

編號：CCMP96-RD-030

## 輻射照射抑制火麻仁發芽之研究（2-1）

周鳳英

國立清華大學

### 摘 要

本計畫係依照行政院衛生署中醫藥委員會96年度中藥品質管制暨中醫政策類委託研究計畫，研究重點1-4，火麻仁經炮製後之發芽研究提出。火麻仁為植物大麻(*Cannabis sativa* LINN.)之乾燥果實，是中醫用藥亦為鴿子之添加飼料。藥典中所記載的火麻仁，主要療效為潤燥、滑腸、通淋、活血等。目前國內使用之火麻仁主要由中國大陸進口，屬於限制輸入貨品，對此中藥材之進口規定是經炮製後不具發芽力之火麻仁始得進口，唯目前進口之炮製後火麻仁之發芽率尚無確切完全抑制，造成進口時之困擾。輻射照射可用於抑制種子之發芽，已有許多文獻報導，加馬線照射應是解決火麻仁經炮製後發芽的最佳方法。

本研究探討以加馬線照射抑制火麻仁發芽之最適照射條件，研究分二年進行。第一年度計畫中由於新鮮及未炮製火麻仁之進口手續繁複，致樣品尚未進口。故先以炮製之火麻仁及乾燥綠豆種子進行不同劑量加馬照射後抑制發芽評估，樣品照射於清華大學鈷六十照射熱室進行。研究中已建立發芽力之評估方法，結果顯示雖然有部分之炮製火麻仁具出芽能力，但所呈現為不正常發芽，因其植株已無法正常分化。綠豆種子完全抑制發芽所需之劑量為6-8 kGy，此劑量亦為炮製後火麻仁所需滅菌劑量。含水量較高時可以增加加馬照射抑制發芽之效率。此外因炮製火麻仁存有少量之種子發芽相關酵素，因此炮製之火麻仁仍有不正常之發芽。新鮮及未炮製火麻仁將於最近進口。本計畫為研訂抑制火麻仁發芽之輻射照射最適條件，使進口之火麻仁能達法規的要求，解決中藥火麻仁之進口問題。此外，研究結果將提供以輻射照射處理抑制火麻仁發芽之立法依據。

關鍵詞：火麻仁、輻射照射、抑制發芽

Number: CCMP96-RD-030

# Study of Germination Inhibition of *Cannabis* Semen by Gamma Irradiation (2-1)

F. I. Chou

National Tsing Hua University

## ABSTRACT

This project is based on the major research focus 1-4 “study of the germination activity of roasted *Cannabis semen*”, proposed by the Committee on Chinese Medicine and Pharmacy, Department of Health, Executive Yuan. *Cannabis semen* (CS), the dried seed of *Coix lacryma-jobi* L., has been used as a traditional Chinese medicine to enhance human health, and also has been considered as a healthy supplemental dietary for pigeons. CS is subjected to the import restriction by the examination of its germination activity in Taiwan. Most of CS is imported from China, and it must be roasted for germination inhibition. However, some of the imported CS still have germination activity, thus the commodities are encountered by customhouse detention. Therefore, the control of germination activity of CS is urgently required. Gamma irradiation can be an effective method for CS germination inhibition since it has been applied to inhibit germination of many plant seeds.

The aim of this 2-year research is to set up the optimal irradiation condition for CS germination inhibition by the use of gamma irradiation. In this first year, because the procedure for entering the freshly harvested and un-roasted CS was heavy and complicated, the samples have not imported. Therefore, the roasted CS and fresh mung beans were used for accessed the germination activity before and after exposed to a serial doses of gamma radiation in the cobalt-60 hot cell at National Tsing Hua University. The protocol for evaluating germination activity was also set up. Results showed that although parts of the roasted CS showed to sprout, but they presented the abnormal germination since the plant could not have a good differentiation. The dose required for germination inhibition of mung beans was 6-8

kGy and this dose was also the one for microbial decontamination of roasted CS. Higher moisture could enhance the efficiency of gamma ray induced germination inhibition. Moreover, a lower enzyme activity related to the seed germination still retained in roasted CS, thus the roasted CS has the abnormal germination. The freshly harvested CS and un-roasted CS shall be entry recently. From our results, the optimal irradiation condition for CS germination inhibition would be easier determined. Then, the CS germination inhibition will be certified, and the problems of CS import will be solved. Moreover, results of this study will provide valuable foundations for the legislation of CS germination inhibition by gamma irradiation.

Keywords: Cannabis semen, Gamma irradiation, Germination inhibition

## 壹、前言

本計畫係依照行政院衛生署中醫藥委員會96年度中藥品質管制暨中醫政策類委託研究計畫，研究重點1-4火麻仁經炮製後之發芽研究提出。

火麻仁為桑科 (Moraceae)植物大麻 (*Cannabis sativa* LINN.)之乾燥果實，中藥用火麻仁呈卵圓形，果皮薄易破碎，種皮綠色，內有乳白色種仁。富油性、味淡、微辛<sup>(4)</sup>。中醫藥典中所記載的火麻仁，主要療效為潤燥、滑腸、通淋、活血，能夠治療腸燥便秘、痢疾、消渴以及月經失調等症狀<sup>(2)</sup>。目前國內使用之火麻仁主要由中國大陸進口，屬於限制輸入貨品，臺灣每年火麻仁之進口量約為2000噸，其中約20噸為中藥用，其餘多用為禽類飼料<sup>(9)</sup>。中藥用進口火麻仁之中文貨名為：中藥用大麻子、仁（火麻子、仁），不具發芽活性者<sup>(9)</sup>。中華民國海關進口之規定中藥材火麻仁是經烘焙、不具發芽活性、無法發芽種植者始得進口。但中藥商進口火麻仁之貨品曾遭關稅局檢出部分仍具發芽能力者，而被海關扣留、罰鍰，造成中藥進口之困擾。

生產火麻仁之大麻為“桑科植物大麻”，與“印度大麻”為同屬植物，印度大麻 (*C. sativa* L. var. *indica* Lamark)的葉、莖、枝梢含有四氫大麻酚 (Tetrahydrocannabinol；THC)、大麻酚 (Cannabinol；CBN)、大麻二酚 (Cannabidiol；CBD)等統稱為Cannabinoids的麻醉成分<sup>(15)</sup>。火麻仁雖未檢出含有印度大麻所含之CBD、CBN、THC等Cannabinoids成分，亦無大麻之鎮痛、抗扭曲藥理作用<sup>(8)</sup>，但植物中之成分確具有類似印度大麻之肌肉鬆弛、呼吸抑制等藥理作用。由於大麻中含之致幻物質易被不法分子用來提煉毒品，造成社會危害，因此，大麻的種植與利用受到社會的質疑與否定。

火麻仁之營養成分豐富，含有20~25 % 的蛋白質、20~30 % 的碳水化合物、10~15 % 的可溶性纖維，及豐富的礦物質，特別是磷、鉀、鎂、鈣、鐵和鋅等；含有18種氨基酸（其中7種為必需氨基酸）和12種必需脂肪酸。此外，大麻種子油中還含有花生四烯酸、棕櫚油、硬脂酸等對人體有益的營養成分<sup>(12-13, 21)</sup>。除藥用外，火麻仁亦常用在畜、禽的飼養中作為飼料添加物，用於改善肉質和增進毛髮、羽毛的光澤。臺灣盛行之賽鴿活動，亦常使用火麻仁為賽鴿之穀類飼料。火麻仁富含之亞麻子油被認為對禽類生長上等品質的羽毛有特別的效能，亦是很好的維他命來源，尤其所含之不飽和脂肪酸對禽類的動脈健康及心臟強健很重要，上述健康條件為長程賽鴿必須具備的。目前火麻仁的炮製無法



達有效完整抑制發芽，因此造成中藥用藥無法進口的問題，且造成禽類飼養添加物的缺乏問題。

輻射照射用於食品、農產品的保鮮、滅菌、抑制發芽之研究大約於1940年代開始，世界原子能總署於1950年參與此研究工作，至1988年已有33個國家准許食品照射，而至1990年則增為37個國家，所接受照射之食品種類相當廣泛，如馬鈴薯、穀類、大蒜、生薑、草莓、乾燥蔬菜、冷凍蝦、雞肉及香辛料等。輻射照射用於食品之保存已被多數國家承認是一種食品加工及保存方法，因特定劑量之加馬線照射對食品無殘毒，食品可在新鮮狀態或包裝後照射，以延長食品的保存期限，且不須加熱或添加防腐劑等<sup>(31, 35-38)</sup>。由24個成員國組成的“國際輻照食品研究計畫機構”於1970年~1981年，進行了長達10年的輻照食品的衛生安全性研究，結果證實劑量在10 kGy以下輻照的食品是可以安全食用的。1997年FAO/IAEA/WHO輻照食品衛生安全聯合專家委員會更提出新的建議，不管輻照食品的照射劑量是低於或高於10 kGy，輻照食品是消化安全、營養適當的。此論點表明：輻照食品的照射劑量已無上限限制<sup>(39-41)</sup>。我國照射食品工作，於1979年由食品工業發展研究所首先針對大蒜、生薑、洋蔥及馬鈴薯等農產品進行研究，用於抑制其發芽生根，也促使衛生署於1985年核准14項農產品可接受照射，更於1991年研究香菇照射以達抑制蟲害，並期以刺激香味之產生。此外，並推廣照射大蒜<sup>(7)</sup>，要求照射食品要在包裝盒上標示記號，以提供消費者正確之訊息，與選擇使用照射食品的機會，更期望照射技術能為國內農業製造更多的加工方式，增進全民利益。

加馬線照射在抑制植物發芽之應用及其所需照射劑量對植物種子發芽之抑制機制已有許多文獻報告<sup>(33)</sup>，主要作用在於破壞種子中染色體，使植物之生長代謝無法進行而達到抑制發芽的目的。例如：板栗收穫後有一段休眠期，在休眠期內栗果沒有發芽的危險。休眠期過後若遇到適宜的環境條件，栗果幼芽便開始生長發芽，因而降低栗果的商品價值和食用品質。<sup>60</sup>Co 加馬線照射對栗果的抑芽具有顯著效果，經250 Gy以上劑量照射的栗果全部不能發芽，200 Gy以下劑量照射的板栗雖然還具有一定的發芽能力，但發芽率明顯地低於對照組<sup>(10)</sup>。扁豆亦可以輻射照射達到抑制發芽之效果，研究中經0.2 kGy照射處理後發芽率低於50%，經1.0 kGy照射後完全不能發芽<sup>(22)</sup>。對於去外種皮的銀杏種子以不同劑量<sup>60</sup>Co 加馬射線處理後，結果顯示50 Gy以上劑量處理的種子已不能發芽<sup>(11)</sup>。60 Gy照射對大蒜有明顯抑制發芽的效果，成分分析結果顯示短時間儲存不影響其脂肪酸組成，但經儲存五個月後的脂肪酸則有些改變

<sup>(32)</sup>。生薑輻射照射抑制發芽的最適照射劑量為0.08~0.4 kGy，最高耐受劑量為0.4 kGy。結合聚乙烯蔬菜專用保鮮膜之包裝技術，生薑以適當劑量照射後能常溫下中長期貯藏，貯藏120天保鮮率可達到90 %以上。在0.08~0.25 kGy的照射劑量範圍內，不會引起生薑之維生素C和鈣質含量的損失<sup>(1)</sup>。

輻射照射可用於抑制小麥、豆類等種子之發芽，已有許多文獻報導。本研究室亦曾探討加馬輻射照射抑制綠豆發芽之效應，以加馬線照射應是克服進口火麻仁因烘焙不完全所致發芽問題的最佳方法。利用鈷-60之加馬射線照射農產品，可達到抑制發芽、防制蟲害之目的，此類應用於農產品之劑量低於滅菌之劑量限值10 kGy，是安全可靠之技術。但各種細胞對輻射之敏感度皆不相同，即使皆為豆類，其抑制發芽所需劑量仍有所差異，但其出芽率皆隨著照射劑量的增加而降低。我們之前的研究取經6小時泡水後之綠豆進行照射，於3天培養後觀察顯示50 Gy加馬線照射後培養者會促進種苗之生長分化及莖部生長，經200 Gy照射處理後綠豆幼苗莖部之生長已減緩，400 Gy照射後之種子其初期生長已有明顯抑制，但經10天培養後植株生長的抑制效應卻漸趨不明顯。顯示加馬照射劑量對植株之發芽、生長抑制所呈現之效應會受到照射後之培養條件、不同觀察期之影響，欲訂定最適輻射照射劑量，需對照射條件、植株培養條件、觀察期等評估指標作切確評估。

本計畫以輻射照射處理火麻仁，評估其發芽活性，同時分析照射後火麻仁之成分變化、酸價及過氧化價、感官品評，研訂最適照射條件，使進口之火麻仁均能完全達有效抑制發芽，以合乎法規的要求，解決中藥火麻仁之進口問題。

## 貳、材料與方法

本研究為探討以輻射照射抑制火麻仁發芽之最適照射劑量與照射條件，照射劑量需達完全抑制火麻仁發芽之效果，且對火麻仁之成分外觀、風味等需不造成明顯影響，以建立輻射照射抑制火麻仁發芽之技術平台，實驗分二年進行。第一年度主要研究內容為彙整國內、外輻射照射抑制種子發芽之相關研究資料，並蒐集火麻仁主要成分等相關研究資料。專案申請具發芽力之火麻仁進口，並接洽進口中藥商採購不同產地、儲存時間之未經炮製火麻仁樣品，進行未經炮製之現年採收及儲存1~2年之火麻仁發芽率試驗及種子活性分析。各不同產地來源之火麻仁以不同劑量加馬線照射後試驗其發芽抑制率。初步評估抑制火麻仁種子發芽所需之輻射劑量。

### 一、專案申請進口不同產地之新鮮及經儲存未經炮製之火麻仁樣品

因火麻仁為二級管制藥品，需透過中醫藥委員會行文而申請核可後始可進口。未經炮製之現年採收及儲存1~2年之火麻仁進口需先向行政院衛生署管制藥品管理局 證照管理組 申請登記證，經衛生署管制藥品管理局 稽核管制組同意後，再向國貿局申請進口核准，於獲得輸入許可證後由鄭理事長協助，透過香港之中藥進口商進行採購進口。採購具發芽能力之火麻仁，供輻射照射抑制發芽研究用。申請進口現年採收之不同產地的新鮮大麻種子，以及經儲存不同時間（一至二年）之未經炮製之火麻仁各三批。另取現年採收之火麻仁以傳統清炒法炮製 並評估其發芽率。

### 二、輻射源及輻射劑量率測定

樣品照射於清華大學原子科學技術發展中心之照射熱室中進行。使用之射源為鈷六十，由不鏽鋼密封包覆，射源釋出之加馬線能量為1.17及1.33 MeV，照射熱室之環境背景值 $<0.2 \mu\text{Sv/h}$ 。具有二支鈷六十射源棒（強度比約為30），射源為地下乾式貯存，可以分別以氣送式升降，設有照射轉盤，轉盤上刻有等劑量曲線並具有自轉之轉子，經由不同的射源升降及樣品於不同等劑量曲線上的放置，熱室內可以提供1 Gy/h至5 kGy/h間大範圍的劑量率，使受照射樣品得到精確的照射劑量。輻射劑量測定以硫酸亞鐵水溶液劑量計 (Fricke's dosimeter) 進行。其成分包括0.001M  $\text{FeSO}_4$ ，0.001M  $\text{NaCl}$ 及含飽和空氣之0.8 N硫酸水溶液。因輻射能之作用使亞鐵離子 ( $\text{Fe}^{2+}$ ) 氧化成鐵離子 ( $\text{Fe}^{3+}$ )，以304 nm光譜通過劑量



計溶液分析鐵離子的濃度測量之。此系統測量之劑量範圍較大，誤差較小 (1~2 %)。且若以0.01 M之 $\text{CuSO}_4$ 加入硫酸亞鐵溶液中，因銅離子的還原作用減少溶氧之消耗，可使劑量範圍增至 $10^5$  Gy。

### 三、火麻仁及綠豆種子之含水率測定

因植物種子中之含水量將影響其輻射照射之發芽抑制率，故輻射照射處理前之火麻仁先測定其樣品含水率，每一來源及不同處理之樣品均作5重複，每重複隨機取稱約100克之種子，在 $103^\circ\text{C}$ 經24、48、72h之烘乾，測量烘乾前鮮重與烘乾後之乾重，取其乾重不再改變之時間計算各種子之含水率 (moisture)。

### 四、火麻仁發芽率試驗

因未經炮製之火麻仁為管制藥品，進口手續繁複費時極長，即使於計畫議價完即刻進行申請進口作業，但至今仍未取得新鮮火麻仁樣品。為使火麻仁進口後能加速實驗進行，本階段先以目前市售之炮製後火麻仁樣品及具發芽能力之綠豆種子進行發芽率試驗，因綠豆種子亦為植物之乾燥種子，以之進行照射劑量與發芽率之相關測試應可提供資料作為未炮製火麻仁之輻射照射抑制發芽之參數，加速未炮製火麻仁進口後實驗之進行。取市售火麻仁及具發芽能力之綠豆種子樣品分，隨機取火麻仁（40克，約2000粒/組）及綠豆（250粒/組）成為未經照射及不同劑量照射處理組。觀察並紀錄不同劑量處理組之發芽率、根系型態及根莖長度比。種子先以無菌水浸泡 48 h催芽後（黑暗中、 $25^\circ\text{C}$ ），移至發芽床中置入植物生長箱，每日添加適當無菌水於 $20^\circ\text{C}$ 下培養，每日計數種子之發芽數量，並觀察其根系生長。發芽床為經10 kGy輻射照射滅菌後之濾紙。用於濕潤發芽床的水為無菌之一次水。將催芽後之種子於控光（12小時光照）、控溫（ $20^\circ\text{C}$ ）培養至7天，量測所有植株的莖部長度與重量，並拍照記錄。

### 五、火麻仁之發芽活性測試

種子胚部之生命活力以氯化三苯四氮唑法 (TTC法)測試，凡有生命活力的種子胚部，在呼吸作用過程中都有氧化還原反應，而無生命活力的種胚則無此反應。當TTC滲入種胚的活細胞內，並作為氫受體被脫氫輔酶 ( $\text{NADH}_2$ 或 $\text{NADPH}_2$ )上的氫還原時，便由無色的TTC變為紅色的三苯基甲 (triphenylformazan, TTF)，此現象顯示種子胚具生命活力。測試



步驟如下：先將待測種子在30~35°C溫水中浸種，以增強種胚的呼吸強度，使之顯色迅速。取已浸泡之種子30粒，用刀片沿種子胚的中心線縱切為二個半粒，分別置於2組培養皿中，每一皿內裝30個半粒，加入適量的0.5 % TTC，需完全覆蓋種子。將之置於30°C恒溫箱中0.5~1小時後觀察結果，凡胚被染為紅色的是活的種子。將另一半在沸水中煮5分鐘殺死胚，作同樣染色處理，作為對照觀察。計算活種子的百分率，與實際發芽率作一比較。

## 六、火麻仁之加馬線照射

係照我們先前對加馬抑制綠豆發芽及文獻所載用於抑制植物種子發芽所需輻射劑量，擬探討0.5~10 kGy之劑量下加馬對火麻仁之抑制發芽效果。受測樣品包括不同批次之市售火麻仁及綠豆樣品，樣品分裝於包裝袋中，分別攜入鈷六十照射熱室，置於距離射源特定距離之照射架上，照射架以每分鐘10轉旋轉，使照射樣品得到均勻的輻射劑量率（劑量率為1.2 kGy/h），照射溫度為室溫（25± 2 °C），樣品經不同照射時間取樣，以得到所需之照射劑量。完成照射處理後之樣品立即進行發芽率及發芽活性等測定。輻射照射除抑制發芽亦可同時達到滅菌之效果，因此為瞭解火麻仁樣品之微生物含量與輻射照射劑量的關係，另取3個不同批次之火麻仁樣品進行3重複取樣，取樣前先將樣品混合均勻後以無菌操作方式稱取15 g置於樣品袋中，將樣品瓶攜入鈷六十照射熱室照射，照射後樣品立刻取出進行微生物含量測試。

## 七、市售火麻仁之微生物含量測定

### (一) 培養基及磷酸緩衝液之配製

#### 1. PCA、PDA及Violet Red Bile Glucose Agar (VRBGA；Difco. Co.)

平板培養基之製備：取PCA、PDA粉末分別加入之血清瓶中，以少量蒸餾水攪拌均勻，繼續加入蒸餾水使最後之體積為1L，置於高壓滅菌鍋中滅菌。VRBGA培養基不可高壓滅菌，以加熱攪拌至沸騰且呈暗紅色透明為滅菌原則，沸騰時間不超過二分鐘。待其溫度降至50-60°C時，分別倒入直徑9 cm之培養皿中，每皿約10-15mL，待其冷卻即可。

#### 2. 液態培養基Plate Count Broth (PCB；Difco. Co.)製備：取PCB粉末17g，分別加入含有蒸餾水之三角瓶中，最後體積為1L，待攪拌均勻，分別分裝入玻璃試管中，每管9 mL，如上述狀況高壓

滅菌，置冰箱冷藏備用。

3. 磷酸緩衝液之製備：取4.54 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ，5.43 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，先溶於少許水中，再將體積加至1L（pH值為7.2）。加入磁石攪拌均勻分裝至玻璃試管中，每管9 mL，加蓋後高壓滅菌，冷卻後置於冰箱冷藏備用。

## (二) 微生物之菌數測定及分離

照射後樣品取出即加入磷酸緩衝液於4°C下浸泡一小時，再置於鐵胃中拍打混合90秒，照射樣品經適當稀釋後以表面平板計數法(surface plate count)測菌數以及直接放置樣品於培養基上培養定性觀察。以PCA培養基測定total bacterial count<sup>(24)</sup>；PDA培養基測定真菌及酵母菌<sup>(25)</sup>；而VRBGA培養基可測定腸內菌(total Enterobacteriaceae)。以不同培養基培養使中藥材中各類細菌、真菌及酵母菌皆有生長表現之機會。

1. 表面平板計數法：取適當稀釋度之欲測菌液0.1 mL分別滴入PCA、PDA、VRBGA平板表面，以玻棒輕輕塗抹均勻，每一稀釋度三重複，倒置於25°C及30°C培養箱中。培養第二天後取出計數生長速率較快之菌種。之後，將培養皿再置回培養箱中，第四至七天再取出計數生長較緩慢之菌種。觀察培養皿表面生成菌落，並以移植針取出菌落中之菌體經染色後於顯微鏡下觀察。
2. 直接放置培養定性觀察：將照射前、後之樣品取出分別置放於平面培養基上，於30°C培養2-7天。取出目測及鏡檢樣品與培養基上之微生物生長狀況，並與上述表面平板計數法之結果相對照。

## 參、結果

### 一、專案申請進口不同產地之新鮮及經儲存未經炮製之火麻仁樣品

未經炮製之現年採收及儲存1~2年之火麻仁因具發芽活性，列屬第二級管制藥品，其進口程序需先經由中醫藥委員會行文同意，憑文向行政院衛生署管制藥品管理局 證照管理組申請登記證，於取得管制藥品登記證後，經管制藥品管理局 稽核管制組同意研究計畫使用管制藥品後，向管制藥品管理局 製藥工廠提出二級管制藥品進口申請，取得輸入憑照。再向經濟部國貿局申請進口核准函，憑函線上申請輸入許可證。並同時向由行政院農業委員會動植物防疫檢疫局申請特定植物輸入許可。完成申請程序後請中藥進口商鄭炳昇理事長協助，透過香港之中藥貿易商進行採購。申請流程如下圖一所示，相關公文及文件列於其圖後。

- ▲ 各項公文及文件需與承辦人電話及傳真往返確認內容無誤後始發出。
- ▲ Tel.-A：中醫藥委員會  
02-25872828 # 283 劉小姐
- ▲ Tel.-B：管制藥品管理局證照管理組  
02-23975006 # 2534 楊小姐
- ▲ Tel.-C：管制藥品管理局稽核管制組  
02-23975006 # 2566 陳小姐
- ▲ Tel.-D：管制藥品管理局製藥工廠  
02-23975006 # 2110 吳小姐
- ▲ Tel.-E：國貿局貿易服務組  
02-23977363 趙小姐
- ▲ Tel.-F：中藥商，杏豪貿易股份有限公司  
07-3123151 鄭董事長

### 二、相關文獻蒐集

(一) 1.火麻仁功效、產地及成分 中醫藥典中所記載的火麻仁，主要療效為潤燥、滑腸、活血，能夠治療腸燥便秘、痢疾、消渴以及月經失調等症狀(2)。火麻仁主產黑龍江、遼寧、吉林、四川、甘肅、雲南、江蘇、浙江等地(16-17)。

火麻仁種子營養成分豐富，含有30 % 脂肪酸、20~25 % 蛋白質、20~30 % 的碳水化合物、10~15 % 的可溶性纖維，及豐富的礦物質，特別是磷、鉀、鎂、鈣、鐵和鋅等；含有18種氨基酸（其中7種為必需氨基酸）和12種必需脂肪酸。火麻仁脂肪酸成分的部分包含4.5~9.5 % 之飽和脂肪酸，主要有硬脂酸、花生酸及棕櫚酸

等；70~80 % 之不飽和脂肪酸，包括油酸、亞油酸、亞麻油酸及棕櫚油酸等。火麻仁油中還含有花生四烯酸及硬脂酸等對人體有益的營養成分<sup>(5, 12-13, 18, 21)</sup>。其中必需脂肪酸中的主要成分亞油酸和亞麻酸的含量分別高達50~70 % 和15~25 %，亞油酸 (linoleic acid, 18:2 omega-6; n6)及亞麻油酸(alpha-linolenic acid, 18:3 omega-3; n3)的比例接近3:1，此種比例與傳統地中海的飲食中之油脂比例相似，可降低冠狀動脈心臟病之發生率，是人體正常代謝所需的最佳比例<sup>(21, 29)</sup>。對人體健康非常有益的 $\gamma$ -亞麻酸通常只有藍綠藻和黑醋栗種子油中含有(為乾重的1 % 左右)，在常用的食用油中則不含 $\gamma$ -亞麻酸，而大麻種子油中 $\gamma$ -亞麻酸含量高達3 %~6 %。

此外，大麻種子含有18種胺基酸，總含量約10.87 mg/100 mg，其中以麩胺酸(Glutamic acid) 含量最高，精胺酸(Arginine)、天門冬胺酸(Aspartic acid)、白胺酸(Leucine)等次之，其中Arginine的含量比例較雞蛋蛋白及大豆蛋白為高<sup>(21)</sup>。楊永紅於2001年<sup>(13)</sup> 提出火麻仁中含豐富之甘胺酸 (Glycine)，雖然甘胺酸在哺乳動物體內可以利用其他物質合成，但禽類合成甘胺酸的能力則很低，甘胺酸為其必需胺基酸，因此以火麻仁作為禽類之飼料可提供禽類足夠之甘胺酸<sup>(14)</sup>。

## 2. 火麻仁外觀型態 火麻仁於秋季果實成熟時採收，除去雜質，曬乾備用。以子

粒飽滿、乾燥、色白、淨仁無雜質者為佳。外果皮菲薄，內果皮堅脆。綠色種皮常粘附在內果皮上，不易分離。胚乳灰白色；子葉兩片，肥厚，富油性；氣微，味淡。以色黃、無皮殼、飽滿者佳<sup>(6, 18-19)</sup>。目前市售之火麻仁依政府之規定均為炮製後之火麻仁，我們由中藥代理商、中藥房及鳥飼料店購入5批火麻仁，（圖二A）為不同批次之中藥用火麻仁，可見不同批次採購之火麻仁外觀大小及顏色有明顯差異，一般而言，火麻仁外觀呈扁卵圓形，平均長4~5.5 mm，徑寬2.5~4 mm。種子外觀顏色原為灰綠或灰黃色，但焙製後顏色偏褐，外表有細微網紋、具光澤，兩邊有明顯稜線，頂端尖基部鈍圓，有圓形或橢圓形之果柄脫落痕跡（圖二B）。內種皮薄易破碎，種皮綠色，將火麻仁泡水24小時後，將其外殼小心撥開可見少數種子有類似出芽的情形（圖三A），取出後去除內種皮可見2片乳白色上下交疊之子葉（圖三B），不似一般雙子葉種子有對稱之子葉及明顯之胚根。



(二) 國際種子檢查規則 影響種子發芽率的因素包括種子品質、水分、溫度、光照，

而種子品質受品種、種子生產過程、種子貯藏條件、種子活力等影響。不論是一般或冷藏貯藏，影響種子貯藏的因子包括種子成熟度、種子含水量及貯存溫度等均會交互影響。為評估一批種子中的種子活力或發芽能力，以做為估算種子播種量的依據，國際種子檢查協會(International Seed Testing Association，簡稱ISTA)為一非商業性的國際組織，其主要宗旨在釐訂世界一致性的種子檢查技術及標準，以供世界各地種子檢查室遵循。其所建立的「國際種子檢查規則」(International Rules for Seed Testing)是目前國際上最具公信力者，為世界各國種子實驗室進行種子處理與活力檢驗的操作藍本。其實驗室標準作業程序約主要有下列四步驟<sup>(19)</sup>：

1. 從充分混合的潔淨種子中隨機取400-800粒種子以進行活力或發芽檢驗。
2. 每一重複數為100粒種子，共分4重複，播種於發芽皿或發芽盒內潮溼的發芽介質（如濾紙）上，置放於適合的環境中發芽。具休眠性的種子在放入發芽箱發芽之前，需先放在2-5°C冷藏庫中濕層積(moist chilling; cold stratification)一段時間，先解除種子的休眠。
3. 發芽試驗期間需定期觀察發芽狀況，若為林木種子則發芽期較長，視植物種類而異。
4. 統計及發芽試驗結果報告，包括正常發芽與不正常發芽種子的百分率、未發芽種子數、空粒種子數與死亡種子數等。

需注意的是：即使各地實驗室均遵循此一操作規範來進行種子發芽試驗，但同一批種子由不同實驗室進行的結果也常會有所差異。其原因包括：發芽試驗時，使用不一樣的介質、水分供應量的多寡、發芽箱內溫度設定的不同和光度的強弱、使用不同的播種容器，甚至發芽判定標準的差異（如胚根突出長度的不同、不正常發芽苗的判定等），發芽條件及判定標準的不同均使種子發芽率造成差異。

### 三、市售及火麻仁樣品含水率測定

植物種子發芽過程水分之吸收主要分為三階段，包含吸水期、延滯期及胚根萌發期。各階段間轉折之門檻點對種子發芽過程及其發芽率均極重要。種子中之含水量將影響輻射照射後種子之發芽率及輻射照

射之抑制發芽效果。故輻射照射處理前之火麻仁及綠豆先測定其樣品含水率，每一來源及不同處理之樣品均作5重複，計算各種子之含水率(moisture)。實驗結果測得市售火麻仁樣品之水分率為 $10.69 \pm 0.53\%$ 、市售乾燥綠豆之含水率為 $13.35 \pm 0.47\%$ 。

#### 四、輻射照射對火麻仁發芽率的影響

取上述5個不同批次外觀完整之市售火麻仁各約2000顆進行發芽率探討，將樣品以無菌水浸泡48小時催芽後（黑暗中、 $20^{\circ}\text{C}$ ，期間需換數次水，避免微生物污染），移至發芽床中置入植物生長箱，每日添加適當無菌水於 $20^{\circ}\text{C}$ 下培養，每日計數種子之發芽數量。結果如圖四所示，火麻仁於催芽後鋪於濕潤之培養床上，移入生長箱中黑暗培養48小時後可見少數火麻仁有出芽的情形（圖四A），（圖四B）為將上述出芽之火麻仁放大觀察，可見其出芽有不同的芽長度。持續觀察出芽後之火麻仁至第7天，可見所有火麻仁之出芽並無生長增長或分化成根、莖的狀態，判斷此出芽均為不正常發芽或稱為死芽。計算5個批次火麻仁之出芽率，結果顯示不同批次火麻仁之不正常出芽率由 $3.18 \sim 0.086\%$ ，樣品間仍具差異。

初步取各上述批次市售乾燥火麻仁分為未經照射及經2、4、6、8、10 kGy不同劑量照射處理（2000粒/組），照射後之火麻仁立即以上述方式浸泡催芽、移至發芽床中置入植物生長箱培養，每日計數並觀察種子之發芽數量。結果各樣品之出芽率有明顯差異，但其出芽狀況均屬不正常發芽，計數發芽數量後結果（如表一）所示，當樣品照射劑量分別為2 kGy、6 kGy、8 kGy時，各樣品之出芽率與未經照射處理之火麻仁並無顯著差異，而當照射劑量為10 kGy時，其出芽率較未經照射處理之火麻仁樣品之出芽率略低，約在 $2.245 \sim 0.189\%$ 之間。而此結果顯示不同批次之市售乾燥火麻仁經輻射照射後之不正常出芽率與照射劑量間並無明顯相關性。

#### 五、火麻仁種子之發芽活性測試

胚根(Radicle)為種子植物胚的組成部分之一，包括根冠和胚根生長點，為種子萌發時最先伸出種皮的部分，將來發育為植物主根。由於火麻仁之胚根包覆在上子葉類似出芽處凹槽中，因此造成觀察不易。本實驗利用氯化三苯四氮唑法(TTC法)來鑑定種子胚部之生命活力。凡有生命活力的種子胚部，在呼吸作用過程中會伴隨之氧化還原反應的發生。當TTC滲入種胚的活細胞內，並作為氫受體被脫氫輔酶( $\text{NADH}_2$ 或

NADPH<sub>2</sub>)上的氫還原時，便由無色的TTC變為紅色的三苯基甲(TTF)，此現象顯示種子胚具生命活力，而無生命活力的種胚則無此反應。首先以綠豆作為對照試驗組，將綠豆樣品於30~35°C之溫水中浸泡3小時使種皮軟化，並使之增強胚之呼吸強度，剝除種皮後，用刀片沿種子胚的中心線縱切為二個半粒，分別置於2組培養皿中，一組半粒不經過任何處理，而另一組半粒在沸水中煮5分鐘殺死胚，以作為對照觀察。兩組同時加入適量的0.5 % TTC，將之置於30°C恒溫箱中0.5~1小時後觀察結果。實驗結果如（圖五A）所示，未經煮沸處理之綠豆樣品在其胚部及子葉皆染為均質之紅色，表示此綠豆樣品為具有生命活力之種子。而經過煮沸處理的綠豆樣品則無法被染色（圖五），表示其種子胚喪失了生命活力。由此實驗結果確立了TTC染色法針對種子胚部之生命活力測試的可行性，故取火麻仁樣品經泡水48小時催芽後，移至發芽床中置入植物生長箱培養24小時，再挑選已出芽及未出芽之火麻仁樣品，將其外殼撥除泡入TTC溶液中進行染色。實驗結果如（圖六）圖所示，可見已出芽之火麻仁樣品包被於子葉上之外膜有一部分呈現不均質紅色，而未出芽之火麻仁樣品則未被染色。經由此TTC染色法初步判斷火麻仁種子胚根上部分酵素仍具有活性故呈現不均勻之紅色，表示其部分之酵素具有活性，但植株之發芽為種子生理代謝整體所呈現之正常生命力，保留種子部分酵素活性並不足以使種子正常發芽，僅有一小段的出芽後即呈休止狀態。

## 六、市售火麻仁之微生物含量測定

因前述火麻仁樣品在育苗實驗時常觀察到種子發霉、長菌及異味產生，因此進行火麻仁輻射滅菌劑量探討，其樣品於輻射照射抑制發芽時同時達到滅菌之效果。取3批不同批次之市售火麻仁樣品，每個樣品進行3重複取樣，取樣前先將樣品混合均勻後以無菌操作方式稱取15 g置於樣品袋中進行照射。輻射劑量率為1.2 kGy/h，照射溫度為室溫(25± 2°C)，樣品經不同照射時間取樣，以得到所需之照射劑量，完成照射處理後之樣品立即進行微生物含量的測定。（圖七）為將未經照射之不同批次(B、C、D)火麻仁樣品直接放置在平面培養基上培養兩天，觀察可見不同批次火麻仁樣品生長之菌數種類及含量有很大差異。（圖八A）表示編號C火麻仁樣品未經照射直接放置在PCA平面培養基上培養2天的情形，可見未經照射之樣品上佈滿黴菌與細菌。將其樣品懸浮液稀釋200倍後塗布於PCA平面培養基上，亦為長滿各類微生物（圖八B）。（圖九）為火麻仁編號B樣品未經照射者其培養基上生長許多黴菌與細菌，



而經4 kGy照射後菌數則明顯減少。(表二)為不同批次火麻仁樣品經不同劑量照射後樣品中微生物之殘存率，未經照射之火麻仁樣品中總好氧微生物菌數以編號C之批次為最高約 $4 \times 10^5$  CFU/g，經4 kGy照射後微生物之殘存量小於237 CFU/g，而6 kGy照射後樣品均達完全無菌。黴菌含量則以編號B之批次為最高，但菌數含量小於157 CFU/g，經6 kGy照射後則完全無菌。其三個批次樣品中均未測到腸內菌之存在。

## 七、綠豆輻射照射對發芽率的影響測試

我們參考國際種子測試委員會(International Seed testing Association)之檢查規則進行市售火麻仁及綠豆發芽率之測定。取外觀完整之乾燥綠豆分為未經照射及0.5、1、2、3、4、5 kGy不同劑量照射處理(250粒/組)，照射後綠豆種子當日即先以無菌水浸泡6 h催芽後(黑暗中、20°C)，移至發芽床中置入植物生長箱，每日添加適當無菌水於25°C下培養，每日計數種子之發芽數量，並觀察其根系生長。將催芽後之種子於控光控溫培養至3-7天，計算正常發芽與不正常發芽種子數、未發芽種子數、空粒種子數與死亡種子數等，計算其百分率並拍照記錄。於移入植物生長箱後第24小時觀察之結果(如圖十)所示，顯示未經處理之乾燥綠豆之出芽率高達95 %以上，2 kGy照射者出芽率已受影響，4 kGy照射後之綠豆出芽率明顯受抑制，6 kGy照射出芽已幾乎全受抑制，僅見一株長約2 cm之不正常出芽；而8 kGy照射處理之綠豆已不見出芽。將催芽後之綠豆樣品移入植物生長箱中繼續培養至第五天時觀察其植株生長狀況，結果如(圖十一)所示。未經照射處理之綠豆植株生長狀況良好，莖部長度及根部主根、根毛部分均很發達，且已見葉片伸展；經1 kGy照射後的綠豆植株較未經照射組有明顯差異，植株較短、根系較不發達且葉片生長亦較緩慢。當照射劑量達2 kGy時，植株的莖部長度明顯變短呈現彎曲的狀態，且根部的生長延遲幾乎不見根毛生長，亦無葉片展開。而隨著照射劑量的增加，植株生長抑制現象更趨明顯，綠豆經5 kGy照射後可見其胚根於突出外殼後幾乎已停止生長。因此根據實驗結果，經由輻射照射後之綠豆樣品，無法正常的發芽正常生長成植株，而輻射照射劑量越高，造成種子不正常發芽及死亡的現象也越趨明顯。為瞭解種子含水量對輻射抑制發芽之影響，另取外觀完整之綠豆分為原乾燥組(水分含量13.4 %)及先泡水3小時之濕潤綠豆組(水分含量36.5 %)，皆以0、1、2、3、4、5、6、8 kGy不同劑量照射處理，每一照射劑量處理之種子為250粒。照射後立即依上述方式進行催芽及培養，於培養後48小時時觀察並計數其種子發芽率。參考ISTA所訂種子檢



查規則，將綠豆發芽情形分為三類，如（圖十二）所示其中A為正常發芽者，可見完整根、莖及葉的雛形；B為不正常發芽，因其雖有顯著發芽但不見完整根、莖及葉之雛形；C為不發芽者，其種子為完全不發芽或是所生長之胚芽長度小於1公分者。將上述各照射劑量處理樣品依此分類，計算其百分比結果（如圖十三）所示。圖中可見綠豆未經處理者出芽率高過99%，皆其中93%為正常發芽，其餘少部分生長較慢屬於不正常發芽。綠豆經輻射處理後可見其輻射劑量其對影響甚劇，隨照射劑量提高種子由正常發芽漸趨向不正常發芽。照射劑量大於2 kGy後，不發芽的比率快速增加，至6 kGy照射後幾乎完全不發芽。乾燥之綠豆樣品及經由泡水處理提高含水量之綠豆樣品，經不同劑量輻射照射後所造成正常發芽、不正常發芽及未發芽之百分比結果（如圖十四）所示。經1 kGy照射後，不正常發芽之比率皆快速提高，而乾燥之綠豆樣品正常發芽比率較濕潤綠豆為高。經2 kGy照射後，乾燥綠豆還保有少數正常發芽之植株，而經泡水處理之綠豆已無正常發芽之植株，且未發芽之比率提高。經3 kGy照射後，乾燥及濕潤綠豆均不見正常發芽之植株，但乾燥綠豆不正常發芽與未發芽的比率為60：40，而於濕潤綠豆之比率則為25：74。經4 kGy照射後，乾燥綠豆不正常發芽與未發芽的比率為19：81，而於濕潤綠豆之比率則為4：96。當照射劑量達6 kGy時，乾燥及濕潤之綠豆樣品已全數不見發芽。由（圖十三）之百分比曲線趨勢亦顯示水分含量較高的種子對輻射之敏感度較高，隨照射劑量提高造成不正常發芽及未發芽之現象較乾燥種子為顯著；欲達相同之種子抑制發芽率，含水量較高者所需照射劑量較乾燥者為低。

## 肆、討論

依文獻所載，不同種子對輻射之敏感度不會相同，常見之食用種子中對輻射之敏感度較高為花生，其次為紅豆、大豆，最不敏感者為綠豆，以0.9 kGy照射處理後花生及紅豆已完全不發芽，而大豆及綠豆還能出芽，但所出芽已屬不正常發芽<sup>(14)</sup>，此結果與我們試驗綠豆測得之結果相近。

休眠的種子相較於幼胚正在發育的種子對輻射線較不敏感，而休眠種子對放射線之敏感度又受種子內部胚芽細胞的分裂與分化情形及種子含水量的影響。一般多係以輻射處理後，在某一特定時間內之種子經發芽後植株成長高度，以此作為種子對放射線敏感程度的標準。含水量不同造成之放射線敏感度的差異係因種子在受照射所產生之自由基濃度不同有關。因其在高含水量時自由基反應較多，且含水的胚部之生理活性亦強，因此水分含量較高的種子對輻射較敏感<sup>(20)</sup>。我們以乾燥及濕潤之不同含水量綠豆樣品進行照射探討，結果顯示種子含水量確為影響其發芽狀態之重要因素。有研究指出種子照射後立即種植對其抑制生長的程度會明顯低於照射後經貯存的種子<sup>(20)</sup>。照射後的種子貯存造成抑制發芽之效應值得進一步探討。

新鮮火麻仁之採購於本計畫議價招標後即立刻辦理，但手續繁複，火麻仁為二級列管性植物，亦為列管中藥材。藥材第一次進口，衛生署管制藥品管理局、經濟部國貿局、農委會動植物防疫檢疫局、中醫藥委員會、報關行及校方等承辦人員皆為第一次辦理，公文往返、電話聯繫約100-150通，至今尚未能進口。為使火麻仁於進口後儘快完成實驗，故先以皆為乾燥種子之綠豆進行測試，期獲得輻射照射抑制種子發芽之相關資訊，以應用於進口生鮮火麻仁之抑制發芽試驗。

由我們實驗的結果顯示乾燥綠豆以1 kGy照射後，已會明顯影響其植株生長，以5~6 kGy照射處理後綠豆之抑制發芽效果高達99 %，且絕大比例為不正常出芽。而火麻仁目前測試樣品均為合法進口之經炮製火麻仁，實驗中也見火麻仁出芽率極低且出芽者均為無法正常生長之不正常發芽。

於發芽測試中顯示火麻仁有相當高之含菌量，加馬照射抑制火麻仁之發芽應可同時達到抑菌及抑蟲之效果，故進而測試其加馬照射後之微生物含量變化。本研究結果顯示不同批次市售火麻仁之微生物含量及微生物相有極大差異，其原始好氧菌數為 $4.4 \times 10^5 \sim 7.9 \times 10^2$  CFU/g、黴菌菌數為 $10^2$  CFU/g，樣品中未測得腸內菌的存在。樣品經8 kGy照射後可完

全滅菌。而樣品直接放置觀察者於6 kGy照射處理後亦不見任何微生物生長。本實驗室多年研究結果顯示受測中藥材經所需滅菌劑量照射後之藥材外觀及品質無明顯變化，且照射前、後之指標成份含量或主成份之HPLC圖譜亦無明顯差異，加馬射線照射應是中藥滅菌貯存之良好方法<sup>(23-28, 30)</sup>。以輻射照射可同時達到抑制發芽及滅菌的效果，但輻射照射後火麻仁之成份變化有待進一步分析。

對於脂肪含量高的樣品，照射、貯存處理等需特別注意樣品中脂肪酸劣化及油脂過氧化的影響<sup>(30, 34)</sup>。火麻仁的營養價值高，脂肪含量高達30%，照射後對其脂肪酸、氨基酸的成分，及酸價與過氧化價等油脂變化有探討的必要。對於即將進口之未經炮製火麻仁樣品後除以鈷六十照射探討其最適抑制發芽劑量，需進一步並分析此照射劑量對其成分及品質之影響。

## 伍、結論與建議

本研究完成火麻仁的種源、主要成分及功效等相關資料的蒐集，參考國際種子檢查規則與基隆海關對火麻仁發芽之測試方法進行比對，建立評估火麻仁發芽率之方法。在新鮮火麻仁進口之前，以乾燥綠豆種子進行輻射照射劑量與發芽率之相關比對，以及種子水分含量對輻射抑制發芽率之影響測試。輻射照射對火麻仁之滅菌率測試，顯示輻射照射可被應用於抑制火麻仁發芽並達到滅菌效果，但仍待未炮製火麻仁進口後進行確切測試。

本計畫預期之綜合應用為研訂出抑制火麻仁發芽之輻射照射最適條件，使進口之火麻仁能達法規的要求，解決中藥火麻仁之進口問題。此外，研究結果將提供以輻射照射處理抑制火麻仁發芽之立法依據。

## 誌謝

本研究計畫承蒙行政院衛生署中醫藥委員會，計畫編號CCMP96-RD-030提供經費贊助，使本計畫得以順利完成，特此誌謝。



## 陸、參考文獻

1. 王守經，馮雙慶，於子厚，孫守義，鄒積萬，雷鵬。2003。生薑輻照抑制發芽貯藏工藝研究。核農學報，17(2)：115-118。
2. 行政院衛生署中華藥典中藥集編修小組，中華中藥典，第一版。行政院衛生署，台北，民國93年。
3. 行政院衛生署中醫藥委員會，中藥用藥安全與實務。行政院衛生署中醫藥委員會，台北，民國94年。
4. 行政院衛生署中醫藥委員會，中藥材品質管制—組織型態學鑑定，第一版。行政院衛生署中醫藥委員會，台北，民國88年。
5. 行政院衛生署中醫藥委員會，中藥對照用指標成分物理化學資料彙編。行政院衛生署中醫藥委員會，台北，民國91年。
6. 行政院衛生署中醫藥委員會，臺灣常用藥用植物圖鑑，第二版。行政院衛生署中醫藥委員會，台北，民國92年。
7. 吳家駒、楊瑞森、錢明賽、郭俊德。1996。照射蒜頭推廣工作。核子科學，33(1)：52-57。
8. 李志恆。1995。大麻及其類緣植物、種子的鑑別比對，成分分析，藥理及毒理研究。八十四年度衛生署委託研究計畫執行成果報告。計畫編號：DOH84-TD-090。
9. 財政部關稅總局。2007。我國進出口貨物數量與價值（正本）查詢表，<http://web.customs.gov.tw/statistic/statistic/mnhStatistic.asp>。
10. 張建偉、陳云堂、楊保安、胡秀莉、孟祥峰、劉秋芳。2002。<sup>60</sup>Co γ射線輻照對板栗果影響效應的研究。食品科學，23(9)：108-112。
11. 梁紅、蔡業統、劉勝洪。1999。銀杏種子輻照效應及其保鮮的初步研究。核農學報，13(1)：11-16。
12. 陳建華，臧鞏固，趙立寧，李育君，唐慧娟。2003。大麻化學成分研究進展與開發我國大麻資源的探討。中國麻業，25(6)：266-271。
13. 楊永紅，誠靜容。2004。大麻的實驗分類學研究。中國麻業，26(4)：164-169。
14. 劉瓊英、鄺炎華、鄭粵美。1994。食用性植物種子輻射敏感性的研究。華南農業大學學報，15(4)：85-91。
15. 鄭建詒、陳本、鄭守訓。1982。大麻仁與印度大麻種子之比對鑑定研究。藥物食品檢驗局調查研究年報，2：6-12。
16. 任漢陽、張瑜、劉紅雨、曹俊嶺。2003。火麻仁研究進展。河南中醫，23(11)：78-80。
17. 李欣。1998。對《中國藥典》火麻仁的討論。現代中藥研究與實踐，

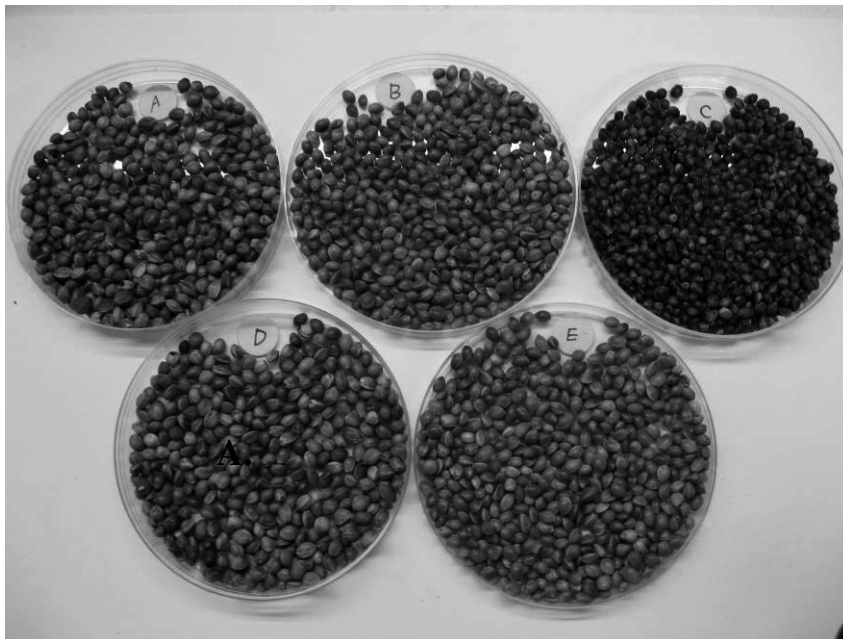
3(12) : 58。

18. 尹燕霞、吳和珍、魏群。2003。火麻仁的研究發展。中國中醫藥信息雜誌, 10(6) : 92-94。
19. 陳舜英。2007。國際種子檢查協會林木種子的發芽檢驗—王世彬教授專題演講節錄。林業研究專訊, 12(1) : 16-17。
20. 李文權。1999。放線線生物學, 第八章放射線對植物組織與器官的影響—放射線對植物種子的影響。九州圖書文物有限公司, 225-230。
21. Callaway JC., 2004. Hempseed as a nutritional resource. An overview. Euphytica, 140: 65-72.
22. Chaudhuri SK. 2002. A simple and reliable method to detect gamma irradiated lentil (*Lens culinaris* Medik.) seeds by germination efficiency and seedling growth test. Radia Phy and Chem, 64 (2): 131-136.
23. Chou FI. 1999. The sterilization of pollen with cobalt-60 gamma radiation-a study of the radiation resistance of strain isolated from pollen. Plant Pathol Bull, 7: 23-28.
24. Chou FI., Chung HP., Wen HW. 2002. Effects of gamma irradiation on the storage quality of dry groats of coix. 89th International Association for Food Protection. P.64. June 30-July 3, San Diego, California U.S.A.
25. Chou FI., Chung HP., Chung RJ., Wei YY., Chen CJ., Chang, CG. 1999. The sterilization of lycium fruit with cobalt-60 gamma radiation. Nucl Sci J, 36: 302-308.
26. Chou FI., Chung HP., Wen HW., Chen CT., Chang CG. 2001. The sterilization of Astragali Radix with gamma-ray irradiation. Nucl Sci J, 38: 271-278.
27. Chou FI., Chung HP., Wen HW., Wei YY., Chen CT., Chang CG. 2001. Sterilization of Chinese medicinal herbs with cobalt 60 gamma irradiation. Nucl Sci J, 38: 279-288.
28. Chou FI., Wen HW., Chung HP. 2005. The Effect of Gamma Irradiation on Microbial Decontamination and Chemical and Sensory Characteristic of Lycium Fruit. Radia Phy and Chem, 75: 593-603.
29. Hakki EE., Kayis SA., Pinarkara E., Sag A. 2007. Inter simple sequence repeats separate efficiently hemp from marijuana (*Cannabis sativa* L.) Electron. J. Biotechnol., 10 (4): 570-581.
30. Huang SL., Chen YF., Chiang WC. 1994. Amino acids, fatty acids and proximate composition of the seed of adlay. Food Sci, (Taiwan, R.O.C.) 21: 67-74.
31. Ouattara B., Giroux M., Smoragiewicz W., Saucier L., Lacroix M. 2002. Combined effect of gamma irradiation, ascorbic acid, and edible coating on the im-

- provement of microbial and biochemical characteristics of ground beef. J Food Prot, 65: 981-987.
32. Perez MB, Avelano MI, Croci CA. 2007. Growth inhibition by gamma rays affects lipids and fatty acids in garlic sprouts during storage. Postharvest Biol Technol. 44 (2): 122-130.
33. Ramakrishna N, Lacey J, Smith JE. 1991. Effect of surface sterilization, fumigation and gamma-irradiation on the microflora and germination of barley-seeds. Int J Food Microbiol, 13 (1): 47-54.
34. Sánchez-Bel P, Martínez-Madrid MC, Egea I, Romojaro, F., 2005. Oil quality and sensory evaluation of almond (*Prunus amygdalus*) stored after electron beam processing. J Agric Food Chem, 53: 2567-2573.
35. Sommer NF, Fortlage RG. 1996. Ionizing radiation for control of post-harvest diseases of fruits and vegetables. Adv Food Res, 51: 147-193.
36. Stone CA, Odin C, Howard J, Mumaw LD. 1994. High-School Experiments in Food Irradiation. Abs Pap Am Chem Soc, 207: 91-NUCL.
37. Takehisa M, Ito H. 1986. Experiences of Food Irradiation in Japan. Food Rev Int, 2: 19.
38. Thakur BR, Singh RK. 1994. Food Irradiation-Chemistry and Applications. Food Rev Int, 10: 437-473.
39. WHO, 1981. Wholesomeness of irradiated food: report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee, WHO Tech. Rept, Ser No. 651. World Health Org., Geneva.
40. WHO, 1988. Food Irradiation: A technique for preserving and improving the safety of food. WHO, Geneva.
41. WHO, 1999. High dose irradiation. In: Wholesomeness of Food Irradiated with Doses Above 10 kGy, vol. 890. World Health Organization Technical Report Series, Geneva.

## 柒、圖、表

A.

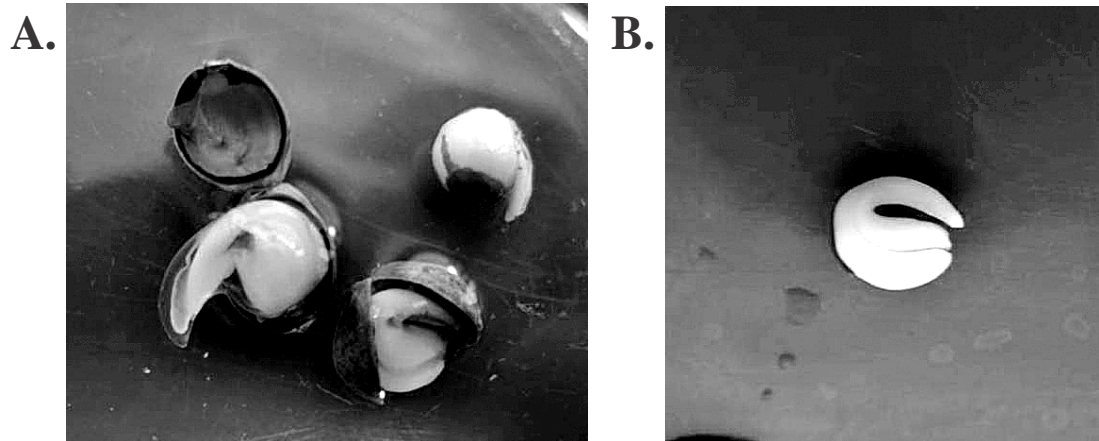


B.

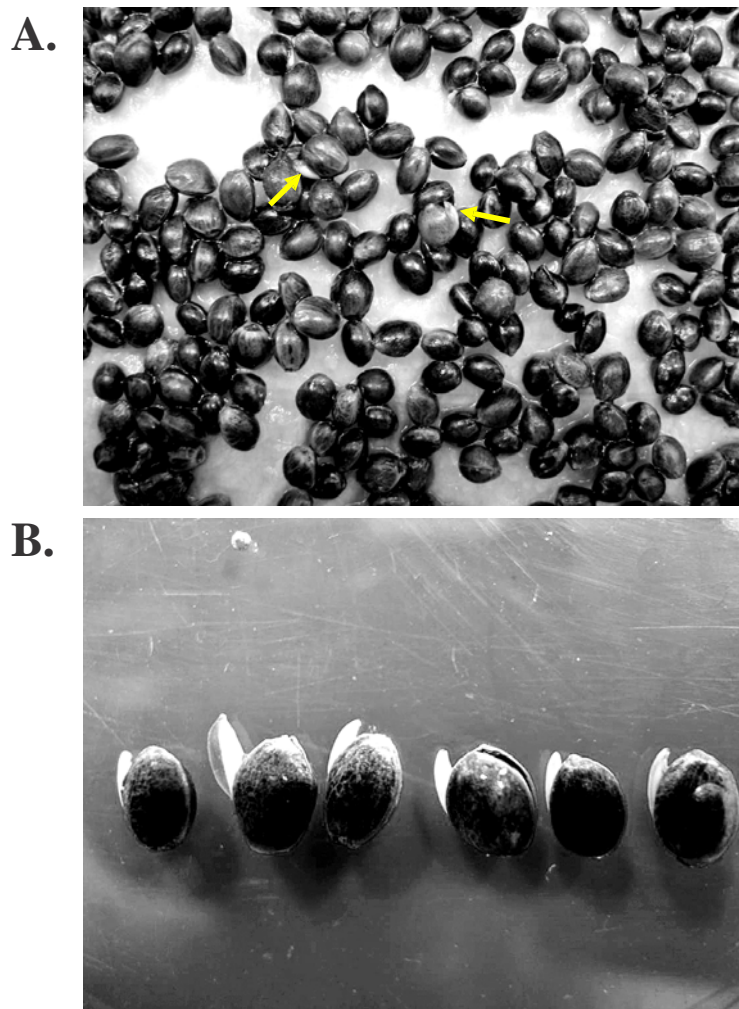


圖二 A.不同批次之中藥用火麻仁於大小、外觀及顏色上具有明顯差異  
B.火麻仁外觀呈扁卵圓形，兩邊有明顯稜線，而其表面具有光澤感並有細小網狀紋路。

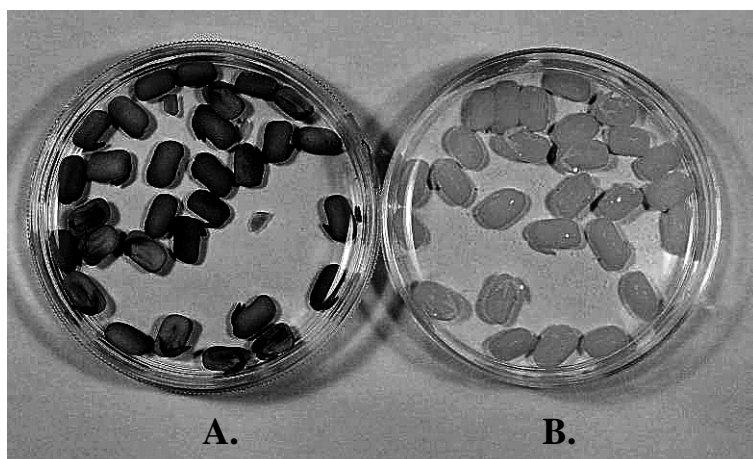




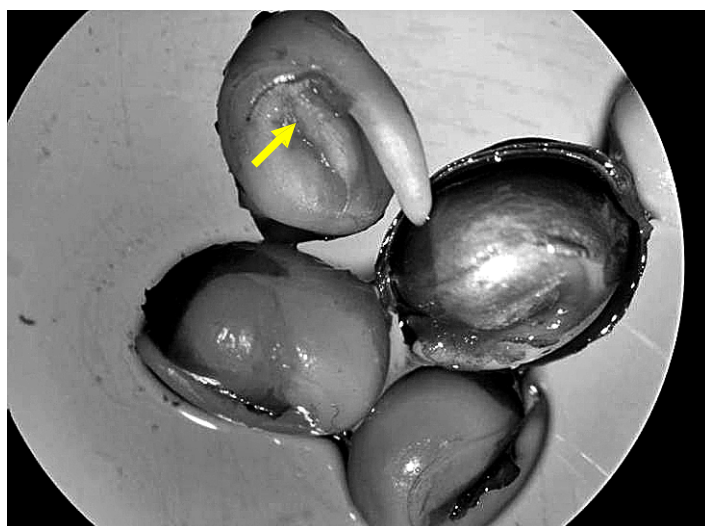
圖三 A.泡水24小時後之火麻仁，將其外殼撥開可見種子有類似出芽的情形。B.去除內種皮後可見2片乳白色上下交疊之不對稱子葉。外側子葉較大，內側子葉較小。



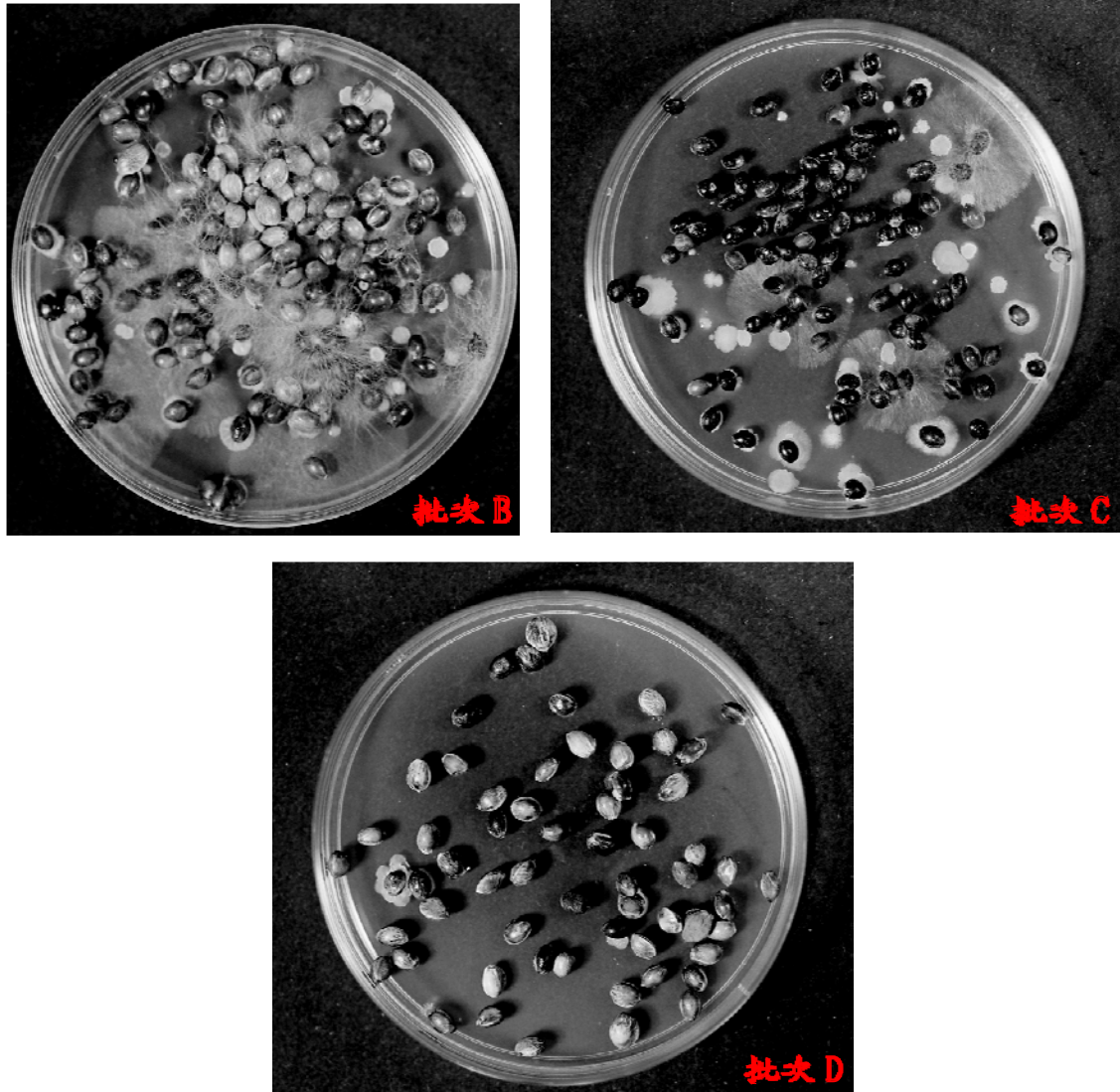
圖四 未經照射之市售火麻仁先泡水催芽48小時後鋪於濕潤之培養床上，移入生長箱中黑暗培養48小時，A.可見少數火麻仁有出芽的情形，B.將上述出芽之火麻仁放大觀察，可見其出芽有不同的芽長度。



圖五 以氯化三苯四氮唑法(TTC法)測試綠豆種子胚部之生命活力：  
A.未經煮沸處理之綠豆樣品在其胚部及子葉皆染為紅色，表示此綠豆樣品為具有生命活力之種子。B.經過煮沸處理的綠豆樣品無法被染色，表示其喪失了種子胚的生命活力。

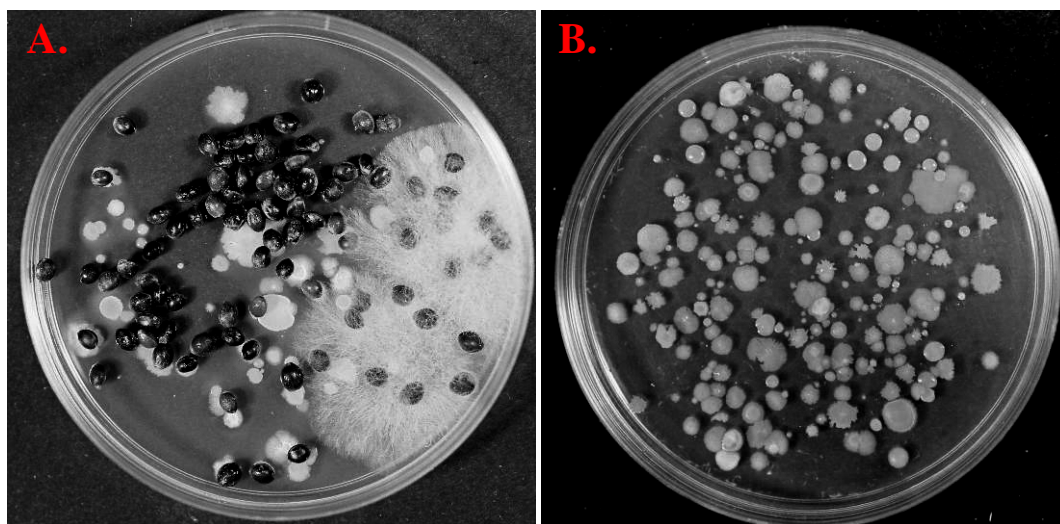


圖六 經過泡水48小時催芽後移至發芽床中培養24小時之火麻仁樣本，挑選已出芽及未出芽之火麻仁樣本並撥除其外殼，泡入TTC溶液中進行染色。在已出芽之火麻仁樣本上子葉上有一層薄膜呈現紅色，但子葉之主要部份未呈現紅色。

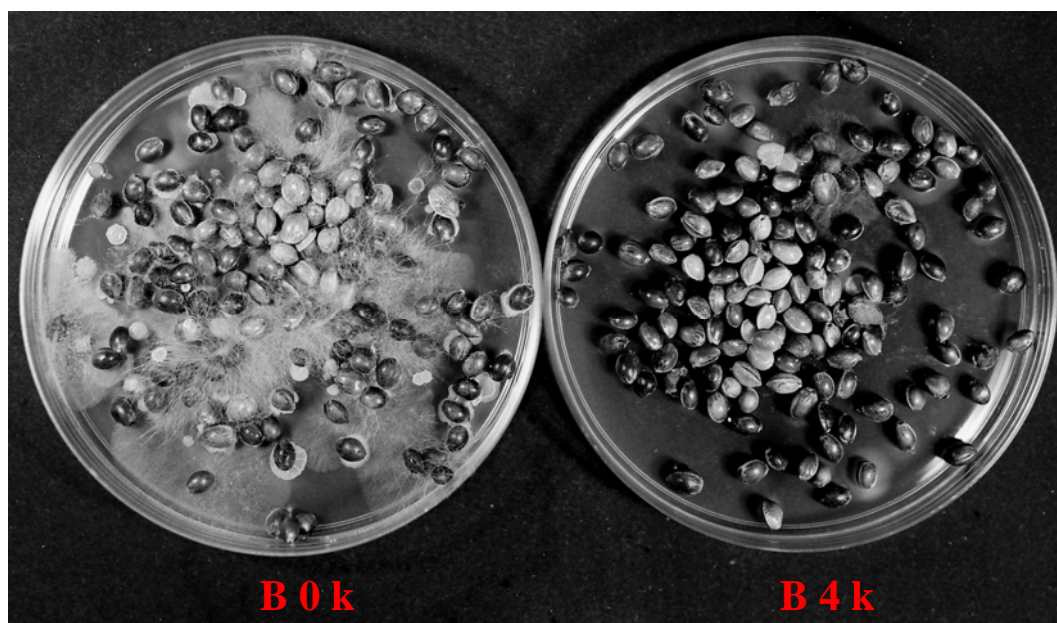


圖七 未經照射之不同批次火麻仁樣品直接置於PCA平面培養基上培養2天所呈現之微生物相，所測得菌數種類及含量皆不盡相同，其中以批次D所觀測得菌數為最少。



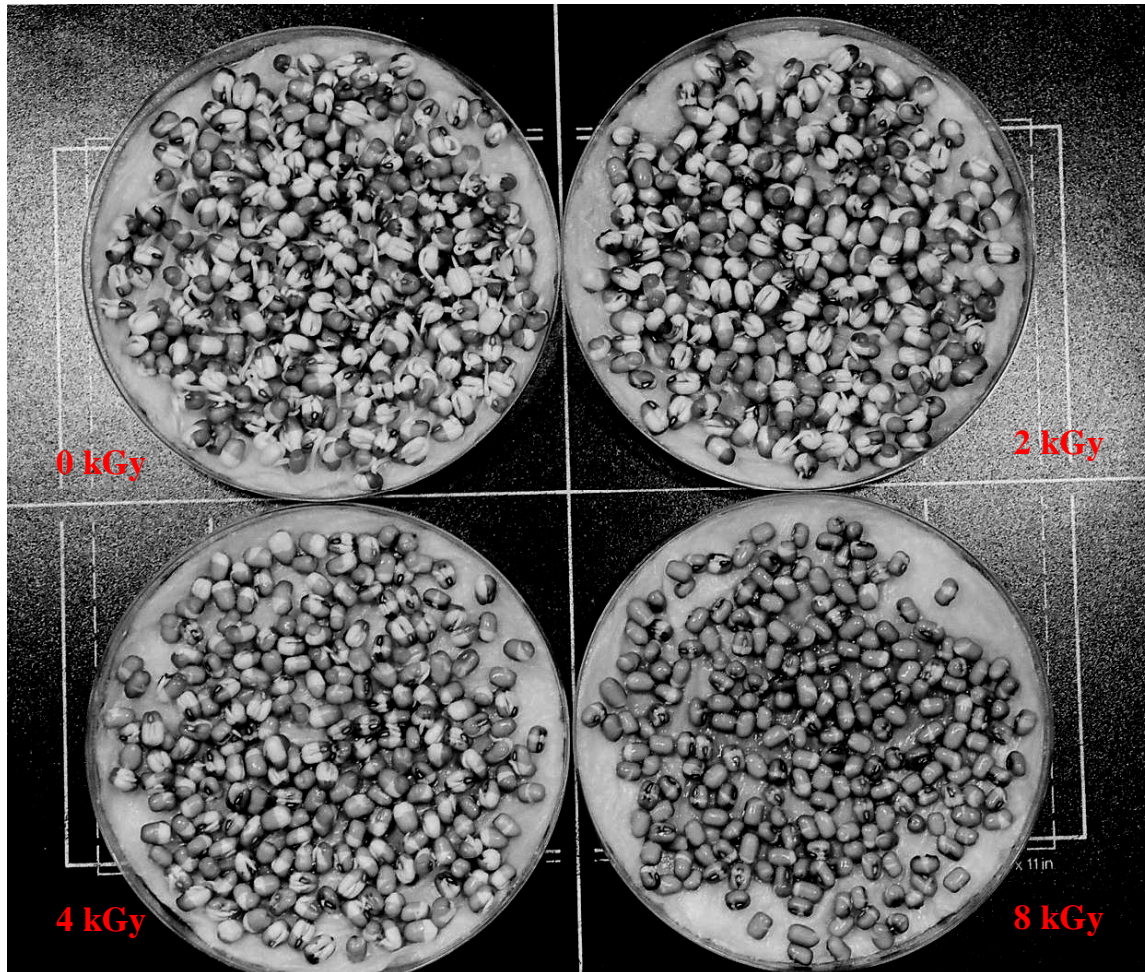


圖八 A.未經照射之火麻仁樣品C直接置於PCA平面培養基上及B.取懸浮液稀釋200倍後塗佈於PCA培養基上之微生物相(2天培養)

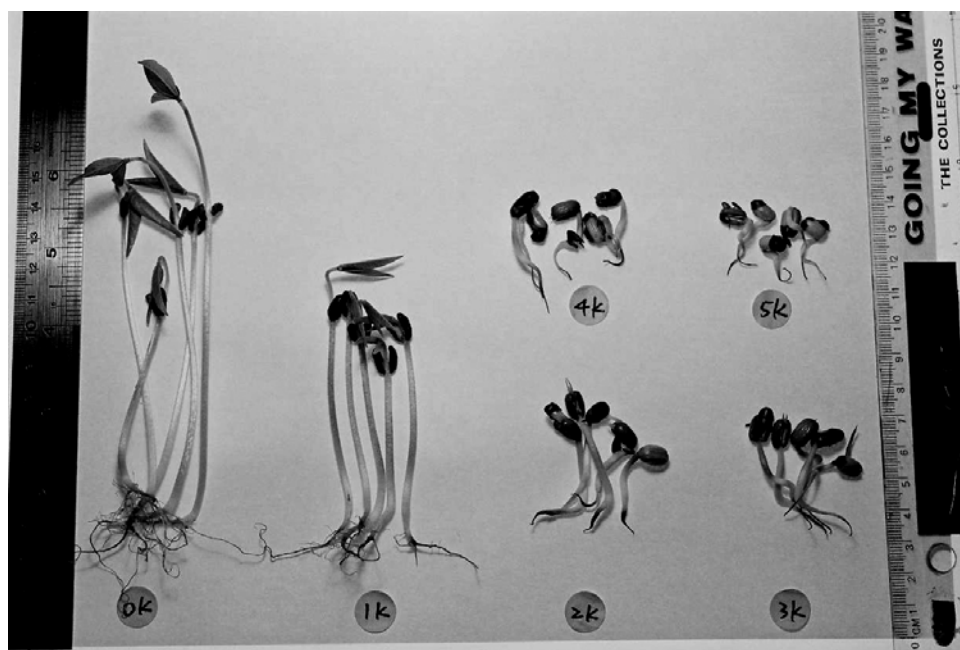


圖九 火麻仁編號B樣品未經照射(左)與經照射(右)直接置於PCA平面培養基上培養2天。未經照射之樣品(左)布滿黴菌與細菌，經4 kGy照射後菌數明顯減少。

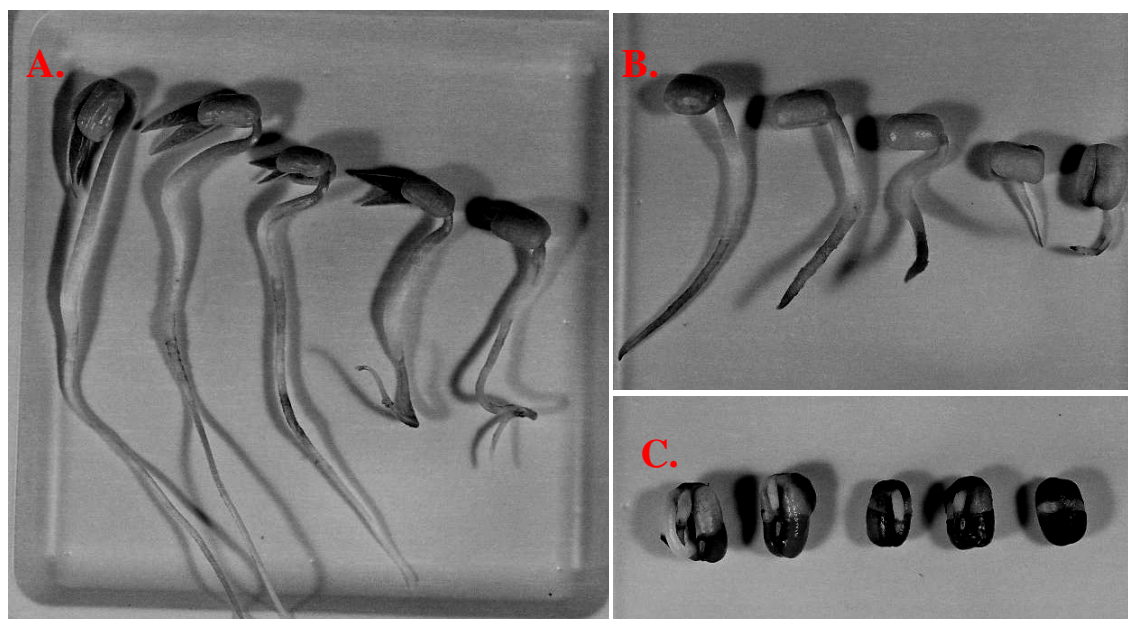




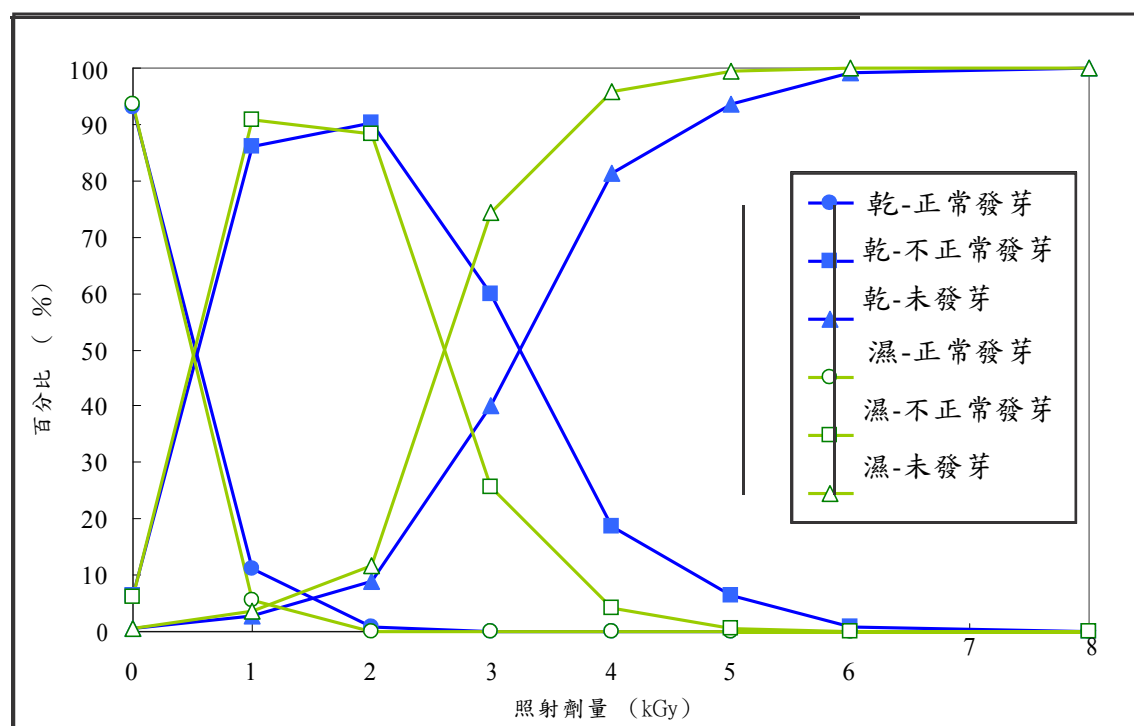
圖十 不同劑量照射處理(0、2、4、8 kGy)之綠豆種子經6 小時催芽，移至發芽24小時後發芽狀況。觀察之結果顯示未經處理乾燥綠豆之出芽率者高達95 %以上，2 kGy照射者出芽率已有影響，4 kGy照射後之綠豆出芽率明顯受抑制，而8 kGy照射處理之綠豆不見出芽。



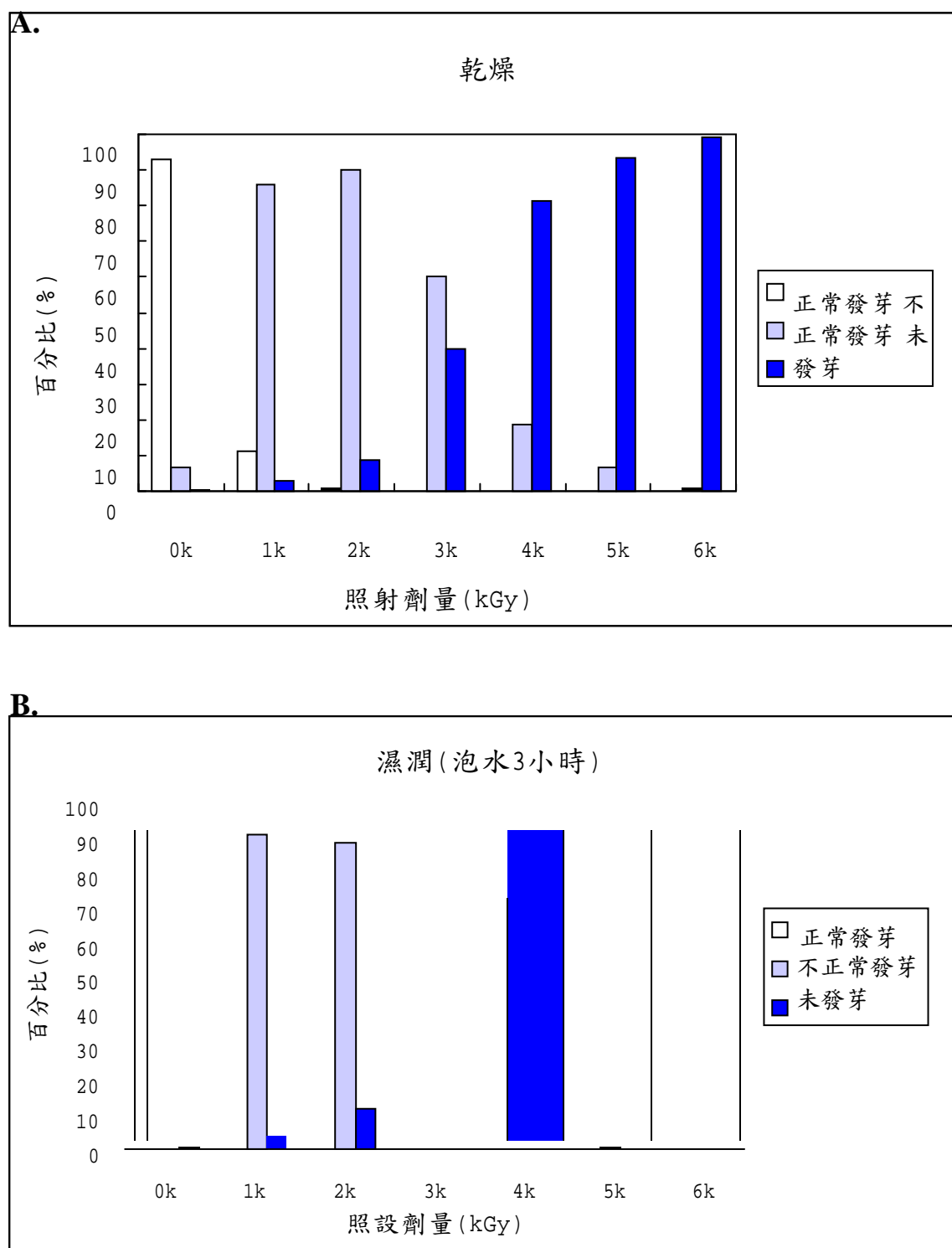
圖十一 綠豆經0、1、2、3、4、5 kGy照射處理之綠豆經5天生長後之植株狀況。未經照射者植株其莖部長度及根部主根、根毛部分生長狀況良好。隨著照射劑量的增加，綠豆樣品出現不正常植株，種子之不正常發芽及死亡的現象也越趨明顯。



圖十二 乾燥及經泡水3小時之濕潤綠豆分別以0、1、2、3、4、5、6、8 kGy不同劑量照射處理( 250粒/組 )，照射後立即催芽及培養，於培養後48小時計數之種子，依發芽狀況分為三類：圖A為正常發芽者，可見完整根、莖及葉的雛形；圖B為不正常發芽，因其雖有顯著發芽但不見完整根、莖及葉之雛形；圖C為不發芽者，其種子為完全不發芽或是所生長之胚芽長度小於1公分者。



圖十三 乾燥(水分含量13.4 %)及經泡水3小時之濕潤綠豆(水分含量36.5 %)分別以0、1、2、3、4、5、6、8 kGy不同劑量照射處理(250粒/組)，照射後立即催芽及培養，於培養後48小時後觀察並計數種子之發芽狀態。



圖十四 種子溼度對發芽率之影響A.為乾燥種子(水分含量13.4 %) B.為經泡水3小時之濕潤種子(水分含量36.5 %)分別以0、1、2、3、4、5、6、8 kGy不同劑量照射處理後，種子之正常發芽、不正常發芽及未發芽狀態所佔之百分比。每一照射劑量處理之種子為250粒。



表一、五個來源之市售火麻仁樣品經不同劑量照射後之出芽率<sup>a</sup>

kGy	批次				
	A	B	C	D	E
0	0.711%	1.136%	0.086%	3.188%	0.759%
2	0.427%	0.189%	0.086%	3.246%	0.316%
4	0.341%	0.758%	0.086%	2.182%	0.253%
6	0.683%	0.379%	0.000%	3.246%	0.253%
8	0.626%	0.379%	0.086%	3.553%	0.253%
10	0.455%	0.189%	0.043%	2.245%	0.696%

<sup>a</sup> 此出芽率是指胚根由裂開之外殼凸出者當計算之，胚根長度當小於 0.5 cm。

表二、三個批次火麻仁樣品經不同加馬劑量照射後樣品中微生物之殘存率

樣品編號 <sup>a</sup>	微生物種類 <sup>b</sup>	照 射 劑 量				
		0 kGy	4 kGy	6 kGy	8 kGy	10 kGy
B	B <sup>b</sup>	2760 <sup>c</sup>	<50	0	0	0
	M	157	<40	0	0	- <sup>d</sup>
	E/ Ec/ Pa	0	0	0	-	-
C	B	441502	<237	0	0	0
	M	350	240	<79	<40	-
	E/ Ec/ Pa	0	0	0	-	-
D	B	790	0	0	0	-
	M	100	<79	<40	0	-
	E/ Ec/ Pa	0	0	-	-	-

<sup>a</sup> 編號分別表不同地區所採集之樣品

<sup>b</sup> B：總好氧性微生物、M：黴菌、E：腸內菌、Ec：大腸桿菌、Pa：綠膿桿菌 (*Pseudomonas aeruginosa*)

<sup>c</sup> 三重複測試之平均值

