

澳洲耐除草劑基改作物栽種及永續雜草管理

—探討基改作物、傳統作物與有機作物農民如何共存—

摘要

1. 雜草經過演化，再也不怕多種除草劑，這個問題是澳洲農民的主要挑戰。
2. 耐除草劑基改作物在雜草管理中扮演了一個十分重要的角色。
3. 基改作物、非基改作物、有機作物的農民，必須和平共存，以確保各種生產體系永遠長存；並且持續研發基改科技，來滿足持續增長的消費需求。
4. 政府與技術研發者必須為農民研擬更完善的共存措施。
5. 澳洲有機產業必須制訂偶然基改成分上限，以確保有機產業長久經營。
6. 如果農民接受栽種特殊作物而產生的額外費用，就應該自行承擔所有相關生產成本。
7. 澳洲發展不用化學藥物的雜草管理方式。但應該多加研究既有雜草管理方式，以達到永續雜草管理的目標。

前言

澳洲農業栽種基改作物，國內依然沒有共識。許多農民渴望基因科技，從中獲益，有的農民不信任基因科技，認為引進基改作物以後，將會危害他們的生意。

如何讓基改作物和非基改作物共存，是一個具有挑戰性的議題。農業是自然環境的一部分，所以農業活動取決於各種環境條件，如不利的天氣、人為災害。農民在自家農田的農業活動，必定也會影響附近農田。這些意外事件的嚴重性、影響與責任歸屬，目前也是爭論不休。

目前研究證實，基因工程可能造福農民與消費者。耐除草劑基改作物確實可以增加農民利潤，因為雜草管理可以做得更好。雜草經過演化，可以抵抗多種除草劑，但耐除草劑基改作物可以提供另一種雜草管理方式。未來澳洲農民可以享受到基因科技的各種好處。

本研究宗旨不在探討基改作物的優點。經過科學專家與政府管理機構的評估，確定對人類與環境沒有危害基改產品已經合法上市。（Russell et al., 2012）。全球共有 36 個國家，超過 1700 萬農民栽種基改作物超過 15 年（James, 2011）。基因工程是全球農業重要的一部分。學界起初探討基改作物是否健康安全，現在轉而研究經濟行銷層面，讓農民為自己的事業做出最佳的決定，並使消費者需求刺激生產。

目標

1. 搜尋基改作物、傳統作物、有機作物的共存於全球農業生產系統中所面臨的挑戰。
2. 藉由審視機制，以幫助在澳洲農業系統中，不同生產系統間的共存。
3. 找出其他新的、有效的雜草綜合管理方式(IWM)。

第一章：緒論

在澳洲旱地農業區，雜草是農民最主要面臨的挑戰之一。每年澳洲農民為此支付 40 億美元（www.daff.gov.au/natural-resources/invasive/weeds。西澳大利亞州農業地區最常見的兩種雜草，分別是黑麥草和野蘿蔔）（Alemseged et al., 2001）。在全球各地，耐除草劑的雜草族群已經發展均有蹤跡，然而，這個問題以澳洲旱地農業區最為嚴重（Walsh and Powles, 2007）。2003 年西澳大利亞州小麥帶普查發現，最廣為使用的選擇性除草劑（selective herbicides），只可以對付 6% 的黑麥草，以及 15% 的野蘿蔔（Walsh and Powles, 2007）。

基改耐除草劑基改作物提供農民一種雜草管理方式來控制這些問題雜草，農民就可以噴施非選擇性除草劑嘉磷塞（glyphosate），以顯著地減低雜草族群。

自從 2008 年，澳洲就在新南威爾斯與維多利亞省栽種耐除草劑基改油菜，2009 年西澳大利亞州跟進。然而，南澳大利亞州以及塔斯馬尼亞，卻中止栽種抗除草劑基改作物。澳洲引進基改作物，也是有許多爭議。農業活動地點就是自然環境，只要基改作物偶然混入非基改作物，就會影響非基改農民的銷售情況。各國制訂可容許之基改成分門檻，0% 到 0.9% 不等。共存的意義，就是同

時栽種傳統作物、有機作物、基改作物，並保障農民與消費者的選擇權（Redding et al., 2012）。各個農業部門都要加強共存措施，這樣農民才有權利為自己的事業，做出最佳的選擇。此外，為了確保科技創新快速發展，我們必須維護各種農業生產體系的多元特性。澳洲農業體系栽種「過多」耐嘉磷塞作物，雜草有可能產生嘉磷塞的抗藥性。美國持續栽種抗除草劑基改作物，也造成嚴重的雜草問題。唯有找出新的雜草管理策略，才有辦法維持除草劑的藥性。

第二章 基改農業、傳統農業、有機農業的共存

各種不同生產體系共存，使得農民可以考慮市場需求及法規，自由選擇栽種傳統作物、有機作物或基改作物。這引發兩個問題。第一，如何避免基改物質偶然出現在生產系統中。第二，如果基改物質偶然混入，該如何進行賠償事宜。

農業中各種不同的生產體系已經共存多年。例如澳洲穀物產業，分成飼料用和食物用穀物，小麥也分成製麵和製麵包兩種用途。在歐洲及美國，油菜分成工業級和食品級兩種。在全球，認證種子及非種子生產系統一直是分開的。共存並非一個新的議題，但需要隨著科技與市場改變作法，以達到共存的目標（Russell et al., 2012）。

為什麼共存很重要？

我們必須讓各種不同的作物、產品、農業體系共存，以維護多元而有活力的農業（Russell et al., 2012）。各種農業和平共存，對社區、產業、政策制定者都有助益。澳洲鄉村正在面臨莫大的挑戰。農村人口減少，加上農業收入不穩定，許多農業城鎮逐漸絕跡，而社區的活力來自多元農業，而多元農業來自共存。

農業的一大挑戰，就是確保所有生產體系，持續快速發展新科技，以滿足不斷高漲的消費需求。為了餵飽迅速增長的世界人口，並滿足利基市場（例如有機產品與非基改產品），務必考慮新科技的安全性與管制，但法規與政治千萬不要阻礙科技創新。

政府應該期許自己妥善管制並擁抱新科技，同時加強共存措施。民眾對於生物科技始終沒有共識。因此，政策務必符合比例原則、有效率、符合成本效益、因應作物和農業體系做調整，並協助農業社群認識各種農耕方式（Fontes, 2007）。唯有妥善執行共存措施，農業體系才有辦法善用市場機會、維護文化價值、維護生物多樣性、善用環境條件（Fontes, 2007）。

共存策略的難處

各種生產體系的共存情況，取決於偶然基改成分上限。傳統農業與有機農業自有一套標準，超標就無法標示為「不含基改物質」。世界各國標準不一（參見表一），這會影響到共存情況。

表 1. 各國制訂的偶然基改成分上限（Carter and Gruere, 2003）

	%傳統農業制訂的偶然基改成分上限	%有機農業制訂的偶然基改成分上限（國家標準）	有機農田和基改農田的緩衝區大小	標示基改成份
美國	N/A		無緩衝區	無強制
加拿大	N/A		無緩衝區	無強制
歐盟	0.9	0.9	無緩衝區	>0.9%就必須標示，但有例外
澳洲	1	0	10 公里的緩衝區	>1%就必須標示，但有例外
阿根廷	N/A			無強制
日本	5			強制標示
南韓	3			強制標示
印尼	3			強制標示

基改作物可能透過 (1) 交叉授粉 (2) 儲存或處理期間作物混雜 (3) 天候導致作物殘株越界，因此偶然混入非基改作物中 (Lederman, 2011)。

交叉授粉導致各種作物異種雜交的情況，取決於作物種類以及共存措施。澳洲研究顯示，油菜花粉在鄰近農田傳播的機率，大約介於 0% 至 0.7% (Salisbury, 2002)。澳洲建議基改油菜保留五公尺緩衝區，花粉傳播機率將會低於 0.9%。

基改作物和非基改作物是否混雜，大部份取決於農民的行為，以及儲存設備和加工機器能否達到隔離的目標。農民的農場衛生知識、周圍農民的喜好、基改作物的特性，都會影響農民的行為。西澳大利亞州初步試驗發現，農民可以妥善隔離基改和非基改作物，把偶然基改成分上限維持在 0.9% 以下。每一批非基改作物送到儲存與加工地點，卸貨以前都要測試偶然基改成分。如今經過五年測試，基改和非基改油菜可以達到隔離的目標。

達到共存目標的各個步驟

共存措施並沒有捷徑，也沒有一體適用的作法。農業部門所有利益關係人，包括育種、行銷、管理，全部責無旁貸 (Russell et al., 2012)。指導方針制定好以後，剩下就是教育農民和消費者，鼓勵農民尊重鄰農以及相互溝通，此外儲存和加工期間，務必做好隔離工作。此外，世界各國所採取的共存措施皆有所不同。

第三章：美國

美國基因工程

自從 1996 年，美國農民就開始栽種耐除草劑基改作物。如今美國依然是生物科技作物的龍頭老大，栽種面積超過 6900 萬公頃 (James, 2011)。目前栽種的抗除草劑基改作物，包括耐嘉磷塞的玉米、大豆、油菜、紫花苜蓿，以及耐固殺草 (glufosinate) 的油菜。目前正在引進耐多種除草劑的作物，同時不怕汰克草 (Dicamba) 和除草劑 2-4,D。美國非基改傳統作物，目前並沒有制訂偶然基改成分上限。

美國有機農業政策

美國國內有機農業政策，並沒有為有機產品制訂偶然基改成分上限 (McEvoy, 2012)。美國有機產品核准上市，主要著眼「生產過程」。換言之，只要生產者謹守國內有機農業生產法則，負起隔離基改作物和非基改作物的責任，以免偶然基改成分影響有機農業或有機產品，就可以合法上市 (NOP Policy Memo 11-3, 2000)。

為了避免基改作物混入，有機業者最好要檢驗種子、錯開栽種時間、找周圍農民達成合作協議等。有人研究過基改作物對美國有機產業的影響，結果發現各種隔離措施，都會提升生產成本：拉大緩衝區，成本將會增加 19%；錯開播種時間，成本將會增加 15%；更改輪耕順序，成本將會增加 9% (Mazur, 2007)。

美國共存政策

美國針對生物科技和 21 世紀農業，成立諮詢委員會「AC21 委員會」，2003 設立初期，主要想探討生物科技對美國糧食農業體系的長期影響。AC21 委員會廣納各方人士，包括各種利益關係人以及農業專家。最近 AC21 委員會進行組織活化，轉而「針對各種生產體系，提出加強共存措施的建議書」。2012 年底，委員會提出最終報告，簡述如下：

AC21 委員會的主要目標如下：

1. 如何建立賠償機制，來補償偶然混入基改作物而蒙受損失的農民？
2. 如何評估經濟損失？
3. 政府還有別的辦法強化共存措施嗎？

AC21 委員會考察下列三種賠償機制：

1. 成立基金：資金來源是技術提供者、農民或整個食品供應鏈。
2. 成立作物保險：資金來源是農民和政府等。
3. 風險承擔組織：農民自行購買自我保險工具。

AC21 委員會做出結論，以保險為基礎的模式，才是最佳賠償機制。不過，是否建立賠償機制，內部依然爭議不休，因為美國尚未有農民因為基改作物混入，成功申請到法律賠償的案例。建立賠償機制有可能引發其他問題。

AC21 委員會成員認為，建立賠償機制，可能降低業者研發隔離技術的意願。此外，誰來支付保險金，也衍生不少問題。每一項保險產品的設計與上市，都要先制訂偶然基改成分上限，這時政府任意制訂偶然基改成分上限，有可能增加風險。

AC21 委員會衷心希望，無論他們做出什麼建議，民眾千萬不要誤以為，基改產品是不安全的。他們認為「就算」賠償機制不可或缺，也不能光靠保險，最好還要建立周邊共存合作計畫。最好的結果就是政府加強管理，提升共存措施的效率，不要等到問題發生再來賠償。

AC21 委員會建議美國政府提供教育基金，推廣共存措施，包括：

1. 農場實作
2. 社區合作
3. 農民之間簽訂契約，並考慮到相關風險
4. 鼓勵地方和農民提出解決辦法

我們應該把重心放在管理層面（生產有利的作物）以及實踐層面（鼓勵附近農民作法一致）。這個可以列入技術提供者的種子商業契約內容。

最後，AC21 委員會建議多加研究幾個議題，一是基改作物混入所造成的經濟損失，二是如何降低基因流布的風險，三是使用基因科技新研發的作物應該具備防止無意間外源基因流布至其他植物的能力，四是種子產業應該確保種子生產的過程中，必須無偶然基改物質殘留。

第四章：加拿大

加拿大的基因工程

1996 年起，加拿大開始栽種耐除草劑基改作物，後來大多數農民紛紛採用。如今已經栽種 1040 萬公頃的耐除草劑基改油菜、玉米、大豆、甜菜（James, 2011）。加拿大也沒有制訂偶然基改成分上限，但偶然基改成分不得多於 5%，否則不可標示「不含基改物質」（表一）。

加拿大有機農業政策

加拿大有機農業政策並沒有制訂偶然基改成分上限。加拿大政府沒有制訂有機農業法規，卻針對有機產品核准機構，提出指導方針。指導方針建議有機農民盡量避免有機作物碰觸到基改作物，以免基改物質混入。加拿大一些有機產品核准機構，都有制訂偶然基改成分上限。

自從加拿大引進基因工程以後，大家就開始爭論基改作物可能危害有機產業。根據 2003 年聯合國糧農組織報告，自從加拿大引進基改油菜，農民再也無法在加拿大西部栽種有機油菜（www.agric.wa.com）。2011 年，薩斯喀徹溫省有機農民控告孟山都和拜耳，控訴他們毀了加拿大有機農業。可惜這些控訴缺乏證據（Apted and Mazur, 2007）。統計數據顯示，加拿大引進基改作物以後，有機產業並沒有因此萎縮，栽種面積反而還增加了（Brookes and Barefoot, 2004）。

加拿大共存政策

加拿大西部引進耐除草劑基改油菜，卻沒有配套的共存措施（Entz and Martens, 2003b）。有機產業以及種子產業宣稱，這會嚴重危害他們的生產體系（Entz and Martens, 2003b）。目前正在研擬農場管理策略，期待成為共存措施的主力。

第五章：歐盟

歐盟的基因工程

歐盟會員國達成協議，歐盟停止引進人類食用的基改作物。不過發出禁令以前，已經核准西班牙栽種基改玉米，一種就是八年。歐洲傳統農業體系所制定的偶然基改成分上限是 0.9%。

歐盟有機農業政策

歐盟有機農業並沒有制訂偶然基改成分上限，卻有限制生產過程中，基改產品的使用量（Barefoot and Brooks, 2003）。歐盟沒有為有機產品制訂偶然基

改成分上限，但有機產業自行遵守傳統農業體系的標準 0.9%。歐盟有好幾個有機產品核准機構，偶然基改成分上限從 0% 至 0.9% 不等。

歐盟共存政策

共存策略難以執行，一直是歐盟基改作物難以獲准的主要原因。一項基改產品必須徵求所有歐盟會員國的同意，所以基改產品幾乎不可能獲准。唯有不斷改進共存措施，新的基改產品才會更容易通過審查。

歐盟執委會建議歐盟各國研擬策略與作法，確保達到共存的目標：

1. 歐盟不應該排擠任何一種農業。
2. 歐盟會員國應該自行擬定並執行共存管理措施。
3. 共存措施應該因時制宜，保留調整的彈性。

歐盟執委會針對策略研擬，提供歐盟會員國一些建議：（1）以科學為本；（2）以現有隔離措施為基礎；（3）符合比例原則；（4）符合成本效益。歐盟執委會也建議，每當引進新的生產模式，引進者務必善盡責任，執行農場管理措施，避免基因流動。

今年（2013）歐盟舉辦會議，探討何謂有機食物（基改物質成分超標多少就不算有機食物）。這次會議主題包括：偶然基改成分上限是否應該調降？消費者願意為此多支付多少錢？

第六章：國際標準

偶然基改成分上限，目前並沒有國際標準。各國標準不一（例如基改產品的檢驗與核准、基改產品的標示與認定），貿易問題應運而生(www.wto.org)。

歐洲所制定的偶然基改成分上限特別嚴格，美國、加拿大、阿根廷因此向歐盟提告，認為歐盟假借偶然基改成分上限之名，遂行貿易保護主義之實

(Davison, 2009)。WTO 發現，還好各國願意進行雙邊協商，基改產品生產國仍有希望扳回一城。目前為止，阿根廷和加拿大已經解決這項爭端。美國尚在協商當中，但事實上，目前美國也在考慮提高進口基改產品的核可標準

(Davison, 2009)。

根據卡塔赫納生物安全議定書（Cartagena protocol），基改穀物種子出口國，務必先和進口國達成協議，才可以出貨。若是作為食品飼料加工用途，就不用先行協商，但必須提供完整的基改產品文件。

美國政府很希望建立統一國際標準，包括生物科技檢驗程序以及偶然基改成分上限（USA government, 2012）。

目前國際上也沒有制訂，有機最終產品的的偶然基改成分上限（Apted and Mazur, 2007）。國際有機農業運動組織（the International Federation of Organic Agriculture Movements, IFOAM）反對農業生產過程使用基改物質。他們要求基改產品嚴格標示，並要求基改科技研發者承擔偶然基改成分以及市場損失的成本，但他們也坦承，有機作物並非處於真空，所以一方面有機製造業必須向基改產品說不，有機農業也要盡量避免基改作物。

國際有機農業運動組織認為，就算有機產品可能混入基改物質，我們也不用因此放棄傳統認定方式，有機產品的認定標準是「生產方法」，而非最終產品的成分（www.croplife.org/coexistence）。舉例來說，有機農民沒有使用農藥，卻無法保證他的產品不受農藥污染。國際有機農業運動組織並不支持「零容忍政策」，因為這有可能阻礙有機業者進入市場。國際有機農業運動組織瞭解消費者的心情，消費者都希望有機產品的基改物質含量為0，也有某些有機標章這樣規定。然而，國際有機農業運動組織希望消費者明白，有機產品不一定「不含基改物質」，而是「生產過程不會使用基改產品」。

標示

有的國家實行「基改產品強制標示」，有的國家則否（表一），各國規定不一，造成了世界貿易爭議（Carter and Gruere, 2003）。基改食品強制標示，對政策制定者也是一大考驗，因為過度加工食品很難測出基改物質。另一方面，消費者有權利知道，他們正在吃的是不是基改食品，但另一方面，基改食品標示，好像告訴大家這有食品安全風險，但實際並非如此。這也會大幅提高行銷與隔離成本（Carter and Gruere, 2003）。目前國際上並沒有強制基改產品標示（Carter and Gruere, 2003）。

根據澳洲食品標示法規，澳洲販售的食品（有少數例外），只要基改物質成分超過0.9%，一律都要標示。

第七章：澳洲

澳洲基因工程

澳洲基因科技管理署（Gene Technology Regulator, GTR）於 2001 年設立，專門管理基因科技的使用情況。「2000 年基因科技法案」，旨在維護澳洲人民與環境的健康與安全，努力找出基因科技所導致的風險，並透過管理基改食品，來降低這些風險（Agrifood Awareness, 2007）。澳洲基因科技管理署負責評估並核准新作物品種。2003 年核准栽種耐除草劑基改油菜。各州可以自行制訂銷售與貿易法規，但大部份依然奉行全國法律（Agrifood Awareness, 2007）。自從 2008 年，新南威爾斯和維多利亞省開始栽種耐除草劑基改油菜，西澳大利亞州也在 2009 年跟進。塔斯馬尼亞州和南澳大利亞州卻暫定栽種基改作物。

澳洲國家標準特別規定，傳統作物的偶然基改成分上限，不得超過 0.9%。澳洲農民按照議定書、指導方針、國家政策，來隔離基改作物和非基改作物（Lee, 2012）。

澳洲有機農業

澳洲有機產業有兩套標準。「澳洲標準」（AS 6000-2009）屬於業界自我規範，國內和出口市場都適用，由澳洲競爭暨消費委員會（ACCC）來執行。

「國家標準」由澳洲檢疫暨檢查服務處（AQIS）執行，僅限出口產品。大部分有機產品核准機構，皆以國家標準為依歸。「澳洲標準」和「國家標準」都規定，有機產品不得含有任何偶然基改成分。澳洲有機產業希望有機最終產品「不含基改物質」。這不同於其他國家的標準。

澳洲有七個有機產品核准機構。澳洲檢疫暨檢查服務處負責監督這些機構，確保他們遵守國家標準。這些審核機構有各自的管理規章，但一律都要奉行國家標準——偶然基改成分上限為 0%。

總而言之，根據「國家標準」，澳洲有機農民不得使用基改產品、不得栽種基改作物，最終產品和農地不得偶然出現基改物質。有機農民必須告知周圍農民，自己正在栽種有機作物，若方圓十公里內有栽種基改作物，也要通知審

核機構。有機農民還要擬定風險管理計畫，以免基改物質混入（DAFWA, organic farming and GE fact sheet）。

澳洲共存政策

自從 2008 年澳洲首度引進基改油菜，澳洲油菜聯盟（Australian Oilseeds Federation）與澳洲穀物貿易組織（Grain Trade Australia）發表年度報告，整理他們對澳洲穀物產業的分析。2008/09 以及 2009/10 的報告做出結論，透過價值鏈（value chain）可以有效隔離基改和非基改油菜（Australian Oilseeds Federation and Grain Trade Australia, 2009, 2011）。

2012 年坎培拉舉辦澳洲生物科技會議，探討「澳洲種子穀物價值鏈如何維持共存的目標」，邀請種子穀物供應鏈的高階主管，一起討論共存措施以及市場選擇。詳細會議紀錄尚未釋出，但根據媒體報導，「五年以來，基改和非基改油菜一起栽種、販售與加工，相關人員都覺得很容易做到隔離」。

西澳大利亞州有一項經典訴訟事件，關乎共存措施。一位有機農民喪失澳洲永續農業國家協會（National Association of Sustainable Agriculture in Australia）的有機產品標章，因為他的農地偶然發現基改油菜，而他宣稱這是來自周圍農田。這位有機農民告上法院，要求鄰居賠償他的經濟損失（因為喪失有機標章）。這場訴訟尚未結案，但這是世界首例，審判結果將為未來立下前例，不利基改和非基改農民共存。

澳洲共存法規

澳洲判例法很少規範農業生物在農田之間擴散（Ludlow, 2005）。澳洲法律並未給予遵守法律栽種已核可基改作物，卻汙染到隔壁農田的農民免責權（Ludlow, 2005）。

私人的騷擾（Private Nuisance）的定義就是「非法干預他人使用或享用土地」（Ludlow, 2005）。然而，但妨害他人不一定非法。法院負責客觀地裁決，基改作物是否對他人造成嚴重妨害（Ludlow, 2005）。法院考量到基改作物混入可否事先避免。如果周圍有人栽種有機作物，基改農民光是遵守法律，栽種合格基改作物是不夠的，他們還要採取警戒措施（Lee, 2012）。

偶然基改成分上限設在 0%，有機農民就會很容易超標，蒙受經濟損失。如果有機農民控訴周圍農田獲得勝訴，將會有損國家法律威信，也可能影響其他農業活動（Ludlow, 2005）。

第八章：澳洲共存措施

共存的定義，就是農民可以自由選擇生產體系，生產符合其消費者需要的產品（Lee, 2012）。目前澳洲仍然難以達到共存的目標。

容忍政策／偶然基改成分上限

由於商品生產環境以及供應鏈的公共基礎設施，免不了發生意外，所以大家心知肚明，穀物產品不可能絕對純淨（Lee, 2012）。唯有容忍穀物的不純淨，各種生產體系才可以共存（Lee, 2012）。

嚴格的澳洲有機產品的偶然基改成分上限標準，減少了澳洲出口商與其他國家比較的競爭力（McCauley et al., 2012）。澳洲對有機產品與有機農地採取零容忍政策，卻很難落實。這項獨特的標準並未將在農業系統中不可預測的自然現象一併考慮進去（Lee, 2012），因此忽視實際情況。偶然基改成分上限設為 0%，化學物質例如農藥殘留上限卻是 5-10%。

教育

基改作物、傳統作物、有機作物三種生產體系和平共存，仰賴完善的農場管理。共存措施必須從農場做起，共存措施是否發揮成效，也取決於農民是否瞭解重要問題，以及問題的癥結（Entz and Martens, 2003）。技術提供者與政府應該負起教育推廣工作。

技術提供者

孟山都要求澳洲農民遵守下列條件，才可以栽種耐嘉磷塞的基改油菜：

1. 遵照孟山都的作物管理計畫以及防治計畫。
2. 基改油菜只可以送到登記立案的基改儲藏地點與加工機具。
3. 不得私自保留種子

4. 開放孟山都審查員到農場巡視油菜
5. 基改和非基改油菜必須保持五公尺緩衝區，作為種子用途的基改與非基改油菜，必須保持 400 公尺的緩衝區。
6. 管控自生植物
7. 作記錄

共存指導方針目前都不夠嚴謹，但是裡面有提到「找鄰農做好溝通是很重要的」。

科技提供者特別有責任加強共存措施，並提供相關教育訓練。表二列出農場管理的步驟、問題與考量。

表 2. 為了達到共存，而必須完成下列管理階段

管理階段	問題與考量
間距	這個需要農民相互合作
租地	如果附近農田大多是出租地，農民就很難達成協議
輪作計畫	共存措施很重視輪作
種子供應	妥善管理的合格種子生產體系，供應農民不受汙染的種子
耕犁方式	耕犁方式將會影響種子銀行的壽命以及自生植物的生長機會
自生植物管理	自生植物管理至關重要
授粉昆蟲管理	蜂蜜產業或種子產業，或許要找出新的生產方式
收割管理	為了避免收割期間雜草種子無意間掉到地上，必須做好雜草種子管理和機器清潔。
穀物運輸	特別注意穀物運輸過程，以免掉落到環境中。以及清理運輸設備
穀物儲藏	儲藏和加工設備做好隔離工作，但是在農場運輸穀物難免會有溢出的情況。
麥稈管理	麥稈內含種子，所以麥稈在農場間運送，也要有新的管制方式。

舉例來說，基改和非基改農田接壤時，雙方農民務必簽定契約，列出緩衝區與栽種日期等。不過，大多數基改農田不會設在非基改農田附近，所以只要進行個案探討，無須制訂一般原則（Barefoot and Brooks, 2003）。

政府

美國 AC21 委員會決議，美國政府必須告知農民，不同生產體系之間務必簽定契約（Russell et al., 2012）。AC21 委員會也建議，美國政府必須教導農民如何執行共存措施，並促進農民之間的溝通。

美國法律核准基改產品時，都有考慮到共存措施。指導方針都有清楚規定，新產品上市以前，必須好好調查間隔距離、偶然基改成分的檢測方式、確保種子純淨的方法。這樣食品安全才有保障，也可以避免法律責任（Lee, 2012）。

研究

政府和技術提供者應該提供資金，深入研究共存措施。政府也有責任維護所有農民的選擇權，讓他們為自己的事業，做出最佳的選擇。技術提供者強化共存措施，也會從中獲益，這樣基改產品才可以永續經營，才会有更多人栽種基改作物。

研究主題包括：

1. 評估經濟損失
2. 管控基因流動的風險
3. 測量偶然基改成分
4. 研發不容易發生基因流動的新作物

共存的成本

除了深入研究和教育推廣，基改和非基改生產體系共存，農場必須負擔兩種相關成本。一是隔離成本，亦即避免基改物質經由交叉授粉，以及儲存或處理期間作物混雜，偶然混入非基改作物。這類成本包括：設置緩衝區、檢驗種子、錯開播種時間、儲存與加工期間做好隔離工作。二是經濟損失成本，亦即

驗出偶然基改成份以後，導致市場溢價減少。這裡牽涉到誰來負擔經濟損失（Apted and Mazur, 2007）。

有機農民所付出的經濟成本，可能很少，也可能很多。根據一份美國研究，為了設置緩衝區以及錯開栽種時間，有機農民的間接經濟成本因此增加 15-20%，也有 8% 的有機農民發現，由於檢驗種子以及銷售量減少，直接經濟成本增加，（Apted and Mazur, 2007）。根據一份歐洲研究，偶然基改成分上限設在 0.1-0.3%，毛利將會減少 10-35%（Apted and Mazur, 2007）。

有機產業和農民認為，他們有權利讓自己的產品，達到「不含基改物質」，所以其他農民無權危害周圍農田的作業與銷售。那些造成危害的農民，有責任管控基因流動。有機農地受到危害，應該獲得合理的賠償。

然而還有另一種說法。有機農民栽種確保純淨的特殊作物，價格本來就比較好，任何經濟風險和生產成本應該自行吸收（Russell et al., 2012）。有害物質混入所衍生的經濟責任，長久以來都是落在特殊作物栽種者身上（Brooks and Barefoot, 2004）。

真正的問題是「農民個人權利可以擴張到什麼程度？為了尊重農民栽種基改或非基改作物的權利，就必須合理限制周圍農民的能力與自由」（Ludlow, 2005）。其他農業「污染」，例如病原體、雜草種子、土壤侵蝕，也可能加深農民之間的衝突。

有機農產品在西澳大利亞州仍是少數。有機農業栽種特定品質標準作物，市場價格較高，所以不能要求周圍農民承擔額外的管理成本，來幫助他們達到有機門檻。這樣是在逆轉經濟自由的概念，建立危險的先例（www.croplifeaustralia.com）。

賠償機制的爭議也很複雜（驗出偶然基改成分而蒙受損失，是否應該接受賠償？）。AC21 委員會建議投保，但投保可能令人鬆懈，不再強化共存措施，農民和納稅人也可能因此支付大量保險費（Russell et al., 2012）。

第九章：共存的特殊案例

美國奧勒岡州威拉米山谷（Willamette Valley）

美國奧勒岡州威拉米山谷採行獨特的共存措施。這個地區專門生產各種蕈苔屬作物。美國農業部要求農民在生長季初期，在地圖上標出他們即將栽種的作物與地點。大家都會遵守緩衝區的規定，並且透過相互溝通，制訂輪作計畫，以免對附近農田造成負面影響。

2005年，這個地區禁止栽種油菜，因為可能污染蕈苔屬植物。2013年，美國農業部取消這項行政規章，儘管附近特殊種子業者強烈抗議。從此以後，威拉米山谷再度可以栽種油菜。不過，油菜農民每年都要申請，每年只開放2500英畝，而且必須簽訂合約，明定義務與責任。特殊種子廠商非常擔心偶然混入油菜基因，將會喪失市場競爭力。目前這個特殊農業體系為了維持共存的目標而面臨極大的挑戰。

美國北達科他州：KTM農場、基改與非基改大豆、基改甜菜

KTM農場位於北達科他州，專門生產販售非基改大豆，但是北達科他州出產的大豆，95%都是耐嘉磷塞的基改大豆。基改和非基改大豆保持30公分緩衝區，加工與儲藏機具隨時做好清潔工作，因為偶然基改成分上限設在0.1%。每一批非基改大豆都要通過檢驗，才可以離開農場。

KTM農場也栽種基改甜菜。美國甜菜種子廠商強烈反對引進基改甜菜，因為有可能污染種子。美國甜菜合作社要求基改甜菜農民，落實嚴格的管理計畫，包括親手移除長大的（已經長出種子的）甜菜根、紀錄每一株甜菜。這大幅增加營運成本。這個例子告訴大家，管理計畫應該符合比例原則。



凱拉米勒正在移除基改甜菜，攝於 2012 年 7 月北達科他州 (Sadler, 2012)

澳洲「敏感地區地圖」

西澳大利亞州農業部想出「敏感地區地圖」的計畫。農民覺得自己的作物受到周圍農田威脅時，就可以向政府登記。這項計畫旨在協助農民完成風險評估與風險緩解計畫，以維護特殊的農業生產活動。「敏感地區地圖」就放在農業部的網站上，所有農民都可以查到。這個計畫將會持續擴大，並且把這項資訊分享給西澳大利亞州所有農民。

第十章：有利潤的耕作方式以及永續雜草管理

在世界許多作物生產地區，耐除草劑的雜草經過不斷地演化已漸成為一個主要的問題。這個問題在澳洲旱地農業區格外嚴重，已經威脅到 2000 萬公頃農地的利潤與永續作物生產（Walsh and Powles, 2007）。若是引進耐除草劑基改作物，例如 Roundup Ready，會增加對耐嘉磷塞的雜草的選擇壓力，增加耐嘉磷塞雜草的演化機會。美國栽種「過多」抗嘉磷塞作物，導致抗嘉磷塞的雜草迅速生長。我們必須想出其他更有效率的雜草管理方式，盡量延長珍貴除草劑的效用。



菲爾史塔曼博士來到堪薩斯州的農田，長滿一堆抗嘉磷塞的雜草。攝於 2012 年 7 月（Sadler, 2012）

綜合雜草管理計畫

綜合雜草管理計畫意指運用各種管理方式，來控制農地雜草。在澳洲旱地農業區，除草劑依然是最有效的雜草管理技術。綜合雜草管理計畫將會確保所有管理工具永續使用。

澳洲農業體系常用的綜合雜草管理計畫：

1. 延後播種，搭配使用非選擇性的除草劑。
2. 播種密度高，搭配輪作（例如青貯或乾草）。
3. 收割前除去雜草種子，例如燃燒乾草。

不用化學藥物的綜合雜草管理新方式

澳洲農業正在投注時間研發新的雜草管理方式。「赫林頓雜草種子終結者」(Harrington Weed Seed Destructor, HSD)研發於西澳大利亞州，目前正在接受田間試驗。赫林頓雜草種子終結者跟在收割機後面，從採收作物挑出乾草磨碎，這樣乾草裡面就不會有雜草種子。研究顯示，赫林頓雜草種子終結者可以磨碎乾草裡面 95% 以上的雜草種子。不過，在農田使用這種機具並不容易。穀物研發公司 (GRDC) 正在測試先導型 (而非跟在收割機後面) 的機種，如果實驗成功，可以解決不少問題。穀物研發公司對這項科技有信心，可望在收割期間做好雜草管理工作。

強力噴水器 (Aqua-Slash) 研發於南澳大利亞州，今年即將接受田間試驗。這台機器在兩列作物之間，噴灑強力水流，除去並銷毀雜草。強力噴霧器內建 EcoDan 制導系統，讓水噴灑到正確位置。水和地面呈現 45 度角，以確保雜草能完全根除。這項機器適合各種天候，並且可以殺死不怕除草劑的雜草。不過，這種機器仍有問題，其中之一就是耗水量大。另一種 Weed Seeker 系統可以偵測雜草，發現雜草才會灑水。南澳大利亞州免耕犁農民協會，今年正在檢驗這些具挑戰性的問題。

目前正在研發的「微波雜草殺手」，這可以殺死地面雜草以及地底雜草種子。這種機器煮熟冒頭的雜草，蒸熟地底的種子。這同時可以作為選擇性和非選擇性的雜草管理方式，適合各種天候，拉長適用時間。這台機器需要加熱土壤到極高溫，只能以非常慢的速度前進，十分耗能，加上高溫殺死土壤細菌，表土層微生物活動量將會因此減少。這項技術仍屬早期開發階段，需進一步研究。

最近孟山都在雜草中發現了可以逆轉耐嘉磷塞抗性的一種化學物質。這項驚人的科技具有大幅改變世界農業的潛力，雖然仍要進一步研究，但在未來，這項科技將會成為另一種雜草管理工具。

澳洲領先全球，研發除草劑以外的雜草管理方式。穀物生產大國例如美國、加拿大、歐盟，仍然依賴除草劑來管理雜草。美國一些農業區長滿抗嘉磷塞的雜草，被迫停止耕種。除草劑明明效果有限，這些國家依然只顧著研發新的除草劑。

科學演化法則告訴我們，雜草面對天擇壓力，將會持續演化抵抗能力。當務之急就是研發並改良雜草管控方式。研究者正在投注時間金錢，探討各種雜草對除草劑的抵抗能力。這些資訊務必傳達給農民，並研擬最佳管理策略，以免雜草對除草劑產生抵抗力，同時想辦法對付那些抗除草劑的雜草。

耐嘉磷塞的小麥

耐嘉磷塞小麥，未來可望解決雜草問題。這項科技早就研發出來，卻尚未實際運用。澳洲引進耐除草劑基改小麥，勢必引發爭議。

耐嘉磷塞作物廣為採用，可能導致農民過分依賴除草劑嘉磷塞。一旦產生天擇壓力，雜草就會對嘉磷塞產生抵抗能力，加快演化速度。然而，這項科技引進之前，若有做好農民教育，引進之後若有做好管理，仍會幫助一些農民。

愈來愈多農民力爭「早播」提高產量，經常無法在播種以前施用非選擇性的除草劑嘉磷塞，這時耐嘉磷塞小麥就可以派上用場。

隨著澳洲廣為栽種基改小麥，非基改農民將會難以維持「不含基改物質」的目標，也難以做好共存措施。澳洲基改油菜在儲藏和加工過程中，都有充分隔離，但油菜只佔澳洲耕地面積的 9%，小麥耕地面積卻佔了六成。在每一個運輸關卡，檢驗基改物質成分，堪稱隔離工作中最花錢卻最有效的作法。儲藏與加工期間的隔離工作，不容忽視卻很難達成。

小麥主要是自行授粉植物，風力交叉授粉的比率很低。在澳洲的環境下，以花粉為媒介的短距離基因流動並不常見（0.012%至 0.0037%）。相距超過八公尺就不可能發生基因流動（Gatford et al., 2006）。基改和非基改小麥幾乎不會交叉授粉。

2004 年孟山都暫停研究耐除草劑基改小麥，因為美國的農業目標和孟山都的研究重心不符，加上美國小麥栽種面積減少。孟山都宣稱這只是一般商業決策。2009 年，世界三大小麥出產國美國、加拿大、澳洲，表明支持基改小麥。他們發表三邊聲明，打算投注更多資金在基改小麥的研發上。目前為止，基改小麥雖仍在持續研究中，各國尚未實際運用這項新科技。

第十一章：結論與建議

1. 共存策略的目標，就是使基改、非基改、有機生產體系，能根據市場需求與消費偏好來栽種販售產品。緊密的共存措施能確保澳洲農業產業採用新科技並有助於餵養持續增長的人口，同時還能維護持生物多樣性以及利基產品市場，以滿足消費者的需求。
2. 有必要檢討目前有機產業的偶然基改成分上限，讓各種生產體系共存。
3. 重要的是政府和技術供應商都能持續善加強他們的管理工作，在為著農民的共存措施上。深入的研究和教育是有必要的，好讓農民在栽培作物，並且要採取合適的措施以降低風險時，能充分瞭解其風險責任。
4. 從栽培特定產品獲益的農民應負擔所有栽培的支出。消費者的需求會無可避免地控制著市場。
5. 建立一個為著那些因偶然混入基改成分，而受到經濟損失的農民的賠償機制，會是個花費高且有挑戰性的任務。
6. 進行中的研究與發展應落實到替代的雜草控制方法上，以實現永續雜草管理。
7. 耐嘉磷塞小麥若是引進，可能會給澳洲農業系統，在共存措施與抗除草劑的演化上帶來許多挑戰。明確的管理策略應在新科技被引入時一併被提出來。

所有被視為安全的農業系統，都應該有平等的機會為農業食品生產系統奉獻一份心力。農民必須瞭解與鄰農合作及保障彼此的權利重要性，以確保雙方都能對他們的生意做出最好的決定，

關鍵的是，農民必須瞭解種植耐除草劑基改作物的風險。世界上沒有其他地方雜草的抗藥性像澳洲一樣演化的這麼快。如果農民想要維持使用這些極其重要的雜草管理工具，就必須要明智地使用他們。