

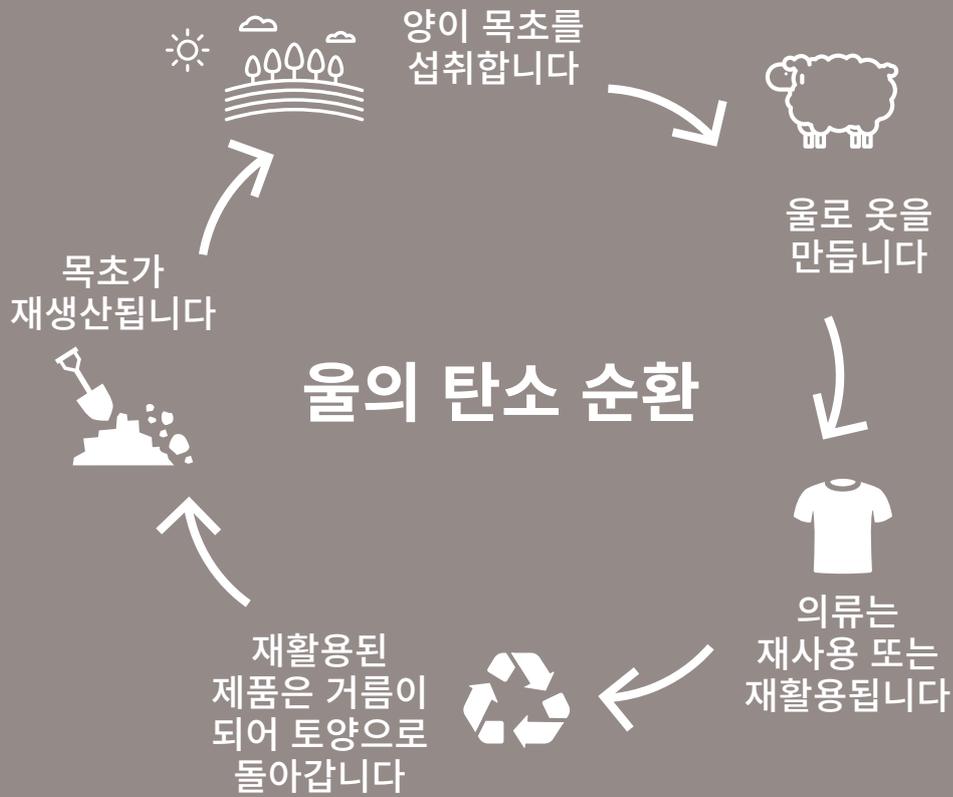
# 울과 탄소 순환

## 울은 대기의 탄소를 만들어집니다

탄소는 우리의 삶과 우리가 매일 사용하는 많은 제품을 구성하는 중요한 요소입니다. 많은 식물과 섬유는 탄소 기반 제품으로 만들어지지만 울과 같은 식물과 섬유는 대기의 탄소를 만들어집니다. 게다가 울은 자연적으로 생분해됩니다. 울을 폐기할 때, 귀중한 양분과 탄소가 토양에 서서히 방출되어 거름과 같은 역할을 합니다.

그에 비해 폴리에스터나 아크릴과 같은 주요 합성 의류 섬유의 탄소는 화석 연료에서 추출되므로 수백만 년 전에 토양에 저장된 탄소를 소모합니다.





### 울 순환 내 광합성



### 울의 탄소는 천연입니다

유기 탄소는 울 무게의 50%를 차지하며 이는 면(40%), 목재 펄프 기반의 섬유인 레이온, 비스코스, 뱀부(42%)보다 많습니다. 울의 탄소는 양이 식물을 소화하면서 생성됩니다. 특히 호주 울은 양이 주로 잔디와 목초를 섭취하는 광범위한 목장 시스템 내에서 생산됩니다. 이러한 식물들은 대기 중의 탄소를 흡수하여 광합성을 통해 이를 (지구상의 많은 생물들에게 필요한) 유기물로 변환합니다. 갓 깎은 양털에 포함된 대부분의 탄소는 과거 1~2년 동안 대기 중의 탄소에서 온 것이며 이는 자연적인 재생 시스템의 일환입니다.

## 탄소 순환에서 울의 중요성

울은 대기 중의 탄소를 의류가 수명을 다하기 전까지 회복성과 착용성이 있는 형태로 격리하여 단기 저장합니다. 의복으로 사용되는 동안 울은 온실 가스인 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 저장하여 저장된 가스가 기후 변화에 영향을 주는 것을 방지합니다. 이산화탄소 등가물(CO<sub>2</sub>-e)로 변환하면 순수한 울 1kg은 이산화탄소 등가물(CO<sub>2</sub>-e) 1.8kg과 같습니다. 이 개념을 확장해 2016/17 호주 울 연간 산출량을 고려하면 순수한 울에는 4억 1900만kg 이상의 CO<sub>2</sub>-e가 저장되어 있다는 것을 알 수 있습니다. 이 모든 CO<sub>2</sub>가 양에서 울이 생성되고 울이 섬유로 제품에 사용되는 동안 대기에서 제거되며 이는 울이 폐기되어 생분해될 때까지 지속됩니다. 많은 울 의류를 다양한 방식으로 사용 또는 재활용하면서(예: 카펫과 가정용품 등) 울의 수명이 크게 연장되었습니다. 이렇게 울을 활용하면 울을 의류로 사용하는 것보다 울을 더 오래 사용할 수 있다는 의견이 있습니다. 울은 주요 의류 섬유 중에서 재사용과 재활용이 가장 잘 이루어지는 섬유이며 의복, 매트리스, 가구용 직물처럼 오래 사용할 수 있는 새로운 제품으로 재탄생할 수 있습니다. 울은 천연 섬유 공급량의 1.2%에 불과하지만, 설문 조사에 따르면 자선 단체에 기부된 의류의 약 5%를 차지합니다.



## 그 다음엔 어떻게 될까요. 울에 있는 탄소는 어디로 갈까요?

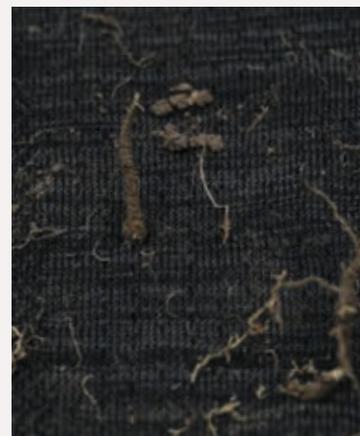
자연적인 탄소 순환의 일부가 되는 것과 더불어, 울은 수명이 다하면 합성 섬유처럼 폐기물로 축적되는 것이 아니라 자연스럽게 분해되어 토양으로 되돌아갑니다. 울은 생분해되는 천연 단백질(사람의 머리카락과 비슷한)로 이루어져 있기 때문에 폐기 시에 귀중한 양분과 탄소를 서서히 토양으로 방출해 거름과 같은 역할을 합니다. 이와 대조적으로 폴리에스터나 아크릴과 같은 합성 섬유는 화석 연료에서 추출되어 재생이 어렵습니다. 이러한 인공 섬유는 자연적으로 분해되지 않으므로 쓰레기 매립지를 크게 늘어나게 합니다.

## 울은 100% 생분해됩니다

울은 빠르면 3~4개월 만에 쉽게 생분해되지만 분해 속도는 토양의 종류와 상태, 기후와 울의 특징에 따라 달라집니다. 일부 연구에서는 토양에 묻은 지 4주 만에 좀더 빠르게 분해되는 것으로 나타났습니다. 이 과정에서 식물이 자라는 데 필요한 필수 원소인 질소, 황, 마그네슘 등이 방출되어 토양으로 돌아갑니다.

연구에 따르면 염색과 수축 방지 처리와 같은 과정이 토양 내 생분해 속도에 영향을 주고 울 섬유의 분해에 대한 초기 저항성을 높일 수 있다고 합니다. 하지만 이것은 단기적인 영향일 뿐이며 일반적으로 8주 이상 지속되지 않습니다.

더 자세한 정보는 팩트 시트 [울은 100% 생분해됩니다](#)를 참조하세요.



약 6개월간 매장했을 때 울 저지 섬유(오른쪽)는 생분해가 상당히 진행된 반면 나일론 저지 섬유(왼쪽)는 상대적으로 변화가 없었습니다.

### 참고 자료

Wool biodegrades readily in as little as three to four months but the rate varies with soil, climate and wool characteristics:

- Hodgson A., Collie S. (December 2014). *Biodegradability of Wool: Soil Burial Biodegradation*. Presented at 43rd Textile Research Symposium in Christchurch – AWI Client Report.

This releases essential elements such as nitrogen, sulphur and magnesium back to the soil, able to be taken up by growing plants:

- McNeil et al. (2007). *Closed-loop wool carpet recycling. Resources, conservation & recycling* 51: 220-4.

Converted into carbon dioxide equivalents (CO<sub>2</sub>-e), 1 kg of clean wool equates to 1.8 kilograms of CO<sub>2</sub>-e: 1 atom of carbon representing 27.3% of the molecular weight of CO<sub>2</sub> (1 x C atom (mwt 12) + 2 x O atoms (mwt 2 x 16 = 32) – hence 12/(12+32) = 12/44 = 0.273). Hence, to derive the CO<sub>2</sub> equivalence of 1 kg of clean wool, multiply 1 kg of clean wool by 0.5 to convert to pure carbon, then divide by 0.273 to convert to CO<sub>2</sub> equivalents.

Of the major apparel fibres wool is the most reusable and recyclable fibre on the planet: Russell SJ et al. *Review of wool recycling and reuse*. Proceedings of 2nd International Conference on Natural Fibres, 2015, 4.

Organic carbon makes up 50% of the weight of wool:

- Simmonds, D. *Proceedings of the International Wool Textile Research Conference*, International Wool Textile Research Conference. Melbourne, Australia: CSIRO Publishing, 1956, C65.
- Hawkesworth, A., *Australasian Sheep and Wool: A Practical and Theoretical Treatise: From Paddock to Loom. From Shearing Shed to Textile Factory*, 1948: p. 91.
- von Bergen, W., *Wool Handbook: A Text and Reference Book for the Entire Wool Industry*. Vol. 1. 1963, New York: John Wiley and Sons Inc. 315-450.
- Casuarano, H.J., et al., *Soil organic carbon sequestration in cotton production systems of the southeastern United States*. *Journal of Environmental Quality*, 2006. 35(4): p. 1374-1383.

Organic carbon makes up 40% of the weight of cotton: Casuarano, H.J., Franzluebbers, A.J., Reeves, D.W., Shaw, J.N. (2006), *Journal of Environmental Quality*, 35, 1374-1383.

Organic carbon makes up about 42% of the weight of wood pulp-based fibres like viscose: Viscose C<sub>18</sub>H<sub>32</sub>O<sub>16</sub> is a polymer of sodium cellulose xanthate, produced by reacting cellulose with alkali and carbon disulphide: Open Chemistry Database, *Compound Summary for CID 440950*, 2018, p.1.

The 2016/17 Australian wool clip represents more than 419 million kilograms of CO<sub>2</sub>-e in the clean wool:

- Hawkesworth, A., *Australasian Sheep and Wool: A Practical and Theoretical Treatise: From Paddock to Loom. From Shearing Shed to Textile Factory*, 1948: p. 91.
- AWTA Key Test Data, 2016-17.

Wool is the most reused and recyclable fibre of the major apparel fibres: Russell SJ et al. *Review of wool recycling and reuse*. Proceedings of 2nd International Conference on Natural Fibres, 2015, 4s.

Even though wool represents only 1.2% of the virgin fibre supply, surveys have shown it represents about 5% of clothing donated to charity:

- Y Chang, H. L Chen, and S Francis, *Market Applications for Recycled Postconsumer Fibres Family and Consumer Science* 1999. 27(3): p. 320.
- G. D. Ward, A. D. Hewitt, and S. J. Russell, Proceedings of the ICE. *Fibre composition of donated post-consumer clothing in the UK*. 2012 166(1): p. 31.
- Red Book 2016: *Long term global supply/demand update*. PCI Wood Mackenzie.

Polyester, acrylic and nylon are all produced from hydrocarbons or propylene derived directly from fossil fuels, and are therefore part of a non-renewable cycle. These fibres are also non-biodegradable:

- Russell, I., *Combined insect-resist and rot resist treatments of wool insulation*. 1992, CSIRO Division of Wool Technology: Australia.
- Szostak-Kotowa, J., *Biodeterioration of textiles International biodeterioration & biodegradation*, 2004. 53(3): p. 165-170.

Some studies found more rapid degradation with marked weight loss after only four weeks' burial in soils: Hodgson A., Collie S. (December 2014). *Biodegradability of Wool: Soil Burial Biodegradation*. Presented at 43rd Textile Research Symposium in Christchurch – AWI Client Report.

Results demonstrate that chemical processing of wool fabrics does impact on the rate of biodegradation (as a result of soil burial). The short-term impact is generally that of an increase in the fabric's initial resistance to degradation, rather than an increase in susceptibility:

- Hodgson A, Collie S. (December 2014). *Biodegradability of Wool: Soil Burial Biodegradation*. Presented at 43rd Textile Research Symposium in Christchurch – AWI Client Report.