

出國報告（出國類別：開會）

第 14 屆歐洲生物塑料會議出國報告

服務機關： 核能研究所
姓名職稱： 周聖炘 助理工程師
派赴國家/地區： 德國柏林
出國期間： 108 年 11 月 30 日~108 年 12 月 6 日
報告日期： 109 年 1 月 6 日

摘要

本報告記錄了出席於 2019 年 12 月 3 日和 4 日在德國柏林舉行的第 14 屆歐洲生物塑料會議的過程，包括經驗交流和建議。會議主題著重於以下領域，包含生物塑料應用市場評估，生物塑料的應用，新型生物材料的開發，生物廢物管理的循環經濟等；本次會議共有來自全球 50 個國家，230 家公司和的 400 名學者專家參加，另外展場有 36 家公司參展，包含 SILBO、BIOTEC、OWS、Total Corbion PLA、NatureWorks、BE O、Roquette、Sukano 和 GREENSAN LIMITED Srls 等，在展會上展示了各種新產品，材料和應用。會議期間評估了有關研究發展趨勢的最新資訊，並與 PHA 國際生產大廠建立聯繫管道，另外亦與現場展覽廠商進行討論，可以強化本所研究能力與計畫發展方向，本屆會議指出歐盟推動可重複使用且無毒產品和可回收再生利用之塑料政策，旨在減少塑料浪費，推動替代材料的開發和發展，以及促進可重複使用，終結一次性塑料之使用。在生物材料開發焦點是在生物基 PP（聚丙烯），其具有較高的耐衝擊性，機械性質強韌，抗多種有機溶劑和酸鹼腐蝕，在工業界有廣泛的應用，而 PP 的生產能力預計到 2024 年將成長接近六倍；PEF（聚乙炔呋喃酸酯）可完全以生物基材進行生產，並具有優異的阻隔性和耐熱性能，而使其成為飲料瓶的理想材料，預計到 2023 年將進入市場以取代 PET；另外關於海洋可分解 PHA 市場預測，至 2024 年後需求量將成長六倍，並將以開始進入商業生產規模，此消息有利於本所正進行的 PHA 相關研究計畫運行。

目 次

摘 要	i
圖目錄	ii
一、目 的	1
二、過 程	2
三、心 得	37
四、建 議 事 項	39
五、附 錄	41

圖目錄

圖 1 本文作者在研討會會場	5
圖 2 廠商海報與展品	6
圖 3 European Bioplastics 協會新任主席 Françoise deBie.....	7
圖 4 歐洲生物塑料年度市場數據	9
圖 5 生物塑料生產區域	10
圖 6 生產生物塑料的可再生原料的土地	11
圖 7 Bio-On PHA 之應用	14
圖 8 Novamont 生物塑料應用	16
圖 9 PLA 不同生產階段的 GWP，從甘蔗生長直至 PLA 顆粒生 產期間的 CO ₂ 吸收	19
圖 10 Total Corbion 進一步減少 PLA 的全球暖化潛勢	21
圖 11 NatureWorks PLA 技術	24
圖 12 ISCC 認證	24
圖 13 歐盟循環經濟議題	28
圖 14 食品和飲料行業一次性塑料政策	30
圖 15 可生物降解之廢棄處理	34
圖 16 2019 年生物塑料獎	36
圖 17 2020 年將在奧地利(Hotel Savoyen Vienna)舉辦第十五屆歐洲生質 塑料會議	40

一、目的

為了擴大本所生質精煉核心技術及生質化學品之應用範疇及後續執行有關生物聚合物技術開發之需求，引進創新思維與見解，故參加第 14 屆歐洲生物塑料研討會係由 European Bioplastics 協會主辦，European Bioplastics 協會組成來自歐盟約 70 家成員公司，包括農業原料，化學和塑料行業，以及遍布全球並從事歐洲市場的工業用戶和回收公司，本次會議共有來自全球 50 個國家，230 家公司和的 400 名學者專家參加，經由參與會議，汲取國際上有關生物聚合物發展及應用之相關技術開發的最新進展與產業化現況，並藉由與現場相關學者專家交流討論，增進本所之國際能見度，並掌握國際間生物聚合物及生物塑料之發展現況、動態與趨勢，蒐集國際生質聚合物的創新應用案例，據此做為計畫執行多元料源生質能技術開發與聯網示範應用發展參考。

全球生物塑料的生產能力將從 210 萬噸增加到 2023 年的 260 萬噸，主要由生物聚合物 PP（聚丙烯）和 PHA（聚羥基鏈烷酸酯）帶動產能增加趨勢，今年會議中 PHA 是重點的聚合物焦點，這些生物基聚具有生物降解的特性，並具有廣泛應用之物理和機械性能，已開始以商業生產規模進入市場，並不斷增加產能，預計未來五年的產能將提高六倍以上。另焦點在生物基 PP（聚丙烯），其具有較高的耐衝擊性，機械性質強韌，抗多種有機溶劑和酸鹼腐蝕，在工業界有廣泛的應用，而 PP 的生產能力預計到 2024 年將接近六倍。

隨著越來越多的品牌和製造商接受生物塑膠的潛力，以及政策制定者加緊努力建立有利於永續生物產業增長的框架，現在是將生物塑膠放在歐洲及其他地區循環經濟議程首位的時候了。本所應該積極持續參歐洲生物塑料會議，由於可接觸到上游原料生產公司、下游產品製造商、歐盟生物塑料相關研究機構，有更多相互交流，將有助所內計畫發展參考方向。

二、過 程

(一) 參加會議經過

行 程			公差地點		工 作 內 容		
月	日	星期	地 點		國名	地 名	
			出 發	抵 達			
11	30	六	桃園機場		德國	柏林	桃園→德國柏林去程
12	1	日		德國柏林	德國	柏林	往程/住宿報到
12	2	一			德國	柏林	會議註冊報到
12	3	二			德國	柏林	參加 2019 年 14 屆歐洲生物塑料研討會
12	4	三			德國	柏林	參加 2019 年 14 屆歐洲生物塑料研討會
12	5	四	德國柏林		德國	柏林	德國柏林→桃園返程
12	6	五		桃園機場			德國柏林→桃園返程

(二) 研討會分日議程表



14 european
bioplastics
conference

CONFERENCE PROGRAMME

<http://conference.european-bioplastics.org>
 @EUBioplastics #eubpconf

3 DECEMBER 2019 - DAY 1

9:00	Welcome statement François de Bie, Chairman European Bioplastics	
9:10	POLICY UPDATE	Chairperson: Kristy-Barbara Lange European Bioplastics
	European policy on plastics and bioplastics in a circular economy Werner Bosmans, DG Environment European Commission	
	Challenges posed by Single-use Plastics Directive and the upcoming revision of the Essential Requirements for Packaging in the food and drink sector Philippe Diercxsens, Chair of the Environmental Sustainability Committee DANONE Waters – representing FoodDrinkEurope	
	Bio-based polymers as crucial part of the renewable carbon strategy Michael Carus, Managing Director nova-Institute	
10:20	COFFEE BREAK	
11:00	BIOPLASTICS IN PACKAGING – FOOD CONTACT	Chairperson: Katharina Schlegel BASF
	Packaging made of alternative materials. What is it, what is possible? Marcin Śpiewok, CEO SILBO	
	BioPBS™ A sustainable biopolymer: Path to home compostable solution Katedao Chavalitdamrong, Marketing Manager PTT MCC	
	Safety of food contact bioplastics: The crucial goal Enrico Nieddu, Science Center Business Unit Manager Mérieux NutriSciences	
	European regulations on plastics and bioplastic materials intended to come into contact with food María Monedero, Project Manager ITENE	
12:30	LUNCH BREAK	
13:30	BRAND OWNER PERSPECTIVES	Chairperson: Stefano Facco Novamont
	Bio-based plastics for iconic brand furniture Diego Torresan, Project Manager & Research Advisor BIO-ON	
	Insights about bioplastics from a brand: the example of VAUDE Clément Affholder, Innovation Manager VAUDE	
	How do we make bioplastics sexy? Damir Perkić, Founder BE O	
	The strength of the partnership: The new high barrier flexible compostable packaging Jiabril Gigli, Chief Technology Officer SAES Coated Films	
15:00	COFFEE BREAK	
15:45	MATERIAL NEWS	Chairperson: Karen Laird Plastics News Europe
	Delivering performance with bio-based sustainable polymers – An inside view on navigating the value chain including case studies Peter von den Kerckhoff, Account Executive DuPont Tate & Lyle	
	Newest masterbatches application and material innovations for PBS and PLA applications Daniel Ganz, Global Product Development Leader SUKANO	
	Novel resins for improving physical characteristics of biodegradable fishing gear Long Nguyen, R&D Director AnPhat Holding	
	Development of a biodegradable trimmer line Bas Krins, Director R&D Senbis Polymer Innovations BV	
	Biodegradable cosmetic ingredients as a sustainable replacement of microplastics Stefano Facco, Director Business Development Novamont	
17:30	bioplastics MAGAZINE presents the 14th annual Global Bioplastics Award awarded by Michael Thielen, Founder & CEO polymedia Publishing	
18:00	Drinks Reception	sponsored by 
18:30	Conference Dinner	



CONFERENCE PROGRAMME

<http://conference.european-bioplastics.org>
 @EUBioplastics #eubpconf

4 DECEMBER 2019 - DAY 2

9:00 Market data 2019 – 2024
 Hasso von Pogrell, Managing Director | European Bioplastics

Captured carbon vs. bio-based – Can products made from captured/recycled CO₂ be called bio-based?
 Ramani Narayan, Professor Chemical Engineering & Materials Science | Michigan State University

9:30 PANEL DISCUSSION Chairperson: Hasso von Pogrell | European Bioplastics
HOW CAN BIO-BASED FEEDSTOCK CONTRIBUTE TO A CIRCULAR ECONOMY

Panelists:
 Michael Carus, Managing Director | nova-Institute
 Ramani Narayan, Professor Chemical Engineering & Materials Science | MSU
 Stephan Kabasci, Head of Department Bio-Based Plastics | Fraunhofer UMSICHT
 Stephen Wetmore, Business Development Director | RSB

10:00 COFFEE BREAK

10:45 FEEDSTOCK AND SUSTAINABILITY Chairperson: Stephen Wetmore | RSB

Sustainable polyurethanes at Covestro – Using bio-based feedstock to achieve new material properties
 Irene Latorre, Senior Project Manager | Covestro
 Saskia Beuck, Senior Project Manager | Covestro

PlasticsToBio – A concept to affordably turn all plastics bio-based
 Tomy Nyman, Principal | Pöyry

Environmental performance of renewable naphtha from crude tall oil in polymer production
 Milla-Mari Vastavuo, Sustainability Specialist | UPM Biofuels

Sourcing sustainable feedstock for Ingeo biopolymers/bio-based polymers
 Erwin Vink, Sustainability Manager | NatureWorks

Low carbon footprint of PLA confirmed by peer reviewed Life Cycle Analysis
 François de Bie, Senior Marketing Director | Total Corbion PLA

12:30 LUNCH BREAK

13:30 END-OF-LIFE Chairperson: Marcel van Berkel | Stichting Biobased Delta

Bioplastics recycling – Status, opportunities and limitations
 Stephan Kabasci, Head of Department Bio-Based Plastics | Fraunhofer UMSICHT

Biodegradable plastic blends create new possibilities for end-of-life management of plastics, but they are not a panacea for plastic pollution
 Tanja Narancic, Assistant Professor in Microbiology and Biochemistry | University College Dublin

Developing a portable detector for on-site identification of biodegradable plastics
 Jee Kwan Ng, Co-Founder, IDIR SOLUTIONS

Biological treatment of biopolymers – The correspondence between aerobic respiration intensity and anaerobic methane-potential
 Zsuzsanna Üveges, Research Assistant | National Agricultural Research and Innovation Centre

Challenges in determination of marine degradability
 Carmen Amtdt, Project Coordinator | Institute for Bioplastics and Biocomposites (IFBB)

15:30 END OF CONFERENCE

(三) 作者參加會議



圖 1 本文作者在研討會會場

本次參與之研討會係由 European Bioplastics 協會主辦在柏林舉行的第 14 屆歐洲生物塑料會議，European Bioplastics 協會於 1993 年在德國柏林成立，歐洲生物塑料協會組成來自歐盟約 70 家成員公司，包括農業原料，化學和塑料行業，以及遍布全球並從事歐洲市場的工業用戶和回收公司，作為歐洲生物塑料商業網絡和信息平台。本次會議共有來自全球 50 個國家，230 家公司和的 400 名學者專家參加，另外展場有 36 家公司參展，包含 SILBO、BIOTEC、OWS、Total Corbion PLA、NatureWorks、BE 0、Roquette、Sukano 和 GREENSAN LIMITED Srls 等，在展會上展示了各種新產品，材料和應用。



圖 2 廠商海報與展品

(四) 生物塑料年度市場數據

European Bioplastics 協會（EUBP）主席 FrançoisdeBie(圖 3)在開幕致辭反映過去一年的亮點：“歐洲生物塑料協會和整個生物塑料行業正在尋找回來了以優秀的和鼓舞人心的另一個成功的一年創新“，也表示這是我們行業的關鍵時刻，因為歐盟正認真地從線性經濟發展為循環經濟，這為我們提供了一個獨特的發展機會，新的歐盟委員會最近宣布了一項歐洲綠色協議，生物塑料將在幫助實現這一目標方面發揮關鍵作用。

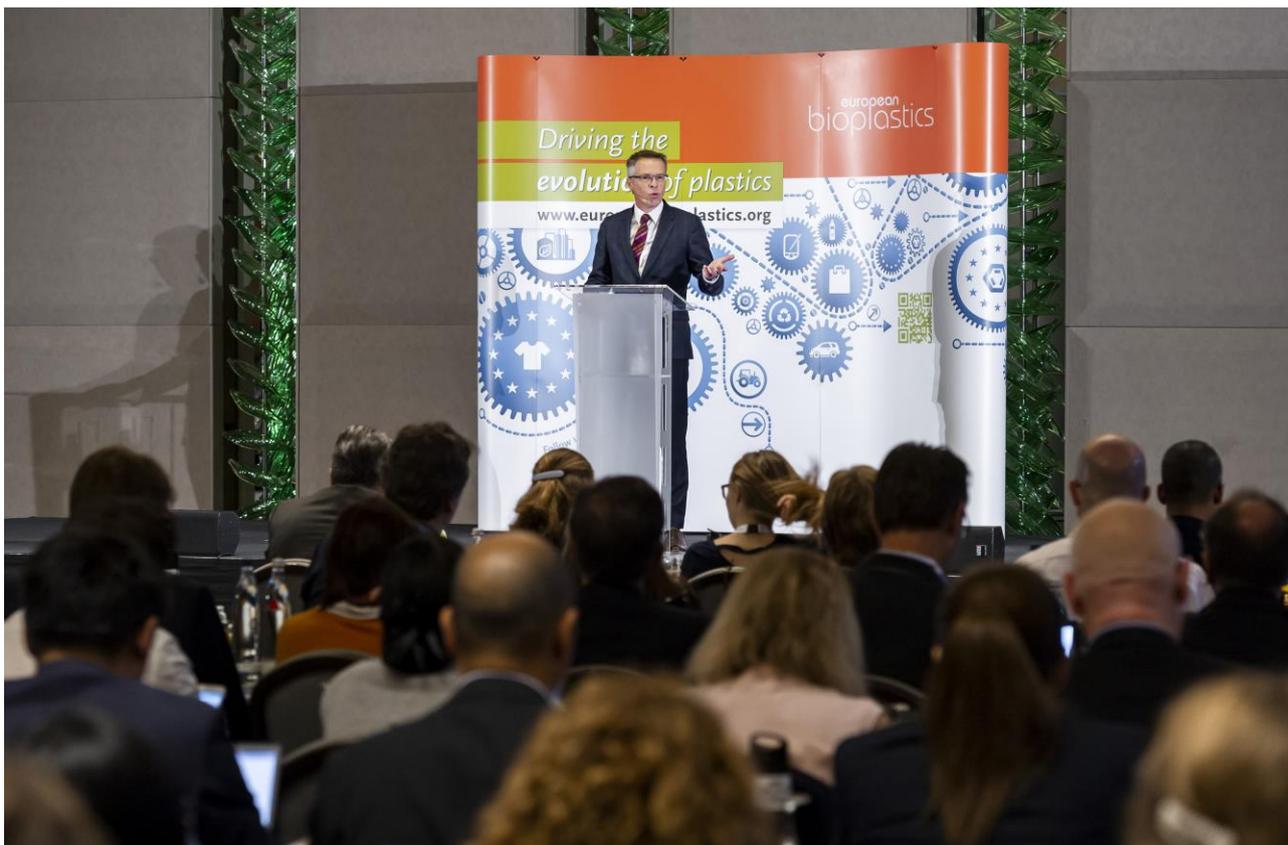


圖 3 European Bioplastics 協會新任主席 FrançoisdeBie

也是 Total Corbion PLA 的高級營銷總監，負責與品牌所有者和主要轉換商的所有業務開發活動，12月3日生物塑料行業利益的歐洲生物塑料協會（EUBP）選舉了新的董事會。

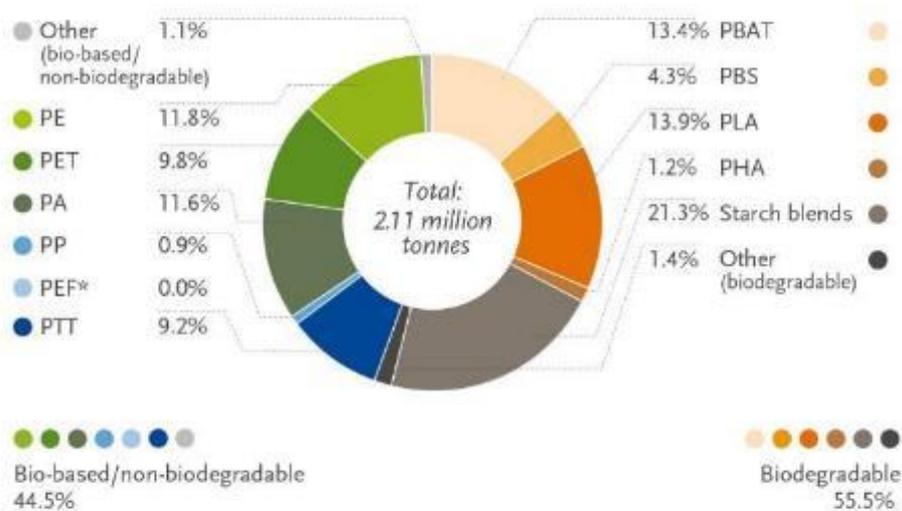
FrançoisdeBie 當選新任主席以及歐盟 BP 的新副主席 Mariagiovanna Vetere（NatureWorks）和 LarsBörger（Neste），將領導該協會為實現循環經濟提供的持續支持。

歐洲生物塑料常務董事 Hasso von Pogrell 在會議上，發表了歐洲生物塑料年度市場數據（圖 4），結果顯示了全球生物塑料由於消費者和品牌對穩定產品的需求不斷增長，以及生物塑料行業不斷努力開發具有改進的特性和新功能的創新材料，預計未來五年全球生物塑料市場

將增長 15%以上。

全球生物塑料的生產能力將從 2019 年的約 210 萬噸增加到 2024 年的 240 萬噸。主要由生物聚合物如 PP(聚丙烯)和 PHA (聚羥基鏈烷酸酯)推動這一增長趨勢，PHA 是重點的聚合物亮點，這些生物基聚具有生物降解的特性，並具有廣泛應用之物理和機械性能，已開始以商業生產規模進入市場，並不斷增加產能，預計未來五年的產能將提高六倍以上。另焦點在生物基 PP (聚丙烯)，其具有較高的耐衝擊性，機械性質強韌，抗多種有機溶劑和酸鹼腐蝕，在工業界有廣泛的應用，高性能 PP 等級是幾種規格是化石基塑料的理想替代品，而 PP 的生產能力預計到 2024 年將接近六倍。另外一類生物基不可生物降解的塑料，包括生物基 PE (聚乙烯)和生物基 PET (聚對苯二甲酸乙二酯)以及生物基 PA (聚酰胺)，目前約佔全球生物塑料生產的 44% (近 100 萬噸)產能，隨著在未來幾年內在歐洲增加新產能計劃下，預計生物基 PE 的生產將繼續增長。然而，其中生物基 PET 生產能力幾乎沒有達到前幾年的預期速度，實際上在過去幾年中產能有所下降，主要是 PEF (聚乙烯呋喃酸酯)的開發上，其具有可完全以生物基材進行生產，並具有優異的阻隔性和耐熱性能，使其成為飲料瓶的理想材料，預計到 2023 年生物基 PEF 將進入市場，具有強勁的增長潛力。

Global production capacities of bioplastics 2019
(by material type)

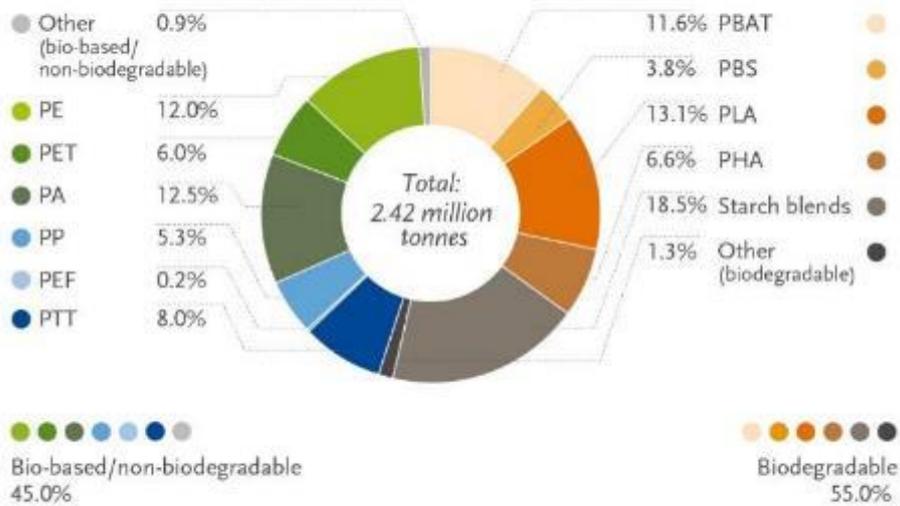


*PEF is currently in development and predicted to be available in commercial scale in 2023.

Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)

More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics 2024 (by material type)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)

More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

圖 4 歐洲生物塑料年度市場數據

包裝材料仍然是生物塑料的最大應用領域，2019 年約占生物塑料市場產量近 53%（114 萬噸），生物塑料材料已經在許多其他領域使用，應用範圍也在不斷多樣化，其中汽車和運輸或建築和建築等市場顯著增加其應用範圍。為了提高區域能力，亞洲仍然是主要的生產中心，目前有超過 45% 的生物塑料在該地區生產，目前歐洲生產能力約占五分之一，預計到 2024 年這一比例將增長到 30% (圖 5)。

Global production capacities of bioplastics in 2019 (by region)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)
More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics in 2024 (by region)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)
More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

圖 5 生物塑料生產區域

用於生產生物塑料的可再生原料的土地(圖 6)，到 2019 年用於種植可再生原料以生產生

物塑料的土地估計為 70 萬公頃，僅佔全球 48 億公頃農業面積的 0.02%，儘管預測未來五年市場將增長，但生物塑料的土地使用份額將僅保持在 0.02% 左右。根據數據再次表明，食品和飼料中的可再生原料與生物塑料的使用之間不會產生競爭性，歐洲生物塑料主席 Francois de Bie 說提到 94% 的耕地依然用於牧場，飼料和食品，沒有與人爭糧的競爭議題。

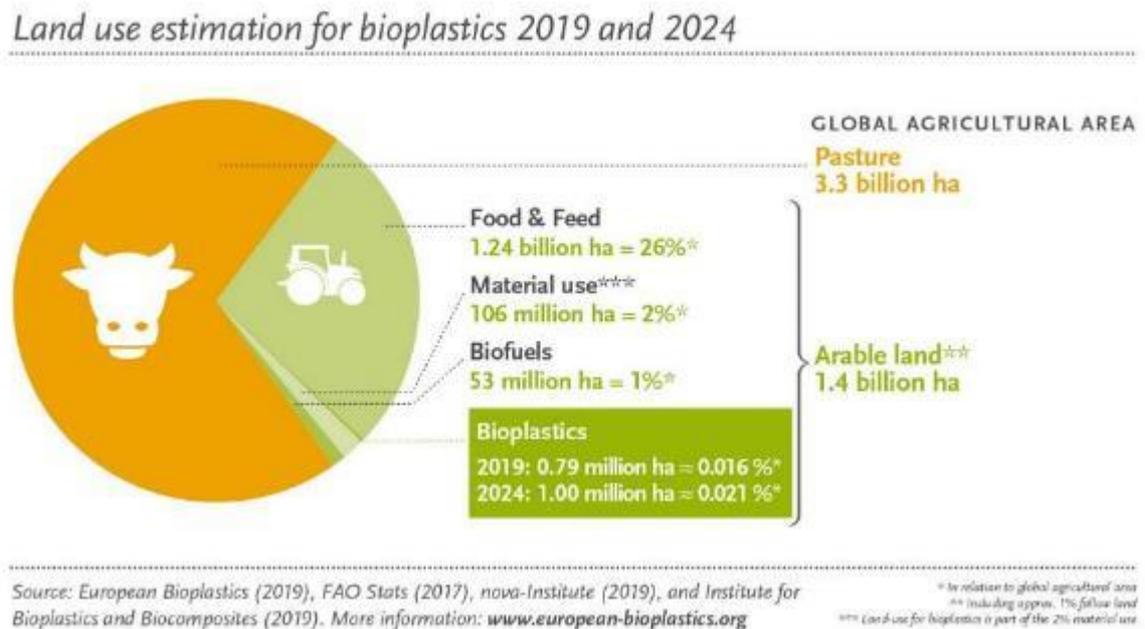


圖 6 生產生物塑料的可再生原料的土地

(五) 生質塑料應用

BIO-ON

今年會議中由 Bio-on 研究顧問兼業務開發經理 Diego Torresan 簡報，Bio-on 於 2007 年成立於意大利艾米利亞羅馬涅地區，該公司的主要在創造天然產品、材料和 100% 的可再生資源和解決農業廢棄物問題，透過公司願景，搖身一變成為國際 PHA 的領導者。多年來，Bio-on 一直致力於 PHA 產品的開發、認證和市場推廣，並在玩具、眼鏡、化妝品、煙草、生物修復、包裝、有機電子、肥料和汽車等領域，進行專利技術布局。Minerv-PHA 是 Bio-on 的 PHA 的品牌之一，Minerv-PHA 是一種高性能生物聚合物適用於注射和射出成形。Minerv-PHA 之所以成為明星商品，在於它是生物基材料，可在土壤中進行生物降解，最特別在於具海洋生物降解。Minerv-PHA 使用生物質廢物而不是糧食作物生產的第二代生物塑料，包含來自甜菜，甘蔗，來自生物柴油的甘油、馬鈴薯、動物脂肪、水果、蔬菜、木材和葡萄酒生產的副產品和廢物進行生產，生物製程上使用非致病性和非轉基因菌株進行發酵生產 PHA。應用方面展示了由意大利設計師和 Kartell 聯合創始人 Anna Castelli Ferrieri 於 1967 年首次創建的 Componibili 儲物桶，最初是在 1960 年代由 ABS 塑料製成，目前採用 Bio-on 的 PHB 材料製成，Kartell 公司總裁 Claudio Luti 表示，我們將繼續嘗試將創新與設計結合起來，並致力實踐 “Kartell 愛地球” 任務的一部分，Bio-on 已將用於此特定應用的生物聚合物命名為 CL，即 Claudio Luti 的縮寫。

Exclusive characteristics of the Bio-on technologies.

The best worldwide certifications

NO FOOD AS RAW MATERIAL

GMO FREE

ORGANIC SOLVENTS FREE

PHAs

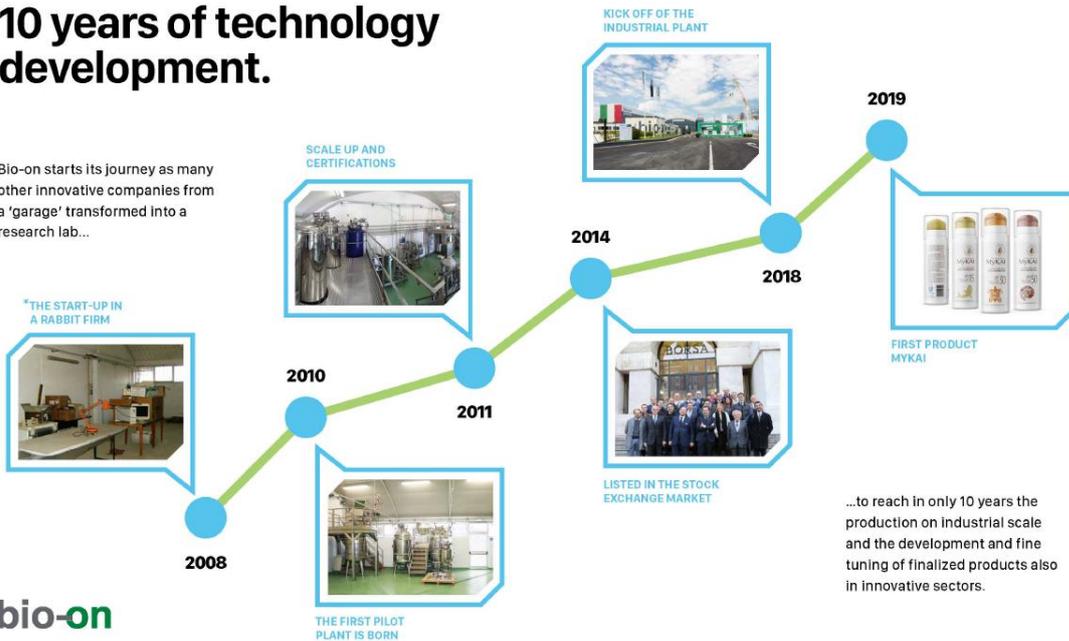
PLATFORM PRODUCT

100% BIO-BASED, BIODEGRADABLE, BIOCOMPATIBLE

bio-on

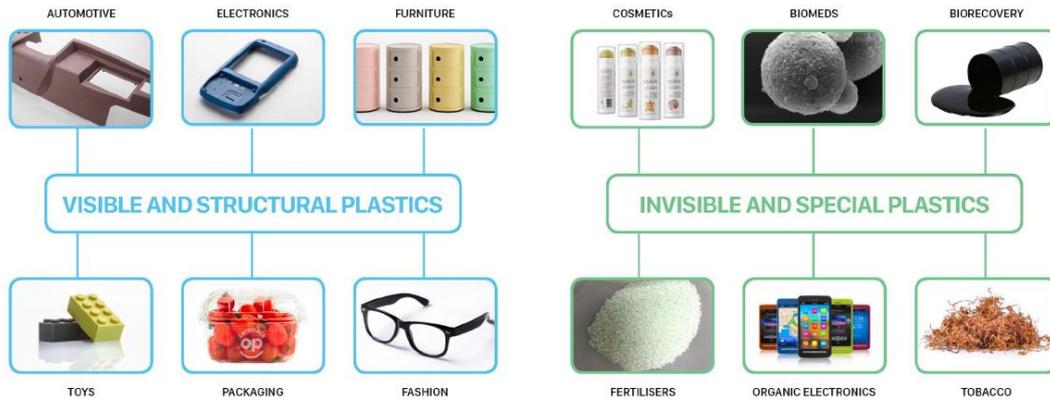
10 years of technology development.

Bio-on starts its journey as many other innovative companies from a 'garage' transformed into a research lab...



bio-on

The applications already developed with PHA biopolymers.



bio-on

COMPONIBILI BIO:
Packaging & store

Kartell

bio-on

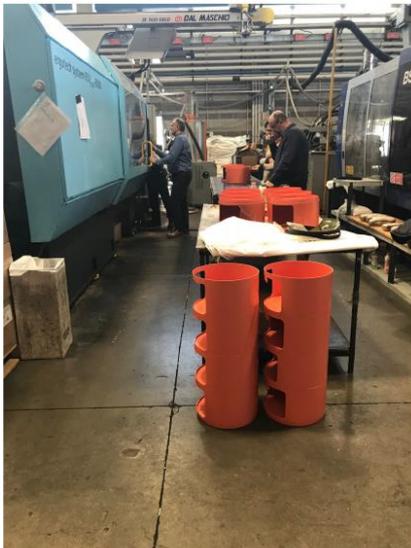


圖 7 Bio-On PHA 之應用

NOVAMONT

Novamont SpA 的新業務開發總監以及 Novamont 德國子公司的董事總經理，在會議上介紹其公司開發用於化妝品的可生物降解材料，代替微塑料配方：Celus-Bi Feel 產品由 INCI：Zea Mays Starch、聚乙烯醇及甘油脂配方，Celus-Bi 是 Novamont 與 ROELMI HPC 合作的結果，其性能與傳統的微塑料相似。根據 OECD 準則進行測試（OECD 測試 301 方法 B），在生物降解的初期 Celus-Bi Feel 在不到 10 天的時間內達到 Δ 生物降解。，被認為是易於生物降解的塑料，可在配方中產生感官效果，具有光滑，絲滑和乾燥的感覺。控制皮脂；通過滑動效果增強可擴展性；並在陽光，皮膚和頭髮護理以及彩色化妝品和盥洗用品中產生柔焦效果。並可避免微塑料污染水和土壤。

NEW BIOPRODUCTS FOR COSMETICS: CELUS-BI 14 THE NOVAMONT SOLUTION TO THE MICROPLASTICS ISSUE



CELUS-BI is the result of the collaboration between Novamont and ROELMI HPC, a leading Italian company with long-standing experience in the production of active and functional ingredients for personal care to provide unique and sustainable solutions for the cosmetics sector.



CELUS-BI line has been developed to be **biodegradable** in water in accordance with the OECD guidelines, avoiding the contamination of the sewage sludge and the microplastics dispersion in water and soil.



CELUS-BI INCLUDES:

CELUS-BI ESTERS
for the formulation of personal care products

CELUS-BI MICROPOWDERS
sensory biodegradable micropowders



CELUS-BI SPHERA
for Rinse-off products



CELUS-BI FEEL
for Leave-on products



CELUS-BI FEEL

MULTIFUNCTIONAL BIODEGRADABLE TEXTURISING MICROPOWDERS FOR "LEAVE ON" PRODUCTS 16



CELUS-BI FEEL is a texturising agent that guarantees excellent use properties such as softness, velvet touch and film-forming capacities. The ingredient also has excellent sebum control and high compatibility with active substances, vegetable oils and fragrances.



Given its biodegradation properties combined with the technical / sensorial properties, **CELUS-BI FEEL** is suitable for use in applications where dispersion in water is highly likely (solar), eliminating potential pollution and/or accumulation.



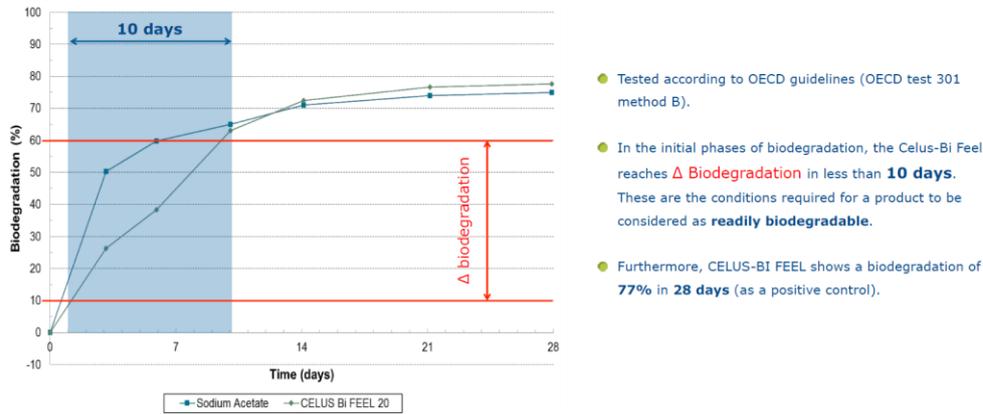


圖 8 Novamont 生物塑料應用

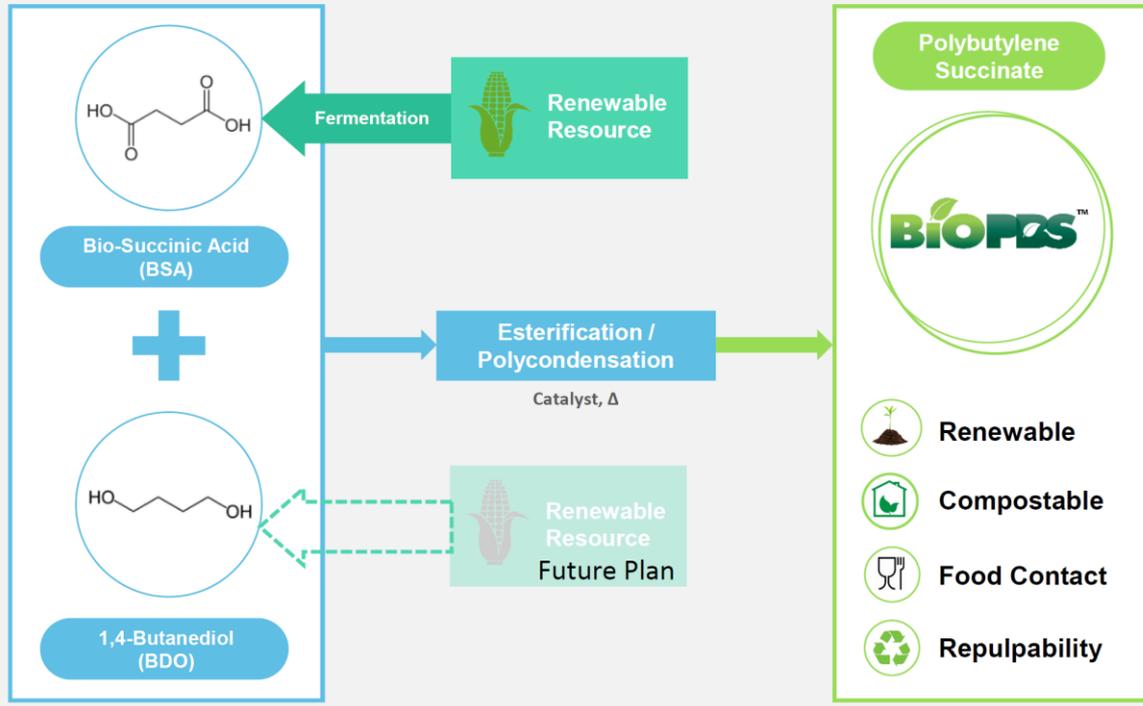
BioPBS

PTTMCC 是 BioPBS 和全球最大的生物基 PBS 工廠的市場領導者，現在的紙杯塗層大多由聚乙烯（LDPE）做成襯裡製成，但是 LDPE 是不可分解的聚合物，造成當塗有 LDPE 的紙杯遺棄到環境中，紙的部分可以利用堆肥分解，而 LDPE 則不能，這將使 LDPE 薄膜留在環境中造成污染；而且 LDPE 塗佈紙杯也造成回收障礙，降低再生纖維的品質而無法用於造紙。PTTMCC 公司利用 BioPBS 塗層於紙杯，其在外觀和功能特性上都與常規塗層非常相似，但 BioPBS 塗層紙杯可以在家裡重新粉碎或容易堆肥，對環境也沒有任何影響，BioPBS 還具有另一個獨特的特徵，儘管 BioPBS 對紙張具有良好的附著力並且可以保水，但在水中浸泡時 BioPBS 仍可輕鬆從紙張中分離出來，而不會損壞紙漿，紙漿可以回收再生產新紙。

BioPBS™



The Patented Technology from Mitsubishi Chemical Corporation



Paper Coating



Home Compostable Development with BioPBS™

Completed

Next Step

Quantitative Evaluation of Disintegration during Composting at Ambient Temperature (28°C)

Thickness (µm)	Grammage (g/m ²)	Disintegration (%)	Requirement (%)
Bottom: 352 Wall: 347	245 (wall)	97.0	> 90

In Progress

- Biodegradation
- Ecotoxicity
- Chemical Characteristics



Closed-Loop Waste Management System

Case Studies



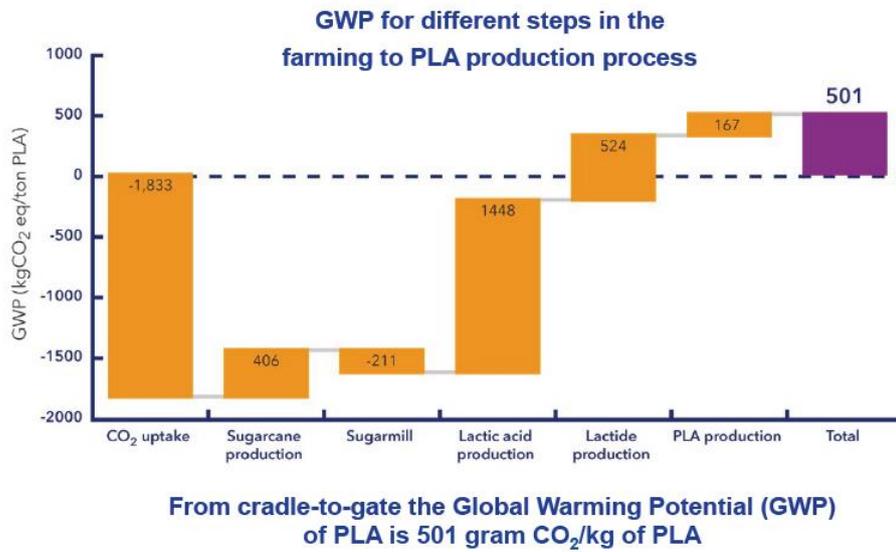
(六) PLA 聚乳酸生命週期影響評估

在生物塑料年度市場數據中預估在這 5 年內，PLA 成長已達飽和，沒有去年預期之成長，今年主要在討論 PLA 相關之生命週期評估與廢棄物處理的議題上，其中 Total Corbion PLA 的高級營銷總監 François De Bie (兼任歐洲生物塑膠公司主席)，針對 Total Corbion 泰國甘蔗生產的聚乳酸 (PLA) 的生命週期影響進行評估介紹，提供了有關在泰國以商業規模生產的聚乳酸 (PLA) 的環境碳足跡改善的最新信息，其中探討如水足跡和土地利用變化等主題，Total Corbion 公司通過改善原料生產以及 PLA 製造技術來進一步降低 PLA 的碳排，主要的改進措施是：

- (1) 通過改進農業精良來提高甘蔗產量；
- (2) 通過優化施肥減少 NOx 和 SOx 排放；
- (3) 通過提高農業能源效率來增加向電網輸出的電力。糖廠安裝高壓鍋爐，
- (4) 在乳酸、丙交酯和 PLA 生產中增加可再生能源的使用，
- (5) 在乳酸生產中減少化學物質的使用。

綜合起來，這些措施有可能將 PLA 生產 CO₂ 碳足跡預估從 501 kg CO₂ 當量/噸減少到 -909 kg CO₂ 當量/噸(圖 9、10)，並進一步減少 PLA 生產製程的全球暖化潛勢。

Global Warming potential – Results of Luminy® PLA LCA



Dezember 11, 2019

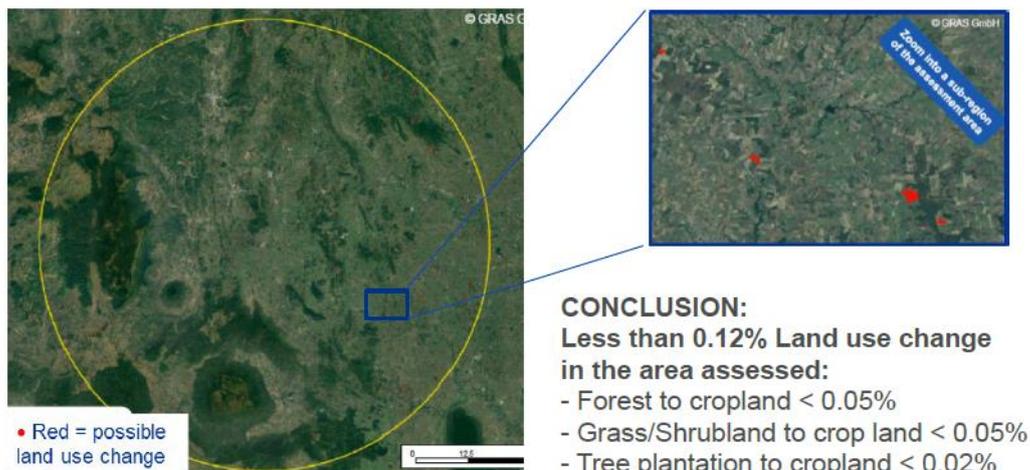
6



圖 9 PLA 不同生產階段的 GWP，從甘蔗生長直至 PLA 顆粒生產期間的 CO₂ 吸收

Investigating possible land use change - conclusions

Output – overview of entire area investigated – red areas indicate possible land use change



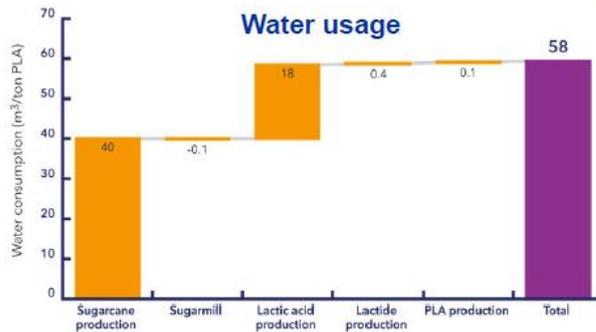
Dezember 11, 2019

8



Water consumption – results of Luminy® PLA LCA

- Most water is used during the growing of the sugarcane
- Our plantations are in regions with low/medium water stress level.
- Reduced level of irrigation in these regions



Baseline water stress



Adapted from: WRI aqueduct water risk atlas

Dezember 11, 2019

9



Responsible sourcing is a key priority

Cane Sugar Code

- Applies to ALL our cane sugar suppliers
- Extension of Corbion supplier code, including extra criteria around social rights, land rights, good agricultural practices and biodiversity.
- Corbion audits the farmers/sugar mills.



Cane Sugar Code **Corbion**

Corbion's purpose is to improve the quality of life, for people today and for generations to come. To fulfil this purpose, we need to ensure our raw materials are sourced responsibly. Our responsible sourcing strategy focuses on our agricultural raw materials, which are the basis for our bio-based solutions. A sustainable agricultural supply chain is essential for the communities in which we operate, as well as for our business. Our approach to responsible sourcing is focused on principles of ethical business practices, human and labor rights and environmental protection.

One of our key agricultural raw materials is cane sugar. The code confirms the expectations we have of our cane sugar suppliers to meet and commit to the standards. ▶ Supplier respects the right of their employees to freedom of association and has an employee grievance process.

Bonsucro certified sugar

- Multi-stakeholder organization fostering the sustainability of the sugarcane
- Metric-based, 3rd party certification
- Focus on social, environmental and economic principles.
- "Bonsucro PLA" available on request

10

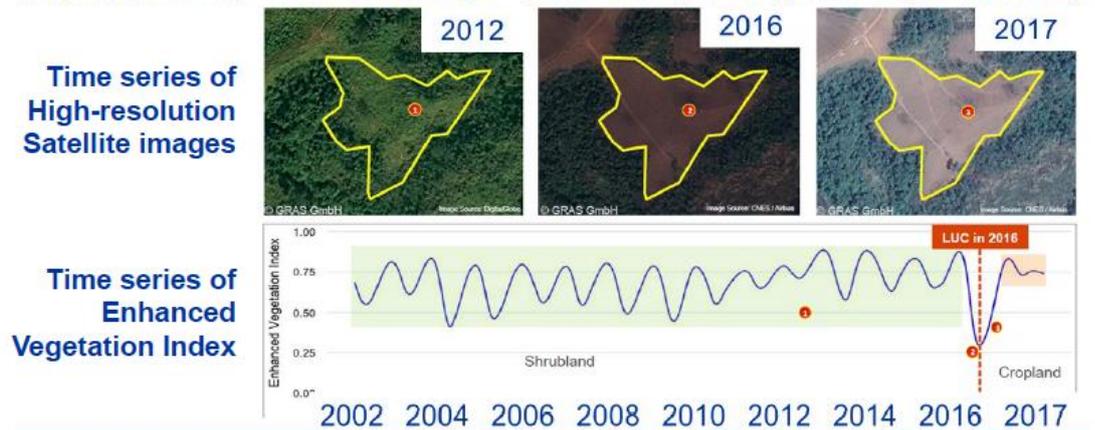


Investigating possible land use change - method used

On request of Corbion, GRAS GmbH conducted satellite imaging & analyses:

- Focus on the sugarcane areas → radius of 50km around the sugar mill.
- Imaging from 2008 till 2017 were evaluated.
- Combined with mapping of high carbon stock and biodiversity protected areas.

Output to identify “land use change” (*Small sample of typical output is below*):

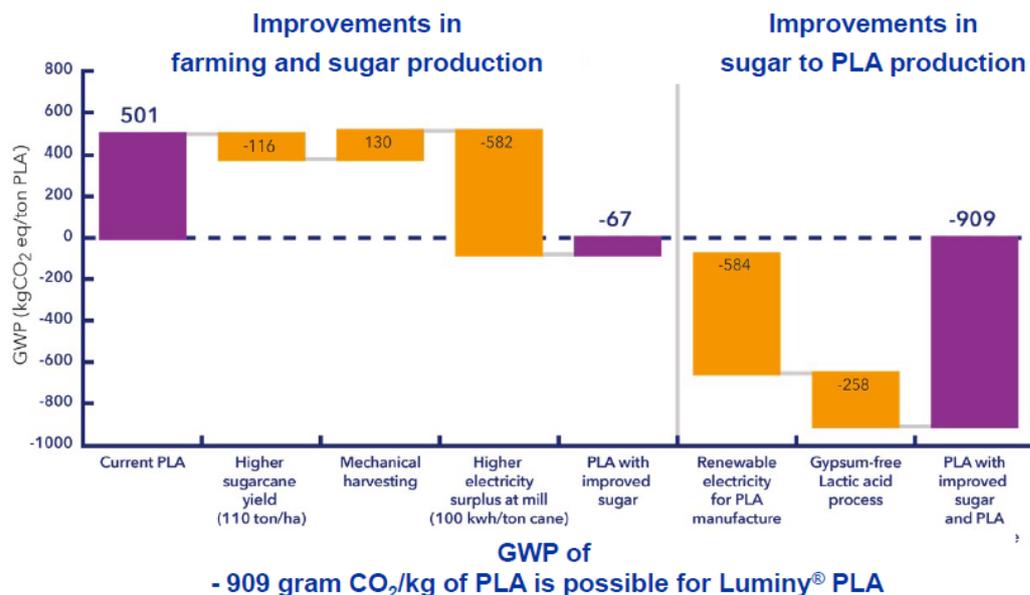


Dezember 11, 2019

7



Significant potential to further reduce PLA's carbon footprint



Dezember 11, 2019

12



圖 10 Total Corbion 進一步減少 PLA 的全球暖化潛勢

NatureWorks

身為全球最大 PLA 生產公司，Ingeo 是 NatureWorks 擁有的一系列聚乳酸 (PLA) 生物聚合物的產品商標，今年以探討生物基聚合物原料為主題進行討論，尤其思考下一步如何將大氣中的碳原料轉化為 Ingeo 物質，NatureWorks 致力於使原料多樣化，具有本地可用和可持續的生物基碳資源進行應用，不論現今使用的木薯、玉米澱粉、甘蔗或甜菜中的葡萄糖和蔗糖，或是非糧的木質纖維原料，研發團隊正在評估跳過植物並利用微生物將溫室氣體直接轉化為乳酸的新技術，最終希望利用 CO₂ 與 CH₄ 轉化為乳酸 (圖 11)，NatureWorks 進行嚴格評估和確保所用每種原料的可持續性。

NatureWorks 已與一些非政府組織，品牌和認證機構緊密合作，以認證用於製造 Ingeo 的當前原料的可持續性屬性。國際可持續發展與碳認證 (ISCC) PLUS 是歐洲的第三方認證機構，旨在認證可再生原料的可持續生產，包括產銷監管鏈認證，ISCC PLUS 是由德國 ISCC Systems GmbH 完全擁有和控制的獨立第三方認證計劃，ISCC 也是世界上第一個獲得可持續性和溫室氣體節省認證的國家認可系統，ISCC 認證系統由德國聯邦食品，農業和消費者保護部通過可再生資源局 (FNR) 提供支持，NatureWorks 在 2012 年取得 ISCC 認證(圖 12)。

NatureWorks is committed to feedstock diversification and Sustainable Feedstock Sourcing.

by producing Ingeo biopolymers from the right, abundant, local resources.

Today	Industry developing	Industry developing
		
<p>Sugars from corn, sugar cane, wheat, beets or cassava.</p>	<p>Sugars from cellulosic materials like corn stover, wood, bagasse, switch grass and straw.</p>	<p>CO₂ to lactic acid technology CH₄ to lactic acid technology "Direct GHG Conversion"</p>



The Global Market for Ingeo biopolymers

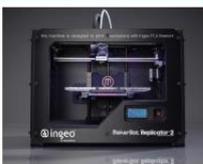
<h3>Rigids</h3> 	<h3>Food Service ware</h3> 	<h3>Films</h3> 	
<h3>Wovens Non Wovens</h3> 	<h3>Durables</h3> 	<h3>Lactides</h3> <p>Coatings Adhesives Intermediates</p> 	<h3>3D printing</h3> 



圖 11 NatureWorksPLA 技術



- In Feb 2012, ISCC Systems GmbH launched the ISCC PLUS Certification scheme.
- *ISCC PLUS is a scheme certifying the sustainable production of agricultural feedstocks, including the chain of custody.*
- www.iscc-system.org/en/



圖 12 ISCC 認證

(七) 歐盟政策

今年愛會議上，歐洲委員會總環境司的 Werner Bosmans 博士，Werner Bosmans 是比利時人，畢業於比利時根特大學，並獲得了生物工程博士學位。法國蒙彼利埃的國際經濟學博士。他還擁有公共管理學位，並且是布魯塞爾自由大學的兼職教授。2005 年，他加入了歐盟委員會總環境司。他負責自然資源政策和循環經濟，負責協調國際資源小組和歐洲資源效率平台。過去的幾年中，他致力於塑料回收，並制定一次性塑料政策。演講中說明歐盟經濟從循環經濟行動計劃以及展望一次性塑料策略，很明顯，在新的歐盟委員會的領導下，塑料仍然是政治議程中的頭等大事。除其他外，主要議題還將包括評估塑料不同原料的生命週期，開發可堆肥塑料的初步標準以及可降解性塑料在自然環境中研究以及關於農用塑料的研究(圖 13)。

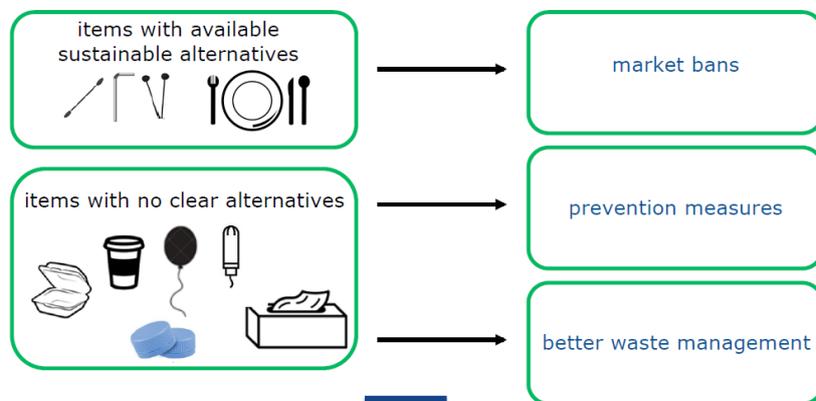


A EUROPEAN STRATEGY FOR PLASTICS IN THE CIRCULAR ECONOMY



Directive on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment

Entry into force: 5 June 2021





SUP Directive: main lines

- Promotion of reusable alternatives
 - ✓ **Impact Assessment: in the longer term reusable products are cheaper**
- Biobased and biodegradable single use plastic products **NOT** excluded
- Single use paper cups with a plastic lining → consumption reduction
- Oxo-plastics restricted as of July 2021
- Evaluation in 2027: “[...] *biodegradability in the marine environment [...] within a timescale short enough [...] not to be harmful to marine life [or] lead to an accumulation of plastics*”

Biodegradable plastics: some issues

- Home-composting ⇔ industrial composting ⇔ biodegradation
 - => Lack of clear criteria and correct information to consumers
 - => Real-life conditions?
- Which standard for the marine environment (temp, oxygen)?
- Waste hierarchy and circular economy:
 - Reuse > recycle > biodegradation**
 - Keeping the value of (plastic) material in the circular economy
- Correct disposal is challenging
 - **NO license to litter**
 - **Limit cross-contamination of waste streams**



Regulatory framework for biodegradable plastics

Plastics strategy states:

- New opportunities as well as risks
 - Innovation efforts welcomed
 - Compostable plastic bags to collect organic waste separately: positive
 - Particularly challenging in the marine environment
- **To identify applications with clear environmental benefits**
- **To provide consumers with clear and correct information**

圖 13 歐盟循環經濟議題

隨後歐洲食品飲料環境可持續發展委員會主席 Philippe Diercxsens，針對歐洲海灘上最常見的十種一次性塑料產品、廢棄的漁具和可氧化降解的塑料，提出歐盟在這個議題上之策略。2019 年 6 月 12 日，發布了新政策，旨在幫助保護陸地和海洋環境以及人類健康。歐盟提出有關與一次性塑料政策（EU）2019/904，主要預防和減少某些塑料產品並促進向循環經濟過渡，要求會員國從 2021 年 7 月 3 日禁止開始使用某些一次性塑料產品，這些產品被認為是最常見的海洋垃圾，例如餐具（叉子，刀子，勺子，筷子）、盤子、吸管、飲料攪拌棒、某些食品和飲料容器，以及由膨脹聚苯乙烯製成的杯子和由可氧降解的塑料製成的產品。從 2024 年 7 月 3 日開始，要求在歐盟市場上強制使用栓系式蓋子的要求。該指令要求在這方面採用歐洲標準，2030 年達到所有飲料瓶有 30% 回收含量目標。

同時鼓勵優先考慮“可重複使用且無毒產品和可回收再生利用之塑料”。這種方法旨在減少塑料浪費，推動替代材料的開發和發展，以及促進可重複使用，可回收的塑料及塑料產品的設計和生產，以實現持續減少一次性塑料（SUPs）的消費，包括飲料杯和用於立即食用的容器（例如快餐和外賣食品），目標希望促

使消費趨勢發生重大逆轉，到 2026 年與 2022 年相比減少 SUP 使用(圖 14)。

The Single Use Plastics Directive → Fight against marine litter !!

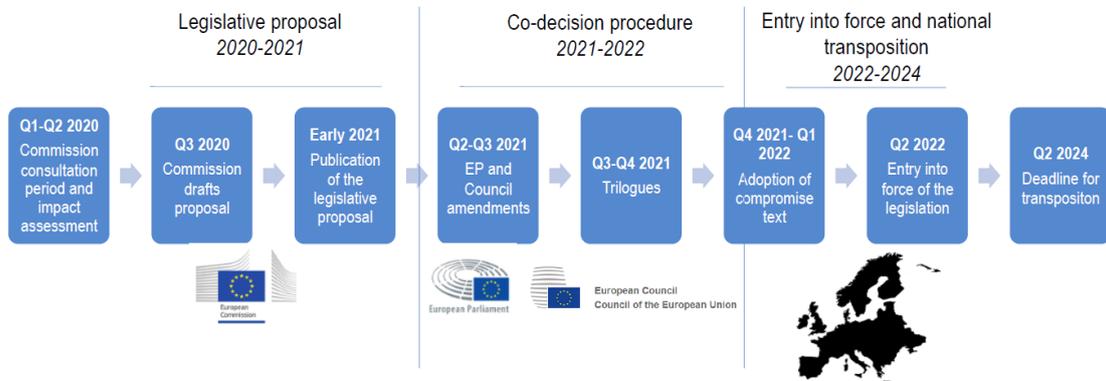


SUP implementation timeline

2019	<ul style="list-style-type: none"> Entry into force June 2019 EC to issue standardisation request to CEN on tethered caps & lids Work kick off on guidelines on food containers & clean up litter cost criteria
2020	<ul style="list-style-type: none"> Methodology for calculating separate collection target for bottles Methodology for consumption reduction Guidance on 'food containers' definition with examples (Q2 2020) Guidance on 'criteria on the cost to clean up litter' (Q2 2020) → COST !!
2021	<ul style="list-style-type: none"> Transposition deadline for Member States Restrictions on placing on the market take effect (e.g. for straws) Consumption reduction measures in place Marking requirements for cups for beverages
2022	<ul style="list-style-type: none"> Implementing Acts on calculation method for recycled content (DL 1-1-2022) MS start reporting to EC on consumption reduction measures
2024	<ul style="list-style-type: none"> Requirement for tethered caps & lids in force
2025	<ul style="list-style-type: none"> 25% recycled content for PET bottles 77% separate collection target for beverage bottles
2026	<ul style="list-style-type: none"> Reduction of food containers & cups consumption compared to 2022
2027	<ul style="list-style-type: none"> Review of SUP Directive
2029	<ul style="list-style-type: none"> 90% separate collection target for beverage bottles → COST !!!
2030	<ul style="list-style-type: none"> 30% recycled content target for all beverage bottles

Essential Requirements legal review

Anticipated timeline for legislative procedure



25

“Plastic Tax”

National contribution to the EU budget based on the amount of non-recycled plastic packaging

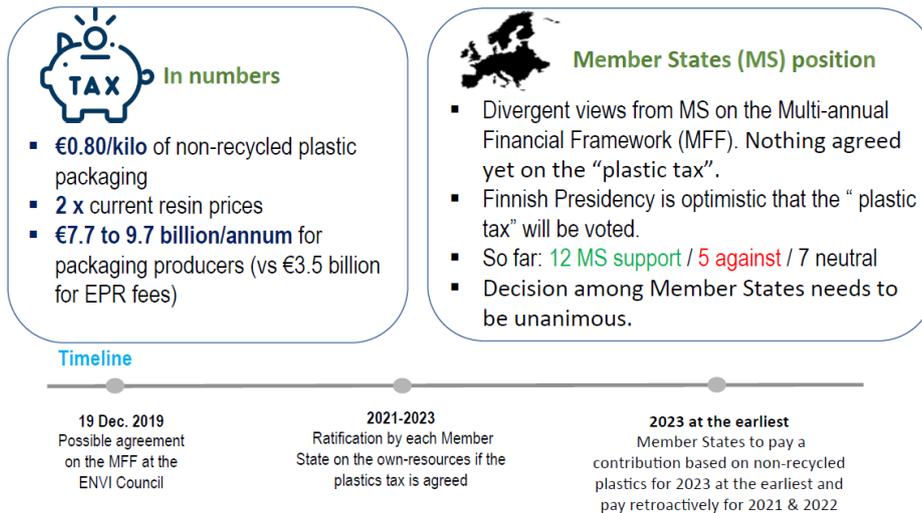


圖 14 食品和飲料行業一次性塑料政策

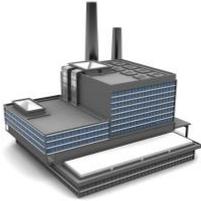
(八)可生物降解之廢棄處理

歐洲仍有將近 30%的塑料垃圾被填埋，目前歐盟計劃是到 2030 年將塑料的填埋量減少至不超過 10%。在美國，城市固體垃圾總量的 53%垃圾（MSW）被掩埋，塑料垃圾約佔 MSW 的 13%，全球不可降解塑料的回收率仍然很低，儘管可以使用回收技術，但是回收塑料的高價格和相對較低的質量限制了其市場應用，目前通過發展可生物降解塑料解決，可生物降解的聚合物為塑料污染的環保問題找到解決方案而得到推廣，對於諸如包裝和農用薄膜之類的非持久性應用而言，可生物降解的塑料尤其令人感興趣，在這些應用中，生物可降解性提供了新的產品處置選擇，例如堆肥和厭氧降解，或當不小心進入水生和陸地環境釋放時，可生物降解性是一個優勢防止人類不受控制的污染的關鍵因素，與那些在專門環境中生物降解的塑料相比，在大範圍的環境條件下降解的可生物降解塑料提供了更大的經濟和環境收益。

但是，許多可生物降解的塑料通常缺乏柔韌性，強度和韌性等特性。因此，它們的性能不如其已建立的不可降解的同類產品，都柏林學院 Tanja Narancic 教授提出，利用生物降解與不可降解的塑料進行混和，經測試了聚乳酸（PLA），聚羥基丁酸酯(PHB)，聚羥基辛酸酯 (PHO)，聚丁二酸丁二酸酯(PBS)，熱塑性澱粉(TPS)，聚己內酯（PCL）及其混合物在七個控制和非控制環境中的生物降解性，PLA 是世界上最廣泛的可生物降解塑料但它不是家庭可堆肥的產品，但當 PLA 與 PCL 混合後可變成可家用堆肥，實驗亦證明大多數塑料經會因高溫厭氧消化而產生高沼氣，從而降解，但是降解時間比在商業工廠的時間長 3 - 6 倍。儘管某些聚合物及其混合物在土壤和水中表現出良好的生物降解性，但研究中測試的大多數聚合物及其混合物均未達到 ISO 和 ASTM 生物降解標準，而某些聚合物顯示沒有任何生物降解性。因此，可生物降解塑膠混合物需要謹慎進行消費端後處置，並進一步設計分解程序，以便在不同環境中實現更快速的生物降解，避免釋放到環境中可能會導致之塑膠污染。



Plastics



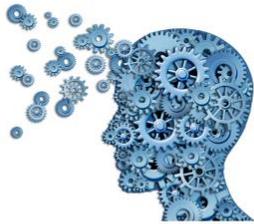
335 MT (2016)
>600 MT (2035)



Light weight and strong
↓ GHG



Insulating materials
↓ GHG



1.5 million jobs
€340 Bn turnover

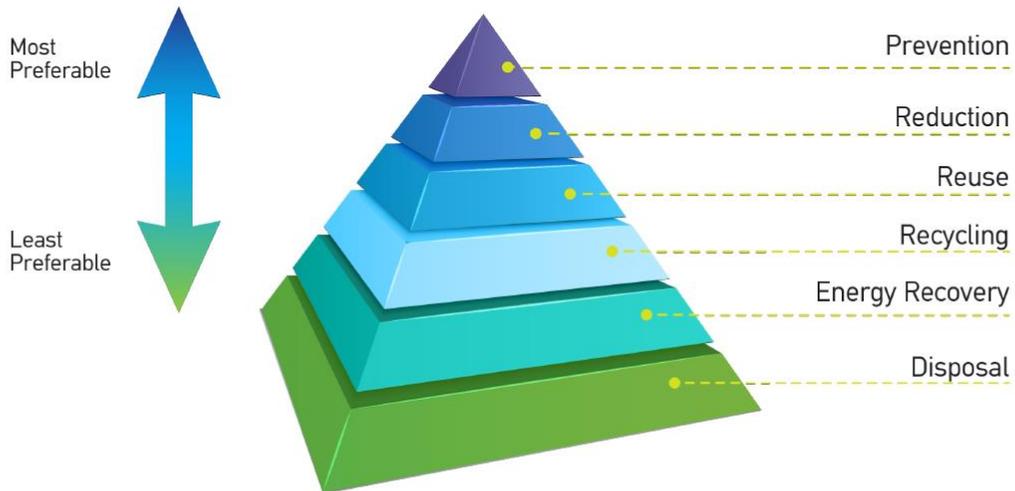


 1 million tonnes
of plastics

=

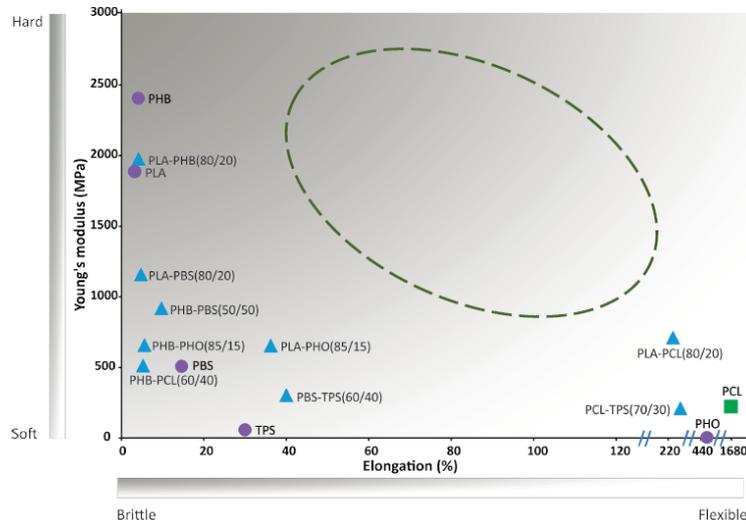


Same as taking
1 million cars off the road

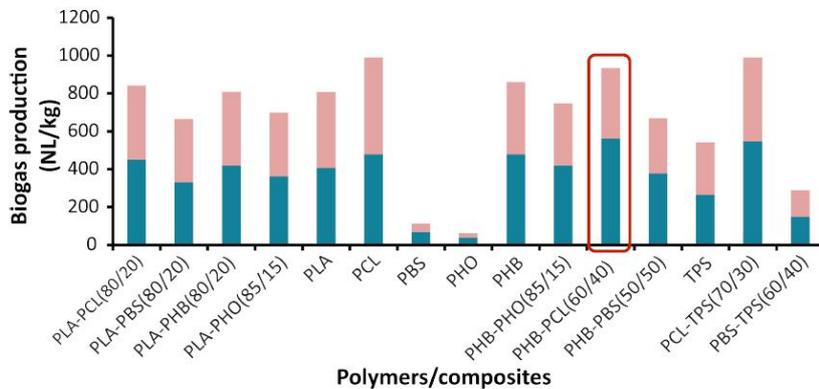


Biobased and biodegradable plastics???





Mechanical properties of biobased and biodegradable plastics (purple circles) and fossil-based biodegradable polycaprolactone (green square) and their blends (blue triangles).



Anaerobic digestion under high solid thermophilic conditions (ISO 15985). BMP is shown in blue and CO₂ production in pink. The standard deviation among biological triplicates was <5%.

Synergism: PHB-PCL (60/40), PCL-TPS (70/30), PBS-PHB (50/50).



(九) 2018 年生物塑料獎

BIO4SELF 的目標是具有固有高剛度的生物基 PLA 纖維，具有易於回收且自增強的複合材料，該計畫背後的經費由歐洲研究基金 H2020 資助，其中包括協調工作的 Centexbel（比利時茲維納德）。Fraunhofer ICT（德國普芬茨塔爾）和亞琛工業大學紡織技術研究所，共有 15 個實際合作夥伴，還有 9 個合作夥伴通過支持書表示對計畫的支持，組成了所謂的創新支持小組(Innovation Support Group, ISG)，開發一種生物基的自增強聚合物複合材料（SRPC）；由兩種等級的聚乳酸（PLA）：一種低熔點（ T_m ）形成基質，另一種超高剛度和高熔點（ T_m ）形成增強纖維。為了再增強的 PLA 纖維中達到空前的剛度，其將 PLA 與 bio-LCP（liquid crystalline polymer）結合使用以形成納米原纖維，成功提高 PLA 的耐熱性與耐久性，BIO4SELF 將利用在聚乳酸纖維技術的最新進展，通過光催化纖維（自清潔特性），量身定制的微膠囊（自修復特性）和變形檢測纖維（自感應）添加固有的自功能化。

Bio4self 的創新技術克服了與 PLA SRPC 生產相關的幾個挑戰：配製了防潮的 PLA 產品、超高剛度 PLA 增強纖維的熔融擠出、開發製造程序以生產性能最高的 SRPC 材料和擴大工業生產的規模。

此外，我們將提高 PLA 的耐熱性並提高其耐久性。這樣，BIO4SELF 將利用 PLA 纖維技術的最新進展。我們將通過光催化纖維（自清潔特性），定制的微膠囊（自修復特性）和變形檢測纖維（自感應）增加內在的自我功能化，由 0/90 織物製成的自增強 PLA 複合材料的剛度為 4 GPa 與 PP 剛度相當，但是 PLA SRPC 的優勢是使用可再生材料且使用壽命更長。新型材料開發可用於汽車和家用電器的原型零件，目的是證明這種生物基自增強材料的廣泛應用潛力。生物基材料的潛力將通過用於汽車和家用電器的高級原型來展示，通過研究塑料生產中新的生物基材料的性能，將追求具有成本效益的全生物基複合材料的生產，以滿足對高技術性能和可持續性的需求(圖 15)。生物塑料雜誌出版商 Michael Thielen 表示：“這表明，相同用途的生物塑料材料 PLA 的不同形式的組合可以帶來複雜的解決方案。



圖 16 2019 年生物塑料獎

三、心得

- (一) 本次會議在展會上除展示了各種新產品，材料和應用，研討議題方面亦包含生物塑料未來市場評估、生物塑料應用、新生物基塑料開發(PP 及 PEF)及生物塑料廢棄處處理鏈結循環經濟等重要議題，因此能在會議中吸取國際各國於生物塑料領域之最新研發進展，應能對本所未來規劃研發計畫方向及推動計畫執行面有所助益。
- (二) 會議上發表了歐洲生物塑料年度市場數據，結果顯示了全球生物塑料行業區將會趨於穩定的增長，並預計未來五年內全球生物塑料將增長約 15% 市場需求，全球生物塑料的生產能力將從 2019 年的約 210 萬噸增加到 2024 年的 240 萬噸。主要由生物聚合物如 PP(聚丙烯)和 PHA(聚羥基鏈烷酸酯)推動這一增長趨勢，生物基 PET 生產能力幾乎沒有達到前幾年的預期速度，實際上在過去幾年中產能有所下降，主要是 PEF(聚乙烯呋喃酸酯)的開發上，其具有可完全以生物基材進行生產，並具有優異的阻隔性和耐熱性能，使其成為飲料瓶的理想材料，預計到 2023 年生物基 PEF 將進入市場，具有強勁的增長潛力。基於本所近幾年也朝向 PLA、PHA 及 FDCA(PEF 原料)等生物塑料開發，故可根據蒐集之國際趨勢，協助本所推動未來研發方向。
- (三) 近年來各國政府都積極提出減塑政策，因此取代石化原料塑膠的環保材質成為市場寵兒，目前 PLA 商業產能已達飽和狀態，Total Corbion PLA 在泰國生產乳酸商品名為 Luminy PLA，主要使用該地區最高產量的甘蔗為原料，但在短缺時，該工廠可以使用木薯澱粉等替代原料，通過提高甘蔗產量、減少 NOx 和 SOx 排放、增加增加再生能源使用、製程中減少化學物質的使用。將 PLA 生產 CO₂ 碳足跡減少到 - 909 kg CO₂ 當量/噸，並進一步減少 PLA 的全球暖化潛勢。
- (四) 歐洲生物塑料協會 (EUBP)，代表了生物塑料行業利益的協會主席，表示歐盟委員會最近宣布，《歐洲綠色協議》是實踐歐洲“到 2050 年實現資源節約和競爭性經濟的溫室氣體淨排放量為零”的路線進行，協會認為生物塑

料行業能夠在實現這一目標中發揮了至關重要的作用，它們有助於減少對化石資源的依賴並減少溫室氣體的排放，這些生物基塑料的機械或化學回收進一步增加了這些產品的環境足跡，對於可生物降解和可堆肥的塑料也是如此，”同時鼓勵優先考慮“可重複使用且無毒產品和可回收再生利用之塑料”，這種方法減少塑料浪費，推動替代材料的開發和發展，以及促進可重複使用，可回收的塑料及塑料產品的設計和生產，以實現持續減少一次性塑料（SUPs）的消費，可創造高價的循環經濟發展值得國內借鏡。

(五) 許多可生物降解的塑料通常缺乏柔韌性，強度和韌性等特性，有學者提出，利用生物降解與不可降解的塑料進行混和，混合後實驗證明變成可家用堆肥產品，以便在不同環境中實現更快速的生物降解，避免釋放到環境中可能會導致之塑膠污染，或許透過不同塑料混摻，達到更具環保之新原料。

(六) PHA 生產製程在國內生產尚未發展成熟，再加上國際上也剛起步，許多 PHA 生產廠的生產製程、效益與成本等訊息都未正確釋出，因此造成訊息之混亂，會場上與 PHA 國際第一大廠 Bio-On 研究顧問兼業務開發經理 Diego Torresan 交流，他提到若是以食品包裝材 PHA 成本約在 4-6eu/Kg(135-202 台幣)，但若是應用於化妝品或是醫美等原料，成本會更高。另外一家 TerraVerdae 公司 William C. Bardosh 執行長，也提到他們製程，是利用 ethanol 轉化 PHA 之生物製程，主要 PHA 產品配比為 PHB 與 mcl-PHB 混和配方，成本亦在 5 eu/Kg，顯見目前國際上 PHA 生產廠成本均在 5 eu/Kg 上下。

(七) 本計畫團隊長期與國內相關生質塑料之研究單位均有合作之關係，但畢竟資源有限，若可積極參與如歐洲生物塑料會議等相似的研討會議，由於可接觸到上游原料生產公司、下游產品製造商及從市歐盟生物塑料制度研擬之相關研究機構，從中所獲悉的創意與創新技術，相信將可為所內相關計畫發展的參考方向。

四、建議事項

1. PHA 生產製程在國內生產尚未成熟，訊息都未正確釋出，本次與 PHA 國際生產廠交流，發現與國內取得資訊有落差，未來應繼續直接與國際相關專家請益，協助發展。
2. 食品包材多為 PHB 成本在 4-6eu/Kg，以價格高之美妝或醫美為目標，使 PHA 生產可容許之成本提高，可在原成分中添加其他 PHAs，以利高值化增進專利佈局的籌碼。
3. 2023 年生物基 PEF 將進入市場，計畫團隊中方向亦與國際生物塑料預估發展方向相符，建議可在建立產研合作夥伴關係發展，解決廠商需求，以加速 FDCA 朝產業應用開發。
4. 為增進高值之 PLA 應用規格或技術操作層面能力，建議後續持續收集及更新，以使技術團隊在獲取最新資訊之餘，能同步修正技術發展策略及規劃內容，加速相關產業推廣。
5. 2020 年將在奧地利舉辦第十五屆歐洲生質塑料會議，建議所內可持續參與會議，增加國際能見度外吸收目前國際最新資訊，與國際學者交流，將有助所內計畫發展參考方向。

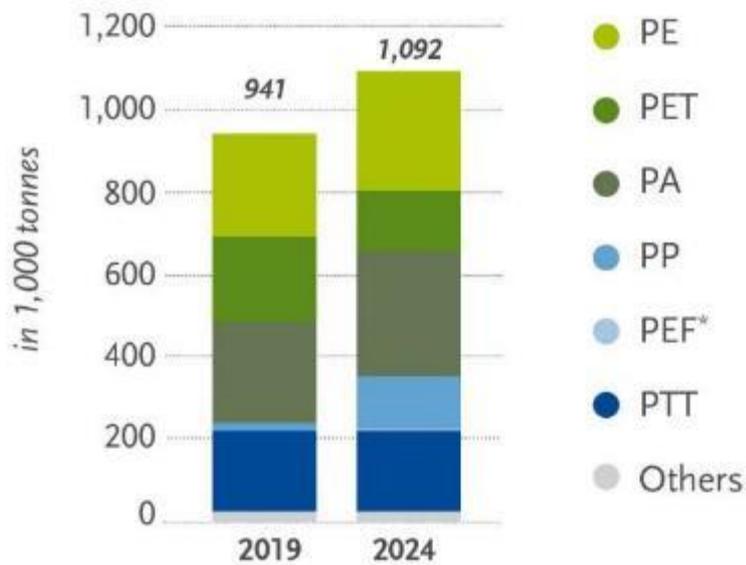


圖 17 2020 年將在奧地利(Hotel Savoyen Vienna)舉辦第十五屆歐洲生質塑料會議

五、附 錄

Bioplastics market update 2019

Bio-based & durable bioplastics 2019 vs. 2024

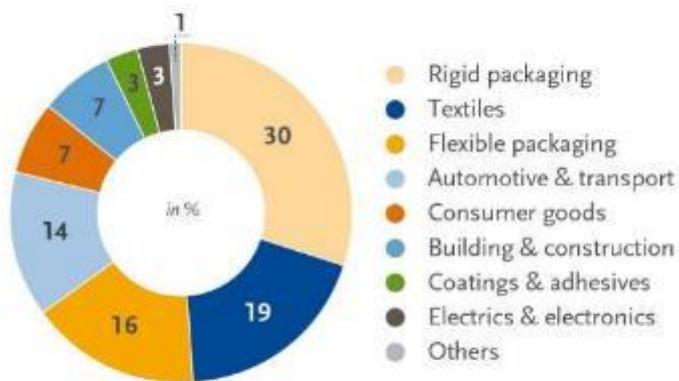


*PEF is currently in development and predicted to be available in commercial scale in 2023.

Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)

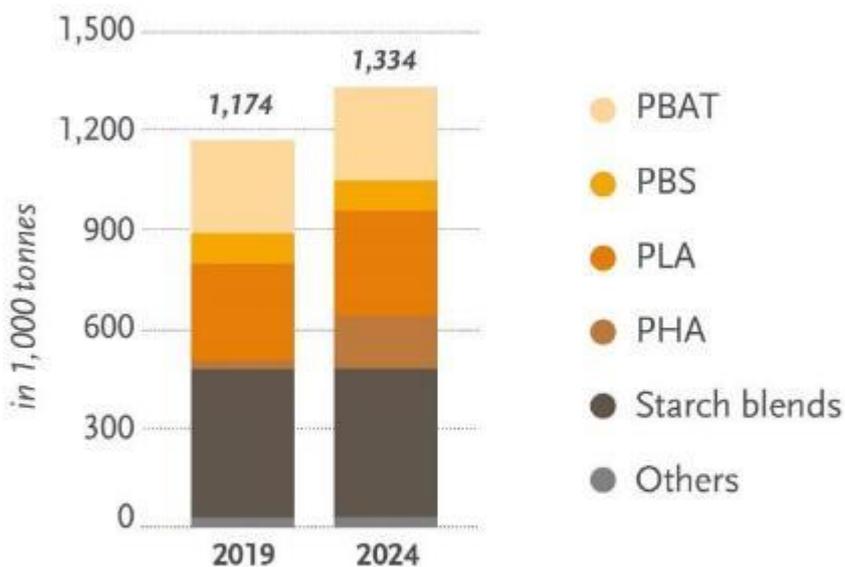
More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Bio-based plastics (by market segment) 2019



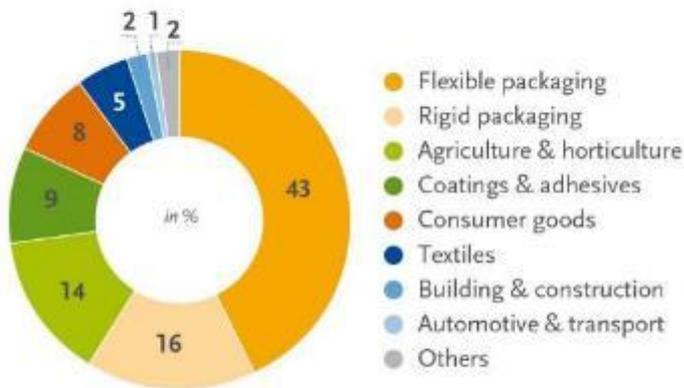
Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Biodegradable bioplastics 2019 vs. 2024



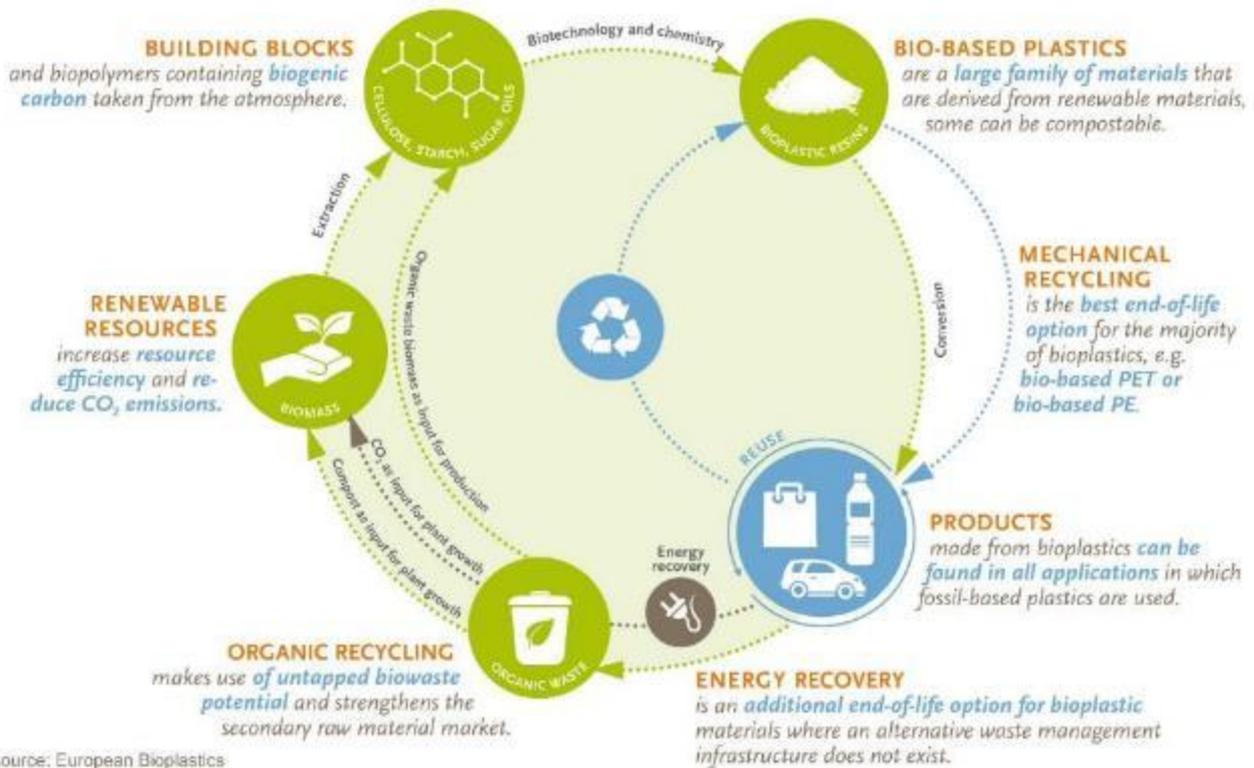
Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)
More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Biodegradable plastics (by market segment) 2019



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Bioplastics – closing the loop



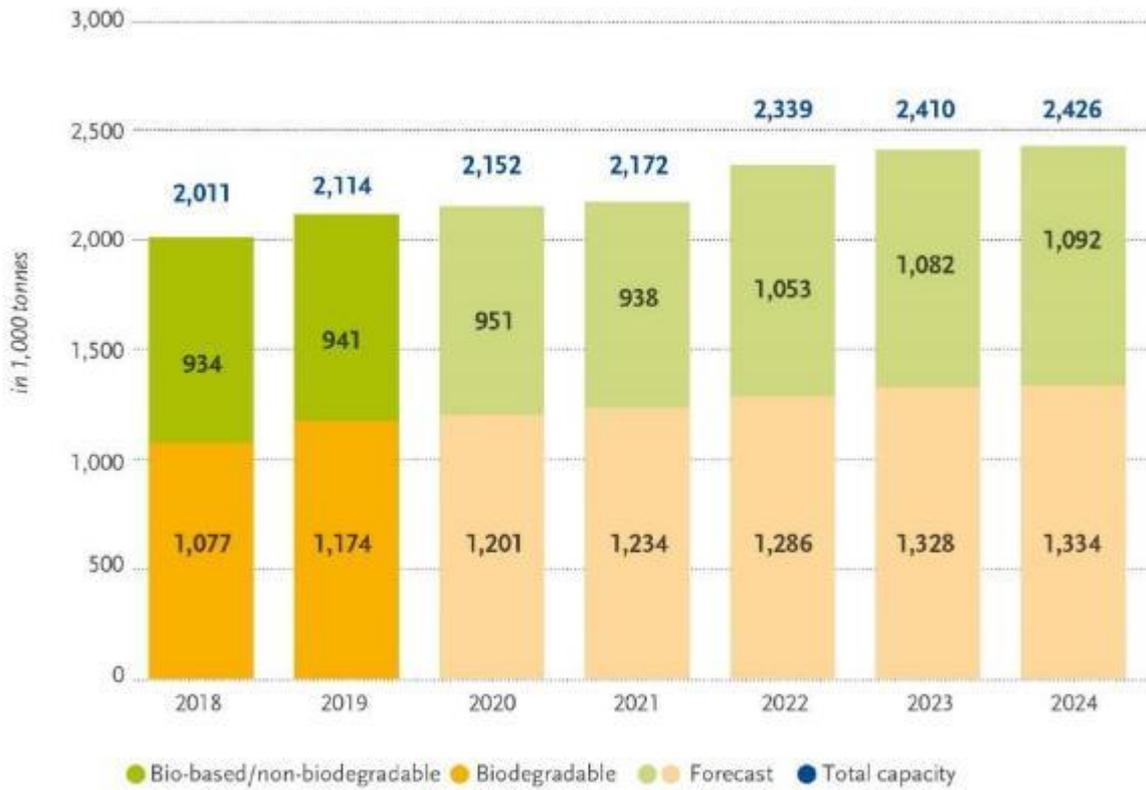
Global production capacities of bioplastics



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)

More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

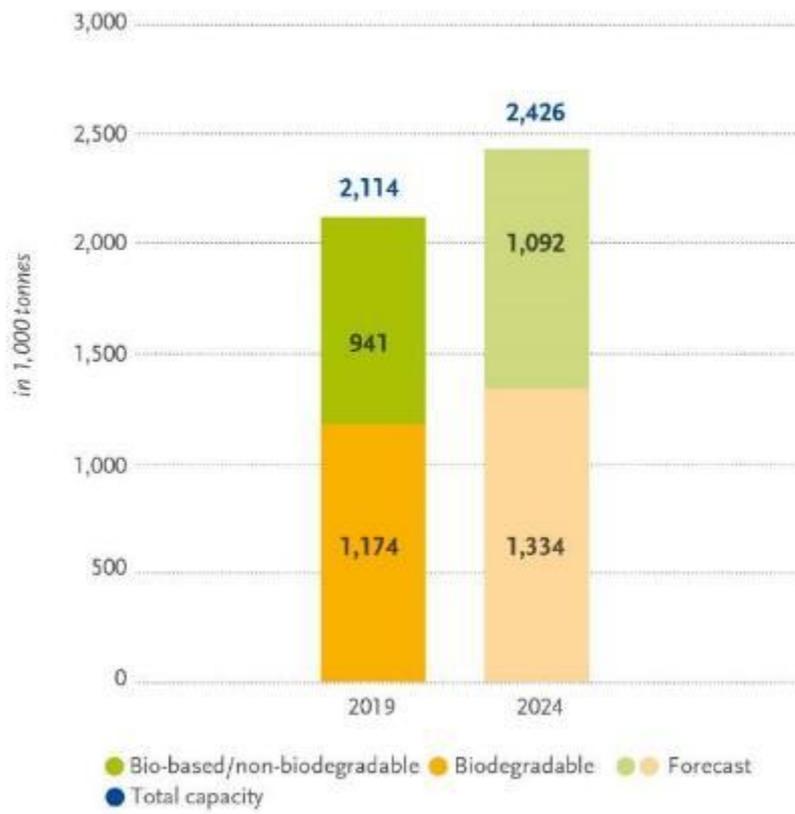
Global production capacities of bioplastics



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)

More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

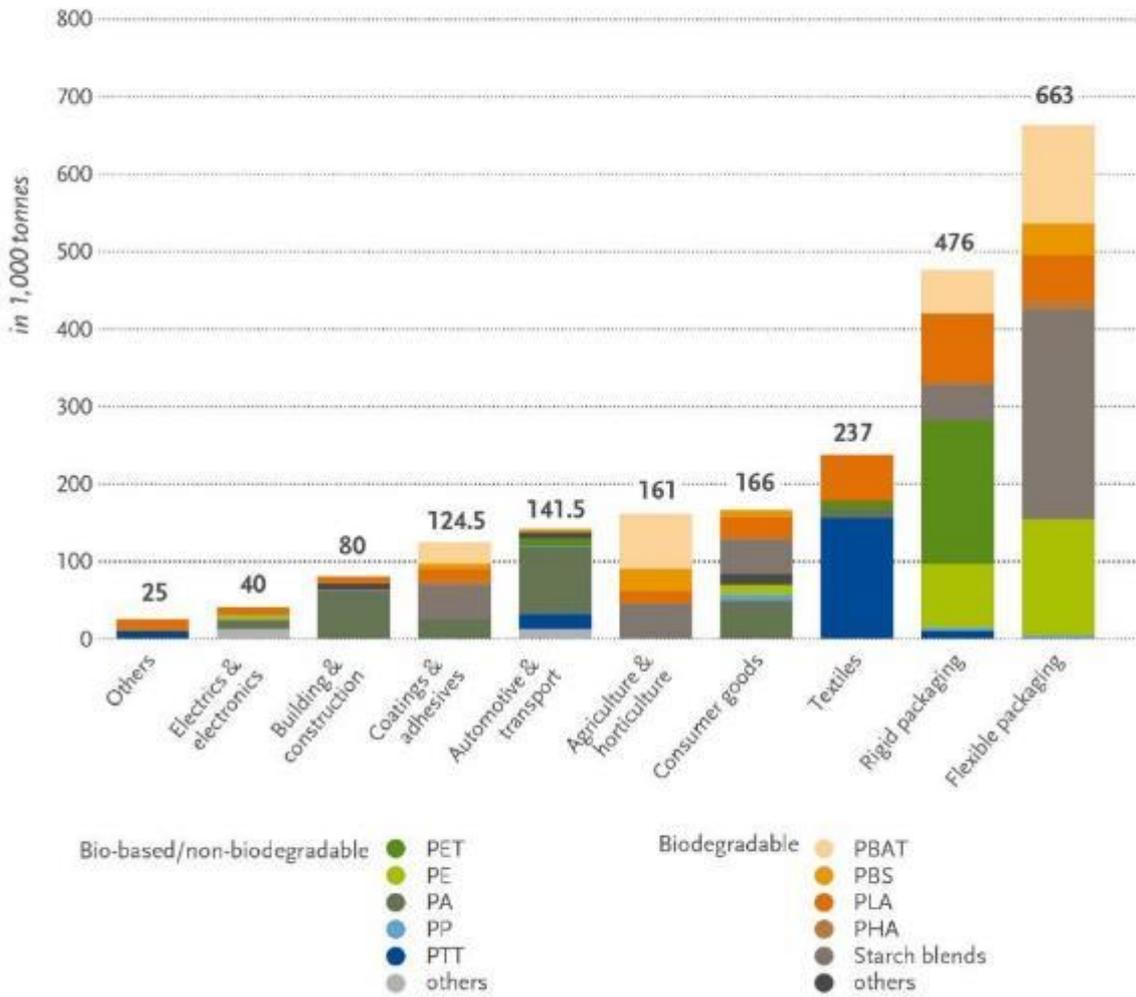
Global production capacities of bioplastics



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)

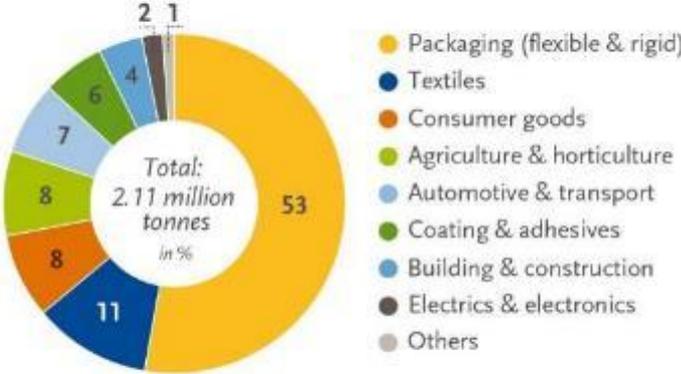
More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics 2019 (by market segment)



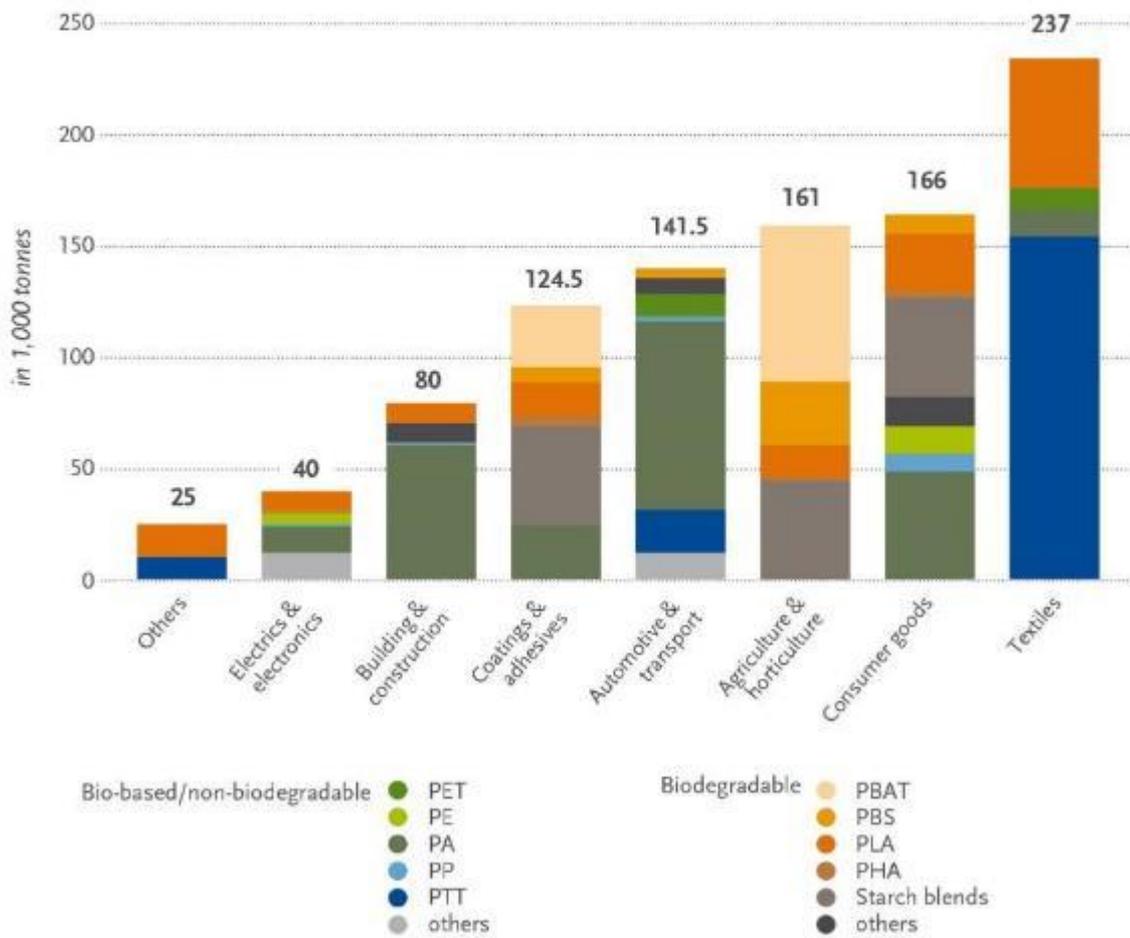
Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics in 2019 (by market segment)



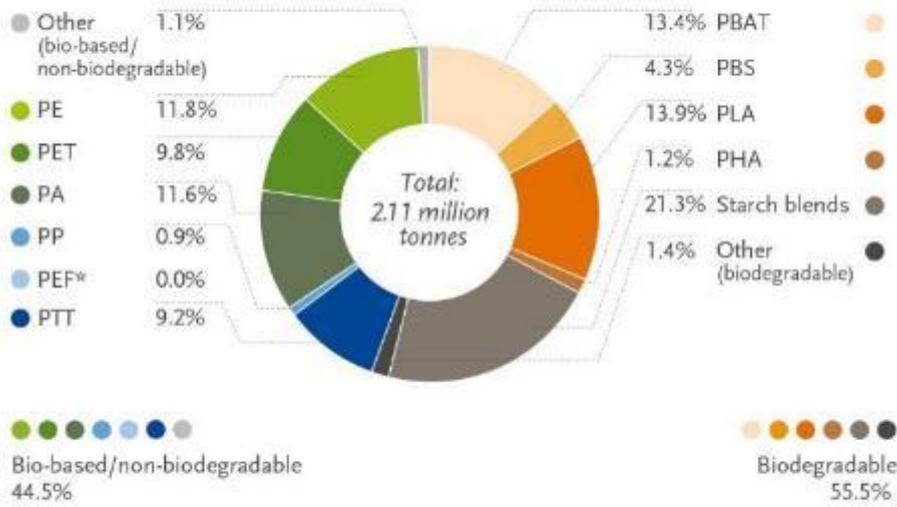
Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics 2019 (by market segment, without packaging)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics 2019 (by material type)

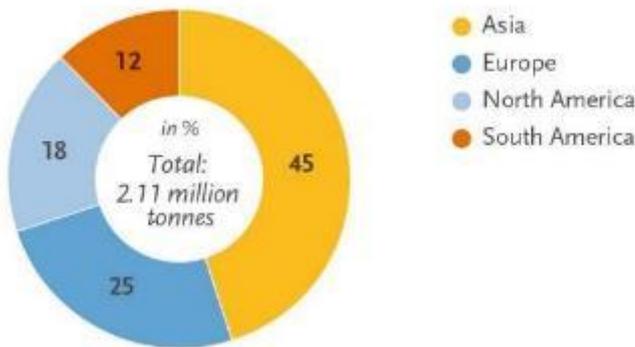


*PEF is currently in development and predicted to be available in commercial scale in 2023.

Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)

More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics in 2019 (by region)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

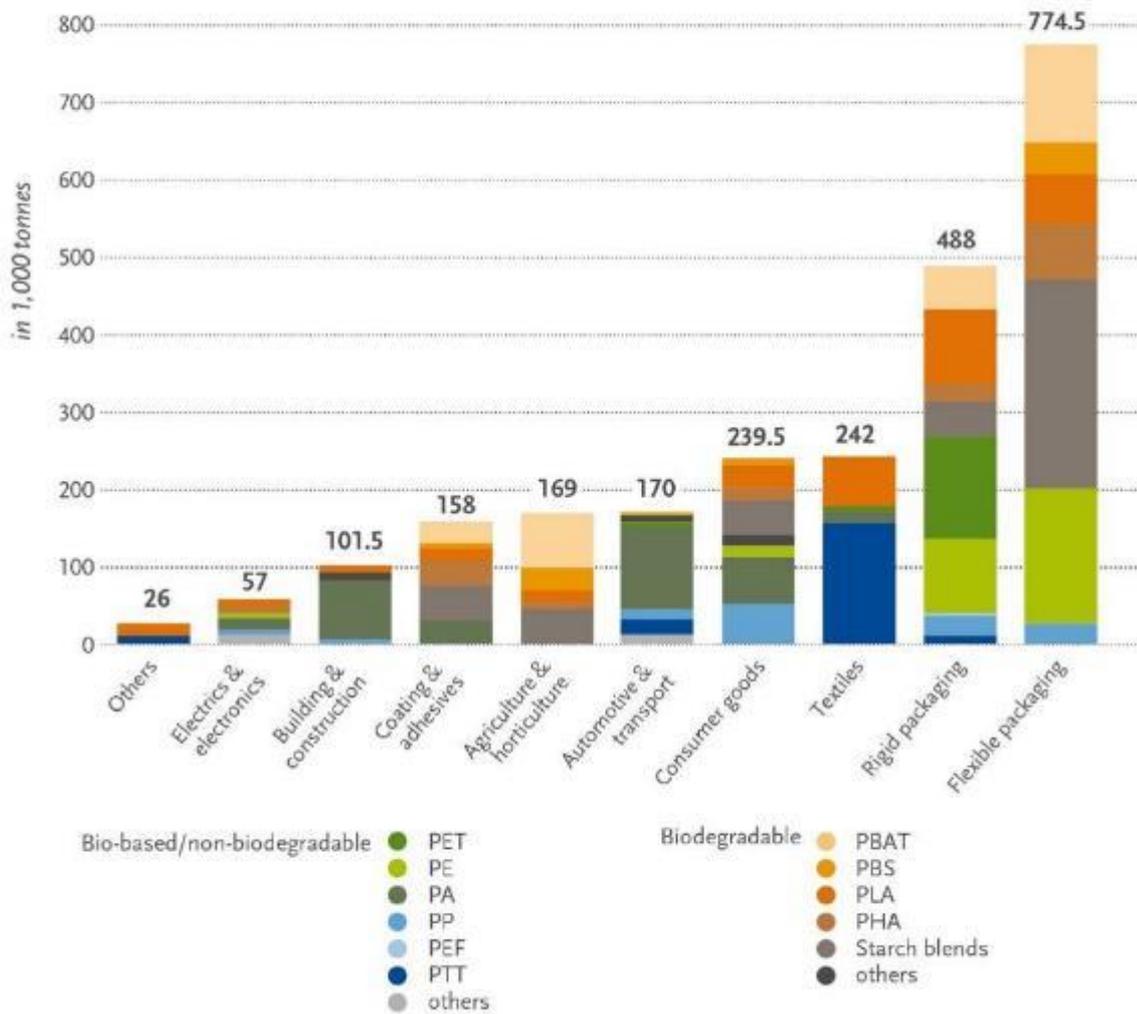
Global production capacities of bioplastics in 2019 (by region)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)

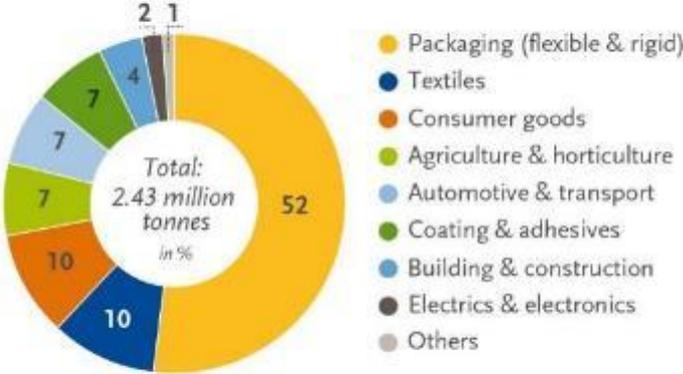
More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics 2024 (by market segment)



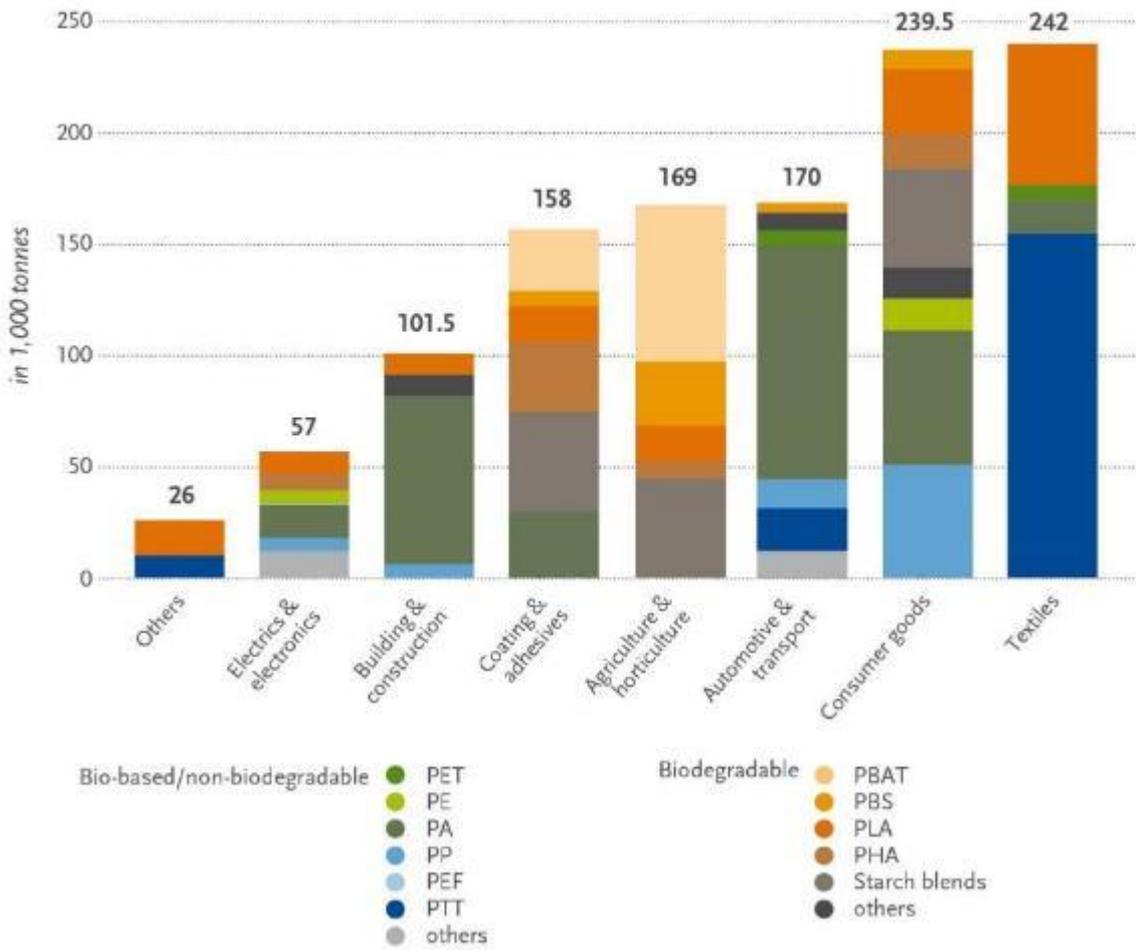
Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics in 2024 (by market segment)



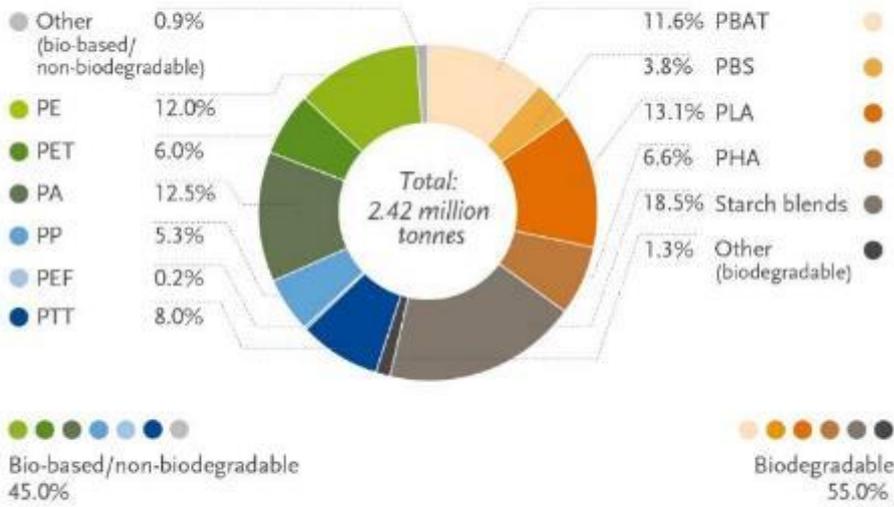
Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics 2024 (by market segment, without packaging)



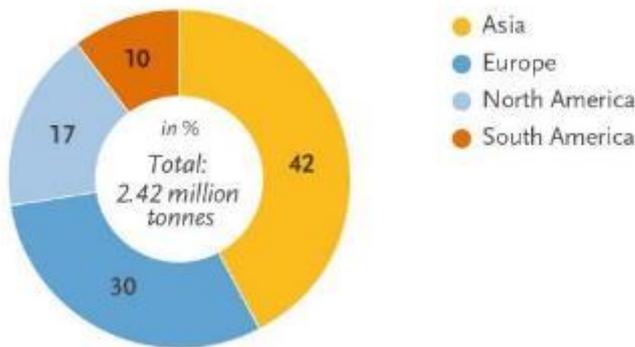
Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics 2024 (by material type)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)
More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Global production capacities of bioplastics in 2024 (by region)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information:
www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

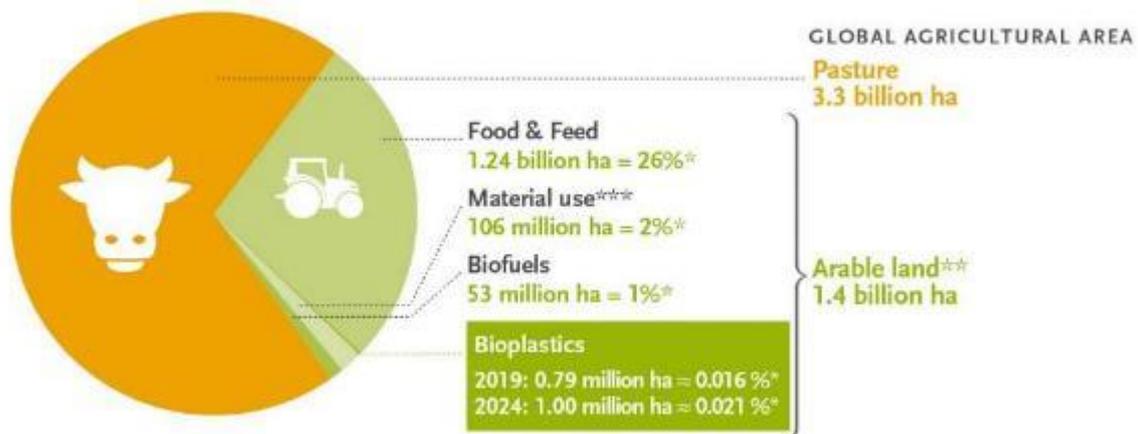
Global production capacities of bioplastics in 2024 (by region)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019)

More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Land use estimation for bioplastics 2019 and 2024



Source: European Bioplastics (2019), FAO Stats (2017), nova-Institute (2019), and Institute for Bioplastics and Biocomposites (2019). More information: www.european-bioplastics.org

* In relation to global agricultural area
** Including arable, 1% fallow land
*** Land use for bioplastics is part of the 2% material use