科學教育學刊
2010, 第十八卷第三期, 229-252

Chinese Journal of Science Education
2010, 18(3), 229-252

大學生對基因改造作物議題的認知與論證能力之研究

林宗進 [1] **林樹聲** [2,*] **陳映均** [2]

[1] 國立臺灣科技大學　工程技術研究所
[2] 國立嘉義大學　科學教育研究所

（投稿日期：民國 98 年 7 月 1 日，修訂日期：98 年 8 月 24 日，接受日期：98 年 9 月 23 日）

摘要：本研究旨在探討大學生對基因改造作物的認知情形與論證的情況，並瞭解兩者的關聯性。研究以問卷收集資料，對象為臺灣嘉義地區 80 名大學生，結果發現：(1) 生物主修學生在「本體論知識」、「認識論知識」、「情境知識」與「知識總分」的得分均顯著優於非生物主修學生的得分（$p < .001$）；(2) 生物主修學生在「人體健康爭議」、「專利權爭議」與「論證總分」顯著優於非生物主修學生（$p < .05$）；(3) 受試者之「本體論知識」、「情境知識」、「知識總分」分別和「論證總分」有顯著正相關存在（$p < .05$）。文末建議可加強學生對基因改造作物的「本體論知識」，並擴展學生相關於議題的「情境知識」，以提升學生論證的深度與廣度。

關鍵詞：大學生、社會性科學議題、知識、基因改造作物、論證

壹、緒論

一、研究背景與動機

在現今資訊爆炸的時代，民眾往往需要依靠自己的判斷能力來判別訊息的可信度，尤其是帶有爭議性的社會性科學議題（socio-scientific issue [SSI]）。由於 SSI 具備非結構且開放的特性，並無特定的解決辦法，加上民眾對於 SSI 背後的相關知識不瞭解，他們的立場、態度和價值觀也不盡相同，導致處理的方式或解決的方案不同，若無法在這些可行方案中達成一定的共識，往往就會引起爭議。而在面對此種議題時，個人的論證能力就顯得非常重要（Kolstø, 2006）。論證能力的展現可藉由書寫或是口語的過程，將自己的論點訴諸於團體裡做溝通、協商和辯護，一方面澄清自己的

* 通訊作者：林樹聲

論點，另一方面也反駁他人的論點（Simon, Erduran, & Osborne, 2006）。

近年來，國外已有不少對於學生論證能力的研究（如 Jimènez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl, 2000; Osborne, Erduran, & Simon, 2004; Schwarz, Neuman, Gil, & Ilya, 2003; Zohar & Nemet, 2002）；反觀國內，科學教育中有關論證的研究才剛起步，仍有許多待探究的空間（林燕文、洪振方，2007a，2007b；林樹聲、黃柏鴻，2009；蔡俊彥、黃台珠，2008）。而上述研究多在探討國小、國中學生進行論證的表現、論證的相關技能或論證教學的策略等，除了忽略對其他年齡層的探討之外，專門針對「內容知識」與「論證能力」之間關聯性的研究也不多見。目前僅知 Sadler 與 Fowler（2006）、Sadler 與 Zeidler（2005a）以大學生爲對象，探討二者之間的關係。他們指出對議題內容知識較爲了解的學生，其論證品質也較佳；而 Means 與 Voss（1996）更具體指出對於議題「內容知識」瞭解的多寡，會影響學生提出「理由的種類」與「理由的數量」。

此外，國外學者在探討「內容知識」與「論證能力」的關係時，主題的選擇以「基因工程之相關議題」爲首，資料收集則多以選擇題的方式，探究學生對議題所具備的「內容知識」，而如此僅能得到學生在該問卷上的整體表現，無從了解擁有「不同的」內容知識，到底對「論證能力」的影響如何。Abd-El-Khalick（2003）就指出 SSI 涉及許多特定領域（domain-specific）的知識，而這些知識往往較爲艱深，若學生未具備這些知識，就較難對 SSI 中的爭議做出論證與決定。這意謂著釐清哪一類內容知識對學生論證能力的影響，應能讓我們更清楚知曉兩者之間的關係。再者，多數學者只就「主修自然科學與否」將學生做分群（Sadler & Fowler, 2006; Sadler & Zeidler, 2005a），並未注意到「議題本身屬性」與「受試者主修學科」之間的關係，所以就忽略了「主修學科」可能反映受試者對「特定議題之內容知識」了解多寡的事實。由於「基因工程相關議題」涉及到較多生物學科方面的知識，因此本研究試圖將主修生物的學生獨立出來，與非生物主修的學生做比較，再加上研究者進一步將內容知識做分類，然後深入分析，如此也許可以得到更多值得關切的訊息，而非只是了解「內容知識」與「論證能力」的粗略關係。

二、研究目的與問題

基於前述的背景與動機，本研究旨在探討生物主修與非生物主修之大學生對於基因改造作物（Genetically Modified Organisms [GMO]）議題的認知與其進行論證的情形，並進一步瞭解兩者之間的關聯。而引導本研究探討的問題爲：(1) 不同主修之大學生對 GMO 議題相關知識的認知情況與差異爲何？ (2) 不同主修之大學生對於 GMO 議題爭議進行論證的情形與差異爲何？ (3) 不同主修之大學生在 GMO 議題相關知識的認知表現與其論證能力之間的關聯性爲何？

貳、文獻探討

一、論證與 SSI

(一) 論證的意涵

論證的意涵可從兩個面向切入，若把論證視爲靜態的產物，Kuhn（1992）認爲「論證是在社會情境下，兩個人或是更多人所持有的對立觀點。」這意謂著，在當下各方的論點有所衝突，無法達成共識；另一方面，

把論證視爲一個動態的歷程，則是在特定的社會情境下，個人藉由書寫或是口語表達，將自己的論點訴諸於團體裡溝通、協商、辯護，以支持自己主張的社會活動（Driver, Newton, & Osborne, 2000）。所以，動態歷程除了有個人靜態的論點之外，更強調的是，在社會情境中，各種論點在團體裡的交互作用。

Toulmin（1958）對於論證的陳述已經在科學教育領域中被廣泛的引用，他認爲一個完整的論證應包含「主張（claim）」、「資料（data）」、「理由（warrant）」、「支持（backing）」、「反駁（rebuttal）」與「條件限制（qualifier）」等元素。此外，上述的「資料」、「理由」與「支持」等元素，可用「證據」的方式呈現（Sadler, 2006）。「證據」可以是事實、觀察或實驗的結果，用以辯護個人的主張（Upshur, 2000）。若以「證據」性質作分類，概略可分成兩類（Berland & Reiser, 2009; Tytler, Duggan, & Gott, 2001），其一爲「正式科學證據」，也就是科學家經由實驗設計或觀察所得的數據、圖片、結果、由科學理論證實之事實、常識等；其二爲「非正式證據」，即爲個人在日常生活中的經歷。

(二)SSI 的特質

一個議題之所以會有爭議，往往是因爲科技應用於社會時，人們高興擁抱科技所帶來的便利，但也害怕承擔科技應用背後所帶來的壞處與風險（Kolstø, 2001）。例如，焚化爐的興建、基因改造作物的上市、胚胎幹細胞的應用等。人們在面對此類議題時，由於立場與態度的不同，導致解決的方案不同；當人們無法找出共識的方案，問題因而無法獲得解決時，就會演變成社會爭議，諸如此類的議題就被稱爲「社會性科學議題」（Sadler, Chambers, & Zeidler, 2004）。有關 SSI 的性質歸納如下：

1. 議題本身所涉及層面相當廣泛

SSI 的討論涉及了許多的層面，如環境、經濟、社會、健康與法律，甚至是宗教、倫理與道德等（Brante, 1993）。若以「基因改造作物」爲例，從環境保護的角度來看，轉殖可以抵抗病蟲害的基因於農作物上，減少農藥的使用；但是在生態方面，種植基因改造作物可能會對整個環境的生態系造成無法評估的衝擊或災難；而從經濟的角度切入，商人因爲持基因改造作物的專利而大量種植，一方面雖可降低生產成本，但另一方面卻可能造成市場的壟斷。

2. 無法單純依靠科學方法來解決

由於涉及判斷科技應用結果的證據尚不完整，或只能以機率來說明最後結果的影響，所以專家之間缺乏一致的見解，因而無法給予大眾絕對肯定或否定的答案，所以就造成爭議的出現（Levinson, 2006）。Oulton, Dillon 與 Grace（2004）就指出，SSI 無法單純依靠控制變因、推理、演繹、實驗與歸納結果等科學方法來解決。例如，電磁波之於人體是否有害，就算科學家測得的數據低於標準值，但他們也無法保證絕對無害。

3. 涉及情意方面的推理與判斷

當社會大眾面對資訊不充足、非結構化的 SSI 時，除了理性運用自己的認知，加以客觀分析之外，也會考慮本身與該議題的關聯性，才會做出最後的決定（Kolstø, 2006）。例如，若政府決定在某地區興建垃圾掩埋場，就算政府做出掩埋場絕對不會對該地區造成污染或惡臭的保證，該鄰近地區的民眾還是群起抗議，加以反對，產生所謂

的「鄰避效應」。也就是說，民眾自身對該議題的內心感受，在此時扮演了一個重要的角色，它會影響民眾進行推理，並做出自己的抉擇。因此，情意方面的因素也是認知主體在面對 SSI 做決定時，不可忽略的面向（Sadler & Zeidler, 2005b）。

(三) 論證與 SSI 的關係

在當今民主社會中，社會大眾必定會遭遇不同的科技議題與其所引發的爭議。由於這些議題沒有一個確切的解決方式，勢必要藉由大家主動參與討論，得到共識的解決方案，才能付諸解決的行動。Sadler 與 Donnelly（2006）認爲，SSI 帶有多元觀點、多種解決方式與開放性的特性。因此，學生在解讀各立場背後的主張與證據時，就必須去檢視它們的優、缺點，批判證據的正當性，思考主張的合理與否（Millar, 1997）。經由這樣的過程，學生能對該議題有更深的理解，也能反思自身的論點，進而能提出更適切的主張與理由。林樹聲（2004）就指出若將 SSI 融入大學的通識教育中，因爲修課學生的專業背景多元，看待議題的觀點不盡相同，因而使得課堂的討論變得更加熱烈。而在彼此對話的互動中，學生必須能掌握 SSI 爭議的核心與提出自己的論點，並仔細聆聽他人的意見，同時要能補強自己的想法，或反駁對方的說辭，如此的一來一往，即是經歷論證的過程。

二、學生的知識與論證能力之關係

Sadler 與 Donnelly（2006）探討內容知識與道德觀對美國高中學生論證「基因工程議題」品質的影響。研究結果發現，內容知識與道德推理的結果並未能有效預測學生的論證品質，但他們於訪談的資料發現受試者對於內容知識的多寡的確會影響他們的論證品質（決定係數 $R^2 = .019$），只是無統計上的顯著性（該文未顯示 p 值）。而 Sadler 與 Fowler（2006）延續上述研究，只探討內容知識與論證品質的關係。對象爲美國高中學生、主修自然科學與非主修自然科學的大學生各 15 位。研究主要結果爲：主修自然科學大學生在「論證分數」與「辯護的數量」的表現優於非主修科學大學生或高中生；而且在訪談時，他們使用科學知識用以辯護主張的頻率，比其他兩組來得高。Mason 與 Scirica（2006）探討義大利中學學生在主題知識、對主題的興趣、認識論信念（epistemological belief）三者與論證能力的關係。他們選擇「全球暖化」與「基因改造食品」兩個議題，讓受試者填寫問卷，結果發現「認識論信念」爲預測「論證能力」的主要變項。也就是說，受試者的認識論信念層次越高，論證的品質也越高；此外，受試者僅在「基因改造食品」議題中，其主題知識與論證能力中的兩個子能力有顯著相關：提出論點（$r = .28, p < .05$）、提出反駁（$r = .39, p < .01$）。

值得注意的是，上述研究所使用的「內容知識」問卷，大多採用選擇題的方式進行設計（Sadler & Donnelly, 2006; Sadler & Fowler, 2006），僅能得到受試者在該問卷的整體表現，並未能從不同的知識分類進行探討「內容知識」對「論證能力」的影響。而 Mason 與 Scirica（2006）的主題知識問卷則是以選擇題爲主，外加一題開放式問題的形式。由此可知，上述的知識問卷大多從量化取向出發，並未從質化取向探討不同知識層面與論證品質的關係，因此若能對議題所屬的不同知識層面進行探討，更能進一步看出內容知識如何影響論證的品質。

其次，本研究採用的 GMO 議題，係屬於「基因工程議題」的範疇。一些學者

（Martins & Ogborn, 1997; Venville & Treagust, 1998）認爲，欲瞭解學生對於基因的相關概念的理解程度，可以從兩方面著手，其一爲本體論的（ontological）角度，另一爲認識論的（epistemological）角度。本體論主要研究客觀事物存在的本質，意即探討「某項事物的本質是什麼？」而認識論則在探討事物的範圍、限制和界定等，意即「某項事物的範圍、限制是什麼？」更進一步地說，「要如何利用一些判準來界定出該事物之範圍」即屬於認識論討論的範圍（Venville, Gribble, & Donovan, 2005）。再者，一些學者（Ryder, 2001; Sadler, 2009）亦認爲，SSI 涉及許多與特定情境（context-specific）相關的知識，當學生進行與 SSI 有關的活動時，他們若能善加運用與該議題相關的情境知識，相關於論證的表現往往亦會較佳。那麼何謂「情境知識」？根據 de Jong 與 Ferguson-Hessler（1996）的定義，「與特定的社會情境與脈絡有關的知識」即爲「情境知識」。也就是說，個體必須能夠把所學的知識連結到相關的問題情境與脈絡中，這樣的知識才有意義。因此，本研究將 GMO 區分成「本體論知識」、「認識論知識」、「情境知識」三部分，並進一步探討學生具備這三類知識與論證能力之間的關係。

參、研究方法

一、研究對象

本研究挑選嘉義地區某大學之學生共 80 人（生物主修 40 人、非生物主修 40 人）。其中，受試者之主修若爲農林漁牧、生命科學或醫藥衛生等科系，會被歸類爲「生物主修」的學生；而主修物質科學、工程、財經商管、社會科學與人文藝術等科系之學生，則歸類爲「非生物主修」的學生。

二、研究工具

(一)GMO 認知問卷

研究者在參考學者（de Jong & Ferguson-Hessler, 1996; Martins & Ogborn, 1997; Venville, Gribble, & Donovan, 2005; Venville & Treagust, 1998）的理論基礎後，自行發展出「GMO 認知問卷」。此問卷主要從三個認知向度——「本體論知識」、「認識論知識」、「情境知識」進行設計，皆爲開放性問題，共計三題。第一題：請你爲「基因改造作物」下一個定義。此題從本體論知識的角度出發，調查受試者對 GMO 本質的瞭解情形。第二題：你認爲「基因改造作物」與「非基因改造作物」有什麼差別？此題則由認識論的角度切入，調查受試者是否能夠界定出「GMO」和「非 GMO」之間的差別。第三題：「基因改造作物」的優點與缺點爲何？請盡量寫出。而因爲這些優缺點，會有什樣的後果或引起什麼樣的爭議？此題則依據「情境知識」的定義，調查受試者是否知道 GMO 的優缺點及所引起之爭議。

(二)GMO 論證問卷

本問卷依據 GMO 的相關爭議加以設計（沈孝宙，2008；樓孟羽，2006；Seethaler & Linn, 2004），分成「人體健康爭議」、「生態環境爭議」與「專利權爭議」三大題。而此三大題的情境敘述，皆先給予一段與 GMO 相關的科學資訊，接著描述正、反兩方支持與反對的觀點與理由，讓受試者經由閱讀瞭解該情境所引起的爭議。另外，參照林樹聲與黃柏鴻（2009）、Wu 與 Tsai（2007）有關論證的提問，在每個情境敘述結束後，提出四個問題讓學生進行論證。以「人體健

康爭議」爲例，問題一：在此情境中，你贊成「基因改造稻米」的上市嗎？為什麼？此題探究學生「提出論點」的能力。問題二：承問題一，你可以提出「證據」來支持你的說法嗎？此題欲探討學生「提出證據」的能力。問題三：若有人反對你的說法，他可能用哪些理由呢？此題則探究學生針對問題一的「論點」，「提出反論點」的能力。第四題：承問題三，你會再補強什麼理由，加強你自己的說法，或反駁別人的說法？此題則在瞭解學生提出「支持的論點」能力。

(三) 研究工具之效度與信度

在工具的效度方面，本研究商請兩位具生物背景的科學教育學者檢視「GMO 認知問卷」與「GMO 論證問卷」之後，根據專家意見進行第一次修正。之後再商請主修生物與非主修生物大學生各 3 人（非本研究之預試或正式研究對象），協助閱讀問卷中問題之敘述，研究者根據他們的意見再次修正問卷。之後，由嘉義大學生物主修 10 人，非生物主修 10 人，共 20 人，進行問卷的預試。研究者根據受試者的填答結果，除了建立初步的分析架構外，亦會審視填答內容是否切合命題目標，再進行問卷的修正，完成定稿。在信度方面，研究者商請一位科學教育碩士，並隨機抽取兩組學生所填寫之問卷各 15 份，兩人分別依據分析架構進行編碼，之後再共同檢視兩人登錄的狀況。在個別進行評分後，研究者對兩人所評的分數進行 Pearson 積差相關考驗，「知識」部分得到 r = .832（p = .000 < .001），「論證」部分得到 r = .850（p = .000 < .001）。根據邱皓政（2006）的說法，「知識」與「論證」之 r 值皆屬於高度相關，且達顯著水準，表示兩位評分者的評分結果具有高度一致性。

三、資料的分析

(一)GMO 認知問卷

研究者在參考相關資料後（樓孟羽，2006；Seethaler, 2005），設計出「GMO 認知檢核表」（表 1）。之後依據此檢核表逐一檢核學生在「GMO 認知問卷」所填答的內容。

資料登錄完成後，進一步轉化成分數。第一題，依據受試者的認知層次高低，給予不同分數。最低層次爲「利用人爲的方法」給 1 分；第二低層次爲「基因改造」給 2 分；最高層次爲「基因轉殖」給 3 分。即層次越高，給予的分數越高。第二題，受試者提及「目的或功能之不同或是否爲人工的方式產生」給 1 分；提及「是否有改造作物之基因，導致其性狀的改變」給 2 分；提及「是否應用基因轉殖技術，造成其基因序列的改變」給 3 分，給分的理由同上題。至於第三題，若受試者回答出一個 GMO 的優點、缺點或所引起的爭議，均給 1 分。

(二)GMO 論證問卷

本研究以 Toulmin（1958）提出的論證架構爲基礎，主要著重於「主張」、「理由」、「反駁」與「條件限制」四個元素。在參考林樹聲與黃柏鴻（2009）、Schwarz 等（2003）的論證分析架構後，研究者設計出「GMO 論證問卷」檢核表（表 2）。

將受試者填答內容整理、分析後，進一步把受試者填答內容轉化成分數。在「主張」部份，不管受試者回答贊成或反對，均給予 1 分。而「論點之理由」和「反論點之理由」部份，若受試者的理由能合理解釋論點或反論點之主張，一個理由給予 1 分，其餘情況均不予給分。在「支持的論點之理

表 1：GMO 認知檢核表

GMO 認知問題	主概念	填答範例		計分
第一題	迷思概念	一些基因改良過的農作物，跟不同種的植物作雜交。		0 分
	利用人爲方法改造作物特性	將原本的基因經過人工的改良後，產生新基因而形成新的作物。		1 分
	基因改造	利用生物技術改變作物的基因，使其作物產量增加，抑制病蟲害的能力提高。		2 分
	基因轉殖	利用基因轉植的技術，把人類所需要的基因轉植到作物身上，而非經傳統的育種程序所改良的作物。		3 分
第二題	迷思概念	基改作物	容易出現副作用，因爲作物基因已被改造。	0 分
		非基改作物	比較一般，缺點較容易存在且不易消失。	
	目的或功能不同，或是否爲人工的方式產生	基改作物	經人工手法改造其生物特性。	1 分
		非基改作物	自然界自然生產的生物體。	
	是否有改造作物之基因，導致性狀的改變	基改作物	透過基因改變來產生生理、特性上的差異。	2 分
		非基改作物	正常生長的原生作物。	
	是否應用基因轉殖技術，造成基因序列的改變	基改作物	由人工的方式把外來的基因轉殖入作物內，使其產物產生不同的表現。	3 分
		非基改作物	經由育種，淘汰、篩選出適合的品種。	
第三題	基改作物的優點	減少大量農藥使用，降低對環境的破壞。		1 分
	基改作物的缺點	轉入的基因可能在人類食用後產生過敏反應。		
	基改作物引起的爭議	可能會造成素食者食用帶動物基因的植物，引起是否仍是吃素的爭議。		1 分

由」部份，若受試者提出「精緻化理由」、「補充新理由」或「反駁」，只要提出一個上述之類型，均給予 1 分。在「證據內容」部份，若有支持到受試者提出的理由，則一個證據內容給予 1 分，其餘情況均不予給分。在「證據性質」部份，由於正式科學證據較具說服力，因此，若受試者回答到「正式科學證據」，一個給予 2 分；若回答到「非正式科學證據」，則一個給予 1 分。此外，由 於 Scholtz, Braund, Hodges, Koopman 與 Lubben（2008）指出若受試者使用到「條件限制」，亦屬於較高認知層次的表現，因此給予 1 分，其餘情況不予給分。

(三) 統計處理

本研究以獨立樣本 *t* 檢定，考驗生物與非生物主修學生在「內容知識」與「論證能力」得分差異情形，並進行 Pearson 積差相關，分析受試者在「內容知識」與「論證能力」之相關程度。

肆、研究結果

一、大學生對 GMO 相關概念的認知情形

(一) 本體論知識部分

在 GMO「本體論知識」部分（圖 1），

表 2：GMO 論證問卷檢核表

回答	類別	含意	填答範例	計分
主張	支持	贊成立場	贊成	1 分
	反對	反對立場	不贊成	1 分
論點理由	支持論點主張	能合理解釋支持論點之主張	不贊成，如非經過長時間試驗或安全評估就貿然上市，可能會影響數以萬計人類的健康或生命安全。	1 分
	不合理或未填寫	並非用來說明論點主張的理由或未填寫	不贊成，生物科技公司在嘴砲。	0 分
反論點理由	支持反論點主張	能合理解釋支持反論點之主張	贊成，基因改造鮭魚的生長時間短，價格必定低廉。	1 分
	不合理或未填寫	並非用來說明反論點主張的理由或未填寫	不贊成，就是不喜歡。	0 分
支持的論點理由	反駁	針對自己提出的反論點進行反駁	與當地居民簽訂契約，保障居民進行傳統育種，可避免壟斷的問題。	1 分
	精緻化理由	針對自己提出的理由進行補充，使理由更爲完善	如果改造結果會影響人體健康，就不能接受。	1 分
	補充新理由	提出一個新的理由來支持自己的主張	除了健康疑慮，基因改造稻米亦可能造成生態上的改變。	1 分
	不合理或未填寫	內容不合邏輯、不符現況、內容並非再加強理由、立場不一致、未填寫等	我不喜歡吃鮭魚。	0 分
證據內容	支持理由	用以支持主張之理由	如同許多外來種入侵造成當地野生種的滅絕是相同道理。基因改造鮭魚的生長快速，可能比原生種更適應環境，而成爲優勢族群，改變環境生態。	1 分
	證據不合理或未提出證據	無法支持主張之證據或未提出證據	我無法證明。	0 分
證據性質	正式科學證據	經由實驗設計或觀察所得的數據、圖片、結果、由科學理論證實之事實、常識	可由其他食物攝取。胡蘿蔔、芒果等黃色蔬菜含有維生素 A，運動照陽光，身體就會自行製造。	2 分
	非正式證據	人在日常生活中的經歷	若連基本的老鼠試驗都過不了，對人體的傷害可想而知。檢測的程序應該再三重複，送檢不能只送一家公司即公佈結果。	1 分
條件限制	帶有條件限制之理由	作爲限制主張之用，指出主張在何種情況下適用。	在以基因改造鮭魚不逃脫而影響海洋生態的前提下，此鮭魚的營養成份高且養殖時間較短，可降低售價且提供營養。	1 分

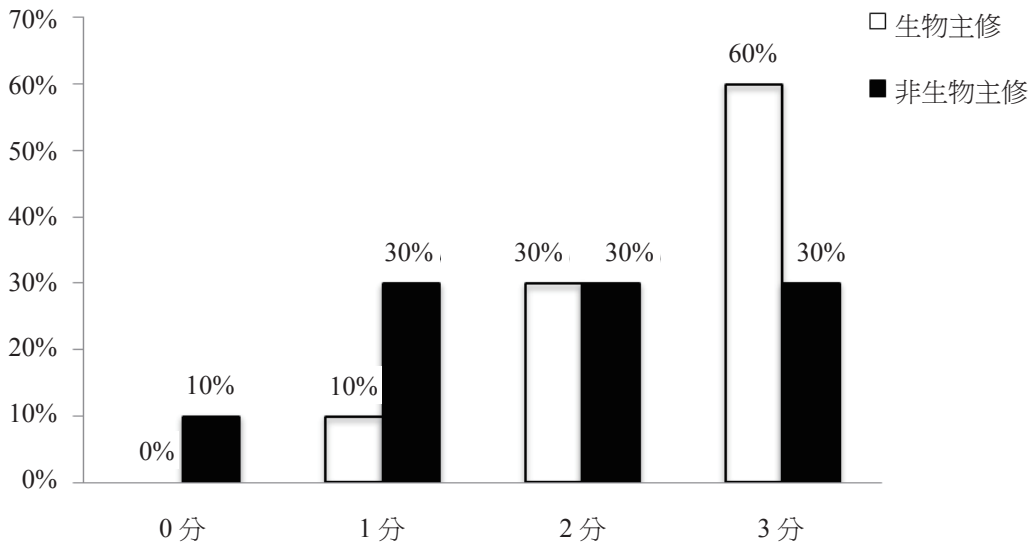

圖 1：大學生於 GMO 本體論知識得分之百分比分佈情形

受試者需回答出 GMO 的定義。10% 生物主修大學生與 30% 非生物主修大學生得到 1 分，即具有「利用人爲方式」的概念；分別有 30% 生物與非生物主修大學生得到 2 分，即具有「基因改造」的概念；60% 生物主修大學生與 30% 非生物主修大學生得到 3 分，即具有「基因轉殖」的概念；此外，仍有 10% 非生物主修大學生得到 0 分，表示他們對 GMO 的定義持有「迷思概念」或不知道。

綜合以上所述，60% 的生物主修大學生得到 3 分，而非生物主修大學生則僅有 30%，表示生物主修大學生的表現多半得到較高的分數。而這些受試者的填答內容均提及 GMO 爲利用生物技術或基因轉殖技術，改造或重組基因序列，使其具有不同特性、特定目標的作物。例如 N06 指出：

> 凡是利用基因轉殖技術對作物進行基因層次上的修改或重組，用以達到特定目標的作物稱之。

由此可知得到 3 分的大學生對基因改造作物有較正確且深入的瞭解。

(二) 認識論知識部分

在 GMO「認識論知識」部分（圖 2），受試者需回答出 GMO 與非 GMO 的差別。27.5% 生物主修大學生與 60% 非生物主修大學生得到 1 分，即他們於分辨 GMO 與非 GMO「目的或功能之不同或是否爲人工的方式產生」的概念；分別有 25% 生物主修大學生與 27.5% 非生物主修大學生得到 2 分，即具有「改造作物之基因，導致其性狀的改變」的概念；47.5% 生物主修大學生與 5% 非生物主修大學生得到 3 分，即具有「應用基因轉殖技術，造成其基因序列的改變」的概念；此外，仍有 7.5% 非生物主修大學生得到 0 分，表示他們對 GMO 與非 GMO 之差別仍有「迷思概念」存在。

綜合以上所述，47.5% 生物主修大學生得到 3 分。然而，超過一半（60%）非生物主修大學生僅得到 1 分，僅有 5% 非生物主修大學生得到 3 分。這表示受試者在判定 GMO 與非 GMO 的標準，多數生物主修大

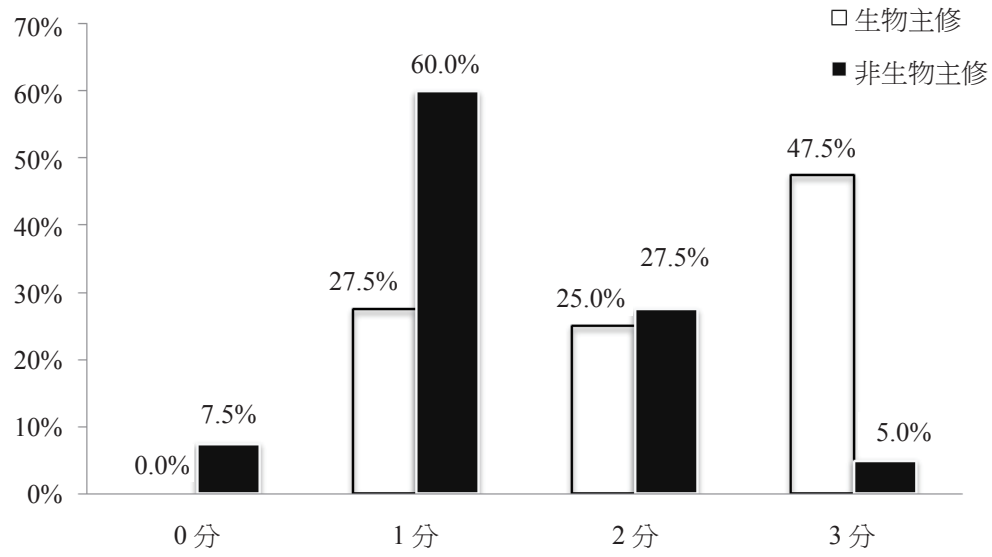

圖 2：大學生於 GMO 認識論知識得分之百分比分佈情形

學生係以「是否應用基因轉殖技術，造成其基因序列的改變」爲標準，而多數非生物主修大學生僅以「目的或功能之不同或是否爲人工的方式產生」當作標準。

(三) 情境知識部分

在 GMO「情境知識」部分（圖 3），受試者需回答出 GMO 的優點、缺點與其所引起的爭議。15% 生物主修大學生與 60% 非生物主修大學生之得分位於 1-5 分；70% 生物主修大學生與 37.5% 非生物主修大學生之得分位於 6-10 分；15% 生物主修大學生與 2.5% 非生物主修大學生之得分位於 11 分以上。

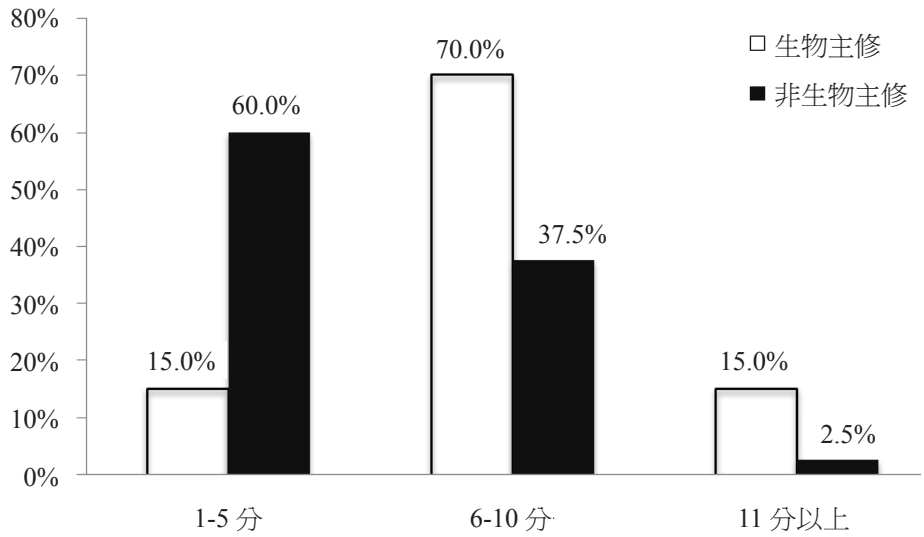

圖 3：大學生於 GMO 情境知識得分之百分比分佈情形

綜合以上所述，85% 生物主修大學生能提出較多關於 GMO 的情境知識（6 分以上），然而，60% 的非生物主修大學生均得到較低的分數（1 至 5 分）。

若進一步從 Seethaler 與 Linn（2004）所提出三大 GMO 的層面——「人體健康」、「生態環境」與「社會經濟」，來分析受試者的填答內容。研究者發現，在 GMO 優點部分，多數的受試者均提及 GMO 於「社會經濟」的優點。例如 S01 回答到「促進生產效率，可解決糧食短缺問題。」此項社會經濟之優點。

而在 GMO 缺點部分，多數的受試者均提及「人體健康」與「生態環境」的缺點，例如 N20 提及「生物多樣性下降」（生態環境）及「對身體產生不好的影響」（人體健康）；而 S14 亦提出「可能產生超級雜草」（生態環境）及「對人體有副作用」（人體健康）之兩項缺點。

至於 GMO 所引起爭議部分，多數受試者亦提及「人體健康」與「生態環境」的爭議。以 S20 爲例，該受試者提出「可能會產生超級雜草，也會使原生作物減少的可能性增加」與「吃了該作物而產生病變，使得人們對基因改造作物還是沒有很大的信心」兩項爭議。

(四) 大學生對 GMO 相關概念之差異性分析

爲了探究生物與非生物主修大學生在「本體論知識」、「認識論知識」與「情境知識」三個向度之得分是否有顯著差異，因此，研究者採用獨立樣本 *t* 檢定進行分析，結果如表 3 所示。

1. 本體論知識部分

生物主修大學生平均得分爲 2.50，非生物主修大學生平均得分爲 1.80。而不同主修大學生在本體論知識的得分達顯著差異，其 *t* 值爲 3.68（$p = .000 < .001$），表示生物主修大學生的得分顯著優於非生物主修大學生的得分。

2. 認識論知識部分

生物主修大學生平均得分爲 2.20，非生物主修大學生平均得分爲 1.30。而不同主修大學生在認識論知識的得分達顯著差異，其 *t* 值爲 5.20（$p = .000 < .001$），表示生物主修大學生的得分顯著優於非生物主修大學生的得分。

3. 情境知識部分

生物主修大學生平均得分爲 7.65，非生物主修大學生平均得分爲 5.23。而不同主修大學生在情境知識的得分達顯著差異，其 *t*

表 3：不同主修大學生於「知識向度」之獨立樣本 *t* 檢定摘要表

向度	生物（$N = 40$）		非生物（$N = 40$）		*t* 值	*p*
	平均數	標準差	平均數	標準差		
本體論	2.50	.68	1.80	.99	3.68***	.000
認識論	2.20	.85	1.30	.69	5.20***	.000
情境知識	7.65	2.35	5.23	2.15	4.81***	.000
知識總分	12.35	2.71	8.32	2.93	6.38***	.000

*** $p < .001$

值爲 4.81（$p = .000 < .001$），表示生物主修大學生的得分顯著優於非生物主修大學生的得分。

4. 知識總分部分

生物主修大學生平均得分爲 12.35，非生物主修大學生平均得分爲 8.32。而不同主修大學生在整體知識的得分達顯著差異，其 t 值爲 6.38（$p = .000 < .001$），這表示生物主修大學生的得分顯著優於非生物主修大學生的得分。綜合上述，生物主修大學生在 GMO「本體論知識」、「認識論知識」、「情境知識」與「知識總分」的得分優於非生物主修大學生的得分，且均達統計上的顯著水準（$p < .001$）。

二、大學生對於 GMO 爭議之論證表現情形

(一) 論點部分

受試者在情境一進行論證之「論點」得分情形，研究者將得分之百分比分布情形呈現於圖 4。大多數的受試者（生物 65.0%、非生物 70.0%）得到 2 分，這表示他們能提出一個理由來支持自己的主張。而生物主修大學生得到 3 分以上的百分比（30.0%）略多於非生物主修大學生的百分比（25.0%），這表示生物主修大學生能提出兩個理由或帶有一個條件限制理由的人數多於非生物主修大學生。

在情境二進行論證之「論點」得分情形，研究者將得分之百分比分布情形呈現於圖 4。從百分比分佈多寡來看，超過一半（55.0%）生物主修大學生得到 2 分，45.0% 則得到 3 分；在非生物主修大學生方面，多半的受試者（52.5%）則得到 3 分，45.0% 得到 2 分，有 1 位僅得到 1 分。

而在情境三進行論證之「論點」得分情形，研究者將得分之百分比分布情形呈現於圖 4。從圖中可發現，生物主修大學生多數（52.5%）得到 3 分以上，再者爲 2 分（40.0%），仍有 7.5% 得到 1 分；反觀非生物主修大學生，多數（52.5%）得到 2 分，亦有 42.5% 得到 3 分，僅有 5.0% 得到 1 分。

整體而言，生物主修大學生於情境一與情境三中的表現，在「論點」方面大致略優於非生物主修大學生的表現。然而，非生物主修大學生於情境二中之「論點」，得到高分的百分比略多於生物主修大學生。

(二) 證據部分

受試者在情境一進行論證之「證據」得分情形，研究者將得分之百分比分布情形呈現於圖 5。可發現超過一半的受試者（生物 52.5%、非生物 65.0%）均無法提出「證據」，

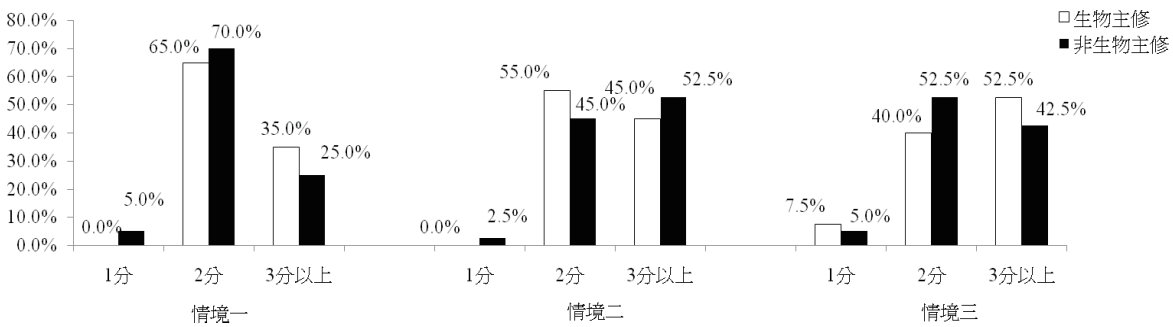

圖 4：大學生於各情境論證之「論點」得分百分比分佈情形

而在能提出證據的生物主修大學生中，得到 2 分（25.0%）與得到 3 分以上（22.5%）的百分比差不多，但於非生物主修大學生中，30.0% 的受試者得到 2 分，表示他們僅能提出一個非正式證據，而 5.0% 的受試者則能得到 3 分以上。

而在情境二進行論證之「證據」得分情形，研究者將得分之百分比分布情形呈現於圖 5。超過一半的受試者無法提出「證據」，而在能夠提出證據的大學生中，生物主修佔 32.5%，非生物主修佔 47.5%。且在能提出證據的生物主修大學生中，有 20.0% 的人得到 3 分，12.5% 的人得到 2 分；在能提出證據的非生物主修大學生中，最多人（30.0%）得到 2 分，其次有 17.5% 得到 3 分。

在情境三進行論證之「證據」得分情形，研究者將得分之百分比分布情形呈現於圖 5。非生物主修大學生於本情境中，僅有 7.5% 的受試者能提出一個非正式證據，而生物主修大學生則有 30.0% 的學生能提出證據，其中有 27.5% 的人得到 3 分。

整體而言，學生在能提出「證據」的百分比方面，生物主修大學生於情境一與情境三中的表現，大致略優於非生物主修大學生的表現。然而，非生物主修大學生於情境二中之「證據」部分的表現略優於生物主修大學生。

(三) 反論點部分

受試者在情境一進行論證之「反論點」得分情形，研究者將得分之百分比分布情形呈現於圖 6。7.5% 生物主修與 10.0% 非生物

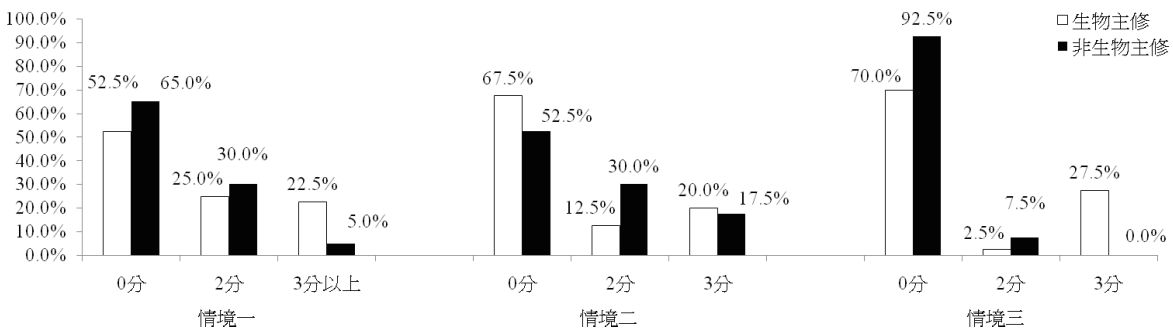

圖 5：大學生於各情境論證之「證據」得分百分比分佈情形

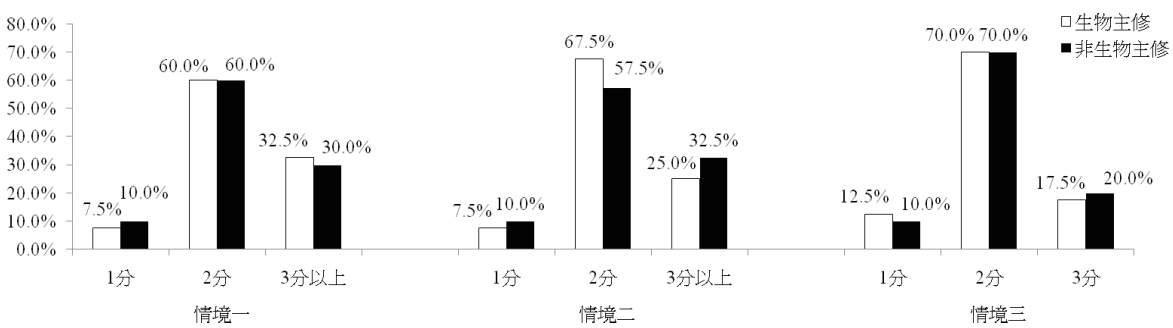

圖 6：大學生於各情境論證之「反論點」得分百分比分佈情形

主修大學生僅得到 1 分。各有 60.0% 生物主修與非生物主修大學生得到 2 分。32.5% 生物主修與 30.0% 非生物主修大學生得到 3 分以上（最高 4 分）。由上述可知，多數受試者（生物 60.0%、非生物 60.0%）得到 2 分，表示他們能夠提出一個反論點之理由。

而在情境二進行論證之「反論點」得分情形，研究者將得分之百分比分布情形呈現於圖 6。7.5% 生物主修與 10.0% 非生物主修大學生僅得到 1 分。有 67.5% 生物主修與 57.5% 非生物主修大學生得到 2 分。25.0% 生物主修與 32.5% 非生物主修大學生得到 3 分以上（最高 4 分）。由上述可知，多數受試者（生物 67.5%、非生物 57.5%）得到 2 分，這表示他們能夠提出一個反論點之理由。

又，在情境三進行論證之「反論點」得分情形，研究者將得分之百分比分布情形呈現於圖 6。12.5% 生物主修與 10.0% 非生物主修大學生僅得到 1 分。各有 70.0% 生物主修與非生物主修大學生得到 2 分。17.5% 生物主修與 20.0% 非生物主修大學生得到 3 分。由上述可知，多數受試者（生物 70.0%、非生物 70.0%）得到 2 分，這表示他們能夠提出一個反論點之理由。

整體而言，生物主修大學生於情境一與情境三中的表現，「反論點」部分大致略優於非生物主修大學生的表現。然而，非生物主修大學生於情境二中「反論點」部分，得到高分的百分比略多於生物主修大學生。

(四) 支持的論點部分

歸納受試者在情境一進行論證之「支持的論點」得分情形，研究者將得分之百分比分布情形呈現於圖 7。12.5% 生物主修與 20.0% 非生物主修大學生得到 0 分。62.5% 生物主修與 60.0% 非生物主修大學生得到 1 分。20.0% 生物主修與 17.5% 非生物主修大學生得到 2 分。5.0% 生物主修與 2.5% 非生物主修大學生得到 3 分。由上述可知，多數受試者（生物 62.5%、非生物 60.0%）得到 1 分，這表示他們能夠提出一個支持性理由來支持其論點。

在情境二進行論證之「支持的論點」得分情形，研究者將得分之百分比分布情形呈現於圖 7。5.0% 生物主修與 12.5% 非生物主修大學生得到 0 分。62.5% 生物主修與 75.0% 非生物主修大學生得到 1 分。27.5% 生物主修與 12.5% 非生物主修大學生得到 2 分。5.0% 生物主修大學生得到 3 分。由上述可知，多數受試者（生物 62.5%、非生物 75.0%）得到 1 分，這表示他們能夠提出一個支持性理由來支持其論點。

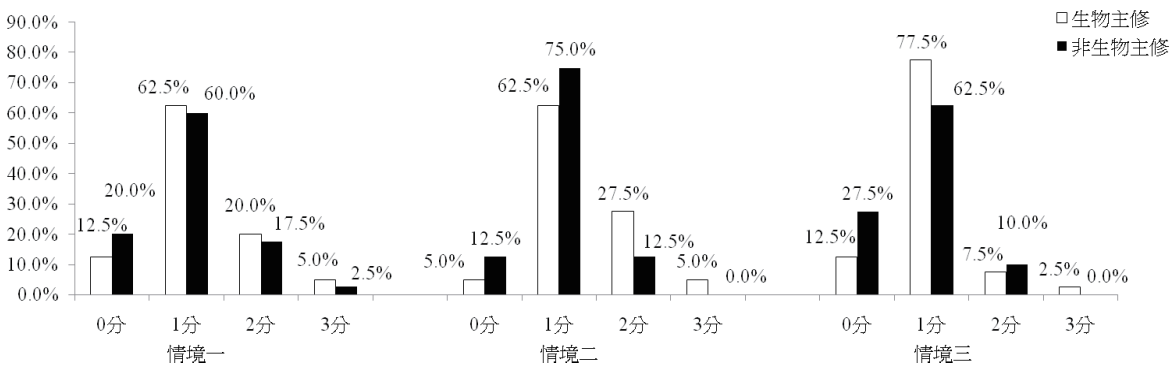

圖 7：大學生於各情境論證之「支持的論點」得分百分比分佈情形

情境三進行論證之「支持的論點」得分情形，研究者將得分之百分比分布情形呈現於圖 7。12.5% 生物主修與 27.5% 非生物主修大學生得到 0 分。77.5% 生物主修與 62.5% 非生物主修大學生得到 1 分。7.5% 生物主修與 10.0% 非生物主修大學生得到 2 分。2.5% 生物主修大學生得到 3 分。由上述可知，多數受試者（生物 77.5%、非生物 62.5%）得到 1 分，這表示他們能夠提出一個支持性理由來支持其論點。

整體而言，生物主修大學生於情境一、情境二與情境三中的表現，在「支持的論點」均大致略優於非生物主修大學生的表現。

(五) 大學生對 GMO 爭議論證表現之差異性分析

爲了探究生物與非生物主修大學生在論證表現之得分是否有顯著差異，因此，研究者採用獨立樣本 *t* 檢定進行分析，結果如表 4 所示。

不同主修大學生在情境一的得分達顯著差異，其 *t* 值爲 2.18（$p = .03 < .05$）。而在情境二的得分未達顯著差異，其 *t* 值爲 .12（$p = .91 > .05$）。情境三的得分達顯著差異，其 *t* 值爲 2.34（$p = .02 < .05$）。在整體總分部分，生物主修大學生平均得分爲 20.60 分，非生物主修大學生平均得分爲 18.52 分。而不同主修大學生整體的得分達顯著差異，其 *t* 值爲 2.22（$p = .03 < .05$）。

綜合上述，生物主修大學生在「人體健康爭議」、「專利權爭議」與「論證整體總分」的得分優於非生物主修大學生的得分，且均達統計上的顯著水準（$p < .05$）。大學生在「人體健康爭議」、「專利權爭議」與「論證整體總分」的得分，會因爲不同主修而有差異存在，且生物主修大學生的得分顯著優於非生物主修大學生的得分。

三、大學生對於 GMO 爭議之認知情形與論證情形的關聯性分析

研究者運用 Pearson 積差相關，探討受試者於各知識向度與論證總分的相關性，並將統計整體結果呈現於表 5。其結果如下：

(一) 受試者之「本體論知識」與「論證總分」，有顯著的低度正相關存在（$r =$

表 4：生物與非生物主修之大學生對 GMO 爭議論證表現之獨立樣本 *t* 檢定

情境	主修				*t* 值	*p*
	生物（$N = 40$）		非生物（$N = 40$）			
	平均數	標準差	平均數	標準差		
情境一	7.25	2.59	6.15	1.88	2.18*	.03
情境二	6.95	1.89	6.90	1.97	.12	.91
情境三	6.40	1.93	5.48	1.59	2.34*	.02
論證總分	20.60	4.19	18.52	4.18	2.22*	.03

* $p < .05$

表 5：各「知識向度」與「論證總分」之相關分析

	本體論知識	認識論知識	情境知識	知識總分
論證總分	.27*	.10	.21*	.25*

* $p < .05$

.27, $p < .05$），代表兩者間有關聯存在，即「本體論知識」分數越高者，其「論證總分」也傾向越高的得分。

(二) 受試者之「認識論知識」與「論證總分」，未達顯著水準（$r = .10$, $p > .05$），表示兩者間無線性關係存在。

(三) 受試者之「情境知識」與「論證總分」亦有顯著的低度正相關存在（$r = .21$, $p < .05$），代表兩者間有關聯存在，即「情境知識」分數越高者，其「論證總分」也傾向越高的得分。

(四) 受試者之「知識總分」與「論證總分」也有顯著的低度正相關存在（$r = .25$, $p < .05$）代表兩者間有關聯存在，即「知識總分」分數越高者，其「論證總分」也傾向越高的得分。

綜合以上所述，可得知受試者之「本體論知識」、「情境知識」與「知識總分」與其「論證總分」有顯著正相關存在（$p < .05$），即代表受試者在「本體論知識」、「情境知識」與「知識總分」的分數越高，其「論證總分」越高。

此外，研究者也發現，在「本體論知識」具有「基因轉殖」概念的 24 位（60.0%）生物主修與 12 位（30.0%）非生物主修大學生中，有 10 位（25.0%）生物主修與 5 位（12.5%）非生物主修大學生在論證時所使用的理由，亦具有轉殖的相關概念。例如 S03 於情境三的反論點中，提及「不贊成上市，因爲轉殖的基因有可能嵌入人體基因的序列，使之改變，造成突變等問題。」及 N30 在情境一的論點中，認爲素食者若吃下轉殖動物基因而來之 GMO，會因此而破戒，其中理由寫到：

> 吃素的人會因為不小心吃下轉殖動物基因做成的基因改造食品而破戒，例如基因改造黃豆中有某種動物的基因。

皆提及轉殖的相關知識。

再者，幾乎全部的受試者（生物 100.0%、非生物 95.0%）均能使用到至少一個「情境知識」中所提及之優缺點，來當成論證的理由，例如 S08 回答到 GMO 的缺點爲：「……長期食用對人體會造成影響。」他於情境一的論點中運用此缺點當成理由：「不贊成（基因改造稻米）上市，因為無法確定是否對人體有害。」此外，他亦在情境二的反論點中，運用 GMO 的優點「可以大量且有效的提高產量與經濟價值……」當成理由：「贊成（基因改造大西洋鮭）上市，因為可提高經濟價值，也可以使養殖業者降低成本」。

伍、討論

一、大學生對 GMO 相關概念的認知表現，生物主修大學生在各知識向度分數及知識總分上，均顯著優於非生物主修大學生

關於大學生在 GMO 本體論知識的表現上，60.0% 的生物主修者得到 3 分，而非生物主修者則僅有 30.0%，這表示非生物主修者對於 GMO 的定義仍不夠深入至科學定義的範疇。而在 GMO 認識論知識的部分，47.5% 的生物主修者得到 3 分，僅 5.0% 非生物主修者得到 3 分，60.0% 的非生物主修者僅得到 1 分。由此可知，非生物主修大學生對於 GMO 與非 GMO 的差異，大多從功能面來區分，例如外表性狀、經濟價值等；而多數生物主修大學生之判斷依據則深入至較微觀的角度，即基因改造或基因轉殖來判

定。至於情境知識部分，85.0% 生物主修者能提出較多關於 GMO 的情境知識（6 分以上），然而，60.0% 的非生物主修者均得到較低的分數（1-5 分）。這表示生物主修大學生對於 GMO 的優點、缺點及其所引起的爭議較爲瞭解。至於大學生在「本體論知識」、「認識論知識」、「情境知識」與「知識總分」的得分，生物主修者的得分均顯著優於非生物主修者的得分。

若探討造成差異之原因，可能是因爲生物主修者於大學所修習之課程中，具有較多建立對 GMO 認知的機會，而非生物主修者在相對上則較少。樓孟羽（2006）曾經調查大學生對於 GMO 相關知識之來源，她發現 88% 的生物主修大學生會從「授課教師」獲取 GMO 相關知識，非主修生物大學生則僅有 44%。此外，有 74% 的生物主修者亦會從「書籍」中獲取 GMO 相關知識，但非生物主修者卻只有 30%。Prokop, Lešková, Kubiatko 與 Diran（2007）就發現，生物主修大學生在基因工程議題的知識表現優於非生物主修大學生，甚至有修習過基礎生物課程的非生物主修者的表現也比未修習過的非生物主修者好。換言之，有接受過生物相關課程訓練的學生，對於 GMO 議題的熟悉度較高，因此易得高分。

此外，由於 GMO 議題係屬於基因工程的範疇之一，學生欲了解基因工程的定義或技術之前，必須先具備許多相關的基礎概念，如有性生殖、染色體和 DNA 等（楊坤原、張賴妙理，2004）。而湯清二（2000）指出，多數非主修生物者，尤其是人文或社會科學主修的大學生，往往僅知道 DNA 一詞，並不瞭解「DNA」、「染色體」與「基因」的真正內涵與彼此的關聯。此外，鄭榮輝與林陳涌（2006）也發現生物主修大學生比非生物主修大學生在基因概念的理解上較爲深入，例如他們可知基因可控制蛋白質合成、基因是由核苷酸組成；而非生物主修者僅知道基因是遺傳物質，並不知道「基因由何構成、如何表現」等。總之，若學生無法先具備與 GMO 相關的先備知識，便很難回答出 GMO 是經由基因改造或基因轉殖製成。也因此，生物主修大學生在各知識向度分數及知識總分上，均顯著優於非生物主修大學生（$p < .001$）。

二、大學生在 GMO 爭議的論證表現，生物主修學生優於非生物主修學生的表現

Chang 與 Chiu（2008）發現，生物主修的大學生在論證 SSI 的表現優於非生物主修大學生，主因是受試者背景的差異（生物主修、非生物主修）與他們對於議題的熟悉程度（如基因工程議題）。整體而言，本研究之結果符合上述研究結果，即生物主修者於 GMO 議題的論證表現較非生物主修者好。值得注意的是，除了情境二之外，兩組受試者於情境一與情境三的論證表現均達顯著差異（$p < .05$），這顯示受試者對於各個情境中的爭議，呈現不同的論證表現。Driver 等（2000）、Sadler（2004）皆指出論證是一種在特定情境下的思考活動，因爲情境的不同，個人進行論證思考所顧及的層面就不同。Chang 與 Chiu 則發現，學生在進行論證活動時，用來支持主張的理由，多數爲「個人經驗」與「科學信念」；而 Zeidler, Sadler, Simmons 與 Howes（2005）也指出，SSI 是屬於生活周遭的議題，較易引起學生的注意，因此學生較能夠以自身的生活經驗與價值觀做出發，提出自己對議題的論點。綜言之，一方面可能是情境設定的兩難爭議不同，使得受試者在不同的情境中會有不同的論證表現；另一方面，也可能是受試者個

人經驗的不同，對於各情境中的爭議之熟悉度不同，因而造成本研究的結果。

三、知識向度與論證總分的相關性部分，「本體論知識」、「情境知識」與「知識總分」和「論證總分」有顯著的低度正相關存在

若以「知識總分」來看，本研究的結果顯示，受試者之知識總分與論證總分有顯著的低度正相關，這表示受試者於 GMO 知識得分越高者，其「論證總分」也傾向越高的得分。本研究的結果呼應過去的一些研究（Hogan, 2002; Perkins, Faraday, & Bushey, 1991; Sadler & Zeidler, 2005a; Zohar & Nemet, 2002），這些研究均指出，受試者具備議題知識的多寡，會影響他們論證的表現。即擁有越多議題知識的受試者，論證的表現也較好。若進一步探討「本體論知識」與「情境知識」分別和「論證總分」存在著顯著正相關（$p < .05$），但「認識論知識」並無之原因，可由以下三個方面來說明：

(一) 受試者於「情境知識」的得分越高，即他們瞭解越多 GMO 的相關優點、缺點與所引起的爭議，他們的論證總分也就愈高。Sadler 與 Donnelly（2006）與本研究使用類似的基因工程議題探究學生的論證表現，他們發現受試者具有較多的遺傳學知識，其論證表現越好。此外，他們也認爲受試者在做論證時，除了必須具備遺傳學的相關概念外，擁有與議題相關的情境知識亦重要。若不熟悉情境相關知識，受試者雖可做出合乎邏輯的論證，但論證內容就會受到限制。再者，de Jong 與 Ferguson-Hessler（1996）指出「情境知識」是個體在進行個案推理（case-based reasoning）活動時，最容易運用、最淺顯（superficial）的知識。而在本研究中，幾乎全部的受試者（生物 100.0%、非生物 95.0%）都會把「情境知識」中 GMO 的優缺點當成論證的理由，這個結果支持受試者最容易應用「情境知識」的事實。

(二) 在 Zohar 與 Nemet（2002）發現論證層次較高的受試者往往能把特定的生物知識轉化後，運用在論證中。而從本研究之受試者在「本體論知識」的填答內容可發現，將近一半的生物與非生物主修之大學生能提出與「基因轉殖」相關的理由，這表示他們除了會把 GMO 的優缺點當成理由的內容外，也因爲較瞭解 GMO 的本質，而能寫出與「基因轉殖」相關的理由。

(三) 個人在進行高層次思考時，必須有效率地搜尋相關知識，才能找出「可以使用的知識」（usable knowledge）來進行推理，進而解決問題（Zohar & Dori, 2003）。在本研究中，「本體論知識」與「情境知識」是較易讓受試者應用於論證中的知識種類。相對地，我們並未發現有學生使用「認識論知識」，即「GMO 與非 GMO 的差別」作爲論證理由的內容。這意謂著學生在進行論證時，可能較不易將此類知識提取或外顯出來做應用，所以認識論知識得分與論證總分之間的相關就沒有達到顯著。

陸、結論與建議

一、結論

經由上述的分析結果，本文可獲至下列

結論：

(一) 大學生在GMO的「本體論知識」、「認識論知識」、「情境知識」與「知識總分」的得分，生物主修學生均顯著優於非生物主修學生（$p < .001$）。

(二) 生物主修大學生在「人體健康爭議」、「專利權爭議」與「論證總分」（即整體論證的得分）顯著優於非生物主修大學生（$p < .05$）。然而，在「生態環境爭議」中，兩組大學生的得分並無顯著差異（$p > .05$），表示在此情境中，生物與非生物主修大學生的論證表現並無差異。

(三) 受試者之「本體論知識」、「情境知識」與「知識總分」分別和「論證總分」有顯著的低度正相關存在（$p < .05$），相關值介於 .21-.27，表示「本體論知識」、「情境知識」、「知識總分」得分越高者，其「論證總分」也傾向越高的得分。然而，受試者之「認識論知識」與「論證總分」，未達顯著水準（$p > .05$）。

二、建議

基於上述的結論，本研究提出下列建議：

(一) 在教學上加強大學生對於 GMO 議題思考的深度與廣度

本研究的結果發現，學生的 GMO「本體論知識」、「情境知識」與「知識總分」分別和「論證總分」有顯著低度正相關，表示在這些知識面向分數愈高的人，論證總分也傾向愈高。因此，若要提高學生在此類議題的論證得分，可從加強學生在 GMO 本體論和情境方面的知識著手。此外，我們也發現多數學生都只提及單一或少數觀點，例如僅提到 GMO 於「經濟」層面的優點、「人體健康」與「生態環境」層面的缺點，極少涉及諸如「倫理、道德、法律與宗教」等觀點。由於 Kuhn（1991）認爲學生進行論證活動時，若能由不同的角度去評判爭議，就代表學生較能進行多元思考。因此，在高等教育中，若要增進學生多元思考的能力，除了應於課程中奠定學生 GMO 的基本知識外，教師也應在進行 GMO 爭議的論證活動中，引導或提示學生從不同的角度去思考爭議的論點，以提升他們論證的廣度與深度。

(二) 可探討學生在不同情境爭議下，論證 GMO 議題的情況

從本研究可知，生物與非生物主修大學生對於各個情境的爭議（人體健康爭議、生態環境爭議、專利權爭議），呈現出不同的論證表現。由於論證是「情境相依」的高層次思考活動，可能會因情境爭議的不同，造成學生論證思考層面的差異。這表示學生在面對不同 GMO 情境爭議時，也許因爲使用不同的情境知識而有不同的論證表現。由於 GMO 相關的情境爭議，仍有其他的類型，例如「食用由動物基因轉殖的植物是否有違宗教信仰」等。若能探討在不同情境爭議下學生進行論證的情形，也許可進一步了解學生使用「情境知識」的狀況。

(三) 可探究學生論證背後的機制與歷程

由於本研究只使用開放式問卷收集質性資料，僅能瞭解學生思考後的結果，對於他們如何進行論證的思考機制仍未知。因此在未來的研究中，可嘗試採用放聲思考的方式，探究學生論證思考的機制與歷程，以作爲強化學生個別論證能力的依據。由於學生可能因爲論證思考機制的不同，而有不同的論證表現，了解這種「個別差異」的存在，將提供教育工作者採取合宜的論證教學策略

與教材，有效地幫助學生培育論證能力。

誌謝

本文的付梓要感謝兩位匿名審查者給予作者許多寶貴的意見，讓本文得以修正，更加完整；同時本研究也要感謝國科會專題研究計畫的經費補助（NSC95-2522-S-415-001-MY3、NSC97-2515-S-415-001-MY3），讓本研究得以順利進行與完成。

參考文獻

1. 沈孝宙（2008）。**轉基因之爭**。北京：化學工業。
2. 邱皓政（2006）。**量化研究與統計分析-SPSS 中文視窗版資料分析範例解析**（第三版）。臺北市：五南。
3. 林燕文、洪振方（2007a）。對話論證的探究中學童論述策略對促進科學概念理解之研究。**屏東教育大學學報，26**，285-324。
4. 林燕文、洪振方（2007b）。對話論證的探究對促進學童科學概念理解之探討。**花蓮教育大學學報，24**，139-177。
5. 林樹聲（2004）。通識素養的培育與爭議性科技議題的教學。**南華通識教育研究，2**，25-37。
6. 林樹聲、黃柏鴻（2009）。國小六年級學生在社會性科學議題教學中之論證能力研究——不同學業成就學生間之比較。**科學教育學刊，17**（2），111-133。
7. 湯清二（2000）。我國非主修生物大學生對 DNA 認知的瞭解與改善學習的策略探討。**科學教育學刊，8**（1），101-121。
8. 楊坤原、張賴妙理（2004）。遺傳學迷思概念之文獻探討及其在教學的啓示。**科學教育學刊，12**（3），365-398。
9. 樓孟羽（2006）。**大學生對基因改造食物之認知及其相關爭議之推理研究**。國立嘉義大學科學教育研究所碩士論文，未出版，嘉義市。
10. 蔡俊彥、黃台珠（2008）。學童論證能力及科學本質觀之研究。**屏東教育大學學報——理工類，28**，85-116。
11. 鄭榮輝、林陳涌（2006）。**基因是什麼？——不同科系大學生的基因概念調查分析**。論文發表於中華民國第二十二屆科學教育學術研討會。臺北市：國立臺灣師範大學理學院。
12. Abd-El-Khalick, F. (2003). Socioscientific issues in pre-college science classrooms: The primacy of learners' epistemological orientations and views of nature of science. In D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning in socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 41-61). Dordrecht, Netherland: Kluwer Academic.
13. Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, *93*(1), 26-55.
14. Brante, T. (1993). Reasons for studying scientific and science-based controversies. In T. Brante, S. Fuller & W. Lynch (Eds.), *Controversial science from content to contention* (pp. 177-191). Albany, NY: State University of New York Press.
15. Chang, S. N., & Chiu, M. H. (2008). Lakatos' scientific research programmes as a framework for analysing informal argumentation about socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, *30*(13), 1753-1773.
16. de Jong, T., & Ferguson-Hessler, M. G. M.

(1996). Types and qualities of knowledge. *Educational Psychologist*, *31*(2), 105-113.
17. Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, *84*(3), 287-312.
18. Hogan, K. (2002). Small groups' ecological reasoning while making an environmental management decision. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(4), 341-368.
19. Jimènez-Aleixandre, M. P., Rodriguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, *84*(6), 757-792.
20. Kolstø, S. D. (2001). 'To trust or not to trust, …' -pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, *23*(9), 877-901.
21. Kolstø, S. D. (2006). Patterns in students' argumentation confronted with a risk-focused socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, *28*(14), 1689-1716.
22. Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
23. Kuhn, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, *62*(2), 155-178.
24. Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, *28*(10), 1201-1224.
25. Martins, I., & Ogborn, J. (1997). Metaphorical reasoning about genetics. *International Journal of Science Education*, *19*(1), 47-63.
26. Mason, L., & Scirica, F. (2006). Prediction of students' argumentation skills about controversial topics by epistemological understanding. *Learning and Instruction*, *16*(5), 492-509.
27. Means, M. L., & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition and Instruction*, *14*(2), 139-178.
28. Millar, R. (1997). Science education for democracy: What can the school curriculum achieve? In R. Levinson & J. Thomas (Eds.), *Science today: Problem or crisis?* (pp. 47-54). New York: Routledge.
29. Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(10), 994-1020.
30. Oulton, C., Dillon, J., & Grace, M. M. (2004). Reconceptualizing the teaching of controversial issues. *International Journal of Science Education*, *26*(4), 411-423.
31. Perkins, D. N., Faraday, M., & Bushey, B. (1991). Everyday reasoning and the roots of intelligence. In J. F. Voss, D. N. Perkins, & J. W. Segal (Eds.), *Informal reasoning and education* (pp. 83-105). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
32. Prokop, P., Lešková, A., Kubiatko, M., & Diran, C. (2007). Slovakian students' knowledge of and attitudes toward biotechnology. *International Journal of Science Education*, *29*(7), 895-907.
33. Ryder, J. (2001). Identifying science understanding for functional scientific literacy.

Studies in Science Education, *36*(1), 1-44.

34. Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(5), 513-536.
35. Sadler, T. D. (2006). Promoting discourse and argumentation in science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, *17*(4), 323-346.
36. Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: Socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, *45*(1), 1-42.
37. Sadler, T. D., Chambers, F. W., & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, *26*(4), 387-409.
38. Sadler, T. D., & Donnelly, L. A. (2006). Socioscientific argumentation: The effects of content knowledge and morality. *International Journal of Science Education*, *28*(12), 1463-1488.
39. Sadler, T. D., & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, *90*(6), 986-1004.
40. Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005a). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, *89*(1), 71-93.
41. Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005b). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(1), 112-138.
42. Scholtz, Z., Braund, M., Hodges, M., Koopman, R., & Lubben, F. (2008). South African teachers' ability to argue: The emergence of inclusive argumentation. *International Journal of Educational Development*, *28*(1), 21-34.
43. Schwarz, B. B., Neuman, Y., Gil, J., & Ilya, M. (2003). Construction of collective and individual knowledge in argumentative activity. *Journal of the Learning Sciences*, *12*(2), 219-256.
44. Seethaler, S. (2005). Helping students make links through science controversy. *The American Biology Teacher*, *67*(5), 265-274.
45. Seethaler, S., & Linn, M. (2004). Genetically modified food in perspective: An inquiry-based curriculum to help middle school students make sense of tradeoffs. *International Journal of Science Education*, *26*(14), 1765-1785.
46. Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, *28*(2-3), 235-260.
47. Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
48. Tytler, R., Duggan, S., & Gott, R. (2001). Dimensions of evidence, the public understanding of science and science education. *International Journal of Science Education*, *23*(8), 815-832.
49. Upshur, R. E. G. (2000). Seven characteristics of medical evidence. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, *6*(2), 93-97.

50. Venville, G. J., Gribble, S. J., & Donovan, J. (2005). An exploration of young children's understanding of genetics concepts from ontological and epistemological perspectives. *Science Education*, *89*(4), 614-633.
51. Venville, G. J., & Treagust, D. F. (1998). Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching*, *35*(9), 1031-1055.
52. Wu, Y. -T., & Tsai, C. -C. (2007). High school students' informal reasoning on a socio-scientific issue: Qualitative and quantitative analyses. *International Journal of Science Education*, *29*(9), 1163-1187.
53. Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, *89*(3), 357-377.
54. Zohar, A., & Dori, Y. J. (2003). Higher order thinking skills and low-achieving students: Are they mutually exclusive? *The Journal of the Learning Sciences*, *12*(2), 145-181.
55. Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(1), 35-62.

University Students' Knowledge and Argumentation Skills Concerning a Socio-Scientific Issue

Tzung-Jin Lin[1], Shu-Sheng Lin[2,*] and Ying-Chun Chen[2]

[1]Graduate Institute of Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan
[2]Graduate Institute of Science Education, National Chiayi University, Taiwan

Abstract

This study investigated undergraduate students' knowledge, argumentation skills and the relationship between them in the context of a socio-scientific issue -- Genetically Modified Organisms (GMO). Eighty undergraduate students were categorized into two groups: biology majors and non-biology majors. Two open-ended questionnaires were respectively used to evaluate students' argumentation skills and to measure their understanding of three kinds of GMO knowledge -- ontological, epistemological and situational knowledge. The results revealed that biology majors scored significantly higher than non-biology majors in ontological knowledge, epistemological knowledge, situational knowledge and in overall knowledge ($p < .001$). Biology majors broadly performed significantly better than non-biology majors on argumentation quality ($p < .05$). A significantly positive correlation exists between the students' argumentation skills and their respective scores on ontological knowledge, situational knowledge and overall knowledge ($r = .21$-$.27$, $p < .05$). The educational implications for improving university students' knowledge about GMO issues and argumentation skills were discussed.

Key words: University Students, Socio-Scientific Issues, Knowledge in Science, Genetically Modified Organisms, Argumentation

*Corresponding author: Shu-Sheng Lin