

塑膠產品由於輕巧方便、價格便宜，廣受各界採用，帶給世人日常生活莫大的便利，惟使用過後，也產生大量的廢棄物，造成所謂的「白色污染」。

# 分解性資材

## 在農業上的利用

近年來，由於人們對於其所居住的環境品質要求日漸提升，因此，具環保訴求的綠色標章產品，也逐漸為大家所重視，分解性塑膠產品即為其中之一。

**分**解性塑膠可利用於醫療業(如外科手術用縫線)、包裝業(購物袋、餐盤)、衛浴用品業(紙尿布、洗髮精)、休閒業(如高爾夫球釘)以及農業資材等，目前國內外均有產品上市。最近的資料(1997年5月)得知：英國的NBS信用卡製造廠商，已結合Co-operative銀行及以產製Biopol生物分解原料的孟山都公司發展出可生物分解的信用卡。預測到西元2000年將會取代現有的200萬張信用卡。

就農業而言，由於塑膠布資材具保溫、防雨、遮陰及抑制雜草等功能，加上使用方便，因此目前已廣泛應用於農作物栽培，惟傳統塑膠材質經使用過後，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，採用可以分解的材質如分解性塑膠、低污染的牛皮紙及農作物收穫後之殘莖製成之纖維草膜於農作物栽培，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。



■早期採用最易分解的稻草做為畦面敷蓋。

### 畦面敷蓋最有發展潛力

分解性材料在作物栽培之利用以畦面敷蓋最具發展潛力，早期大都使用容易腐爛分解的稻草為敷蓋材料，其他的畦面敷蓋材料尚有塑膠膜及紙膜，其中分解性塑膠膜之研究最早。

#### 1. 分解性塑膠膜仍需長期觀察

1970年Wendt及Fuqua氏在美國德州之Lubbock及Munday地區進行番茄、西瓜、甜椒、甘藍、洋蔥、胡蘿蔔、棉花及甜玉米之分解膜畦面敷蓋試驗，為分解膜在農業利用之濫觴。1990年Decoteau及Rhodes報導：採

用晚期光分解(60-90天才會分解)之黑色PE膜已成功地在美國南卡羅萊那州經濟栽培西瓜產地進行畦面敷蓋。另根據美國塑膠委員會1994年4月之報導：光分解畦面敷蓋膜，目前全美年需求量僅200萬磅，最有名的製造廠商為Plastigone Technologies公司。

Carnell氏指出：1970年初期法國已經採用透明之光分解膜進行玉米種子之畦面敷蓋，最初僅有5公頃。晚近據法國Plasticulture雜誌主編Garnaud氏指出：目前全球光分解敷蓋膜大約有100,000公頃，其中40,000公

## 《第一類 農業環保產品》

項在法國，主要利用於番茄及甜玉米之畦面敷蓋，德國約有500公頃。

另據義大利塑膠研究機構Venosta博士(1997)之傳真資料：義大利之分解畦面敷蓋膜試驗大約在1980年代開始，目前有部份使用Ecopac生物分解膜，惟量不多。

Gilead氏(1979)報導：以色列在1975年即開始利用光分解膜(商品名為Plastor)於西瓜、甜瓜、茄子、甜椒、番茄及小黃瓜等作物之畦面敷蓋。

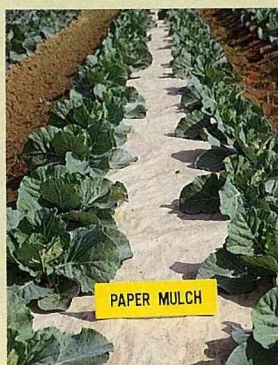
日本在1970年起即開始從事光分解性塑膠之研究，在1990年農業用光分解薄膜總計有70公噸，銷售量佔該年全部分解性塑膠的9.6%。

在大陸，據王氏等之考察報告(1995)：目前大陸分解膜敷蓋面積約有6,150公頃，其中光分解膜有4,050公頃，光/生物分解膜有2,100公頃，主要利用於棉花、煙草、玉米、花卉及蔬菜之畦面敷蓋。

本省，台南區農業改良場自民國80年2月開始進行分解性塑膠膜在園藝作物栽培之評估，迄今該試驗仍持續進行，就目前之調查得知：對於畦面敷蓋當期作物植株與耕犁入土後之分解膜碎片對後續作物再次栽種並無不良的影響。採用光分解膜進行畦面敷蓋，畦面接觸較多的日照，故裂解也較快，惟掩埋於畦溝兩側者，由於未照射到陽光，因此作物採收後分解膜之兩側韌性仍強，有鑑於此，未來將著重於研發出作物生長期不易裂解，而在生育後期(枝葉已茂盛或敷蓋滿畦面時)才快速裂解之生物/光



■ 分解膜連續敷蓋後的殘留碎片(左)，對後續作物包心芥菜生育及產量並無影響。



■ 「展盟」原色牛皮紙利用於甘藍之畦面敷蓋。



■ 紙類敷蓋膜利用於蔬菜畦面敷蓋。

混合之分解膜，如此分解膜在耕犁後入田間後，才較易被分解。

目前仍待探討的問題是，田間採用分解性敷蓋膜要多久敷蓋才可再使用？求出最適宜之敷蓋間隔年代俾減少塑膠膜用量。經過長期評估若對於作物及土壤理化性狀是具正面效果時，則分解性敷蓋膜之利用，仍具發展潛力的。

### 2. 紙類敷蓋膜成本低效果佳

83年9月下旬第二十五屆美國農業塑膠會議於肯塔基州萊希

頓市舉行時，美國Ken-Bar公司於會場展示，可利用小型機器敷蓋之紙類敷蓋膜，較一般的PE敷蓋膜溫度低1-2°C；且在土壤中會分解亦無廢棄物處理之問題。

在大陸已有報導：採用植物纖維及各種造紙原料為主要原料，經過配料及特殊加工處理可生產農用紙膜，此種紙膜具一般PE膜之作用，且成本遠低於PE敷蓋膜(農業科技通訊，1993)。另據蘭州科技情報(1996)之報



■國產紙鉢  
利用於蔬菜栽培。



■「佳綠」生物分解美果袋，  
利用於蔬果包裝。



BIOTEC生物分解育苗鉢

■德國Biotec公司利用馬鈴薯澱粉  
為原料，製成  
生物分解性移  
植鉢。



緩效性  
微膠囊肥料

■緩效性微膠囊  
肥料。



■生物分解性的  
穴盤。

導：一種多功能的農用紙質敷蓋膜已開發成功，經調查得知：油菜、西瓜採用紙膜敷蓋較塑膠膜敷蓋均具不同程度的增產效果，且敷蓋2-3個月後會自動分解轉變成有機質肥料。且紙膜的生產成本僅為塑膠膜的15%-18%。

在日本山形縣高島町地區，於5月份以紙膜做為水稻敷蓋進行有機栽培，2個月後敷蓋紙膜消失，且進行堆肥化(機械化農業，1995)。

台南區農業改良場84年度底

亦開始嘗試利用展盟公司提供之原色牛皮紙進行甘藍之畦面敷蓋和一般PE膜比較，地表下20公分之溫度較低，初步觀察得知：紙類敷蓋膜仍具抑制雜草之效果且產量並不遜於一般PE膜。

### 3. 草纖維敷蓋膜最佳環保產品

利用稻草、麥稈及其他富含纖維質的作物產製草纖維農業用敷蓋膜除可解決農業廢棄物問題外，此種草纖維敷蓋膜在使用後將較易被分解，目前大陸北京膜料學科學技術應用研究所已在研發此種新型敷蓋膜。據報導：廣東高技術產品發展中心已成功的從稻草、麥稈等禾本科植物中萃取出纖維素，經過加工和特殊處理後可製成草纖維薄膜，在自然狀態下或強光、低溫狀況下可保持2-3年性能不變，拉力、強度及透光率均達到PE膜標準，埋入土壤中8個月左右可分解成有機物，且不含有毒成分，此外價格低，成本比PE膜低15%(農業科技與信息，1992)。

另據蘭州科技情報(1994)之報導：利用麥稈為主要原料生產之草纖用敷蓋膜其殘留物經土壤中的微生物分解，可增加有機質和肥份，促進作物生長。據估計，草纖維敷蓋膜比PE敷蓋膜的成本每公噸可降低7,600元新台幣。

### 分解性移植鉢

#### 有生態遠景

在1970年代中期，美國森林服務局曾經採用，聯合碳化公司利用化學合成方式研發出聚己內酯(Polycaprolactone, 簡稱為PCL)之生物分解性塑膠所做成樹苗護根套，將樹種播於護根套內，再

利用槍彈發射到山上，在作物生長初期加以保護，隨後則於土壤中自然分解消失。

瑞士Belland公司亦開發出包紮植物根部的園藝用分解膜，當此包紮膜接觸肥料溶液時即會逐漸分解。在高速公路兩旁邊坡之花木種植或者對於不希望再次移植的作物均可嘗試採用此種分解性的移植鉢。

據德國Linda Groot氏報導(1996)：目前在使用的生物分解移植鉢，可採用紙、蔬菜纖維、木質材料及泥炭做成，惟以紙鉢較普遍，1994年德國約有700萬個紙鉢在使用，佔全部園藝用移植鉢的4.3%(Hanke, 1996)。採用分解性的移植鉢各有其利弊得失：優點為節省回收勞力，節省廢棄物處理之經費、減少石化能源浪費與促進園藝產業生態遠景。缺點為植後生物分解較慢，鉢壁會附著藻類及真菌的增殖；售價較塑膠鉢貴；水分的需求量增加(和塑膠鉢比較，紙鉢及澱粉鉢分別增加65.5%及10.5%)。由於紙鉢對於水分需求較大，因此在德國漢諾威之Gartenbau及Landwirtschaft科技機構正試圖評估一些Coating物質在紙鉢上，以減少水分蒸散，初步發現：天然樹脂、乳汁、苦楝油和酯澱粉可減少蒸散，惟仍需進一步評估這些Coating物質是否會防礙盆鉢之生物分解。

根津清已報導(1996)：在日本已開發出10%椰子殼粉末拌混「Green-Pla」生物分解材料(Bionolle)製成之移植鉢，埋在土中3個月即可分解。在德國有廠商利用Biotec公司生產之生物分解樹脂產製花卉移植鉢。據法國

## 《第二類 生活環保產品》

生物分解委員會，Pierre Feuilleley 先生之估計(1997)：目前歐洲地區生物分解盆鉢之全部使用量約佔5%。

### 讓太空包垃圾減量

食用菇類栽培場之太空包所產生之塑膠廢棄物為數亦相當可觀。據調查本省每年約須 13,255 萬個太空包(PP 袋盛裝鋸木屑)，其所產生之 PP 塑膠廢棄物約為 663 噸，往年大都於野外焚燒，或將太空包隨意丟棄於河川上游。晚近由於農政單位之輔導，已將使用過後太空包之鋸木屑及 PP 袋利用機械分離，將分離之廢棄 PP 回收做成塑膠母粒俾再加工，而鋸木屑則嘗試做有機質肥料，以減少生態污染。台南區農業改良場曾利用光分解性的 PP 太空包裝進行菇類栽培，初步調查亦顯示對於菇類發育及產量和傳統 PP 太空包並無差異。

### 分解性蔬果套袋已商品化

如番石榴的套袋，目前番石榴採收後，果實外面的透明 PE 袋在消費者購買後，當天即被運到垃圾場，因此可研發 3 個月以後快速裂解之生物分解膜，進行果實套袋。台灣厚森工業股份公司在 1996 年已開發生物分解美果護套，未來可做為果實包裝用。

### 光分解捆紮帶成本太高

日本三菱化成 Vinyl 公司曾生產設施園藝用之光分解捆紮帶使用於葡萄、番茄、胡瓜及獼猴桃等枝條之誘引，其年銷售量為 45~50 公噸。在台灣中部卓蘭之部份果農曾利用於橫山梨等枝條誘引固定。台南場在民國八十二年利用產品名 Max 之光分解捆紮帶在台南市安南區進行小果番茄之藤蔓誘引嘗試，惜因此種捆紮



■日本產製的 Biopol 生物分解性產品。



■法國巴黎 Pullman 飯店化妝室內放置的光分解生理用品清潔帶。



■日本利用馬鈴薯澱粉做成的生物分解性餐盤。

帶每捆(19m×11mm)，售價為傳統結束帶之 4 倍，故僅試用一年。

### 水溶性農藥包裝袋

採用聚乙烯及醇類化合物(Polyvinyl alcohol)所研製的水溶性之農藥包裝袋，袋包觸水 2 分鐘內即全部溶解。此種水溶性之農藥包裝袋在民國 70 年上市，本省則於 80 年代由台灣汽巴嘉基公司自瑞士引進，採用此種包裝袋，可保護噴藥者的安全，操作方便，且省時省工，使用後且無包裝容器廢棄物的問題，因而大幅降低環境污染。其他還可應用在肥料袋及堆肥袋方面。

### 生物分解性堆肥袋的利用

據密西根州立大學 Narayan 博士之報導：由於越來越多的堆

肥處理場已禁止非分解性塑膠的使用，因此生物分解性堆肥袋的用量將增加。1997 年美國 Cargill 公司採用 Ecopla 生物分解聚合物，準備生產 30 加侖的生物分解堆肥袋；杜邦及 ConAgra 合資機構則生產 Enpac 商標之生物分解堆肥袋行銷市場；加州的 Biocorp 公司也生產商品名 Mater bag 之生物分解垃圾袋，作為食物殘渣、庭園枯葉剪枝等裝袋用。歐洲地區則採用義大利 Novamont 公司開發之 Mater-Bi 生物分解樹脂產製堆肥袋垃圾袋，從芬蘭以迄義大利，有超過 50 個社區團體在使用。

### 緩效性肥料

#### 及農藥之釋放控制

微膠囊乃粒徑在數微米至數

■本省厚森公司所產製的「佳綠」生物分解性產品，如手提袋、移植鉢、高爾夫球釘等。



■義大利出品的生物分解性紙尿布。

千微米間之微小容器，是以薄膜即殼膜將內容物，即核芯包覆起來所形成之微小膠囊容器，可做為薄膜的材料以天然及合成之高分子材料較多。利用高分子材料將農藥、肥料包覆成微膠囊，可以改善農藥及肥料之貯藏性，不易流失，在作物生長季節中可緩慢且均勻釋放出，延長農藥及肥料的施用期，達到殺草、施肥之效果。可減少農藥及肥料之施用次數，減少環境污染。

在本省，微膠囊緩效性農藥已由工研院化工所授權台糖公司及台灣省農會農化廠使用。據 Posey 及 Hester 氏(1994)報導：採用低密度聚乙烯進行尿素包覆，並以澱粉含量控制聚乙烯膜的孔隙度，俾能緩慢釋放出尿素，使

尿素吸收率達到最高，氏等發現：PE膜越薄及澱粉含量越低，尿素釋放率均較快。

另據北京化工大學之報導(1996)利用塑料與化學肥料混煉而成之「塑膠營養土」已研發成功，能在2-3年內緩緩釋放營養物質，供植物需要。

台南區農改場在民國86年初亦曾混合60天及70天內可完全分解之緩效性肥料於栽培介質生產葉菜類，成效不錯。

### 未來展望

目前分解性資材以塑膠膜研發最久，且使用較多，因此僅就分解性塑膠之成本進行評估。分解性塑膠一般可區分為，光分解與生物分解塑膠二大類，後者又因製造方法不同而區分為下列三種：

一為添加天然高分子物質(主要為澱粉)的生物分解塑膠，即目前大家通稱之崩潰型生物分解塑膠。

二為直接利用天然高分子材料產製的生物分解性塑膠。

三為利用微生物發酵及化學合成之脂肪類聚乳酸生物分解塑膠。

由於製造設備及投資成本不同，因此每一種分解性塑膠其生產價格均不一。一般而言，與傳統塑膠比較，光分解塑膠之生產價格約高2-5%，在塑膠材質中添加或滲混澱粉之崩潰型生物分解性塑膠則較貴8-15%。至於聚乳酸類之生物分解性塑膠，由於目前仍屬樣品及試產階段，因此其生產價格約為傳統塑膠的4-8

倍。

就農業用分解敷蓋膜而言，在美國每十公畝分解性敷蓋膜之價格較傳統PE膜僅貴8.66美元。另據美國(American vegetable grower'1996)報導：傳統黑色PE敷蓋膜(4'×2000')之售價為29.5美元，惟同樣規格之光分解膜則需35美元。事實上，在美國清除廢棄PE膜的費用，每10公畝約為620元台幣(Otey 氏等，1980)；在本省瓜果主要產地，台南縣佳里、七股及東山地區之調查得知：瓜果採收後田間PE膜清除費用每10公畝約為1,000元台幣。雖然目前光分解及生物崩潰型分解性塑膠的價格較廢棄PE膜回收還便宜，惟由於對分解膜在使用上及其後續影響仍存有疑慮。因此目前敷蓋面積並未能大幅增加。

### 結語

就分解性塑膠之開發研究而言，在歐美及日本等國已有20餘年之歷史。本省起步較遲，迄今僅有6-7年之研發。在農業上，目前主要是利用光分解或滲混澱粉之生物/光分解膜進行研究，也獲致不少實用資料，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，如塑膠中滲混澱粉含量較高者或是農產纖維質廢棄物之利用，將是未來研發重點。

由於廢棄物之處理不外掩埋、焚化、回收再利用、減量及自然分解等方法，分解性資材之開發利用僅是其中之一，未來若能適地、適時進行多管齊下的處理，並進行堆肥化措施，當可減緩大量廢棄物所衍生的環境污染問題。

■