

生物分解塑膠在園藝作物栽培利用之研究¹

楊紹榮²

摘 要

楊紹榮.2001.生物分解塑膠在園藝作物栽培利用之研究。台南區農業改良場研究彙報 38:30~44。

從國外引進的 UPEC, Bio Multi B, Eco Green B, Cell Green multi, Kiernaru, Mater-Bi, Novon 及 ECM 等不同材質生物分解膜利用於園藝作物諸如甜瓜、西瓜、洋香瓜、甘藍及加工番茄之畦面敷蓋，調查得知：和傳統銀黑色 PE 膜比較，除了採用 Mater-Bi 生物分解膜做為西瓜畦面敷蓋之產量較差外，各供試分解膜對於植株生育及產量並無顯著差異。另外採用 Mater-Bi 生物分解膜不同碎片重量進行之甘藍盆植試驗得知：採收後甘藍葉球之重金屬含量，不同處理間並無差異。其灌水後累積之滲濾水之重金屬含量亦無顯著差異。又土壤類型不同，生物分解膜之分解率亦異，在紅壤之分解較遲，粘土之分解最快。

關鍵詞：生物分解塑膠、園藝作物。

接受日期：2001 年 7 月 18 日

前 言

塑膠布資材廣泛應用於農作物栽培^(2,12)，惟傳統塑膠材質一經使用後，所產生的廢棄物，焚燒時會產生有毒之氣體。若掩埋於地下，則不僅需要廣大的空間，也因其不易腐爛分解，影響土壤的理化性質，導致土壤污染。若隨意丟棄，則造成灌溉溝渠堵塞，影響田間排水。鑑於農村勞力缺乏且高齡化，故採用可以分解的材質如分解性塑膠於農作物栽培，不僅可減少回收工時，達到省工栽培之目的，且可減少環境公害⁽¹²⁾。

分解性塑膠在歐美、日本及中國大陸等之開發研究較久^(3,4,5,6,19,21,22,25,26,27,28,30,31,32,33,34,35,36,37)，台灣起步較遲。台南區農業改良場從民國 80 年 2 月開始進行可分解塑膠膜在園藝作物之研究，主要是利用國內自行研發的光分解或摻混澱粉之生物/光崩解膜進行評估，也獲致不少實用資料^(9,10,11,12,13,14,15,16,17,38)，諸如供試生物崩解膜均具傳統 PE 膜保溫、防草等功效；另經過多年來田區與盆植之調查得知：崩解膜殘留碎片在洋香瓜、包心芥菜、結球萵苣，加工番茄及水稻植株可食部份並無不利的影響。目前田間大面積及連續敷蓋所累積之殘留碎片量以及新的生物分解膜，對土壤物性及不同作物之影響仍持續追蹤評估中。此外，PE 膜摻混澱粉之多寡及不同敷蓋期，均會影響敷蓋膜分解速率。採用台灣聚合化學品公司研發之 20% 澱粉含量銀黑色生物崩解膜，於 80 年 10 月 9 日、12 月 30 日、81 年 4 月 28 日及 8 月 3 日等不同時期進行甘藍敷蓋栽培，從敷蓋迄分解所需時間分別為

-
1. 行政院農業委員會台南區農業改良場研究報告第 265 號；本研究承行政院農委會 89 科技-1.1-糧-31 計畫補助，特致謝忱。
 2. 行政院農業委員會台南區農業改良場 研究員。台南市 701 林森路一段 350 號。

56日、83日38日及33日。季節所導致之氣候因素影響敷蓋膜之分解時間，秋冬季節敷蓋膜分解較慢，春夏時期分解較快。又PE膜摻混澱粉含量較高者，敷蓋膜之分解較快。惟由於分解性材質之開發日新月異，因此採用較容易分解之資材，如塑膠中摻混澱粉含量較高者或者100%完全生物分解聚合物，將是未來研發重點。由於全球對於分解性塑膠分解能力要求愈趨嚴格，迄民國87年為止，尚未出現具公信力之評鑑機構，因此國際標準組織於新版(1998)的檢測標準中正式定義“生物分解性塑膠”，需使用ISO(國際標準組織)規定的方式檢驗，且分解度應達60%以上；在國內呼籲採用此類產品之風氣漸開，此外，立法院於2001年1月10日發表之委員會記錄公報中指出：將計畫自2001年6月1日起分階段禁用、製造、輸入與販賣無法回收而會造成公害之一次性使用即丟棄(Disposal)的塑膠製品⁽¹⁾。因此，為了因應未來發展趨勢，本研究，乃就國外引進不同材質的生物分解膜進行園藝作物畦面敷蓋栽培及盆植試驗之評估，俾供未來可分解塑膠在農業利用推廣之參考。

材料與方法

本試驗分別於台南本場，台南縣七股鄉，佳里鎮及仁德鄉等地進行，茲將試驗過程敘述如下：

一、生物分解膜在園藝作物畦面敷蓋栽培之評估

(一) 生物分解畦面敷蓋膜在西瓜及甜瓜栽培之研究

本試驗於台南縣仁德鄉王玉霞瓜園進行，試區規畫成二部份，分別進行生物分解膜在西瓜及甜瓜畦面敷蓋栽培之評估。供試敷蓋膜為國內廠商與義大利 Novamont 公司技術合作生產的 Mater-Bi 黑色生物分解膜(厚度為0.03mm)並以傳統銀黑色PE膜為對照。每一種敷蓋膜面積均為二公畝。89年6月1日供試敷蓋膜敷蓋，隨即種植西瓜珠蘭品種，行株距為3.3m×0.9m；甜瓜採用青皮品種，供試甜瓜於89年7月21日採收，西瓜於7月27日採收。

(二) 生物分解畦面敷蓋膜在洋香瓜栽培之研究

本研究試區位於台南縣七股鄉龍山村王秋水洋香瓜園，生物分解膜為 Mater-Bi 黑色分解膜(厚度0.03mm)並以傳統PE膜為對照，每一種敷蓋膜分別有97.2平方公尺。供試敷蓋膜於89年7月27日敷蓋，同年8月7日種植洋香瓜秋香品種，洋香瓜於89年10月7日開始採收迄10月17日止。採收後調查小區產量及果實糖度。

(三) 生物分解畦面敷蓋膜在加工番茄栽培之研究

於台南縣七股鄉龍山村王秋水之加工番茄園進行生物分解膜之大面積評估。以 Mater-Bi 黑色生物分解膜(50% PCL+50% 澱粉)，台聚 Ecolene 銀黑色生物崩解膜(PE膜摻混30% 澱粉)及傳統銀黑色膜為材料，供試面積總計為30公畝，10公畝敷蓋 Mater-Bi 生物分解膜，10公畝敷蓋台聚生物崩解膜，另外10公畝敷蓋傳統銀黑色PE膜，當期作加工番茄採收後，傳統銀黑色PE膜回收，分解膜及崩解膜則直接耕犁田間，隨後進行後續作物水稻種植，評估敷蓋膜殘留碎片對水稻生育、產量及品質之影響。供試加工番茄由可果美公司統一供苗，品種為TK-21，行株距為1.5m×0.45m。供試敷蓋膜於88年9月16日敷蓋，加工番茄從89年1月4日開始採收，迄89年3月24日止。水稻則於89年5月2日種植，供試品種為長秈稻，於89年8月24日採收。隨後再進行第二次之評估。供試加工番茄試區於89年9月20日敷蓋後，於9月21日移植穴盤苗，90年1月31日開始採收迄3月21日結束。

(四) 生物分解畦面敷蓋膜在甘藍栽培之研究

透過美國穀物協會駐日辦事處與日本生物分解塑膠協會引進目前現有的生物分解畦面敷蓋膜計有 UPEC【Mitsubishi-gas 公司，主要成分為ポリ(ブチレンサワシネート/カボネー)】，Bio multi B (Tsuji no plastics 公司)，Eco Green B (Taiyo Kogyo 公司)，Cell Green multi (Daicell 公司，主要成分為PCL)⁽²⁰⁾及 Kiemaru (Atend 公司，主要成分為 Bionolle) 等5種黑色生物分解膜。另從義大利 Novamont

公司引進 Mater-Bi 黑色生物分解膜 (PCL50% + 澱粉 50%)。也經由華輝公司從日本引進 Novon 生物分解膜母粒 (BP-CME20%) 及美國 ECM 公司寄來生物分解膜母粒，分別委由台灣聚合化學品公司技術發展處加工製成銀黑色畦面敷蓋膜，Novon 為 20% 母粒 + 80% LDPE; ECM 為 2% 母粒 + 98% LDPE，並以傳統銀黑色 PE 膜為對照等八種處理進行甘藍畦面敷蓋栽培，每一處理，小區面積為 6.5m^2 ($5\text{m} \times 1.3\text{m}$)，株距 50cm，雙行植，三重複，採逢機完全區集排列，供試敷蓋膜於 89 年 9 月 28 日敷蓋，同年 10 月 9 日種植甘藍初秋品種，並於同年 12 月 11 日開始採收，評估新的分解性資材之裂解率及其對作物生育及產量之影響。

二、生物分解膜盆植試驗

於台南本場溫網室進行，將 Mater-Bi 黑色生物分解膜裁成 $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ 大小之碎片，計秤有 4g、16g 及 64g 等三種碎片重量。將 8" 素燒盆混合 2.5kg 栽培介質及 300g 之有機肥 (甘雨特肥) 並分別摻混 4、16 及 64g 之 Mater-Bi 生物分解膜碎片，並以不摻混碎片為對照。供試用小白菜於 89 年 2 月 25 日播種再移植於 8" 素燒盆。每一處理有三重複，供試小白菜於 89 年 3 月 21 日採收。調查小白菜生育、產量及品質並進行灌水後滲濾水之重金屬含量分析。

三、不同土壤種類生物分解膜之分解率

將 Mater-Bi 生物分解膜裁成 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 大小，分三層 (每一層平放三片) 置於 8" 素燒盆，盆內放置紅壤，砂頁岩沖積土及粘板岩沖積土，掩埋 30 天後，每隔 15 天調查分解膜之失重率。

四、調查項目

(1) 採收後性狀調查：產量、品質分析 (維生素 C 及可溶性固形物含量測定)；水稻則調查株高、分蘗數、穗數及產量。

(2) 分解膜裂解率調查

植株生育期間調查分解膜開始裂解時間；以田間分解膜可看見橫向撕裂時間為指標。並取樣調查小區分解膜破損百分率。分解膜破損百分率，乃根據小區分解膜破損面積/小區敷蓋面積 $\times 100\%$ 計算出。每一小區分解膜在作物採收後，清除殘株，將透明描圖紙敷蓋在已裂解的分解膜畦面，以奇異筆描繪破損部份，攜回實驗室，剪除破損部份並蒐集之，以 LI-COR area meter (Model-3100) 葉面積儀測定破損部份面積和小區面積之比即為分解膜破損百分率。另外作物採收後，另將畦面敷蓋分解膜曝露於表土及底土部份，分別回收委請台聚技術發展處進行材料延伸率、斷裂強度及抗張強度等物性分析。抗張強度之變形點之分析，斷裂點之分析及延伸率 (%) 之分斤方法均依 ASTM638，採用之儀器均為 Instron Model 1011。

(3) 氣象記錄

從敷蓋迄分解膜開始裂解期間蒐集氣溫、相對濕度、日照、雨量及日射量。

(4) 重金屬含量分析

各供試區植株採收後送國立屏東科技大學水產養殖檢驗服務中心，進行重金屬含量分析，將供試材料以去離子水洗後裝入紙袋，置於通風之乾燥箱，先以 100°C 烘乾 1 小時，再調至 70°C 烘乾 48 小時。以磨碎機 (Wiley mill) 將樣品磨碎，通過 20mesh 孔篩，裝瓶加蓋供灰化用。以分析天秤稱取供試材料 2-3g 於坩堝中放入高溫灰化爐內以 560°C 灰化爐 10 小時，灰化後之樣品，用 40ml 之 3N HCL 緩緩倒入 100ml pyrex 燒杯，加 1ml 濃度 HNO_3 煮沸之，俟冷卻後，以去離子水定量至 50ml 裝瓶，用 Whatman No.42 濾紙過濾待分析，以感應偶合電漿光譜儀 [(Inductively Coupled Plasma Emission Spectrophotometer) Model 為 JQBIN-YVON 24] 測定之 (標準溶液亦同時測定)。

(5) 栽培介質測試前及植株採收後微生物相之調查

盆植試驗中栽培介質摻混生物分解膜碎片前及摻混後，俟植株採收後委由本場植物保護研究室進行微生物相 (細菌、真菌及放線菌) 總量之調查。

結果與討論

一、生物分解膜在園藝作物畦面敷蓋栽培之評估

(一) 生物分解畦面敷蓋膜在西瓜及甜瓜栽培之研究

本研究供試敷蓋膜於 89 年 6 月 1 日敷蓋，並立即以穴盤苗種植，供試 Mater-Bi 生物分解膜於 89 年 6 月 25 日即出現裂痕，7 月 3 日分解膜開始捲曲。植株生育期間調查生物分解膜及傳統銀黑色 PE 膜之土溫（地表下 15cm）分別為 30.1°C 及 32.3°C。各供試敷蓋膜之植株生育（除西瓜主蔓長度敷蓋傳統銀黑色 PE 較差外），產量及品質均無顯著差異（表 1 及表 2），和本場早先利用台聚崩解膜進行瓜果類之畦面敷蓋結果雷同⁽¹⁰⁾。國外亦有類似試驗結果，根據 Giovanni Ghislandi (2000) 在義大利 Rosolina 地區，採用 0.025-0.030mm 之 Mater-Bi 黑色生物分解敷蓋膜利用於西瓜之栽培，調查得知：和傳統黑色 PE 膜比較，在採收的第一星期，每平方公尺產量分別為 4.85 及 4.9 公斤，單粒果重則為 1.31 及 1.32 公斤，差異甚微⁽²⁹⁾。Sandes 氏等 (1989) 採用不同材質之光分解膜進行西瓜之畦面敷蓋得知採收初期之瓜果產量及總產量與傳統黑色 PE 膜比較均無顯著差異⁽³⁴⁾。Wells 及 Courter 氏 (1975) 在美國伊利諾及新罕布什爾州採用黑色及透明分解膜進行西瓜及甜瓜之敷蓋栽培，和傳統 PE 膜比較，小區結果數與產量亦無差異⁽³⁷⁾。

表 1. 生物分解膜在西瓜栽培之評估

Table 1. Growth and yields of watermelon mulched with Mater-Bi biodegradable film(NF01U)

敷蓋膜 Mulching films	蔓長 Stalk length (cm)	葉數 Leaf No	著果節位 Node of fruiting set	單粒重 Weight /fruit(kg)	產量 Yields (kg/0.02ha)	可溶性固形物 Total soluble solid(Brix°)
Mater-Bi	195.7a*	19.6a	11.9a	3.41a	211.3a	10.2a
Regular PE	156.9b	19.1a	14a	3.30a	207.5a	11.0a

*：同一欄內英文字母相同著表差異不顯著 (p=5%)

*：Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level

種植期：89年6月1日；採收期：89年7月27日

Planting-Harvesting：1 June.-27 July, 2000

表 2. 生物分解膜在甜瓜畦面敷蓋之生育及產量比較

Table 2. Growth and yields of sweet melon mulched with Mater-Bi biodegradable film (NF01U)

敷蓋膜 Mulching films	蔓長 Stalk length (cm)	葉數 Leaf No	著果節位 Node of fruiting set	單粒重 Weight /fruit(kg)	產量 Yields (kg/0.02ha)	可溶性固形物 Total soluble solid(Brix°)
Mater-Bi	82.2a*	14.4a	4.4a	0.46a	32.9a	13.5a
Regular PE	83.8a	14.5a	3.9a	0.45a	33.3a	14.0a

*：同一欄內英文字母相同著表差異不顯著 (p=5%)

*：Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level

種植期：89年6月1日；採收期：89年7月21日

Planting-Harvesting：1 June.-21 July 2000

(二) 生物分解膜在洋香瓜栽培之評估

本研究供試敷蓋膜於89年7月27日敷蓋，8月7日種植洋香瓜秋香品種。Mater-Bi生物分解膜於89年8月18日開始出現裂解現象。供試瓜果於89年10月7日開始採收迄10月17日結束。植株生育期之溫度（地表下15cm），採用生物分解膜敷蓋的為30.2°C，傳統銀黑色PE膜為29.7°C，因此前者較早採收，致植株後期生育也較差，茲將採收後之產量及品質列如表3。

表 3. 畦面敷蓋 Mater-Bi 生物分解膜對洋香瓜產量之影響

Table 3. Yields of cantaloupe mulching with Mater-Bi biodegradable film (NFOIU)

敷蓋膜 Mulching films	果實大小 (cm)		小區結果數 Fruit no /plot	小區產量 Yields/plot (kg/97.2m ²)	可溶性固形物 Total soluble solid (Brix°)
	橫徑 Width	縱徑 Longitude			
Mater-Bi	13.8a*	13.7a	166a	208.7b	10.2b
Regular PE	13.9a	13.7a	186a	248.7a	12.8a

*：同一欄內英文字母相同者表差異不顯著（p=5%）

*：Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level

敷蓋期：89年7月27日；種植期：89年8月7日；採收期：89年10月7-17日

Mulching date：27 July 2000；Harvesting date：7-17 Oct. 2000

(三) 生物分解膜在加工番茄之評估

本研究第一次敷蓋作物為加工番茄，供試敷蓋膜於88年9月16日進行第一次敷蓋，89年1月4日-3月24日採收。隨後則將Mater-Bi生物分解膜及台聚生物崩解膜耕犁入土進行後續作物水稻之調查。水稻於89年5月2日種植，同年8月24日採收。於89年9月20日進行第二次敷蓋，供試作物加工番茄於90年1月31日-3月21日採收，經2年來之調查，供試作物加工番茄之產量和對照傳統PE膜並不差，第二次敷蓋因生育初期受象神颱風影響致產量均偏低。後續作物水稻產量也沒有顯著差異（表4）。敷蓋之加工番茄品質（可溶性固形物，果酸及重金屬含量）和傳統PE膜比較並無顯著差異（表5及表6）。根據Novamont公司Giovanni Ghislandi之報導（2000）：在西班牙Murcia及Navarra地區採用0.02-0.025mm之Mater-Bi黑色敷蓋膜於番茄栽培，調查顯示人工暨機械採收者，其結果均佳⁽²⁹⁾。Casalicchio氏等指出：加工番茄栽植於每平方公尺鎳含量在0.075, 0.150及0.225g之土壤（相當於敷蓋膜連續敷蓋60、120及180年所分佈之含量）之調查顯示：對於土壤及植株可同化鎳並無顯著的影響⁽²³⁾，又Mater-Bi生物分解膜耕犁後之碎片在初次耕犁後尚有少許碎片，惟經過一段期間後碎片幾乎不存在，然台聚崩解膜碎片含量則仍多（表7），單位面積取樣（長×寬×高=30cm×30cm×10cm）之碎片殘留量，第一年仍有1.12g。作者早先採用台聚崩解膜進行的長期敷蓋評估亦顯示此一趨勢，民國83年10月之碎片殘留量為1.06g，再經過每年秋冬敷蓋耕犁入土，迄民國89年10月（累積至第七年）之碎片殘留量仍有1.24g⁽¹⁶⁾。雖然往昔及目前的調查，均顯示崩解膜及分解膜對於後續作物之產量及品質均無影響，惟其持續性的長期評估仍屬必要。

表 4. 生物分解膜及崩解膜殘留碎片對加工番茄及水稻之影響

Table 4. Effect of Mater-Bi biodegradable debris and Ecolene biodegradable debris on the yields of processing tomatoes and paddy rice

期作 Planting sequence	植期 Planting date	作物 Crops	產量 Yields(kg/0.1ha)		
			含碎片 With debris		不含碎片 Without debris
			生物分解膜	生物崩解膜	
			Mater-Bi	Ecolene	
1st	16/9/1999	Processing tomatoes	9,957	9,059	9,260
2nd	2/5/2000	Paddy rice	485.1	522.2	469.6
3rd	21/9/2000	Processing tomatoes	3,923.1	4,830	4,022

表 5. Mater-Bi 生物分解膜敷蓋對加工番茄品質之影響

Table 5. Quality of processing tomatoes mulching with Mater-Bi biodegradable film (NFO1U)

敷蓋膜 Mulching films	可溶性固形物	果 酸
	Total soluble solid	Titrate acidity
	(Brix°)	(% as citric acid)
Mater-Bi	4.3a*	0.33a
Regular PE	4.4a	0.33a

* : 同一欄內英文字母相同著表差異不顯著 (p=5%)

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level

敷蓋期：88年9月16日；採收期：89年1月4日-3月24日

Mulching date : 16 Sept.1999 ; Harvesting date : 4 Jan.-24 March 2000

表 6. Mater-Bi 生物分解膜敷蓋對加工番茄果實重金屬含量之影響

Table 6. Heavy metals content of processing tomatoes mulching with Mater-Bi biodegradable film (NFO1U)

敷蓋膜 Mulching films	Heavy metals content(ppm)							
	Zn	Pb	Ni	Fe	Cr	Cu	Al	Ca
Mater-Bi	1.8a*	0.01a	0.14a	4.9a	0.04a	0.73a	7.6a	106.5a
Regular PE	1.1a	0.03a	0.10a	3.2a	0.04a	0.63a	5.3a	82.1a

* : 同一欄內英文字母相同著表差異不顯著 (p=5%)

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level

表 7. 生物分解膜及崩解膜耕犁後之碎片重量比較

Table 7. Weight of Biodegradable & Biodisintegratable debris after plowing

敷蓋膜 Mulching films	碎片重(g). Weight of debris*	
	第一次耕犁** 1st plowing	第二次耕犁*** 2nd plowing
	Biodisintegratable film (Ecolene)	1.12
Biodegradable film (Mater-Bi)	0.0013	0.4585

* : 取樣大小=30cm×30cm×100cm (長×寬×高)

* : Sampling size=30cm×30cm×10cm (Length×Width×Depth)

** : 敷蓋期→耕犁期→調查期 (88年9月16日→89年3月22日→89年9月20日)

** : Mulching date→Plowing date→Investigating date (16/9/1999→22/3/2000→20/9/2000)

*** : 敷蓋期→耕犁期→調查期 (89年9月20日→90年4月17日→90年4月24日)

*** : Mulching date→Plowing date→Investigating date (20/9/2000→17/4/2001→24/4/2001)

(四) 生物分解畦面敷蓋膜在甘藍栽培之研究.

本研究供試敷蓋膜於89年9月28日敷蓋, 供試甘藍初秋品種於89年10月9日定植, 甘藍於89年12月11日採收, 甘藍採收後之產量, 統計上並無顯著差異(表8)。89年9月-12月供試期間之平均氣溫分別為28.4、27.8、23.7及21.2℃, 降雨量分別為100、96、11及13mm; 至於日照時數則分別為253.5、223.2、170.3及190小時。供試分解膜以Novon分解膜較早裂解, 敷蓋後12天(89年10月7日)已開始裂解, 其次為Daicell公司之Cell Green multi生物分解膜, 敷蓋後30天開始裂解, 不同分解膜之裂解天數如表9。Cell Green multi, 生物分解膜敷蓋後82天, 敷蓋膜地上部份之延伸率較低(表10), 因此其裂解也較快。Novon生物分解敷蓋膜因採用BP-CME20% 分解母粒。因此敷蓋後82天, 膜之裂解率高達80.8%, 其殘存的分解膜物性已不易測出。影響PE膜劣化之因子甚多, 天候亦會誘發傳統PE膜之劣化, 至於分解性PE膜亦因分解機制不同, 其劣化程度亦異。梁氏(1991)報導生物分解受到環境狀況, 諸如濕度、溫度等氣候條件, 微生物種類以及塑膠膜厚度等之影響⁽⁷⁾。Wells及Courter氏(1975)指出: 影響畦面敷蓋膜分解之因素有敷蓋膜之顏色、成分、地理條件, 田間的曝曬長短, 植期及栽植作物之種類及遮陰程度等⁽³⁷⁾。

表 8. 不同材質分解膜對甘藍產量之影響

Table 8. Effect of different degradable mulching films on the yields of cabbage

敷蓋膜 Mulching films**	葉球重量 Weight/head (kg)	葉球大小 Head size(cm)		備註 Remarks
		橫徑 Width	縱徑 Longitude	
		UPEC	1.21a*	
Bio Multi B	1.20a	19.5b	11.3a	Tsujino plastic, Japan
Eco Green B	1.47a	19.9ab	11.9a	Taiyo Kogyo, Japan
Cell Green multi	1.42a	19.8ab	11.3a	Daicell, Japan
Kiemaru	1.34a	20ab	11.6a	Atend, Japan
ECM	1.47a	20.9a	11.8a	ECM BioFilms, U.S.A.
Novon	1.40a	19.9ab	11.8a	Novon, Japan
Regular PE	1.44a	20ab	11.9a	Taiwan

* : 同一欄內英文字母相同者表差異不顯著 (p=5%)

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level

敷蓋期: 89年9月28日; 種植期: 89年10月9日; 採收期: 89年12月11日

** : Mulching date: 28 Sept. 2000; Planting date: 9 Oct. 2000; Harvesting date: 11 Dec. 2000

表 9. 不同材質分解膜之裂解率

Table 9. Degradation rate of different mulching films tested at Tainan DAIS

敷蓋膜 Mulching films*	膜裂解率 % of fracture in film (28/9/2000-18/12/2000)	分解膜敷蓋迄開始裂解天數 Days from mulching to appear first cracking in film (Days)
UPEC	1.89	47
Bio Multi B	3.33	45
Eco Green B	18.5	31
Cell Green multi	3.13	30
Kiemaru	3.77	47
ECM	3.70	43
Novon	8.08	12

*: 敷蓋-調查期:89年9月28日-89年12月18日

*: Mulching date: 28 Sept. 2000; Investigating date: 18 Dec. 2000

表 10. 分解膜曝曬前及曝曬後地上部份之物性

Table 10. Physical properties of degradable mulching films before testing and after harvesting

敷蓋膜 Mulching films	延伸率*		斷裂強度*	
	Elongation BP		Tensile BP	
	測試前 Before testing	採收後 After harvesting	測試前 Before testing	採收後 After harvesting
	MD/TD(%)		MD/TD(kg/cm ²)	
UPEC	145/285.2	13.2/22.8	197.8/309.5	257.6/247.3
Bio Multi B	263.5/116.2	20.3/7.2	365.8/233.5	239.1/162.2
ECM	142.7/130.5	76.4/17.4	107.1/79.6	111.7/91.9
Eco Green B	263.1/543.2	—	196.5/145.2	—
Cell Green multi	208.1/127.2	4.6/36.5	361.3/156.4	86.0/168.7
Novon	—	—	—	—
Kiemaru	398.6/328.4	13.2/37.8	443.4/242.6	250.4/240.4
Regular PE	—	290.3/201.7	—	164.2/111.9

*: 曝曬後82天

*: 82days after exposure to sunshine

(五) 不同敷蓋期生物分解膜之裂解率

民國89年6月於台南縣仁德鄉採用Mater-Bi生物分解膜進行畦面敷蓋得知:夏季敷蓋生物分解膜約20餘天裂解,秋天敷蓋者約40-50餘天(表11),不同時期敷蓋之分解膜,其裂解天數仍依季節等氣候條件而有所差異與本系列往昔的研究報告雷同⁽¹⁴⁾。另根據Giovanni Ghislandi (2000)之報導:在義大利之夏季期間,Mater-Bi生物分解膜敷蓋後14-21天開始裂解,對雜草仍具抑制效果,在德國則在敷蓋後35天開始裂解,其裂解率也依作物而有不同,一般Mater-Bi生物分解膜約可維持1-3個月才裂解⁽²⁹⁾。

表 11. Mater-Bi生物分解膜之分解天數

Table 11. Degradation days of Mater-Bi biodegradable film at different mulching date

敷蓋期~調查期 Date from mulching ~investigating	膜裂解率 % of fracture in film	敷蓋迄開始裂解天數 Days from mulching to appear first cracking in film (Days)	作物 Crops
14/9/1999~20/3/2000	33.6	42	Processing tomatoes
30/9/1999~30/12/1999	48.8	52	Cabbage
1/6/2000~6/8/2000	78.3	25	Watermelon
1/6/2000~6/8/2000	80.1	25	Sweetmelon
27/7/2000~24/10/2000	72.8	22	Cantaloupe

二、生物分解膜盆植試驗

改良種小白菜於89年2月25日播種，發芽後，移植於8"素燒盆每一素燒盆混合2.5kg栽培介質（商品名Capriflor）及300g之甘雨特肥並分別摻混1cm×1cm大小，重量分別為4、16及64g之Mater-Bi生物分解膜碎片（義大利Novamont公司產製，50%澱粉+50%PCL），並以不摻混塑膠碎片為對照，每一處理三重複。小白菜於89年3月21日採收，調查得知：素燒內未放分解膜碎片之小白菜，其葉面積及單株重較大且重，不同處理間有差異存在（表12）。惟採收後的小白菜及栽培介質之重金屬含量，不同分解膜碎片重量之處理，大部份均無顯著差異（表13）。作者早先採用田間已曝曬過台聚崩解膜之不同碎片重量進行水稻的盆植試驗亦有類似結果。葉片重金屬含量，除了鋅及鐵含量在不同處理有明顯差異外，餘均無顯著差異，而糙米之重金屬含量，除了在鋅含量不同處理有差異外，其餘則均無差異⁽¹¹⁾。大陸程氏等（1993）報導，光分解膜碎片拌入土壤，對於土壤性狀並無影響，分解膜碎片小於0.5cm×0.5cm，即使施用年份很長，也不會危害作物。程氏等另以盆植（內放相當於20、100及300年的分解膜碎片殘留量）進行白菜之試驗得知，光分解膜之殘留的碎片在土壤中累積，不僅沒有導致白菜減產反而引起增產，小麥亦有類似結果⁽⁸⁾。據大陸農業部環境保護科研監測所，李氏等（1994）報告：光分解膜碎片以1:500濃度與土壤混合，對土壤物理性狀產生明顯影響，惟對大麥、玉米、白菜的生長及產量（除極少數處理外）均未顯示不良影響，且不改變土壤和作物中Cu、Cd、Ni等重金屬含量⁽³⁾。另據大陸鄭東生之報告（1999）：採用光解膜進行甘蔗敷蓋栽培，敷蓋膜60天後才破裂，甘蔗培土膜露光部分可以碎裂到4cm×4cm以下，50年使用量也不會造成甘蔗田有害元素的增加⁽¹⁸⁾。本研究摻混不同分解膜碎片量之栽培介質經灌水後，其滲濾出的水分之重金屬含量在不同處理均也大部份無顯著差異（表14及表15）。又，小白菜採收後，調查含不同生物分解膜碎片重量之栽培介質得知：栽培介質含較多碎片者，其細菌、真菌及放線菌之總量均較多（表16）。

表 12. Mater-Bi生物分解膜碎片對盆植小白菜生育及品質之影響

Table 12. Growth and quality of pai-tsai grown in pots incorporated with different amount of Mater-Bi biodegradable debris

分解膜量 Amount of debris (g/8"pot)	株高 Height (cm)	葉數 Leaf No	葉面積 Leaf area (cm ²)	根重 根長		單株重 Weight/ plant (g)	可溶性固形物 Total soluble solids (Brix°)	維他命C Vitamin C (ppm)
				Weight (g)	Length (cm)			
0	21.9ab*	7.1a	785.0a	1.8a	14.5a	36.0a	4.3a	362.8a
4	23.2a	5.8b	576.4ab	1.1b	13.4a	27.7ab	4.2a	293a
16	19.6ab	6.3ab	522.4b	1.3ab	13.2a	24.3b	4.2a	324.7a
64	18.4b	6.3ab	482.3b	1.1b	12.0a	21.1b	4.5a	339.7a

* : 同一欄內英文字母相同著表差異不顯著 (p=5%)

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level

種植期：89年2月25日；採收期：89年3月21日

Planting-harvesting=25/2/2000-21/3/2000

表 13. 栽培介質摻混不同重量生物分解膜碎片之盆植小白菜重金屬含量分析

Table 13. Heavy metals content of pai-tsai grown in pots incorporated with different amount of Mater-Bi biodegradable debris

分解膜碎片重 Amount of debris (g/8"pot)	Zn	Cd	Pb	Ni	Fe Cr Cu Mn			
					(ppm)			
0	7.33b*	N.D.	N.D.	0.08a	4.83a	0.04a	0.43a	3.47ab
4	6.80b	N.D.	N.D.	0.06a	6.87a	0.04a	0.33a	2.67b
16	9.63a	N.D.	N.D.	0.09a	6.01a	0.04a	0.43a	4.13a
64	8.37ab	N.D.	N.D.	0.07a	6.53a	0.05a	0.53a	3.77ab

* : 同一欄內英文字母相同著表差異不顯著 (p=5%)

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level

表 14. 栽培介質摻混不同重量生物分解膜碎片灌水後之滲濾水之重金屬含量分析

Table 14. Heavy metals content of leaching water after irrigation in culture media incorporated with different amount of Mater-Bi biodegradable debris

分解膜碎片重 Amount of debris (g/8"pot)	Fe	Cr	Cu	Zn Cd Pb Ni			
				(ppm)			
0	0.47a*	0.003a	0.04a	0.11a	N.D.	0.009a	0.007a
4	0.38ab	0.002a	0.03b	0.08ab	N.D.	0.013a	0.017a
16	0.4ab	0.001a	0.02b	0.06b	N.D.	0.008a	0.005a
64	0.32b	0.002a	0.02b	0.05b	N.D.	0.007a	0.005a

* : 同一欄內英文字母相同著表差異不顯著 (p=5%)

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level

表 15. 栽培介質摻混不同重量生物分解膜碎片灌水後之滲濾水之重金屬含量分析

Table 15. Heavy metals content of leaching water after irrigation in culture media incorporated with different amount of Mater-Bi biodegradable debris

碎片重量 Amount of debris (g/8"pot)	澆水天數 Irrigation days	Zn	Cd	Pb	Ni	Fe	Cr	Cu
		(ppm)						
4	7	0.19	N.D.	0.01	0.05	0.63	0.006	0.08
	28	0.08	N.D.	0.01	0.02	0.38	0.002	0.03
16	7	0.16	N.D.	0.01	0.03	0.52	0.004	0.07
	28	0.06	N.D.	0.008	0.005	0.4	0.001	0.02
64	7	0.15	N.D.	0.02	0.05	0.37	0.004	0.06
	28	0.05	N.D.	0.007	0.005	0.32	0.002	0.02

N.D. : 表未檢測出

N.D. : No detected.

表 16. Mater-Bi生物分解膜盆植試驗測試前及植株採收後栽培介質之微生物相變化

Table 16. Microorganisms of culture media in pots incorporated with Mater-Bi biodegradable debris before planting and after harvesting

碎片重 Debris (g/8"pot)	細菌Bacteria		真菌Fungus		放線菌Actinomyces	
	測試前	採收後	測試前	採收後	測試前	採收後
	Before testing	After harvesting	Before testing	After harvesting	Before testing	After harvesting
	(cfu/g)		(propugles/g)			
0	2.93×10 ⁶ b*	3.93×10 ⁶ a	3.2 ×10 ³ c	6 ×10 ³ b	4.4×10 ³ c	0.09×10 ⁴ b
4	4.88×10 ⁶ b	9.18×10 ⁶ a	4.6 ×10 ³ c	12.7×10 ³ b	39.4×10 ³ b	1.74×10 ⁴ b
16	10.1×10 ⁶ a	7.84×10 ⁶ a	11.4 ×10 ³ b	37.4×10 ³ ab	71.4×10 ³ a	0.09×10 ⁴ b
64	12.4×10 ⁶ a	9.32×10 ⁶ a	82.6 ×10 ³ a	61.9×10 ³ a	30.7×10 ³ b	46.5×10 ⁴ a

* : 同一欄內英文字母相同著表差異不顯著 (p=5%)

* : Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level

培養基：細菌；肉汁瓊脂；真菌；蛋白凍葡萄糖，玫瑰紅瓊脂；放線菌；幾丁質瓊脂

Media: Bacteria-Nutrient agar; Fungus-Pentone Dextrose Rose bengal agar; Actinomyces-Chitin agar

三、不同土壤種類生物分解膜之分解率

土壤類型不同，分解膜之裂解率亦異，採用 Mater-Bi 生物分解膜碎片，分三層（每一層三片，每一片(10cm×10cm)置放於內含紅壤、砂頁岩沖積土及粘板岩沖積土之 8"素燒盆，掩埋 30 天後，每隔 15 天調查分解膜失重率；以置於粘板岩沖積土之分解膜分解最快，掩埋 60 天後分解率達 93.5%，砂頁岩沖積土次之，紅壤之分解率最少（表 17）。紅壤因 pH 值及微生物密度（真菌、細菌及放線菌）均最低，加上有機質含量較少，因此分解膜分解較遲。

表 17. 生物分解膜在不同土壤的分解率

Table 17. Weight loss of Mater-Bi biodegradable films buried at different kinds of soil

土類 Taxonomic unit	膜失重率(%) Weight loss in film		
	30days**	45 days	60days
	Red Soils	6.6c*	7.3c
Sandstone-Shale Alluvial Soils	21.2b	27.8b	27.9b
Clay Slate Alluvial Soils	59.6a	85.4a	93.5a

*：同一欄內英文字母相同著表差異不顯著 (p=5%)

*：Means within each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level

**：掩埋後天數

**：Days after buried

結 語

不同材質生物分解膜在畦面敷蓋之初步調查得知：採用生物分解膜做為畦面敷蓋也具光分解膜及生物崩解膜抑制雜草等功效。目前可分解畦面敷蓋膜之所以未能為農民所接受，除了價格較傳統 PE 膜貴外，最大的關鍵點是瓜農希望分解畦面敷蓋膜可以多次利用，在第一作採收後，分解膜僅有少許的裂解現象，俾接下來的第二作可以不必重新進行畦面敷蓋，可再度使用一次俾能節省敷蓋材料成本及再度敷蓋所需的工時，因此未來材料研發時，應針對農民的需求多加考慮，則未來推廣的可行性才較有希望。

引用文獻

1. 主法院公報.2001.90：3(上).p.109.
2. 中華民國八十八年農業統計年報 2000.行政院農業委員會編印.
3. 李治祥、周毅、杜道丁、張俊亭、王勇、1994·光解塑料農膜的環境影響研究·農業環境保護 13(6)：241-245.
4. 金維續、張文祥、程桂蓀、孫昭榮、劉小秋、劉秀奇.1995.光降解地膜的農業效果與降解過程(Ⅱ)－土壤污染研究及環境評價·農業環境保護 14(5)：219-223.ブプロ
5. 唐賽珍.2000.中國降解塑料的研究與開發.2000年中國環境降解塑料及環境友好材料研討會論文集.中國塑料工程學會降解塑料研究會編印.p23-32.
6. 張文祥.金維續.孫昭榮.劉秀奇.1994.降解膜殘片與土壤耕層水分傳動.土壤肥料.3:12-15.
7. 梁永芳.1991.分解性塑膠研究現況介紹.科學發展月刊.19(5)：673-682.
8. 程桂蓀.劉小秋·高松.1993.光降解地膜小殘片積累量對土壤和作物產量的影響.土壤肥料 2:14-17.
9. 楊紹榮、劉嘉隆.1992.可分解塑膠膜在園藝作物栽培之初步評估.台南區農業改良場研究彙報 29:56-70.
10. 楊紹榮.1994.分解性 PE 膜在瓜果類畦面敷蓋栽培之研究.設施園藝之研究與技術開發計畫執行成果報告(81年及82年度)p.351-363.
11. 楊紹榮.1995.分解性塑膠膜對洋香瓜等作物可食部份吸收重金屬含量之探討.中華農學會報新 169期 p.134-144.
12. 楊紹榮.1995.農業塑膠廢棄物處理之探討.台灣蔬菜產業改進研討會專集.台中區農業改良場特刊第 37號 p.325-342.
13. 楊紹榮.1996.分解性資材在園藝作物栽培之利用.園藝之友 54：7-14.
14. 楊紹榮.1996.不同敷蓋期對生物/光分解膜裂解速率之影響.設施園藝之研究與技術開發計畫執行成果報告(83年及84年度)p.118-123.
15. 楊紹榮.鄭錦容.1999.分解性資材在園藝作物栽培之研究·蔬菜作物試驗研究彙報(第九輯).鳳山熱帶園藝試驗分所編印.P.580-593.
16. 楊紹榮.2000.可分解塑膠在農業利用之研究簡介.未發表
17. 楊紹榮.鄭錦容.余合.2000.可分解塑膠在農業之利用.台南區農業改良場技術專刊 89-6(No.104).pp.14.
18. 鄭東生等.1999.光降解甘蔗除草地膜研究報告(1).甘蔗糖業 1:11-16.
19. 小林 五郎.1999.環境保全型農業資材－生分解性プラスチックの利用と課題.農耕と園藝. 6:118-123.
20. 大島一史.2000.生物分解性プラスチックの應用と今後。プラスチックス.51(7)：59-63.
21. Burga-Mendoza, C.A. and B.L. Pollack,1973. A Comparison of degradable and non-degradable film mulches for production of vegetables. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong 11:7-9.

22. Carnell, D. 1981. Field study of a perforated/slitted, clear photo-degradable plastic mulch for direct seedling on field corn, seed corn, sweet corn, and processing tomatoes. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 16:129-132.
23. Casalicchio, G., A. Bretoluzza and A. Fabbr. 1990. Photodegradable film research-Initial research into the possible toxic effect of photodegradability inductors on sweet corn and melons. Plasticulture. 86(2):21-28.
24. Decoteau, D.R and B.B. Rhodes. 1989. Photodegradable mulches and watermelon production. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 21:211-214.
25. Decoteau, D. R and B.B. Rhodes. 1990. Characteristics and effectiveness of photodegradable mulch for use in watermelon production. Applied Agricultural Research 5(1):9-12.
26. Ennis, R.S. 1987. Plastigone (TM) A new, time controlled, photodegradable, plastic mulch film. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 20:83-90.
27. Fallon, J.B. 1989. Effect of row covers on the degradation of plastigone (TM) photodegradable mulch. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 21:147-152.
28. Gilead, D. 1990. Photodegradable films for agriculture. Polymer Degradation and Stability 29:6571.
29. Giovanni Ghislandi, 2000. Mater-Agro starch based biodegradable mulching film. Personal communication.
30. Kostewicz, S. R. and W.M. Stall. 1989. Degradable mulches with watermelons under North Florida conditions. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 21:17-21.
31. Lamont, W.J. and C. W. Marr. 1990. Muskmelon, honeydews and watermelons on conventional and photodegradable plastic mulches with drip irrigation in Kansas. Proc. Natl. Agr. Plastics. Cong. 22:33-39.
32. Lamont, W.J. 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. HortTechnology 3(1):35-39.
33. Moeykins, C. and H.G. Taber 1993. Effect of season and plastic color on degradation rate of photodegradable agricultural plastic mulch. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 24:75-80.
34. Sanders, D.C., C.A. Prince and P.P. David. 1989. Photodegradable plastics in North Carolina. Proc. Natl. Agr. plastics Cong. 21:11-16.
35. Schales, F.D. 1989. Survey results on plastic mulch use in the United States. Contribution No:7903 of the Maryland Agricultural Experiment Station. p.95-101.
36. Taber, H.G. and R. Ennis. 1989. Plant uptake of heavy metals from decomposition of plastigone (TM) photodegradable plastic mulch. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 21:47-52.
37. Wells, O.S. and J.W. Courter. 1975. Mulching vegetables with new degradable plastic films. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 12:1-6.
38. Yang, S.R. 1999. Degradable plastics films for agricultural application in Taiwan. Proc. Natl. Agr. Plastics Cong. 29:4-6.

Study on the Use of Biodegradable Plastics in the Cultivation of Horticultural Crops¹

Shaw-rong Yang²

Summary

Biodegradable plastics such as UPEC, Bio Multi B, Eco Green B, Cell Green multi, Kiemaru, Mater-Bi, Novon and ECM introduced from abroad, were adopted as mulching materials in cantaloupe, watermelon, sweetmelon, processing tomatoes and cabbage in this study. The results indicated that no difference were found on the growth & yields among different mulching films. There was also no difference in heavy metals content of edible part of cabbage and accumulative leaching water of culture media in pots incorporated with different amount Mater-Bi biodegradable debris. Degradation rate varied in different kinds of soil. The highest was found in clay slate alluvial soils & the least in red soils.

Key words : Biodegradable plastics, Horticultural crops

Accepted for publication : 18, July 2001.

-
1. Contribution No.265 from Tainan District Agricultural Improvement Station, COA. This research was supported by the Council of Agriculture Executive Yuan, under the project of 89AST-1.1-FAD-31.
 2. Horticulturist, Tainan District Agricultural Improvement Station, COA.350, Section 1, Linshen Road, Tainan 701, Taiwan, Republic of China.