養學生成為主動自發的「自主學習者」(教育部，2018)。而自主學習者的特質之一即是不僅能發揮內在動機，主動學習自己有興趣的主題，而且

更能在學習之中展現「自我調節學習的能力」(Nicol & Macfarlane-Dick, 2006)。

「自我調節學習能力」一直受到教育和科學教育界的重視，原因是過去的研究發現此一能力會影響學生的學科學習，或與學生學習的一些變項有關。例如：閱讀理解過程中概念和知識的獲得(Azevedo, Guthrie, & Seibert, 2004)、科學或數學的學習成就(Eilam, Zeidner, & Aharon, 2009; Muis, Psaradellis, Chevrier, Leo, & Lajoie, 2016)、科學學習策

*通訊作者：林樹聲，lin-s-s@mail.ncyu.edu.tw

(投稿日期：民國110年7月5日，修訂日期：民國110年12月22日，接受日期：民國110年12月22日)

略的採用(Li, Zheng, Liang, Zhang, & Tsai, 2018)等。換言之，此一綜合性的能力，代表學習者自身能不能對於自己學習的狀況有所覺知、計畫和掌握，進而監測和調控自己的學習進度與歷程，以便達成學習目標(Zimmerman, 1998)。

自我調節學習能力在幼兒時期就已經發展出來(Montroy, Bowles, Skibbe, McClelland, & Morrison, 2016)，再加上它可透過教導和學習而得(Paris & Paris, 2001)，所以如何在學生成長和學習的過程中，幫助學生將此一能力發展得更好，進而讓學生更順利的自主學習科學，並肯定自我調節學習對自己的重要性，亦是教育工作者的責任之一。Weinstein, Acee與Jung (2011)就強調要瞭解學生自我調節學習的情況和能力的表現，勢必就要憑藉評量工具來量測，我們才有辦法根據評量結果設計教學和方法、營造合宜的環境來提升學生此一能力。

事實上，過去國內、外教育或科學教育領域已發展了一些評量學生自我調節學習能力的工具，多數工具主要在調查學生「一般性」(general)的自我調節學習傾向或能力，意即沒有針對任何一個主題、學科或情境(例如：陳志恆、林清文，2008；程炳林、林清山，2001；Cavas, Arslan-Cansever, & Ünver, 2020; Erdogan & Senemoglu, 2016; Pintrich, Smith, Garcia, & McKeachie, 1991; Roth, Ogrin, & Schmitz, 2016)，只有一些針對特定學科或主題，例如：數學解題(許家驊，2008)、合作式問題解決(Law, Ge, & Eseryel, 2016)。同時，雖然有些研究發展科學學習的自我調節學習量表(Cleary, 2006; Velayutham, Aldridge, & Fraser, 2011)，但並沒有針對自然科學領域中的特定學科，或者學科中的特定主題。

Boekaerts, Pintrich與Zeidner (2000)建議自

我調節學習的量測，有必要針對特定主題或任務來設計，若沒有這樣，他們認為學生在填寫此類量表時，並不容易聚焦，易流於泛泛且盲目的勾選。換言之，有主題做思考，對於處在具體運思期的國小學生來說會更為明確。而Alexander (1995)曾論述自我調節能力具有情境相依的特性，學生會隨著主題、學科、任務的不同，展現不盡相同的情況；Lee與Brophy (1996)也表示學生對於不同的主題或學科，會表現出不同的學習動機和期望，而此二因素是影響個人採取自我調節行動和學習策略的兩大關鍵(Pintrich, 2000; Pintrich & De Groot, 1990)。

再者，小學階段是加強自我調節學習能力的重要時機，然而此一學習階段的自我調節學習量表不但少見(Cavas et al., 2020)，而且以科學主題為自我調節學習目標同時為中文版本的量表，更是付之闕如。所以，若試圖發展小學階段、中文版的自我調節學習量表，有什麼科學主題適合呢？

我國十二年國民教育自然科領域課程綱要，建議六年級必須教導有關生態、環境方面的概念與知識，其中涵蓋了「外來種生物」議題，所以不論哪一個版本的國小自然科教科書，在設計和呈現此一單元時，內容幾乎都會包含外來種生物是什麼、臺灣有哪些外來種生物、外來種生物對生活、社會、環境和生態的影響等。此一議題因為涉及多元面向的討論，不同立場的論述又有相互衝突的論點，屬於爭議性的社會性科學議題(Socioscientific Issue, SSI)，因此學習的過程中，可促進學生思考兩難的問題，發展高層次的思考能力，並能加強未來公民審慎面對SSI做決定(Zeidler, Herman, & Sadler, 2019)。所以，以外來種生物議題作為發展自我調節學習能力量表的主題，一方面符合國小學生的學習和認知範圍，另一方面教師也能藉此

瞭解學生在學習此一議題時，自我調節學習行為和策略上有何不足，進而採取策略做強化，幫助學生建立自我調節學習的動機、信心、能力和行動，為終身學習打下基礎。

貳、研究目的和待答問題

有鑑於上述的研究背景和動機，再加上量表的發展通常會從探索型和驗證性因素分析著手證明其信度和效度(Taherdoost, 2016)，所以在本研究的目的「發展和效化國小高年級層級的自我調節學習外來種生物議題量表」之下，待探究的問題包括：

- 一、探索性因素分析下，自我調節學習外來種生物議題量表由多少構面(dimensions)組成？每一個構面之下，各有多少試題？
- 二、驗證性因素分析下，此量表適配度如何？

參、理論基礎

一、自我調節學習、能力與其涵蓋的變項

所謂的「自我調節學習」是指個人為了達成自己設定的目標，調控自己的學習行為之歷程，基本上是個體的認知、動機、行為和環境四者互動的結果(Bandura, 1986)；同時，自我調節學習也是個人特質、能力的一部分，整個歷程更是自己主動建構(Pintrich, 2000)、自我導向(self-directive)、自我產生的(self-generative) (Zimmerman, 2002b)，具有隨時做修正、調整的動態性(Neal, Ballard, & Vancouver, 2017; Schapiro & Livingston, 2000)。Zimmerman (2000, 2002a)指出自我調節學習是個人對某個任務或主題產生學習興趣與動機，然後有意識地開始設定目標、建構相關的知識和計畫，接著採取適切的學習策略、定時監控自己學習的狀況和歷

程，最後評鑑和反省是否達成目標，再進行下一個自我調節學習的循環。而Erdogan與Senemoglu (2016)更補充說明，自我調節學習還包括學習者選擇有利的學習環境、從環境中取得學習資源，以便讓他更有效率地達成學習目標，展現學習效能。

基本上，自我調節學習是許多能力的整合，涵蓋了認知、後設認知等高層次的思考能力，而「計畫、監控、運用學習策略、評鑑和反思」是核心的部分(Moos & Azevedo, 2008a; Moos & Azevedo, 2008b; Schraw & Moshman, 1995)。此些能力的養成和強化，是支持個人終身學習的重要部分，尤其在資訊爆炸的年代裡，我們不可能全然仰賴學校教育教導所有的知識和技能，所以自我調節學習成了個人自主學習必需具備的重要能力(Müller & Seufert, 2018)。

Zimmerman (2002b)針對自我調節學習的過程，提出了「三階段」(phases)模式來說明：(一)預想階段(forethought phase)——在這個階段裡，學習者會先依據學習動機設定目標，再計畫如何採取學習行動；(二)表現階段(performance phase)——學習者會採用策略、監控自己的進度；(三)自我反思階段(self-reflection phase)——學習者會評鑑自己達成目標與否、反思自己的表現、歸因結果。而這三個階段會構成一個「循環」，完成目標或需要修正目標時，學習者就會啟動下一個循環，並改進前一循環的缺失，形成另一個自我調節學習的歷程。

也就是說，在「預想階段」中，表現自我調節學習的個人「信念、動機、期望」相對重要(Velayutham et al., 2011)。Bandura (2004)認為「信念」既是個人產生內在學習動機和期望的根源，也是影響後續行動採取和改變的力量。因為個人相信和期許自己能

在學習之中有所收穫，並肯定學習任務的價值和意義，所以產生的內在動機讓學習者開啟對學習某一主題的意願，進而計畫行動的目標、付諸努力和實踐(Wolters & Rosenthal, 2000)。換言之，信念驅使動機、期望的產生，而動機、期望則促使行動變得可能。也因此，學習信念和動機成了自我調節學習於前思維階段中，相當重要的兩個變項。

至於在「表現階段」中，學習者會進一步落實計畫，此時行動策略的採取、調整，以及進行過程中的進度監控、檢視，就成了自我調節學習的重點(Dembo & Seli, 2012; Nicol & Macfarlane-Dick, 2006)。在這個階段裡，自我調節學習者會採用合宜的學習策略，或者尋求外界可利用的協助與資源，包括教師的引導、同儕的合作、網路上的影片等(Yerdelen & Sungur, 2019)，目的在增進自己的學習效率、提升自我學習效益。同時，Griffin, Wiley與Salas (2013)提及自我調節學習者也會適時地利用監控行為，覺察和瞭解自己的學習狀況，評估進度是否超前或落後、遇到什麼問題和困難，以利自己調整策略、評估時間和持續努力。換言之，學習者後設認知中的監控、調節學習策略的採用，會是一此階段的核心(Hsu, Yen, Chang, Wang, & Chen, 2016)。

最後的「自我反思階段」中，「回顧、省思、評鑑」自己走過的學習歷程則是自我調節學習聚焦之處(Zimmerman, 2001)。自我調節學習者在這個階段裡，會去檢視自己學習到什麼、評估自己的學習表現如何、達成目標的情況、時間管理的恰當性、對於哪些內容還感到困難，必須再繼續加強等(Smith, Metzger, & Soneral, 2019)。Reeve, Ryan, Deci與Jang (2008)指出自我調節學習者若反思到自己的收穫而肯定學習的價值，心理就會得

到愉悅和滿足，並感受到學習上的成就感，進而回饋到下一輪的自我調節學習；相對地，若回顧到自己學習上不足之處，也會因為內在動機的激發而開始計畫新的行動，形成良性的學習循環。也因此，省思自己學習的歷程、檢視自己的收穫成為這個階段的一大重點。

換言之，每個自我調節學習的階段，學習者都會表現出不同的自我調節學習行為、意圖和情意傾向，而這些就構成了評量的具體重點、我們可以量測的變項(Cavas et al., 2020)。有關自我調節學習各階段強調的面向、量測的內涵和變項，整理如表1，作為本研究發展量表構面和試題的基礎。

二、特定主題、學科或情境之自我調節學習量表

近二十年來，針對學生發展自我調節學習量表之研究，多數是開發「一般性」自我調節學習量表，只有相當少數才針對特定的主題、學科或情境。

以國內來說，許家驊(2008)針對數學解題，發展出「國小數學解題自我調節表現量表」，總量表共24題，區分為「解題預思」(五題)、「自我省思」(七題)、「表現控制」(六題)、「執行與驗證」(六題)四個分量表(構面)。至於試題，作者釋出的題目例如：「我知道這一題要我們做什麼」(解題預思)、「我剛剛很專心的寫這一題」(表現控制)、「我會想一想這一題哪裡寫的好、哪裡寫得不好」(自我省思)。施測318人後，總量表的Cronbach's α 值為.83，分量表介在.62和.74之間，可解釋62.01%結果的變異量。而量表的組合信度、模式適配度皆良好。針對不同性別、不同數學學習成就學生所做的實測結果顯示，學生在解題預思、自我省思兩個分量

表1：自我調節學習階段和對應的面向、量測內涵和變項

階段	強調面向	可量測的內涵和變項
預想階段	情意、認知	1.對學習任務的信念 2.對學習任務的動機 3.對學習任務的評價 4.設定學習目標 5.計畫採取的學習行動
表現階段	認知、後設認知、環境因子	1.採用認知、後設認知學習策略 2.尋求環境中的支持 3.掌控時間 4.監控進度和表現
自我反思階段	後設認知	1.評鑑目標達成與否 2.省思自己的表現 3.評估學習成果

表上有顯著差異，其中女生優於男生，高成就組優於低成就組。

Cleary (2006)則以科學學習為主題，發展九、十年級學生「自我調節學習策略量表」，總量表共28題，區分為「掌控環境和行為」(12題，試題例如：「當我讀書時，我確定沒有人打擾我」)、「搜尋和學習訊息」(八題，例如：「我會猜測下一次考試的題目類型」)、「非適性的調節行為」(maladaptive regulatory behaviors) (八題，例如：「遇到不懂的地方，我會避免在上課發問」)三個構面，其中「非適性的調節行為」下的試題全為反向題。施測142位學生後，總量表的Cronbach's α 值為.92，分量表介在.72和.88之間，三個構面共可解釋44.60%的結果變異量。而此量表沒有利用驗證性因素分析驗證模式的適配度、組合信度。差異分析上，男、女生於掌控環境和行為出現顯著差異，其他兩個構面則無；高、低科學學業成就的比較上，在三個構面都有顯著差異。

Law等(2016)有鑑於過去的量表較少考量到社會因素對學生自我調節學習的影響，因此以「拼圖問題解決活動」(jigsaw problem-solving activity)為基礎，發展「合作情境下

的自我調節學習量表」。總量表共15題，四個分量表分別為「釐清和解決」(clarification and resolution)六題、「精緻化」(elaboration)五題、「反駁」(refuting)兩題、「總結」(summarization)兩題。而作者釋出的題目例如：「當我不懂同學的問題時，我會請他們說清楚」(釐清和解決)、「我會反駁同學的解決方法」(反駁)。施測131位大學生後，總量表的Cronbach's α 值為.83，分量表介在.73和.88之間，四個構面可解釋67.99%結果的變異量。而此量表並沒有進一步利用驗證性因素分析驗證模式的適配度、組合信度，也沒有做實測的差異分析。

上述量表因針對明確的主題、學科或情境做設計，符合Boekaerts等(2000)對自我調節學習量表設計的建議。然而，其中一份針對數學解題，有其獨特性，但並不適用於國小自然科方面的學習；其他兩份則少了驗證性因素分析做理論上的檢定，無法得知測量模型與理論之間的適配程度；而且Law等(2016)發展的量表中，兩個構面之下各只有兩個試題，不符合一個構面至少三題的建議(Morgado, Meireles, Neves, Amaral, & Ferreira, 2017)。同時，上述兩個英文版量表是針對

中學或大學生設計，若要引進國內，使用在小學生身上，勢必需要經過翻譯和效度的驗證。因此，本研究針對國小六年級學生設計和發展自我調節學習外來種生物議題中文量表，就可填補國內沒有此類工具的空缺。

三、自然科課程中自我調節學習的主題之一：外來種生物

我國教育部(2018)公布的《十二年國民基本教育課程綱要——國民中小學暨普通型高級中等學校：自然科學領域》裡，小學高年級階段(五、六年級為課程綱要中的學習第三階段)跨科概念「改變與穩定」下的「演化與延續」主題，其涵蓋的次主題「生物多樣性」，就建議學習內容必須包括「生物種類具有多樣性；生物生存的環境亦具有多樣性」(頁18)；而另一跨科概念「資源與永續性」下的「永續發展與資源的利用」，課程綱要則建議學習內容為「人類活動與其他生物的活動會相互影響，不當引進外來物種可能造成經濟損失和生態破壞」(頁20)。因此，依循課程綱要，各版本的自然科教科書在「生物與環境」單元中，都會介紹臺灣的「外來種生物」，以及討論其對自然生態、社會、人類經濟和生活的影響。

而「外來種生物」此一主題，也符合十二年國民教育中倡導的「議題適切融入領域課程」。自然科學領域的課程綱要附錄二就提及：

為與社會脈動、生活情境緊密連結，以議題教育培養學生批判思考及解決問題的能力，提升學生面對議題的責任感與行動力，並能追求尊重多元、同理關懷、公平正義與

永續發展等核心價值。……議題教育的實施包含正式與非正式課程，學校課程的發展與教材編選應以學生經驗為中心，選取生活化教材。在掌握議題之基本理念與不同教育階段之實質內涵下，連結領域……。 (教育部，2018，頁70)

也就是說，「外來種生物」作為議題的學習，可達成上述行文闡述的目標，因為此一議題符合SSI的討論要件，尤其是有關「外來種生物引進」正是爭議的焦點(Herman, Sadler, Zeidler, & Newton, 2018; Ram, 2020)。為什麼呢？人類蓄意或不小心引進動物或植物到原先不存在、未栽種此生物的國家或區域，主要是為了食用、教育、美化和觀賞、怡情或娛樂，甚至作為生物防治的方法，但當此物種因為氣候合宜、逃離管理，加上本身繁殖快速且缺乏天敵平衡時，就會變成強勢物種，影響到當地的生態與環境，造成農產和經濟上的損失。例如：已在臺灣造成無數農業損害的福壽螺、危及原生物種生存的琵琶魚、造成生態浩劫的小花蔓澤蘭和綠鬣蜥皆是。若要減少目前情況的惡化，及早透過科學教育讓學生接觸此一議題的優先性就不言而喻。除了增進學生認識外來種生物在臺灣引發的問題外，也能培養未來公民更加審慎面對引進外來種生物這件事。

因此，以外來種生物作為發展「自我調節學習」量表的主題對國小高年級學生而言是有意義的。當此一量表效化完成後，藉由此量表的評量，就能幫助科學教師設計教學來強化學生自我調節學習議題的能力、策略或行動，為提升學生自主學習能力跨出一大步。

肆、研究方法

一、量表的編製過程

本研究發展的「自我調節學習外來種生物議題量表」，經效化後共計12題，採用五點李克特氏量尺計分，試題詢問學生「自己的學習行為與試題中描述的行為之符合程度」，依序為「非常相同」、「相同」、「差不多」、「不相同」、「非常不相同」。整個編製和發展的過程詳細描述如下。

(一)內容架構的編製和試題的編寫

量表的内容架構主要立基在Zimmerman (1998, 2000, 2002a, 2002b)對自我調節學習提出的理論上，研究者先針對「學習動機和信念、行動策略和監控、回顧和反思」等三大方向出題，每個方向之下編寫五至八個試題，共24題。試題的編寫除了研究者依據理論自行構思之外，也參考「後設策略學習量表」(metacognitive strategies for learning questionnaire) (Pintrich et al., 1991)、「國小數學解題自我調節表現量表」(許家驊, 2008)、「合作情境下的自我調節學習量表」(Law et al., 2016)等量表的試題。

初擬的試題經過兩位科學教育學者、一位教育心理學專家檢視，依他們的建議刪除或改寫試題後，確認量表的内容效度；接著再商請兩位資深國小語文科專長和兩位資深自然科教師閱讀試題，依其建議修訂試題的文字敘述。此一過程刪除了兩題反向題，因他們認為有些國小學生會誤解反向題的敘述，造成填答錯誤。最後，再商請15位來自嘉義地區不同國小的六年級學生試填答，瞭解他們對題意的解讀，確認試題的表面效度，最後形成題數為22題的預試題本。

(二)量表的預試、正式施測

以有效樣本數406人的填答結果，進行項目分析和探索性因素分析，依此兩項檢定結果修正和刪減試題。之後再以有效樣本數為666人的填答結果，進行驗證性因素分析，確認整份試題的適配度，最後形成正式量表。

二、研究樣本

兩大群六年級學生參與填寫試題(表2)：第一群學生的資料用於執行此一量表的項目效度分析和探索性因素分析，以確認量表的構面、題數。研究者透過熟悉的教師，以便利取樣的方式選取預試樣本。共發出500份問卷，有效樣本數為406份，有效回收率為81.2%。有效樣本來自北部(臺北市、新北市、新竹市)、中部(臺中市、南投縣、彰化縣)、南部(嘉義市、嘉義縣、臺南市)。其中男生201人、女生205人。

第二群六年級學生的資料，則用於執行驗證性因素分析，以確認量表結構的穩定性。樣本與第一群學生分布在同一縣市的不同學校。問卷共發出730份，有效問卷666份，有效回收率為91.2%。其中男生350人、女生316人。

兩群學生皆已學習過六年級下學期「生物與環境」單元裡的外來種生物，及其引進對社會、環境和生態造成的正、負面影響。

三、資料分析

資料回收後，先剔除空白、只勾選單一選項、S形作答等無效試卷。留下有效問卷後，先以SPSS 18.0軟體建立資料庫，接著進行一連串的統計測試：(一)項目分析——對預試題目進行適切性的評估，瞭解試題的鑑別

表2：有效施測人數與其所在地區

區域	縣市	探索性因素分析($N = 406$)		驗證性因素分析($N = 666$)	
		n	%	n	%
北部	臺北市	26	6.40	33	4.95
	新北市	18	4.43	23	3.45
	新竹市	60	14.78	96	14.41
中部	臺中市	16	3.94	30	4.50
	南投縣	60	14.78	88	13.21
	彰化縣	49	12.07	86	12.91
南部	嘉義市	112	27.59	175	26.28
	嘉義縣	49	12.07	95	14.26
	臺南市	16	3.94	40	6.01

度、同質性；(二)探索性因素分析——以主成分分析法探討量表的因素結構。此過程在瞭解題項的成分、因素負荷量，作為刪減題目的依據；(三)以Cronbach's α 呈現總量表、分量表的內部一致性信度；(四)驗證性因素分析——利用Amos 26.0版驗證量表結構的穩定性，進行理論模式的驗證；(五)差異分析——以 F 檢定、 t 檢定分別比較不同地區(北部、中部、南部三區)、不同性別(男、女兩類)之樣本在自我調節學習外來種生物議題量表得分之差異。

伍、研究結果

本量表預試試題數為22題，以406位六年級的學生進行項目分析和探索性因素分析，依此刪題、確認量表的構面與題目；之後再以666人進行第二階段的驗證性因素分析，以驗證量表是否符合理論模式。

一、量表的項目分析

根據邱皓政(2019)表示，「項目分析」是檢定測量題目是否適切的重要程序，其中「極端組檢定」(意即「內部一致性效標法」)、「校正項目總分相關分析」，是兩

大選題指標。極端組檢定表示試題能否鑑別高(前27%)、低分組(後27%)之間的得分差異，校正項目總分相關分析則表示試題的同質性。依此，研究者利用各個題項的決斷值(Critical Ratio, CR)之顯著性、各題與刪除此題之總量表間的相關係數，以及刪除此題後的Cronbach's α 值，瞭解各個試題的鑑別力、同質性。

由表3可知CR代表的極端群組獨立樣本 t 檢定，在所有試題皆達顯著差異($p < .001$)，表示題目具備良好的鑑別度(Shiffler, 1988)。同時，本量表各題與總分之間的相關值介於.37 ~ .68之間且達顯著，只要相關值在.30以上，就顯示量表具備內部一致性(吳明隆、涂金堂, 2012)。而刪除各題後的Cronbach's α 值皆落在.90，內部一致性高，更表示各題個別刪除後，並不致於影響量表整體的信度表現。因此，試題全部保留，接著執行探索性因素分析。

二、探索性因素分析

執行探索性因素分析，確認本量表的構念效度(construct validity)。首先，先確認本量表施測結果是否適合進行因素分析。根據

表3：自我調節學習外來種生物議題量表之項目分析結果($N = 406$)

題號	平均數	標準差	極端組檢定 t 值 (CR)	各題與總分間的 相關程度	刪題後的 Cronbach's α 值	刪除或保留
1	3.69	1.00	14.27 (< .001)	.57 (< .001)	.90	保留
2	3.74	1.09	8.81 (< .001)	.40 (< .001)	.90	保留
3	4.20	0.93	7.72 (< .001)	.41 (< .001)	.90	保留
4	4.14	0.95	9.00 (< .001)	.39 (< .001)	.90	保留
5	3.65	1.18	10.15 (< .001)	.43 (< .001)	.90	保留
6	4.18	0.94	8.00 (< .001)	.37 (< .001)	.90	保留
7	3.58	1.15	11.03 (< .001)	.50 (< .001)	.90	保留
8	3.40	1.19	17.26 (< .001)	.62 (< .001)	.90	保留
9	3.77	1.14	15.97 (< .001)	.62 (< .001)	.90	保留
10	2.93	1.25	8.98 (< .001)	.39 (< .001)	.90	保留
11	3.36	1.18	16.86 (< .001)	.65 (< .001)	.90	保留
12	3.26	1.25	13.85 (< .001)	.57 (< .001)	.90	保留
13	2.72	1.29	9.61 (< .001)	.41 (< .001)	.90	保留
14	3.14	1.32	17.78 (< .001)	.60 (< .001)	.90	保留
15	3.29	1.35	17.39 (< .001)	.60 (< .001)	.90	保留
16	3.40	1.22	11.94 (< .001)	.49 (< .001)	.90	保留
17	3.52	1.17	16.27 (< .001)	.60 (< .001)	.90	保留
18	3.60	1.15	19.54 (< .001)	.68 (< .001)	.90	保留
19	3.43	1.15	16.48 (< .001)	.64 (< .001)	.90	保留
20	3.00	1.18	13.77 (< .001)	.55 (< .001)	.90	保留
21	3.67	1.15	9.70 (< .001)	.42 (< .001)	.90	保留
22	3.93	1.13	13.18 (< .001)	.53 (< .001)	.90	保留

註：CR：決斷值(Critical Ratio)。

Kaiser (1974)的建議，使用「取樣適切性量數」(Kaiser-Meyer-Olkin, KMO)、「Bartlett球形檢定」(sphericity test)兩項指標做檢定，其中KMO介在0到1之間，進行因素分析的最低標準為.60；越接近1，表示變項之間共同因素越多，越適合執行因素分析。本量表的KMO值為.94，可執行因素分析。而Bartlett球形檢定值為 $\chi^2(231) = 3003.74$, $p < .001$ ，達顯著水準，表示本量表的題目具有共同因素，符合進行因素分析的條件。

接著採用主軸分析法(principal axis analysis)，以斜交轉軸法(oblique rotations)中

的直接斜交法(direct oblimin)執行因素分析，以檢視題目背後潛在的結構、各題目因素負荷量的適切性。王保進(2004)指出，試題萃取後的共通性(communalities)越低，表示該題代表的變項與其他變項可測量的共同特質越少，其影響力就少。再者，邱皓政(2019)認為在同一構面中的試題，因素負荷量值越高，代表此一試題的建構效度高，反之為低；而各試題在無關構面之因素負荷量值，則必須越低越好。Tabachnick與Fidell (2013)建議選取量表中特徵值(eigenvalue)大於1，且因素負荷量大於.4、甚至大於.5的試題更佳。

Boateng, Neilands, Frongillo, Melgar-Quinonez 與Young (2018)則建議以因素負荷量至少.5，作為刪除試題的經驗法則。

依上述學者提出的條件，本量表第一次因素分析，各因素的特徵值皆大於1，但試題第2、第5題萃取後共通性相較於其他題都偏低，不及.50 (第2題.39、第5題.48)，故先刪除。第二次因素分析後，將橫跨二或三個因素(cross-loadings)的試題刪除，Tabachnick 與Fidell (2013)建議，因素負荷量在不同因素裡若都達.32或更高，此試題就應該刪除，因為該試題橫跨不同構面，對不同構面都有貢獻。依此，研究者刪除第7、9、17、18、19題。其中第7題橫跨第一、二因素，因素負荷量.41、.55；第9題橫跨三個因素，因素負

荷量.54、.58、.47；第18題橫跨三個因素，因素負荷量.61、.45、.44；第17、19題皆橫跨第一、三因素，因素負荷量分別是.64、.55及.62、.54。

所以，作者在刪除第2、5、7、9、17、18、19題後，剩下15個題目。接下來進行第三次探索型因素分析，結果發現，15道題目的因素負荷量皆大於.50，且橫跨因素的狀況大幅減低，能被萃取出三個主要因素(表4)，其中第一個因素四題，包括第1、3、4、6題，與驅動學生學習議題的信念、期望和動機有關，所以命名為「學習動力」，解釋變異量為11.07%；第二個因素八題，包括第8、11、12、13、14、15、16、20題，與學習議題採用的認知和監控認知策略有關，所以命

表4：刪除七道題目後的自我調節學習外來種生物議題量表探索性因素分析結果(N = 406)

題目	因素一 學習動力	因素二 行動策略	因素三 反思收穫
1.學習外來種生物這個主題會讓我覺得很有趣。	.65		
4.學習外來種生物會讓我更清楚瞭解臺灣引進外來種生物的問題。	.64		
3.我相信學習外來種生物對我認識生物世界有幫助。	.59		
6.我會因為外來種生物的知識太難理解而放棄學習它。	.51		
11.學習外來種生物時，每學習一個段落，我就會想一想自己學會了什麼。		.71	
14.學習外來種生物時，若遇到不懂的地方，我會請教他人。		.69	
15.學習外來種生物時，我會利用網路查閱相關的知識。		.69	
8.學習外來種生物時，我會先想好要學習哪些內容。		.63	
12.學習外來種生物時，我會一邊學，一邊寫下重點。		.62	
20.想一想外來種生物這個主題有哪些地方沒學會後，我接著會擬定計畫把它學會。		.62	
13.學習外來種生物時，我會用畫圖的方式幫助自己學習。		.59	
16.學習外來種生物時，我會注意學習時間的掌控。		.55	
21.有關外來種生物這個主題，我覺得自己學得還不錯。			.73
22.學習完外來種生物這個主題，我覺得自己學到很多知識。			.65
10.學會外來種生物各種知識後，讓我覺得自己很厲害。			.50
特徵值	1.66	5.03	1.17
解釋變異量(%)	11.07	33.52	7.79
累積解釋變異量(%)	11.07	44.59	52.38

名為「行動策略」，解釋變異量為33.52%；第三個因素三題，包括第10、21、22題，與學習議題後的回顧和反思自己的收穫有關，所以命名為「反思收穫」，可解釋變異量為7.79%。三個變異量加總之後，形成整個量表能解釋整體變異量的程度為52.38%。

三、量表的內部一致性

在樣本數為406人時，本量表整體(15題)的內部一致性Cronbach's α 值為.86，三個分量表「學習動力」(四題)、「行動策略」(八題)、「反思收穫」(三題)則分別為.69、.85、.63。吳明隆與涂金堂(2012)表示總量表的內部一致信Cronbach's α 值最好能達.80以上；而分量表能達到.70以上最好，但.60以上仍是可接受的。本量表總量表的信度值在.80以上，分量表的信度值也都大於.60，因此本量表的信度是良好的。

由量表之間的相關值可知(表5)，總量表與三個分量表之間的相關值介在.66到.92之間，屬中到高度顯著相關的範圍，這表示總量表和各個分量表之間的關係屬密切，幾乎指向同一測量目標。而兩兩分量表之間的相關則介在.38到.45之間，屬低到中度顯著相關的範圍，表示各個分量表確實是評量自己的構面，沒有太多重疊。

四、量表的驗證性因素分析

預試量表經項目分析、探索性因素分析、內部一致性信度分析後，形成正式量

表。正式量表經由730人填答，有效回收問卷666份，研究者接著利用Amos 26.0版統計軟體進行驗證性因素分析，檢定此一量表的建構效度。

首先，作者檢定本研究觀察變項的偏態和峰度，結果15個觀察變項的偏態介於-1.08到0.13之間，峰度則介於-1.14到0.77之間，符合Kline (2015)指出單變量常態分配之檢定標準，意即偏態的絕對值小於3.00、峰度絕對值小於10.00的範圍，表示適合採取最大似法(maximum likelihood)作為參數估計和檢定的方法。而Bagozzi與Yi (1988)指出量表的適配度指標(fit measure index)，可針對「基本適配標準」(preliminary fit criteria)、「整體模式適配度」(overall model fit)、「內在結構適配度」(fit of internal structure of model)等三個面向進行檢定。

(一)基本適配標準

15道試題代表觀察變項(測量變項)的標準化迴歸係數(意即因素負荷量)介於.42到.75之間，符合介於.40到.95的標準，且 t 檢定皆達顯著差異($p < .001$)。各項測量誤差變異數皆為正值，代表參數值和標準誤都落在合理範圍。而「學習動力」、「行動策略」、「反思收穫」三個潛在變項間的相關係數分別是.71、.60、.60(圖1)，達顯著差異($p < .001$)，表示分量表之間呈現中度顯著相關。上述數值皆符合Bagozzi與Yi (1988)建議的範圍，所以本量表基本適配度是符合標準的。

表5：學生在總量表和分量表得分之描述性統計與相關值($N = 406$)

構面	平均值	標準差	學習動力	行動策略	反思收穫	總量表
學習動力	4.05	0.69	1.00			
行動策略	3.20	0.87	.41 ($p < .01$)	1.00		
反思收穫	3.51	0.90	.38 ($p < .01$)	.45 ($p < .01$)	1.00	
總量表	52.34	10.01	.66 ($p < .01$)	.92 ($p < .01$)	.68 ($p < .01$)	1.00

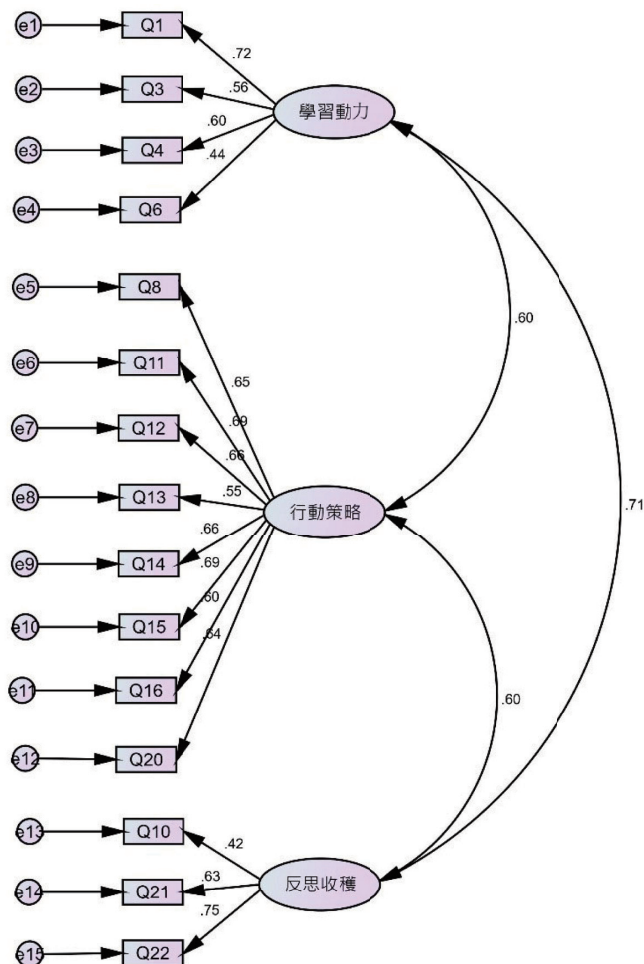


圖1：標準化後驗證性因素分析測量變項與潛在變項之間的關係及各潛在變項之間的相關程度($N = 666$)

(二) 整體模式適配度

整體模式適配度指標可用「絕對適配指標」、「增值適配指標」、「簡效適配指標」來反映，而各個指標之下又有數個指數相對應。作者依這些指標，檢定模型的競爭模式，以瞭解本量表最適配的是何種模式。由表6可知，最符合Bagozzi與Yi (1988)、Hu與Bentler (1999)適配標準評鑑指標的模式為一階三因素斜交模式，此一模式的各種指標數值顯示本量表的整體模式適配度是良好的。

(三) 內在結構適配度

基本上，量表的內在結構適配度，意即反映內在品質的「聚合效度」(convergent validity)表現在組合信度(Composite Reliability, CR)、平均變異萃取量(Average Variance Extracted, AVE)兩個指標上。Fornell與Larcker (1981)指出CR在.60以上、AVE達.50，表示此量表具備良好的適配度；但當CR維持在.60以上、AVE小於.50時，聚合效度仍是足夠，適配度則落在可接受的範圍。Hair, Black, Babin

表6：自我調節學習外來種生物議題量表整體模式適配度結果摘要($N = 666$)

適配標準評鑑指標	一階單因素模式	一階三因素直交模式	一階三因素斜交模式
絕對適配度			
χ^2	551.64 (< .01)	636.16 (< .01)	235.12 (< .01)
df	90	90	87
$\chi^2/df < 3.00$	6.13	7.07	2.70 (適配)
RMSEA < .08	.09	.10	.05 (適配)
SRMR < .08	.71	.18	.05 (適配)
GFI > .90	.88	.88	.95 (適配)
AGFI > .90	.83	.85	.94 (適配)
增值適配度			
NFI > .90	.81	.78	.92 (適配)
RFI > .90	.78	.74	.90 (適配)
IFI > .90	.83	.80	.95 (適配)
TLI > .90	.80	.77	.94 (適配)
CFI > .90	.83	.80	.95 (適配)
簡約適配度			
PNFI > .50	.69	.67	.76 (適配)
PGFI > .50	.66	.66	.69 (適配)
CN > 200	150	130	342 (適配)

註：RMSEA：均方根近似誤差(Root Mean Square Error of Approximation)；SRMR：標準化殘差均方根(Standardized Root Mean Square Residual)；GFI：配適度指數(Goodness of Fit Index)；AGFI：調整之配適度指數(Adjusted Goodness of Fit Index)；NFI：標準配適度指數(Normed Fit Index)；RFI：相對配適度指數(Relative Fit Index)；IFI：成長配適度指標(Incremental Fit Index)；TLI：非規範適配指數(Tucker-Lewis Index)；CFI：比較配適度指數(Comparative Fit Index)；PNFI：精簡規範配適度指數(Parsimonious Normed Goodness of Fit Index)；PGFI：精簡配適度指數(Parsimonious Goodness of Fit Index)；CN：臨界值(Critical Number)。

與Anderson (2010)則認為AVE要達到.50以上並不容易，低標值達.25以上即可。邱皓政(2018)進一步指出，以經驗法則來看，因素負荷量 λ 值至少大於.30即可接受。表7顯示本量表三個分量表的CR值分別為.67、.85、.63，均達.60以上；而AVE分別為.35、.42、.38，未達.50，但已達.40以上或接近.40；因素負荷量 λ 值介在.42到.75之間，基本上符合上述學者建議的條件。所以整體來說，本量表的內在結構適配度是可接受的。

(四)差異分析：不同區域與性別

分析不同區域的六年級學生($N = 666$)，在自我調節學習外來種生物議題量表上的表現。由表8可知北部($n = 152$)、中部($n = 204$)、南部($n = 310$)三個區域的學生，在總量表上無顯著差異，但在分量表「反思收穫」上呈現顯著差異，事後比較發現南部學生顯著優於北部學生($p < .01$)。表9則顯示比較男生($n = 350$)和女生($n = 316$)在自我調節學習外來種生物議題量表上的表現，結果發現在總

表7：量表結構參數估計、組合信度和平均變異萃取量摘要($N = 666$)

構面	測量指標	因素負荷量 (標準化迴歸係數 λ)	信度係數 (λ^2)	測量誤差 ($1 - \lambda^2$)	組合信度 (CR值)	平均變異萃取 量(AVE值)
學習動力	Q1	.72	.52	.48	.67	.35
	Q3	.56	.31	.69		
	Q4	.60	.36	.64		
	Q6	.44	.19	.81		
行動策略	Q8	.65	.42	.58	.85	.42
	Q11	.69	.49	.51		
	Q12	.66	.44	.56		
	Q13	.55	.30	.70		
	Q14	.66	.44	.56		
	Q15	.69	.48	.52		
	Q16	.60	.36	.64		
	Q20	.64	.41	.59		
反思收穫	Q10	.42	.18	.82	.63	.38
	Q21	.63	.40	.60		
	Q22	.75	.56	.44		

註：CR：組合信度(Composite Reliability)；AVE：平均變異萃取量(Average Variance Extracted)。

表8：北、中、南部三區自我調節學習外來種生物議題之比較($N = 666$)

構面	北部($n = 152$)	中部($n = 204$)	南部($n = 310$)	F 值	p 值	事後比較
學習動力	4.07 (0.76)	4.10 (0.61)	4.04 (0.69)	0.42	.66	
行動策略	3.04 (0.82)	3.15 (0.89)	3.22 (0.90)	2.27	.10	
反思收穫	3.34 (0.90)	3.53 (0.81)	3.63 (0.89)	5.88	< .01	南部>北部
總量表	50.57 (10.05)	52.16 (9.89)	52.83 (10.50)	2.50	.08	

註：括號外數值為平均值；括號內數值為標準差。

表9：男、女生自我調節學習外來種生物議題之比較

構面	男生	女生	t 值	p 值
全部	$n = 350$	$n = 316$		
學習動力	4.05 (0.70)	4.08 (0.68)	0.61	.54
行動策略	3.08 (0.88)	3.23 (0.88)	2.18	.03
反思收穫	3.54 (0.92)	3.52 (0.82)	0.32	.75
總量表	51.51 (10.15)	52.77 (10.31)	1.59	.11
南部	$n = 160$	$n = 150$		
學習動力	4.00 (0.73)	4.09 (0.65)	1.10	.28
行動策略	3.10 (0.90)	3.35 (0.89)	2.47	.01
反思收穫	3.64 (0.93)	3.62 (0.84)	0.19	.85
總量表	51.73 (10.32)	54.01 (10.61)	1.93	.06

註：括號外數值為平均值；括號內數值為標準差。

量表上一樣未達顯著差異，但在分量表「行動策略」上，則呈現顯著差異($p < .05$)，且女生優於男生。進一步分析北、中、南三區，性別不同在「行動策略」上的差異，發覺南部區域的男($n = 160$)、女生($n = 150$)會出現顯著差異($p < .05$)，北部、中部則無。由此可知，本量表確實可以評量出不同區域和性別的學生，在自我調節學習外來種生物議題上的一些差異。

陸、結論、討論與建議

一、結論和討論

本研究發展的量表在通過內容和表面效度、項目分析、探索性因素分析、驗證性因素分析等檢定程序後，獲得具有信度、效度，並與理論對應、適用於國小六年級學生的一份量表，目的在協助教師或研究者評量學生「自我調節學習外來種生物議題」的情況。此一量表共15題，涵蓋「學習動力、行動策略、反思收穫」三個構面，每個構面之下各包括四、八、三題。

截至目前為止，國內、外目前沒有針對SSI，發展中文版自我調節學習量表，更遑論針對外來種生物議題的學習。相較於一些一般性的自我調節學習量表(例如：陳志恆、林清文，2008；程炳林、林清山，2001；Cavas et al., 2020; Erdogan & Senemoglu, 2016; Roth et al., 2016)，本量表總題數15題，且外來種生物議題主題明確，對國小六年級學生來說，填寫時不但可針對學習主題做思考，同時也不會因題數太多，失去填寫和閱讀上的耐性，而導致無效問卷增多。這些優點正足以回應Boekaerts等(2000)對自我調節學習量表設計的一些建議。

就量表的構面和題目來說，「學習動

力」的層面涵蓋了學生學習外來種生物議題時的信念、動機和期望，超越了一般性自我調節學習量表中，強調「動機」此一構面只評量「學習動機」的範圍(Velayutham et al., 2011)；「行動策略」上，試題具體陳述出學習外來種生物議題時，會用到的「畫圖、寫下重點、網路查詢、請教他人、監控時間、評估自己瞭解與否」等認知或後設認知策略，切合國小學生的經驗，利於學生對照自己的學習狀況作答。

「反思收穫」則讓學生有機會在學習外來種生物議題之後，透過自我省思、評估和判斷自己努力後的知識所得、肯定自己的學習付出，此部分呼應反思過程對學生科學學習的正向影響(So, Chen, & Wan, 2019)。換言之，各個試題代表的測量變項，反映了Zimmerman (2000, 2002a, 2002b)自我調節學習理論強調不同學習階段下，學習者不同的自我調節行為或傾向。而量表下，三個構面之間彼此有低到中程度的相關，表示三者有關係，但卻有所區隔；而且，因分量表與總量表之間，分別有中到高度的相關，表示分量表與總量表之間的關係緊密，測量變項確實貢獻到我們要評量的潛在變項。

總之，本量表的構面和試題能適切評量國小六年級學生自我調節學習外來種生物議題的情況，也能反映不同地區或性別的國小六年級學生，在自我調節學習外來種議題上的一些差異。

二、建議

此一中文版量表的問世，對國小自然科教師來說，未來可利用此量表作為評量的一部分，由量表測量的結果，瞭解國小高年級學生自我調節學習外來種生物的能力和傾向，並針對學生在「學習動力」、「行動策略」、「反思收穫」等方面展現較弱的部

分，進行指導，以提升學生整體自我調節學習議題的能力。或者，教師在教導此一議題時，就主動加入量表中涵蓋的自我調節學習行動策略，並於學習告一段落時，引導學生反思學習收穫，讓學生習得自我調節學習的能力，促進學習SSI的成效。

對未來研究的建議方面，首先本量表只針對外來種生物議題做設計，若想診斷學生在其他SSI議題的自我調節學習狀況，或針對不同教育層級的學生做評量，可以以本量表為基礎，再根據相關的理論基礎，做出構面、題目上的修正或增減。

其次，本研究顯示臺灣不同區域或不同性別的六年級學生，在自我調節學習外來種生物議題量表中的「行動策略」或「反思收穫」有顯著差異，造成此二構面有所差異的原因，還需要未來透過深入訪談、進一步再調查來加以釐清。

再者，此一量表測量的變項可代表學生學習上的一個特質(能力或傾向)，研究者可進一步探討此一變項與其他變項之間的關係，例如可作為預測其他SSI學習成效的預測變

項；亦或是作為某些因果變項之間的中介變項，例如教師期望先影響到學生自我調節學習議題的能力或傾向，再影響到SSI的學習成效；或者作為與其他變項產生交互作用的調節變項，共同影響某一依變項的變化，例如：不同教學法與不同自我調節學習議題能力或傾向，對學生SSI學習成效的影響。

最後，Marsh, Ellis, Parada, Richards與Heubeck (2005)建議量表的發展也需要後續的使用經驗，作為提供量表修正和再發展的機會。因此，未來可以擴大量表的施測對象，甚至以網路版本代替紙本，藉此取得更多的資料來評鑑此一量表，提供修正或擴充的可能。

誌謝

有關本文的完成與刊登，作者要感謝科技部專題研究計畫(MOST110-2511-H-415-004-MY2、MOST108-2511-H-415-002)的經費補助、兩位匿名專家的寶貴建議，以及黃財尉、黃芳銘、許嘉驊三位教授在統計方法上的提點和討論。此外，也感謝呂怡錚助理在文獻查詢、文章排版上的協助。

參考文獻

1. 王保進(2004)。多變量分析：套裝程式與資料分析。臺北市：高等教育。
[Wang, B.-J. (2004). *Multivariate analysis: Statistical package and data analysis*. Taipei, Taiwan: Higher Education.]
2. 吳明隆、涂金堂(2012)。SPSS與統計應用分析(第二版)。臺北市：五南。
[Wu, M.-L., & Tu, C.-T. (2012). *SPSS & the application and analysis of statistics* (2nd ed.). Taipei, Taiwan: Wu-Nan.]
3. 邱皓政(2018)。量化研究法(三)：測驗原理與量表發展技術(第二版)。臺北市：雙葉書廊。
[Chiou, H.-J. (2018). *Quantitative research methods III: Principles and techniques of testing and scale development* (2nd ed.). Taipei, Taiwan: Yeh Yeh.]

4. 邱皓政(2019)。量化研究與統計分析：SPSS與R資料分析範例解析(第六版)。臺北市：五南。
[Chiou, H.-J. (2019). *Lianghua yanjiu yu tongji fenxi: SPSS yu R ziliao fenxi fanli jiexi* (6th ed.). Taipei, Taiwan: Wu-Nan.]
5. 陳志恆、林清文(2008)。國中學生自我調整學習策略量表之編製及效度研究。輔導與諮商學報，30(2)，1-36。doi:10.7040/JGC.200811.0001
[Chen, C.-H., & Lin, C.-W. (2008). The development of the self-regulated learning strategy inventory for junior high school students. *The Journal of Guidance & Counseling*, 30(2), 1-36. doi:10.7040/JGC.200811.0001]
6. 教育部(2018年11月2日)。十二年國民基本教育課程綱要——國民中小學暨普通型高級中等學校：自然科學領域。查詢日期：2021年6月16日，檢自<https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/820/%E5%8D%81%E4%BA%8C%E5%B9%B4%E5%9C%8B%E6%B0%91%E5%9F%BA%E6%9C%AC%E6%95%99%E8%82%B2%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E7%B6%B1%E8%A6%81%E5%9C%8B%E6%B0%91%E4%B8%AD%E5%B0%8F%E5%AD%B8%E6%9A%A8%E6%99%AE%E9%80%9A%E5%9E%8B%E9%AB%98%E7%B4%9A%E4%B8%AD%E7%AD%89%E6%A0%A1-%E8%87%AA%E7%84%B6%E7%A7%91%E5%AD%B8%E9%A0%98%E5%9F%9F.pdf>。
[Ministry of Education. (2018, November 2). *Curriculum guidelines of 12-year basic education for elementary, junior high schools and general senior high schools—Natural sciences*. Retrieved June 16, 2021, from <https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/820/%E5%8D%81%E4%BA%8C%E5%B9%B4%E5%9C%8B%E6%B0%91%E5%9F%BA%E6%9C%AC%E6%95%99%E8%82%B2%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E7%B6%B1%E8%A6%81%E5%9C%8B%E6%B0%91%E4%B8%AD%E5%B0%8F%E5%AD%B8%E6%9A%A8%E6%99%AE%E9%80%9A%E5%9E%8B%E9%AB%98%E7%B4%9A%E4%B8%AD%E7%AD%89%E6%A0%A1-%E8%87%AA%E7%84%B6%E7%A7%91%E5%AD%B8%E9%A0%98%E5%9F%9F.pdf>]
7. 許家驊(2008)。國小數學解題自我調節表現量表之編製發展與實測分析研究。教育與心理研究，31(4)，115-146。
[Hsu, C.-H. (2008). The development and testing of self-regulation inventory applied for learners of primary school on mathematical problem solving. *Journal of Education & Psychology*, 31(4), 115-146.]
8. 程炳林、林清山(2001)。中學生自我調整學習量表之建構及其信效度研究。測驗年刊，48(1)，1-41。
[Cherng, B.-L., & Lin, C.-S. (2001). The development of self-regulated learning inventory for high school students. *Psychological Testing*, 48(1), 1-41.]
9. Alexander, P. A. (1995). Superimposing a situation-specific and domain-specific perspective on

- an account of self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 30(4), 189-193. doi:10.1207/s15326985ep3004_3
10. Azevedo, R., Guthrie, J. T., & Seibert, D. (2004). The role of self-regulated learning in fostering students' conceptual understanding of complex systems with hypermedia. *Journal of Educational Computing Research*, 30(1-2), 87-111. doi:10.2190/DVWX-GM1T-6THQ-5WC7
 11. Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1988). On the evaluation of structural equation models. *Journal of the Academy of Marketing Sciences*, 16(1), 74-94. doi:10.1007/BF02723327
 12. Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
 13. Bandura, A. (2004). Swimming against the mainstream: The early years from chilly tributary to transformative mainstream. *Behaviour Research and Therapy*, 42(6), 613-630. doi:10.1016/j.brat.2004.02.001
 14. Boateng, G. O., Neilands, T. B., Frongillo, E. A., Melgar-Quinonez, H. R., & Young, S. L. (2018). Best practices for developing and validating scales for health, social, and behavioral research: A primer. *Frontiers in Public Health*, 11. Retrieved March 23, 2021, from <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00149>
 15. Boekaerts, M., Pintrich, P. R., & Zeidner, M. (2000). Self-regulation: An introductory overview. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 1-9). San Diego, CA: Academic Press. doi:10.1016/B978-012109890-2/50030-5
 16. Cavas, P., Arslan-Cansever, B., & Ünver, G. (2020). Developing the perceived self-regulation skills scale for fourth grade students. *Croatian Journal of Education*, 22(3), 755-774. doi:10.15516/cje.v22i3.3623
 17. Cleary, T. J. (2006). The development and validation of the self-regulation strategy inventory—Self-report. *Journal of School Psychology*, 44(4), 307-322. doi:10.1016/j.jsp.2006.05.002
 18. Dembo, M. H., & Seli, H. (2012). *Motivation and learning strategies for college success: A focus on self-regulated learning* (4th ed.). New York, NY: Routledge. doi:10.4324/9780203813836
 19. Eilam, B., Zeidner, M., & Aharon, I. (2009). Student conscientiousness, self-regulated learning, and science achievement: An explorative field study. *Psychology in the Schools*, 46(5), 420-432. doi:10.1002/pits.20387
 20. Erdogan, T., & Senemoglu, N. (2016). Development and validation of a scale on self-regulation in learning (SSRL). *SpringerPlus*, 5. Retrieved April 23, 2021, from <https://springerplus.springeropen.com/articles/10.1186/s40064-016-3367-y>
 21. Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50. doi:10.2307/3151312

22. Griffin, T. D., Wiley, J., & Salas, C. R. (2013). Supporting effective self-regulated learning: The critical role of monitoring. In R. Azevedo & V. Aleven (Eds.), *International handbook of metacognition and learning technologies* (pp. 19-34). New York, NY: Springer. doi:10.1007/978-1-4419-5546-3_2
23. Hair, J. F., Jr., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis* (7th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
24. Herman, B. C., Sadler, T. D., Zeidler, D. L., & Newton, M. H. (2018). A socioscientific issues approach to environmental education. In G. Reis & J. Scott (Eds.), *International perspectives on the theory and practice of environmental education: A reader* (Vol. 3, pp. 145-161). Cham, Switzerland: Springer. doi:10.1007/978-3-319-67732-3_11
25. Hsu, Y.-S., Yen, M.-H., Chang, W.-H., Wang, C.-Y., & Chen, S. (2016). Content analysis of 1998-2012 empirical studies in science reading using a self-regulated learning lens. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(Suppl. 1), 1-27. doi:10.1007/s10763-014-9574-5
26. Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1-55. doi:10.1080/10705519909540118
27. Kaiser, H. F. (1974). An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 39(1), 31-36. doi:10.1007/BF02291575
28. Kline, R. B. (2015). *Principles and practice of structural equation modeling* (4th ed.). New York, NY: Guilford.
29. Law, V., Ge, X., & Eseryel, D. (2016). The development of a self-regulation in a collaborative context scale. *Technology, Knowledge and Learning*, 21(2), 243-253. doi:10.1007/s10758-016-9274-z
30. Lee, O., & Brophy, J. (1996). Motivational patterns observed in sixth-grade science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(3), 303-318. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199603)33:3<303::AID-TEA4>3.0.CO;2-X
31. Li, M., Zheng, C., Liang, J.-C., Zhang, Y., & Tsai, C.-C. (2018). Conceptions, self-regulation, and strategies of learning science among Chinese high school students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(1), 69-87. doi:10.1007/s10763-016-9766-2
32. Marsh, H. W., Ellis, L. A., Parada, R. H., Richards, G., & Heubeck, B. G. (2005). A short version of the self-description questionnaire II: Operationalizing criteria for short-form evaluation with new applications of confirmatory factor analysis. *Psychological Assessment*, 17(1), 81-102. doi:10.1037/1040-3590.17.1.81
33. Montroy, J. J., Bowles, R. P., Skibbe, L. E., McClelland, M. M., & Morrison, F. J. (2016). The development of self-regulation across early childhood. *Developmental Psychology*, 52(11), 1744-1762. doi:10.1037/dev0000159

34. Moos, D. C., & Azevedo, R. (2008a). Monitoring, planning, and self-efficacy during learning with hypermedia: The impact of conceptual scaffolds. *Computers in Human Behavior*, 24(4), 1686-1706. doi:10.1016/j.chb.2007.07.001
35. Moos, D. C., & Azevedo, R. (2008b). Self-regulated learning with hypermedia: The role of prior domain knowledge. *Contemporary Educational Psychology*, 33(2), 270-298. doi:10.1016/j.cedpsych.2007.03.001
36. Morgado, F. F. R., Meireles, J. F. F., Neves, C. M., Amaral, A. C. S., & Ferreira, M. E. C. (2017). Scale development: Ten main limitations and recommendations to improve future research practices. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 30. Retrieved May 6, 2021, from <http://prc.springeropen.com/articles/10.1186/s41155-016-0057-1#citeas>
37. Muis, K. R., Psaradellis, C., Chevrier, M., Leo, I. D., & Lajoie, S. P. (2016). Learning by preparing to teach: Fostering self-regulatory processes and achievement during complex mathematics problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 108(4), 474-492. doi:10.1037/edu0000071
38. Müller, N. M., & Seufert, T. (2018). Effects of self-regulation prompts in hypermedia learning on learning performance and self-efficacy. *Learning and Instruction*, 58, 1-11. doi:10.1016/j.learninstruc.2018.04.011
39. Neal, A., Ballard, T., & Vancouver, J. B. (2017). Dynamic self-regulation and multiple-goal pursuit. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 4, 401-423. doi:10.1146/annurev-orgpsych-032516-113156
40. Nicol, D. J., & Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199-218. doi:10.1080/03075070600572090
41. Paris, S. G., & Paris, A. H. (2001). Classroom applications of research on self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 36(2), 89-101. doi:10.1207/S15326985EP3602_4
42. Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 451-502). San Diego, CA: Academic Press. doi:10.1016/B978-012109890-2/50043-3
43. Pintrich, P. R., & De Groot, E. V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 33-40. doi:10.1037/0022-0663.82.1.33
44. Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T., & McKeachie, W. J. (1991). *A manual for the use of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ)*. Ann Arbor, MI: University of Michigan.
45. Ram, R. (2020). Engaging young people in science education through socioscientific issues of biosecurity. *Kōtuitui: New Zealand Journal of Social Sciences Online*, 15(1), 22-37. doi:10.108

0/1177083X.2019.1637908

46. Reeve, J., Ryan, R., Deci, E. L., & Jang, H. (2008). Understanding and promoting autonomous self-regulation: A self-determination theory perspective. In D. H. Schunk & B. J. Zimmerman (Eds.), *Motivation and self-regulated learning: Theory, research and applications* (pp. 223-244). New York, NY: Erlbaum.
47. Roth, A., Ogrin, S., & Schmitz, B. (2016). Assessing self-regulated learning in higher education: A systematic literature review of self-report instruments. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 28(3), 225-250. doi:10.1007/s11092-015-9229-2
48. Schapiro, S. R., & Livingston, J. A. (2000). Dynamic self-regulation: The driving force behind academic achievement. *Innovative Higher Education*, 25(1), 23-35. doi:10.1023/A:1007532302043
49. Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351-371. doi:10.1007/BF02212307
50. Shiffler, R. E. (1988). Maximum Z scores and outliers. *The American Statistician*, 42(1), 79-80. doi:10.2307/2685269
51. Smith, B. A., Metzger, K., & Soneral, P. (2019). Investigating introductory nonmajor biology students' self-regulated learning strategies through the implementation of a reflective-routine. *Journal of College Science Teaching*, 48(6), 66-76. doi:10.2505/4/jcst19_048_06_66
52. So, W. W., Chen, Y., & Wan, Z. H. (2019). Multimedia e-learning and self-regulated science learning: A study of primary school learners' experiences and perceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 28(5), 508-522. doi:10.1007/s10956-019-09782-y
53. Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics* (6th ed.). Boston, MA: Pearson.
54. Taherdoost, H. (2016). Validity and reliability of the research instrument: How to test the validation of a questionnaire/survey in a research. *International Journal of Academic Research in Management*, 5(3), 28-36. Retrieved April 15, 2021, from https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3205040
55. Velayutham, S., Aldridge, J., & Fraser, B. (2011). Development and validation of an instrument to measure students' motivation and self-regulation in science learning. *International Journal of Science Education*, 33(15), 2159-2179. doi:10.1080/09500693.2010.541529
56. Weinstein, C. E., Acee, T. W., & Jung, J. (2011). Self-regulation and learning strategies. In H. Bembenutty (Ed.), *Self-regulated learning: New directions for teaching and learning* (pp. 45-53). San Francisco, CA: Jossey-Bass. doi:10.1002/tl.443
57. Wolters, C. A., & Rosenthal, H. (2000). The relation between students' motivational beliefs and their use of motivational regulation strategies. *International Journal of Educational Research*, 33(7-8), 801-820. doi:10.1016/S0883-0355(00)00051-3

58. Yerdelen, S., & Sungur, S. (2019). Multilevel investigation of students' self-regulation processes in learning science: Classroom learning environment and teacher effectiveness. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(1), 89-110. doi:10.1007/s10763-018-9921-z
59. Zeidler, D. L., Herman, B. C., & Sadler, T. D. (2019). New directions in socioscientific issues research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1. Retrieved March 12, 2021, from <https://diser.springeropen.com/articles/10.1186/s43031-019-0008-7>
60. Zimmerman, B. J. (1998). Academic studying and the development of personal skill: A self-regulatory perspective. *Educational Psychologist*, 33(2-3), 73-86. doi:10.1080/00461520.1998.9653292
61. Zimmerman, B. J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 82-91. doi:10.1006/ceps.1999.1016
62. Zimmerman, B. J. (2001). Theories of self-regulated learning and academic achievement: An overview and analysis. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives* (pp. 1-37). New York, NY: Erlbaum.
63. Zimmerman, B. J. (2002a). Achieving self-regulation: The trial and triumph of adolescence. In F. Pajares & T. C. Urdan (Eds.), *Academic motivation of adolescents* (Vol. 2, pp. 1-27). Greenwich, CT: Information Age.
64. Zimmerman, B. J. (2002b). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into Practice*, 41(2), 64-70. doi:10.1207/s15430421tip4102_2

A Scale for Self-Regulated Learning on the Issue of Exotic Species

Shu-Sheng Lin *

Graduate Institute of Mathematics and Science Education, National Chiayi University

Abstract

Having the ability to regulate and monitor one's own behavior and thoughts is an important part of self-regulation. Self-regulation can be applied to science learning to teach students how to perceive and control their learning processes. The purpose of this study was to develop and validate a Chinese version of the Scale on Self-Regulated Learning on the Issue of Exotic Species (SRLES) for elementary students. The validity and reliability the data were examined using responses from 406 elementary students from Taipei City, New Taipei City, Hsinchu City, Taichung City, Nantou County, Changhwa County, Chiayi County, Chiayi City, and Tainan City. Based on an exploratory factor analysis, SRLES yielded a three-factor structure: "Driving force for socioscientific issue learning" (4 items), "Action strategies" (8 items), and "Reflection on learning gains" (3 items), which contained a total of 15 five-point Likert-type scale items. The factor loadings for each factor ranged from .50 to .73. Internal consistency (Cronbach's α) for the overall SRLES was .86, with the subscales ranging from .63 to .85. The entire set of items can explain 52.38% of the variance in the dataset. Based on the responses from another 666 elementary students, confirmatory factor analysis revealed that the data had a good fit to the SRLES three-factor structure. The construct validity of SRLES was also confirmed.

Key words: Issue of Exotic Species, Self-Regulated Learning, Elementary Students, Scale

* Corresponding author: Shu-Sheng Lin, lin-s-s@mail.ncyu.edu.tw