

出國報告（出國類別：研習）

荷蘭農產品安全及風險評估技術

服務機關：行政院農業委員會農業試驗所

姓名職稱：林毓雯助理研究員、黃維廷助理研究員

派赴國家：荷蘭

出國期間：100.12.18~100.12.25

報告日期：101.3.13

摘要

本文以荷蘭公共衛生與環境研究所開發的 CSOIL 2000 系統模式，簡述荷蘭重金屬污染土壤風險評估架構；並以歐洲食品安全局期刊文章，說明歐盟蔬菜硝酸鹽的風險評估流程。有關土壤重金屬管制標準制定，荷蘭政府的做法是依污染程度分別訂定不同管理策略。針對食用作物土壤重金屬管制標準及管理策略，荷蘭專家則建議：1.先依風險評估結果及目前全國土壤污染程度訂定全國通用的標準；2.依行政區、土壤管理組或作物生產區評估區域污染程度，並依該區土壤重金屬濃度、土壤理化性及作物重金屬吸收能力，訂定地區性的土地利用方式；3.以區域土地利用方式仍無法解決之污染農地，則整治、復育或是進行試驗研究找出適合的利用方式。荷蘭並未針對蔬菜硝酸鹽超量訂定罰則，蔬菜加工業者或農產公司會對其購買的蔬菜進行檢測，政府依據環境中的營養鹽濃度來管制化肥投入量，由市場機制及肥料政策來達到蔬菜硝酸鹽的管理。

目次

一、緣起及目的.....	3
二、研習行程.....	3
三、研習內容.....	4
三、(一)土壤重金屬汙染風險評估技術.....	4
三、(二)土壤重金屬管制標準制定與土壤品質管理.....	6
三、(三)拜訪 WUR 植物科學研究群植物遺傳研究室 Dr. Mark Aarts 及 Free 大學 Dr. Henk Schat.....	8
三、(四)歐盟蔬菜硝酸研安全風險評估及管理對策.....	8
三、(五)參訪 PPO 研究所果樹實驗站.....	10
四、心得及建議.....	11
五、附錄.....	13

一、緣起及目的

環保署訂定食用作物農地土壤鎘管制值為 5 mg/kg，然而部分地區陸續出現土壤鎘濃度低於管制值，但仍生產出鎘米的事件，農政單位每年需花費大筆預算及人力進行銷毀及補償工作。行政院衛生署於 100 年 5 月修訂公告「蔬果植物類重金屬限量標準」，規範各類蔬果作物中鎘、鉛濃度。根據農試所與 7 個地區改良場共收集並分析全省主要蔬菜產區 1900 個蔬菜樣本，不同蔬菜鎘吸收能力有極大差別，且同一蔬菜之鎘吸收量亦受土壤理化性的影響。因此，如何研擬修訂一個合理的土壤重金屬管制標準，為環保、農政及學術界須謹慎面對的課題。本次研習目的之一，即在借鏡荷蘭土壤重金屬風險評估技術及管制標準制定與土壤品質管理之經驗，強化我國農田土壤重金屬污染風險評估及管理策略。

FAO/WHO 食品添加物聯合專家委員會(JECFA, Joint Expert Committee on Food Additives)於 2002 年建議每公斤體重的每日允許硝酸鹽攝食量為 3.7mg。歐盟已針對易蓄積硝酸鹽的新鮮菠菜和高苣，依季節和栽培方式，法定其硝酸鹽含量最大限量標準(2500-4500ppm)並執行其監測計劃，同時主張需長期評估其風險，可見蔬菜硝酸鹽含量標準會成為全球發展安全蔬菜重要考量之一。我國目前尚缺乏蔬菜硝酸鹽相關資料庫及安全性評估機制，故希望藉本次研習了解歐盟蔬菜硝酸鹽安全風險評估及管理對策，以作為未來法令修訂及政策研擬之參考。

二、研習行程

研習期程由 100 年 12 月 17 日至 12 月 25 日，共 9 天，行程安排如下表：

日數	日期	行程	參訪重點
1-2	12月17日 -12月18日 (週六-週日)	台灣－阿姆斯特丹－WUR	
3	12月19日 (週一)	WUR Alterra 研究所 Dr. Romkens Paul	重金屬汙染風險評估及管制標準訂定
4	12月20日 (週二)	WUR PPO 研究所果樹實驗站	果樹施肥技術
5	12月21日	1.WUR 遺傳實驗室 Dr.	從植物生理或分子生物學

	(週三)	Mark G.M. Aarts 2.Free 大學分子生物研究群植物生態與生理專家 Dr. Henk Schat	角度研究作物吸收重金屬機制之差異
6-7	12月22日-12月23日 (週四-週五)	WUR Alterra 研究所 Prof. Oene Oenema 及野外研習	從荷蘭農田土壤條件了解農地利用現狀，及相關土壤及地下水保護措施
8-9	12月24日-12月25日 (週六-週日)	WUR – 阿姆斯特丹 – 台灣	

三、研習內容

Wageningen UR (University and Research Centre，簡稱WUR)是結合Wageningen University（瓦赫寧根大學）、Van Hall Larenstein 應用科學大學及數個專業研究所的一個兼具教育與研究的單位，研究方向分為農業技術與食品科學、動物科學、環境科學、植物科學、社會科學等五大研究群，為荷蘭農業及自然環境科學研究的重鎮。

Alterra研究所屬於WUR的環境科學研究群，其下再依研究專長領域分為土壤科學、水與氣候、地理資訊、景觀、生態研究等領域。土壤科學領域則又細分為土地退化、土地利用、區域性及全球性循環、土壤生物多樣性、土壤肥力、土壤污染等研究主題。本次研習以荷蘭土壤重金屬污染風險評估技術、土壤重金屬管制標準制定原則、歐盟蔬菜硝酸鹽安全風險評估及管理對策為主要標的，拜訪對象以WUR環境科學研究群之土壤科學領域為主，主要訪問學者為Alterra研究中心 Dr. Romkens Paul及瓦赫寧根大學Prof. Oene Oenema。此外，亦順道造訪WUR植物生理學系Prof. Mark Aarts及Free大學Dr. Henk Schat，了解荷蘭利用分子生物技術進行植物重金屬吸收機制研究現況；拜訪WUR PPO園藝及育種實驗站，了解荷蘭果樹肥培技術現況及環境友善型之肥培策略研擬；參訪RIKILT食品研究所，了解荷蘭有關食品安全檢驗技術及大量樣品分析實驗室之管理。詳細研習及參訪內容分述如下：

(一) 土壤重金屬污染風險評估技術

Dr. Romkens Paul 為 Alterra 研究所 WUR 環境科學研究群土壤科學領域中有關土壤污染管理、食品安全、重金屬行為、風險評估方面的專家，過去曾多次應邀來台與農業試驗所合作，協助進行水稻鎘吸收量預測模式之建置，提供以農藝方法降低鎘米發生率之解決對策。針對土壤重金屬污染風險評估技術，Dr. Romkens 以荷蘭公共衛生與環境研究所（National Institute for Public Health and the Environment (RIVM)）開發的 CSOIL 2000 系統模式為例，說明荷蘭官方對於人類暴露於污染土壤環境中的風險評估流程架構，以及為了求取模式中各項參數所進行的試驗研究內容。

CSOIL 2000 模式主要用在評估人類暴露在污染物的最大毒性風險限值，並從而推演出污染物的介入(整治)臨界值。該模式將污染物進入人體的路徑歸類成經由攝入污染土粒(灰塵)、皮膚接觸污染土粒(灰塵)、呼吸道吸入污染土粒(灰塵)、呼吸道吸入污染物蒸氣、食用污染作物、皮膚接觸或飲用受污染的水等 6 項。並將人類活動中可能發生與污染物接觸的情境分為 7 套劇本，每套劇本中上述 6 項暴露途徑各有不同比重。模式計算流程，則由污染物進入土壤後在土壤三相中(土粒、土壤水、土壤空氣)的分配(partition)開始，再以三相中的濃度分別計算不同暴露途徑下人類的暴露量及暴露風險(暴露量除以最大毒性風險限值)。當暴露風險大於 1 時，即表示該土壤已達嚴重污染，需要介入整治。

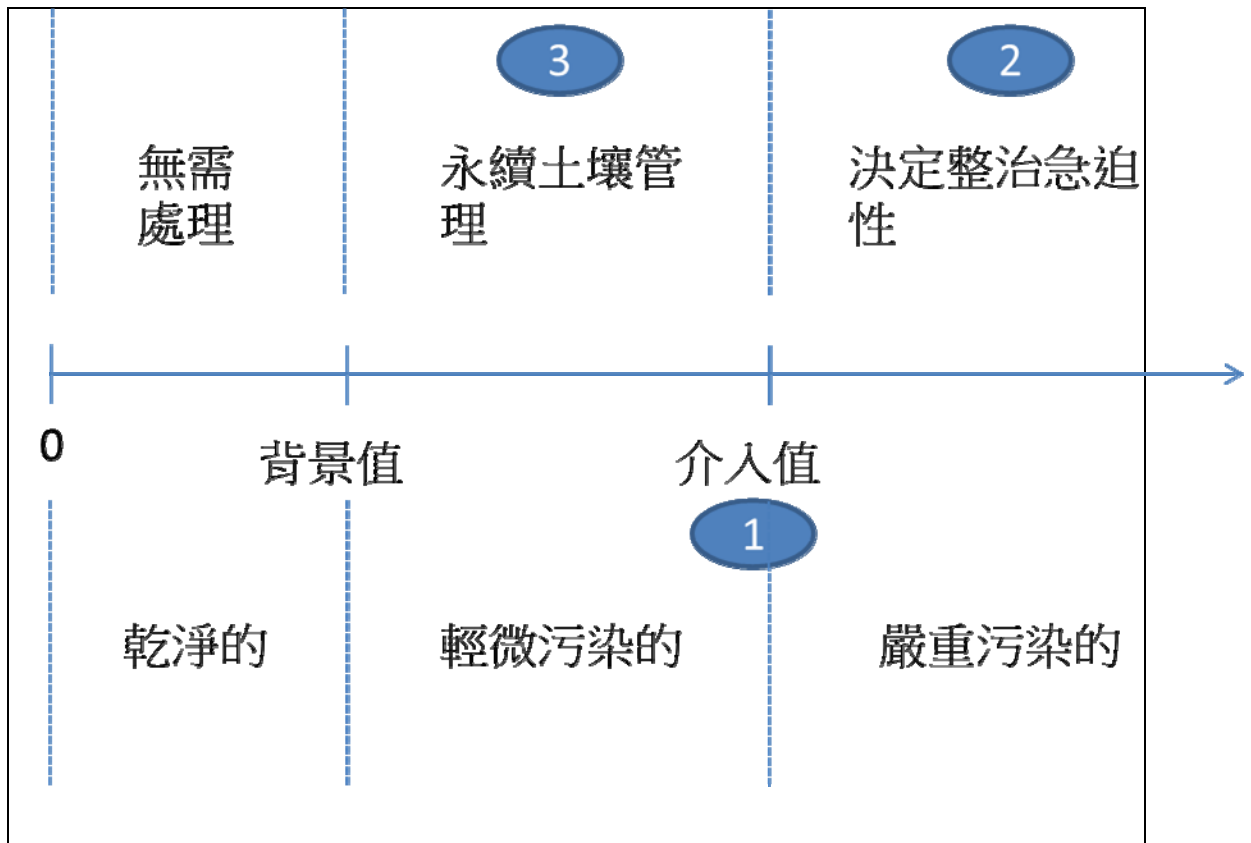
模式主要由土壤、空氣、水、作物等 4 個模組組成，其中所引用的計算方程式或參數，都是經過許多各領域專家由文獻收集推估，或是進行相關的實驗求證之後所訂定，主要參數包括污染物特性、暴露途徑各種分配或傳輸係數、點位特性（包括土壤理化性質及污染物濃度）等。該模式於 1994 年首先開發完成，並於 2001 年根據當時的法令規範、新的研究數據，進行部分模組功能的增修及參數修正。

使用者可利用該模式進行金屬元素、無機化合物、芳香族化合物、多環芳香族碳氫化合物（PAHs）、揮發性有機化合物(VOCs)、農藥、戴奧辛等多類污染物的風險評估。並可選擇輸入實際測定參數或模式內定參數來進行模擬。模式的輸出包括評估案件的基本資料、土壤理化性質、暴露風險相關資料、平均每日暴露量、不同暴露途徑占總暴露量的比例等項目。其中暴露風險相關資料則包括：土壤污染物濃度、土壤嚴重風險濃度、暴露風險指數(超過 1 即代表需積極介入整治)、每公斤體重每天最大暴露容

許量、可容許的氣體濃度、室內氣體濃度、植物體內濃度等項目。

(二) 土壤重金屬管制標準制定與土壤品質管理

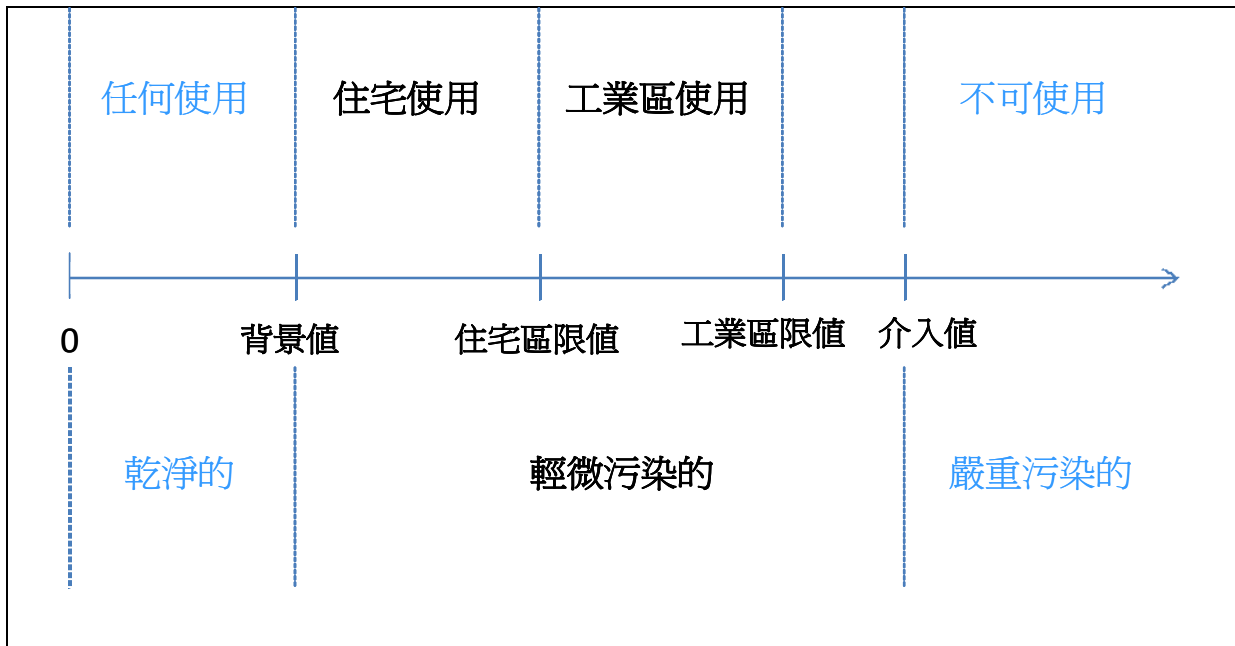
有關荷蘭對於污染土壤品質管理政策，Dr. Romkens Paul 引用 RIVM 的 Dr. Frank A. Swartjes 在” Risk-based soil quality assessment in the Netherlands” 簡報中的資料(見下圖)為例。下圖將土壤品質管理分為三個階段，即土壤介入值的界定、整治急迫性的決定、永續土壤管理策略。



土壤污染介入值的界定，係引用前述 CSOIL 2000 風險評估模式進行，依據各場址的土地利用型態、土壤特性、污染物特性及濃度、周圍環境內可能被污染受體(如蔬菜、室內空氣、灰塵、魚類)之污染物濃度等，計算污染風險係數，從而推估出該場址之污染物最大可容許濃度。當污染物濃度大於最大容許濃度時，該場址即屬於嚴重污染、不可利用之土地，需積極介入整治。此時則須綜合評估科學的數據、可利用的整治手段、污染程度、整治目標等，擬定整治之急迫性及整治方式。

當污染物濃度介於介入值與環境背景值間，該土地屬於輕微污染，荷蘭政府會根據污染程度及風險評估指數，規範不同污染濃度下的土地利用型態，例如較低污染濃度時可做為住宅區使用(除了都會區外，荷蘭的郊

區及鄉間住宅通常都有庭院，庭院大多種植景觀作物或蔬菜作物，故住宅區土壤汙染風險評估時常需考慮所生產蔬菜作物的安全性)，濃度較高時則做為工業使用。



了解荷蘭土壤重金屬汙染風險評估及汙染土壤品質管理策略後，筆者就我國農田土壤汙染問題提問，Dr. Romkens Paul 針對我國擬定新的土壤重金屬管制標準提出以下建議：

1. 不要只制定唯一的管制標準，以荷蘭的經驗可以依農地受汙染程度訂定不同的土地利用型態。
2. 可以先制定一個通用的管制標準。這個標準可以依風險評估結果及目前全國土壤汙染程度而定，必須考慮到標準訂定後所需投入的復育、補助、產銷調節等社會成本，可以以符合標準的農地面積比例來評估(例如讓 95%的農地符合標準)。
3. 依通用標準檢視同一行政區、土壤管理組或作物生產區中，高於管制標準之農地面積比例(比例較高者表示汙染較嚴重)，並將農地依區域中超出管制標準之面積比例做汙染程度分級。
4. 針對汙染區內之受汙染農地，依其土壤特性、主要栽培作物，訂定不同濃度下的土地利用方式，例如：限定種植的作物種類或品種(低生物濃縮因子品種)，或是以施用土壤改良劑調整土壤性質降低汙染物的生物有效性，如施用石灰。若不依規定種植而產出高於食用作物限量標準之作物，即使剷除銷毀政府亦不進行補助。

5. 依汙染區域所訂定的土地利用方式仍無法解決問題的農地，則以個案處理，例如整治、生物復育、或是進行試驗研究找出適合的利用方式。

(三) 拜訪 WUR 植物科學研究群植物遺傳研究室 Dr. Mark Aarts 及 Free 大學 Dr. Henk Schat

Dr. Mark Aarts 為 WUR 植物科學研究群的副教授，專長為植物分子生物學、遺傳學、生物技術、基因體學，研究重點方向為從分子尺度了解植物對於非生物環境的調適機制。目前主要研究包括利用數量性狀基因座 (quantitative trait loci, QTL) 分析，研究阿拉伯芥對鋅、磷、氮缺乏、乾旱、不利的光照條件的生理調控；利用高鋅(Zn)累積植物 *Thlaspi caerulescens* 研究植物在鋅污染土壤之分子尺度調適機制；研究蕁苔屬植物的環境調適性狀及影響營養狀態之次級代謝物。Dr. Henk Schat 為 Free 大學分子細胞生物學研究群植物生態與生理學小組成員，主要研究方向為從分子生物學尺度了解植物重金屬傳輸機制，以及高重金屬累積植物在高重金屬環境下的分子調控機制。

由過去農業試驗所之研究資料已知作物吸收重金屬能力有極大差異，這些差異不只存在作物種類間，也存在品種甚至品系間。此次拜訪專攻植物在非生物逆境下（尤其是高重金屬逆境）分子調控機制的兩位專家，希望了解分子生物領域對於作物在高重金屬濃度下生理調控機制之研究現況，以及是否有機會藉此技術之協助，解決土壤重金屬濃度低於管制標準卻生產出高於食用作物重金屬限值作物之問題。

綜合兩位教授的意見：分子生物學對於植物重金屬吸收及轉運之研究已有相當成果，包括吸收、累積機制（例如累積於根部液胞中）及轉運蛋白種類等；部分調控基因也已找到（如水稻的 HM3）。然而，由於各國對於基因轉植作物之安全性仍有相當疑慮，故所有調控基因表現之研究成果尚無法應用於實際生產，但可考慮與生物技術領域同仁共同研究台灣地區主要作物重金屬轉運及累積機制，或篩選低重金屬吸收及轉運率的作物，作為高重金屬濃度地區栽培用。

(四) 歐盟蔬菜硝酸銨安全風險評估及管理對策

Prof. Oene Oenema 為 Alterra 研究所 WUR 環境科學研究群土壤科學領域中土壤肥力小組的召集人，專長為土壤肥力、養分管理、農業與環境、溫室氣體等相關研究，同時也是 Wageningen University 環境科學領域的教

授、歐盟重要的環境科學專家，經常協助歐盟各成員國解決農業環境保護問題。亦曾多次應邀來台進行學術演講，提供荷蘭農業環境保護政策、農田/水體營養鹽(硝酸鹽、磷酸鹽)管理技術、風險評估等寶貴資訊，供我國農業及環保部門政策制定之參考。

有關歐盟蔬菜硝酸鹽安全風險評估議題，Prof. Oene Oenema 提供歐洲食品安全局(European Food Safety Authority)期刊 2008 年發表的文章”Nitrate in vegetables—scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain”，其內容包括蔬菜(亞)硝酸鹽背景資料收集、栽培管理及環境因子對(亞)硝酸鹽含量之影響、採後處理及烹調對(亞)硝酸鹽含量之影響、蔬菜食用量調查、硝酸鹽暴露量演算。其中有關暴露量演算，係依歐盟每日蔬菜建議攝取量及各地區之蔬菜取食習慣，假設 9 套不同蔬菜食用配比劇本，再根據蔬菜硝酸鹽背景資料估算每人每天暴露量，最後並計算各種暴露量達歐盟硝酸鹽每天可接受攝取量 (Acceptable Daily Intake, ADI)之百分比，顯示不同蔬菜取食習慣的風險程度。該篇文章中同時整理許多有關硝酸鹽及亞硝酸鹽動物毒性研究結果。

有關荷蘭對於蔬菜硝酸鹽的管理策略，Prof. Oene Oenema 談到荷蘭雖訂有蔬菜硝酸鹽限量標準，並未針對違規行為訂定罰則。蔬菜加工業者或農產公司則會對其購買的蔬菜進行檢測，如果超出標準通常會對農民提出警告，並將加工用蔬菜與低於限值的蔬菜混合，使總濃度不超過標準。當農民屢次再犯則不再向該農戶購買蔬菜，一切均由市場機制產生自然而然的規範。

其次，荷蘭農業人口不到總人口的 4%，有 58%-- 60% 土地用於農業：草場 (grassland) 占 31%，耕地 (farmland) 占 23.6%，其餘為園藝 (花卉，溫室與果園) 產業用地。四分之一的國土面積低於平均海平面，西南部為沖積黏土 (see-clay 與 river-clay)，東南部為冰積砂土與黃土 (loss) 或壤土 (loam)，東北與北部夾雜泥炭土 (peat)、沖積黏土 (see-clay)、砂土與圍海或湖泊築堤排水之新生地 (polder) (附圖 5)。除了改良之新生地外，大部分土地貧瘠多濕，大面積草場促成酪農畜牧業發達。由於農地是荷蘭經濟的命脈，故政府極其重視環境的保護，對土壤及水體中的營養鹽濃度做極嚴密的控管。政府會規定酪農戶必須依農場面積決定飼養頭數，若飼養頭數超出該土地面積所能涵容的頭數，則農戶必須將超量的廢

肥出資委託其他土地較多的酪農、作物農場或農畜混合農場代為消納。農場所有的產品交易、資材進出都必須留有詳細記錄，以備查核。此外，政府會監測環境中的營養鹽(特別是硝酸鹽及磷酸鹽)濃度，並且依據監測結果及地區土壤特性修正各類作物的合理施肥量。筆者認為，由於荷蘭政府從環境友善角度來控管營養鹽投入量，故農民較不會過量施肥，蔬菜硝酸鹽控制的效果自然產生。

(五) 參訪 PPO 研究所果樹實驗站

PPO 為 WUR 植物科學研究群中的應用植物研究 (Applied Plant Research) 組織 (附圖 6)，研究內容以提供荷蘭及其他國家在蔬菜、球根花卉、果樹、育苗、設施栽培所遭遇之實務問題的解決方案為主。PPO 共有 9 個工作站分散在荷蘭境內，筆者等參訪的為位於 WUR 附近的 PPO Randwijk 果樹工作站。由於該站擁有許多試驗用果園、果品品質測定實驗室、現代化的貯藏設備，因此可以充分了解監控水果從果樹到消費者整個生產鏈的品質變化。同時該站也與 WUR 其他研究組織合作，故可以將各組織之現有技術很快應用在新的研究。

本次參訪重點為果樹肥灌 (fertigation) 技術，訪問對象為 Rien van der Maas 先生。針對荷蘭果樹施肥技術之改變摘錄如下：荷蘭蘋果園於 20 世紀 50 與 60 年代之施肥量，N 仍高為 200-300 公斤/公頃， P_2O_5 為 49 公斤/公頃 K_2O 為 247 公斤/公頃，自栽種採用矮化根砧，耕作制度轉為矮化密植，其優點為採截日光時間更長果實品質提高，噴藥更有效率與徹底，採收與修剪更省勞力，而單位面產量增加。從傳統 100 株/公頃轉為密植 370-440 株/公頃甚至 3200 株/公頃後，N 肥需要量理應增加，但自 70 年代後期至今 N 肥需要量卻減少至 60-100 公斤/公頃，其原因為因應栽種制度之肥培改進技術提升。肥料溶解於水再以管路輸送供應至根域土壤之肥灌方法，使水分與養分管理效率充分發揮至極致。因為荷蘭潮濕溫帶氣候與低地之自然條件，露天土壤經常處於常濕狀態 (prevailing wet condition)，所以選擇滴灌管路 (trickle system)，而非出水量高之噴灌。密植與滴灌肥灌方法可有效調控根域土壤介質環境，調節水與養分移行擴散速度而提高肥效與減低防止 leaching 淋洗，並且肥料養分組成配方可迎合氣候與生育期而量身訂製 (tailor-made) 調整。

四、心得及建議

此次赴荷蘭研習，學習荷蘭及歐盟對於土壤重金屬及蔬菜硝酸鹽風險評估技術，對於本所目前進行中的「作物（水稻）吸收土壤重金屬機制與農產品安全之影響探討（4）－降低農作物吸收重金屬管理策略之研究」，及「國產蔬菜安全性(硝酸鹽、重金屬、芽菜荷爾蒙)調查及防範對策研究」兩計畫，其中有關土壤重金屬及蔬菜硝酸鹽風險評估之試算有極大助益。未來將運用所學得之技術，配合本所土壤資料庫及重金屬調查相關試驗資料，進行農田土壤的重金屬風險試算；另以蔬菜重金屬含量調查資料，結合衛生署國人飲食建議及國人蔬菜消費習慣等資料，進行蔬菜硝酸鹽風險試算；從而檢討現行「土壤重金屬管制基準」及「蔬果植物類重金屬限量標準」的適宜性。

歐盟國家對於環境保護及食品安全極為注重，並投注許多資源進行基礎資料的收集以及風險評估所需的科學試驗數據，所得到的評估模式還會隨時空環境變遷及新的試驗數據進行修正，最終目的在於環境的永續利用。台灣地狹人稠，在狹小的面積要生養大量人口，過去的農業生產及現今的工業發展，讓環境的負擔相較於歐美國家高很多。而過去以提高生產為目的產業政策，所衍生的環境及飲食安全問題如今已逐漸顯現，政府實有必要重新檢討現行的法令政策，讓人民有一個安全的生存環境。

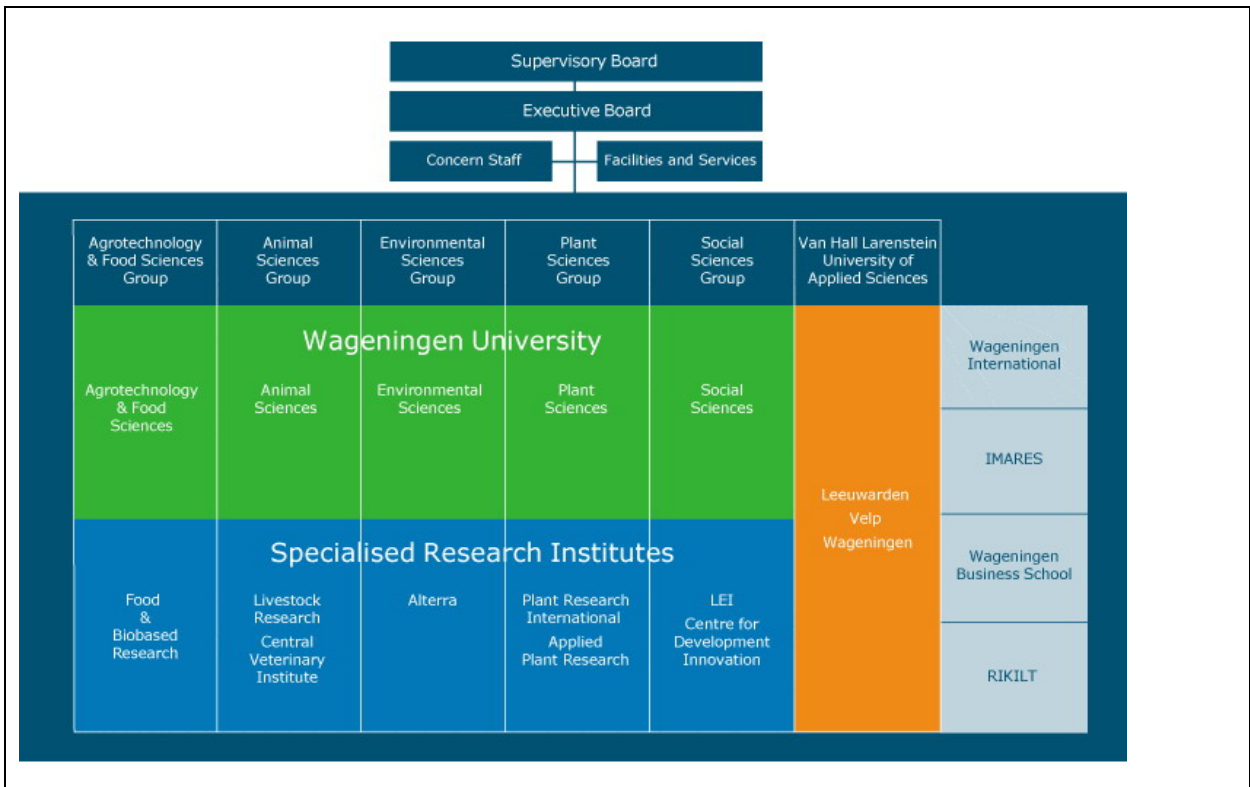
有關食用作物土壤重金屬管制基準之修訂，建議可參考荷蘭的做法，依風險評估結果及目前全國土壤污染程度，配合所需投入的復育、補助、產銷調節等社會成本，訂一個全國性的管制基準（generic standard）。當污染物濃度高於此管制基準時即必須限制耕作，積極介入整治。當污染物濃度介於管制基準與環境背景值間，則根據污染程度、土壤特性及作物吸收重金屬的能力，分別規範可栽種的作物種類，或施用石灰調整土壤 pH 降低重金屬生物有效性至安全範圍之內。

根據歐洲食品安全局(European Food Safety Authority)期刊 2008 年發表有關蔬菜硝酸鹽風險評估的文章，係以蔬菜建議攝取量及各地區之蔬菜取食習慣進行風險計算，然而國人常食用的蔬菜種類、頻率與歐盟未盡相同（例如歐盟蔬菜以結球菜類、根莖類為大宗，小葉菜類蔬菜種類較少，而台灣夏季蔬菜則以小葉菜及瓜類蔬菜為主），政府如要訂定蔬菜硝酸鹽含量標準，應以我國每日飲食建議及蔬菜消費種類及數量重新進行試算，以符合國內的生產及消費型態。

過去，政府基於照顧農民並因應工業化及全球化過程中產業結構的調整，擬定許多優惠措施來保護農業及農民，其中許多農業輔導政策都以補助為主要手段。這些政策固然照顧了農民生計，卻也阻止的農業向上提升的

動能。例如：肥料補貼機制降低了農民合理施肥的意願（許多農民不願冒減肥所帶來的減產風險，因為增加的肥料成本比增加的收入低多了），從而造成環境營養鹽累積及農產品（尤其是蔬菜）硝酸鹽過高等問題。其次，在有限的土地上同時發展農業與工業，環境保護與農產品安全問題相形之下更為嚴苛，如何在產業發展、環境保護與農產品安全之間取得平衡，過去的法規政策可能已經不合時宜。這些問題不是單靠某一個試驗研究結果就能全盤獲得改善，政府單位應該透過跨部會協調或聯席會議，共同商討解決對策。針對技術上無法克服的問題更應透過科學的研究，積極尋求解決之道。

五、附錄



Wageningen UR 組織架構圖 (source : <http://www.wur.nl/UK/about/organisationchart>)

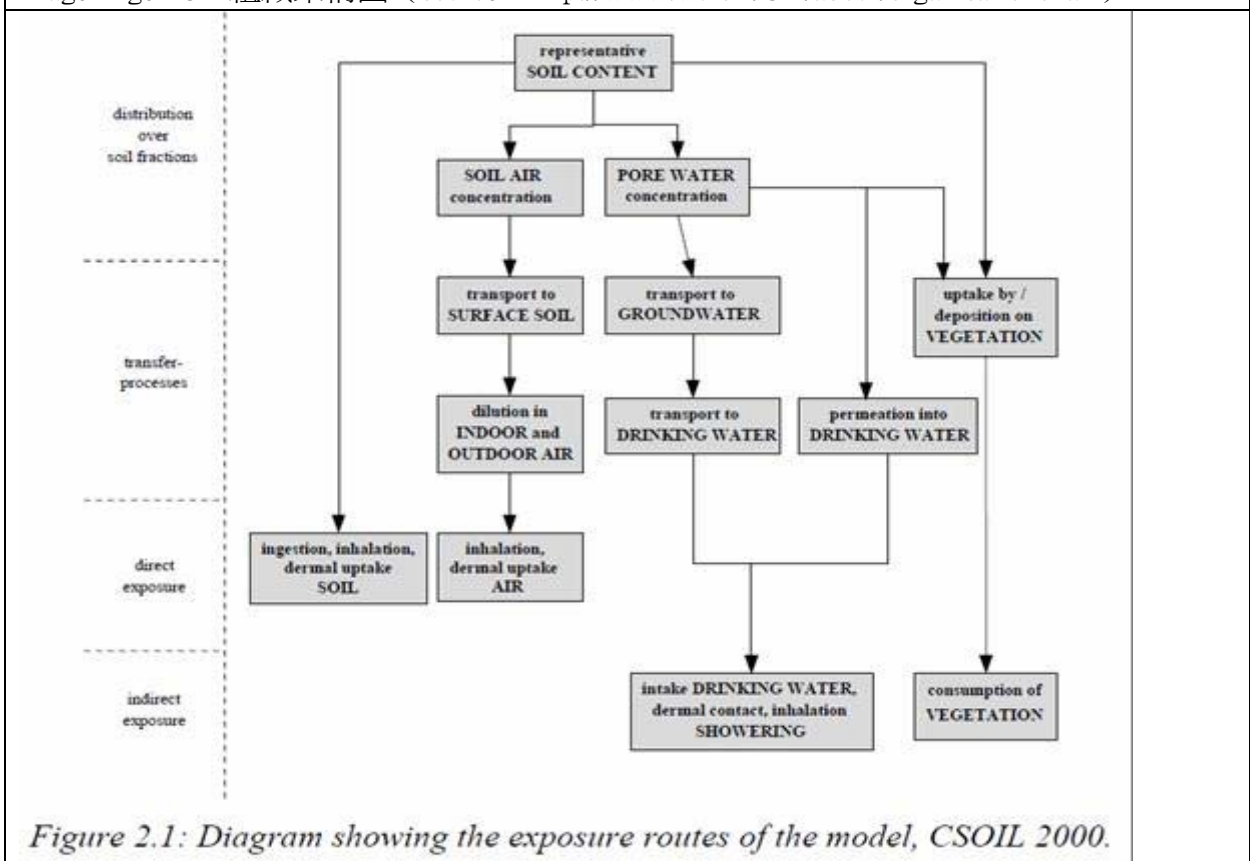
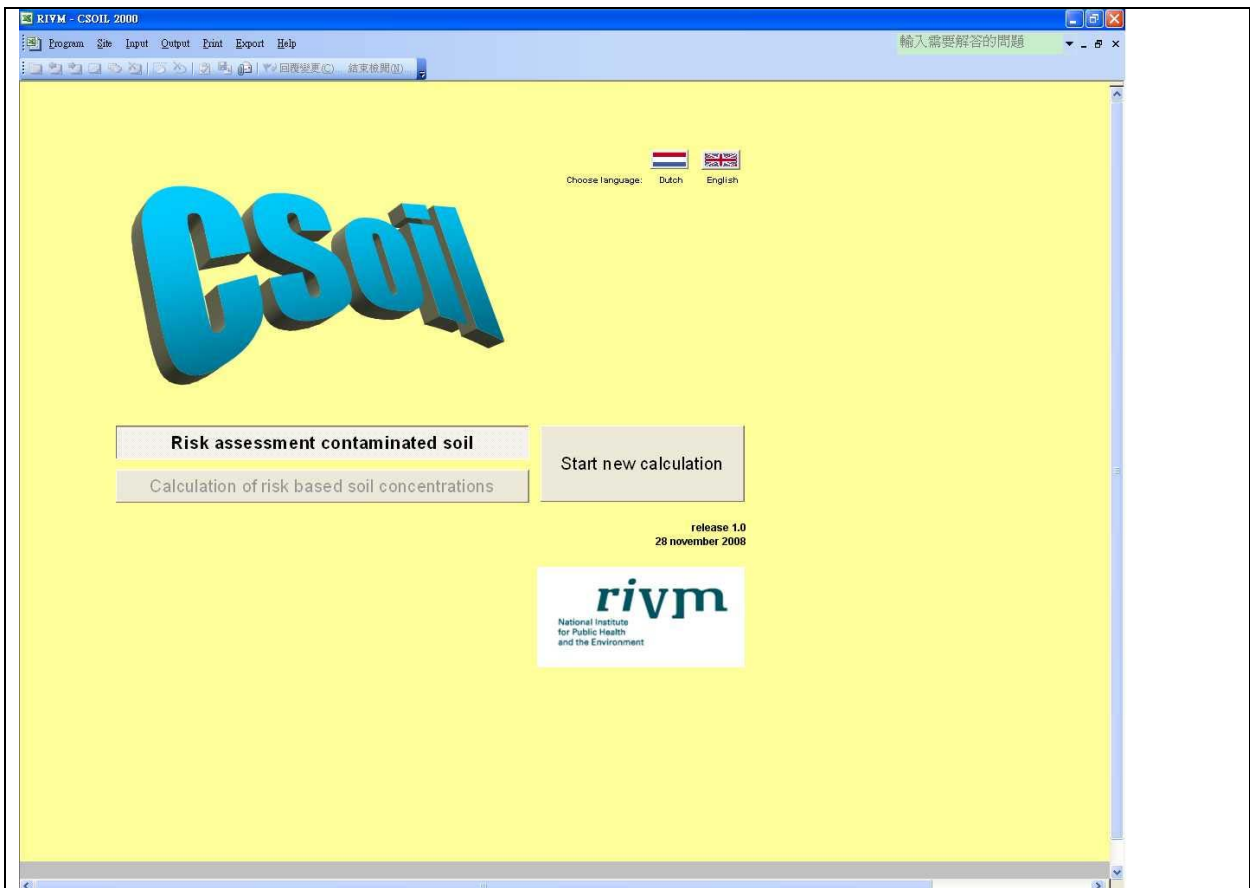


Figure 2.1: Diagram showing the exposure routes of the model, CSOIL 2000.

CSOIL 2000 模式使用之污染物暴露路徑圖 (source: The EFSA Journal (2008) 689, 1-79.)



CSOIL 2000 模式起始畫面

username	Gebruiker				date	28 november 2008				
model	CSOIL				release	1.0				
filename	C:\Users\Jett\Documents\Mijn Projecten\RIV\MCSoil 1.0 28-11-2008.xls									
site name	test									
sample number	3									
Land use	agriculture use (excluding the residential farm with premises)									
remarks										
receptor	lifelong average									
SITE SPECIFIC DATA										
<i>description</i>	<i>value</i>	<i>unit</i>								
clay content	25.00	[%]								
organic matter content	10.00	[%]								
pH	6.00	[-]								
dry bulk density	1.20	[kg/m ³]								
volume fraction solids in soil	0.50	[-]								
volume fraction water in soil	0.30	[-]								
volume fraction air in soil	0.20	[-]								
contamination depth	1.25	[m]								
depth of crawl space below ground surface	0.50	[m]								
crawl space height	0.50	[m]								
ventilation rate crawl space	1.10	[1/h]								
contribution of crawl space air to indoor air	0.10	fraction								
total suspended particles in air, indoor	7.00E-02	[mg.m-3]								
total suspended particles in air, outdoor	5.25E-02	[mg.m-3]								
SRC HUMAN, RISC INDEX AND EXPOSURE CONCENTRATIONS										
contaminant	soil content	SRC human	risk index	MPR	TCA	C indoor air	(an)organics C plant-root (mg/kg fw)	(an)organics C plant-leaf (mg/kg fw)	metals C potato (mg/kg fw)	metals C vegetables (mg/kg fw)
	(mg/kg de)	[-]	exp / mpr	(mg/kg bw.day)	(mg/m3)	(mg/m3)				
cadmium	5.00E+00	not relevant	1.54	5.00E-04	0.00E+00	0.00E+00			6.10E-02	3.50E+00
AVERAGE DAILY EXPOSURE FOR CHILDREN, ADULTS AND LIFELONG (CHILD PLUS ADULT)										
contaminant	soil content	children (0-6 year)	adults (6-70 year)	lifelong (0-70 year)						
	(mg/kg de)	(mg/kg l.g. *d)	(mg/kg l.g. *d)	(mg/kg l.g. *d)						
cadmium	5.00E+00	1.42E-03	7.09E-04	7.70E-04						
CONTRIBUTION (IN %) OF THE DIFFERENT EXPOSURE PATHWAYS TO TOTAL EXPOSURE										
contaminant	soil intake	dermal uptake indoor	dermal uptake outdoor	inhalation of soil particles	inhalation of indoor air	inhalation of outdoor air	consumption from own garden	consumption of drinking water	inhalation during showering	dermal uptake during bathing
cadmium	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	99.2%	0.0%	0.0%	0.0%

CSOIL 2000 模式輸出之風險評估報告內容

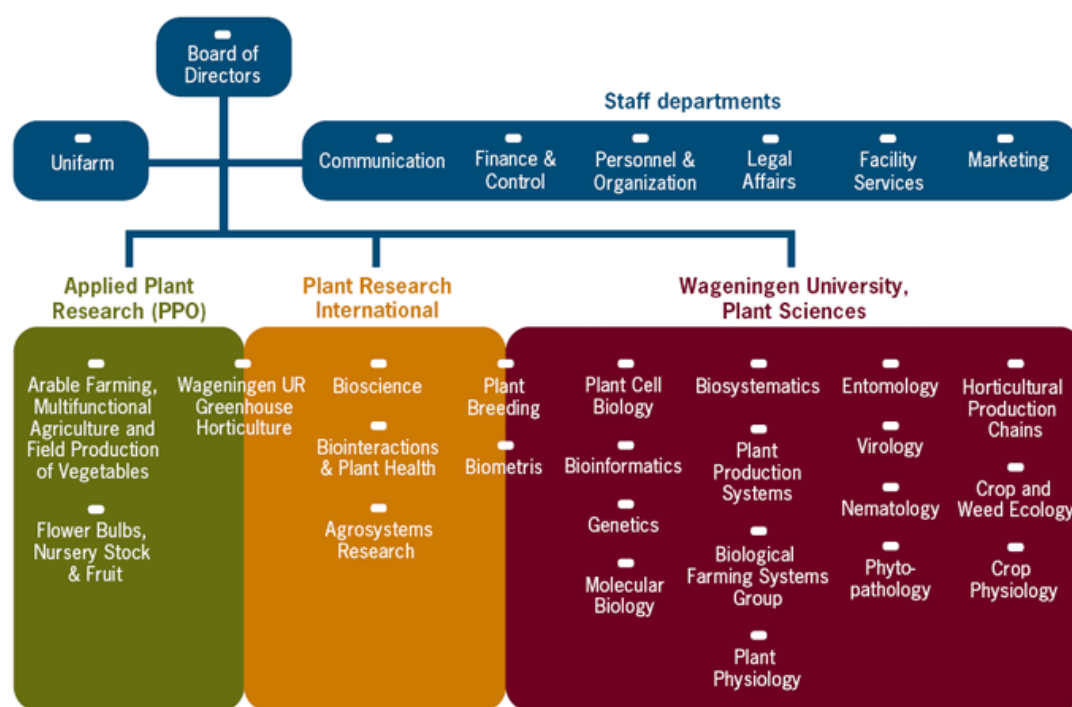
Table 19. Comparison of the ADI for nitrate with different vegetable consumption scenarios including estimates of dietary exposure to nitrate from other sources.

	Vegetable consumption g/person/day	Vegetable	Overall median (S5 - highest regional median) nitrate concentration mg/kg ^{a)}					Calculated total exposure mg/person/day ^{h)}			% of ADI			
			Potato	Spinach	Lettuce	Rucola	Other	A	B	C	A	B	C	
Adults														
S1	400	Most					392	201				91		
S2	771	Potato	106					126				57		
S3	133	Leafy		785	1338		4800	148 ^{c)}	222 ^{d)}	374 ^{e)}		67	100	168
S4	133/267	Leafy/most		785	1338		392	253 ^{f)}	327 ^{g)}			114	147	
S5	133/267	Leafy/most		1745 ^{b)}	2652 ^{b)}		392	381 ^{f)}	501 ^{g)}			172	226	

^{a)} See Table 12
^{b)} Highest regional median
^{c)} Spinach at 133 g
^{d)} Lettuce varieties at 133 g
^{e)} 1/3 of a leafy vegetable mix as rucola (44 g) and 2/3 as lettuce varieties (89 g)
^{f)} Spinach at 133 g and other vegetables at 267 g
^{g)} Lettuce varieties at 133 g and other vegetables at 267 g
^{h)} Including background exposure from sources other than vegetables (44 mg/person/day).
 A = spinach
 B = all combined lettuce varieties
 C = a mix of rucola (1/3) and lettuce varieties (2/3)

蔬菜硝酸鹽風險評估報內容 (source: The EFSA Journal (2008) 689, 1-79.)

Plant Sciences Group



WUR 植物科學研究群之組織架構圖，PPO 為研究群中的應用植物研究組織 (source : <http://www.ppo.wur.nl/UK/about/organisation/organisation+chart>)。

Mestbeleid 2010-2013: tabellen

Gewas / Crop	Klei		Zand		Löss ^a		Veen	
	2010/2011	2012/2013	2010/2011	2012/2013	2010/2011	2012/2013	2010/2011	2012/2013
Fruitteeltgewassen (kg N per ha per jaar) <i>Fruit</i>								
Appel <i>Apple</i>	175	175	165	165	165	165	165	165
Blauwe bes <i>Blue cherry</i>	100	100	95	95	95	95	95	95
Braam <i>Black berry</i>	150	150	140	140	140	140	140	140
Framboos	150	150	140	140	140	140	140	140
Kers <i>cherry</i>	175	175	165	165	165	165	165	165
Peer <i>Pear</i>	175	175	165	165	165	165	165	165
Pruim <i>Plume</i>	175	175	165	165	165	165	165	165
Rode bes <i>Red cherry</i>	150	150	140	140	140	140	140	140
Wijnbouw <i>Grapes</i>	100	100	95	95	95	95	95	95
Zwarze bes	175	175	165	165	165	165	165	165

荷蘭 2010 年至 2013 年的果樹化肥政策表 (Prof. Oene Oenema 提供)



造型現代化之 Alterra 研究所之 Atlas 大樓
(與 Dr. Romkens Paul 合影)



參觀 Alterra 盆栽試驗準備室



WUR 試驗用溫室，該溫室委由專業廠商 (UNIFARM) 負責管理維修，全年均有駐點人員負責所有軟硬體問題排除



溫室管理廠商張貼於溫室內的海報，該公司可依研究人員需求代為設計符合試驗目的的溫室軟硬體，包括環境監測及自動控制設備



與 Prof. Oene Oenema 討論荷蘭環境硝酸鹽管理策略



興建中的海埔新生地（平均需花費 25 年）



荷蘭現存最古老的蒸氣動力運河抽水站（尚可運轉）



PPO 果樹實驗站建築



PPO 果樹實驗站 Rien van der Maas 先生介紹實驗站內果樹肥培試驗之滲漏液監測設備，養分利用率為荷蘭化肥政策及重要的參考資訊



在 PPO 果樹實驗站與 Dr. Annette（後排樹籬為觀賞用蘋果樹）



PPO 果樹實驗站之果樹嫁接苗肥灌試驗



栽植槽四週的透氣孔設計可防止冬季根系霜害