Journal of Korea TAPPI
Vol. 56. No. 1, 2024, 22-29p
ISSN (Print): 0253-3200
Printed in Korea
https://doi.org/10.7584/JKTAPPI.2024.2.56.1.22

폐지와 감귤박 기반 토양피복재 제조 연구

이유진[1], 신명석[2], 김정은[2], 권순화[3], 성용주[4†]

접수일(2024년 2월 2일), 수정일(2024년 2월 17일), 채택일(2024년 2월 19일)

A Study on Production of Soil Covering Materials Using Waste Paper and Citrus Pomace

Yu-Jin Lee[1], Myung Suk Shin[2], Joung Eun Kim[2], Soon Hwa Kwon[3], Yong Joo Sung[4†]

Received February 2, 2024; Received in revised form February 17, 2024; Accepted February 19, 2024

ABSTRACT

Soil cover materials for the mulching has been used to regulate ground temperature, suppress weed growth, and retain moisture in the soil due to global warming. Plastic-based mulching materials are mainly used for soil covering, but there are related problems such as lack of water retention and control of the waste covering materials that pollute the soil. In this study, citrus pomace and waste paper were used to produce soil mulching material to contribute to resource recycling and the effects on water retention and compression strength were evaluated for functional evaluation. The addition of waste paper fibers to citrus pomace increased water retention property and compression strength. And the addition of the calcium oxide provided the increase in the strength properties and the control of pH.

Keywords: *Waste paper, citrus pomace, soil covering material, compression strength, water retention capacity*

1 충남대학교 환경소재공학과(Department of Biobased Materials, Chungnam National University), 학생
2 주식회사 비유(Bio-Universe Co. Ltd.), 공동대표
3 농촌진흥청 국립원예특작과학원 감귤연구소(Citrus Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA), 농업연구사
4 충남대학교 환경소재공학과(Department of Biobased Materials, Chungnam National University), 교수
† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: yosung17@cnu.ac.kr (Address: Department of Biobased Materials, Chungnam National University, Daejeon, 34134, Republic of Korea)

1. 서 론

도시중심의 생활이 일반화되면서 도심생활환경 및 도심조경에 대한 필요성과 관심이 지속적으로 높아지고 있고, 이에 따른 도시녹화, 도시숲, 옥상녹화 및 도시조경 등 다양한 형태의 도심내 녹지조성이 더욱 확산되고 있는 추세이다.[1] 이러한 도심 내의 녹지조성은 인공적으로 조성되는 토양 위에서 이루어지게 됨에 따라 상대적으로 식생의 관리 및 유지가 어려운 단점이 있다. 특히, 지구온난화로 인한 도심 내 식생환경이 급격히 악화됨에 따라 영향으로 하절기 온도상승에 따른 토양 수분증발 및 이에 따른 토양건조 및 식생의 고사가 빈번히 발생되는 등 도심 내 식생관리는 점차 어려워지고 있는 실정이다.[2]

이러한 식생관리의 방법으로 조경산업 뿐만 아니라 원예, 농업에서 일반적으로 활용되는 방법으로 멀칭(mulching) 방법을 들 수 있다. 멀칭방법은 식물의 재배 시 토양의 표면을 특정소재로 덮어주는 방법으로 잡초 및 병충해 발생 억제, 토양 내 수분유지, 염피해 등 토양 오염 방지, 토양온도유지 등의 다양한 기능을 발현하여 식생의 생장을 도와주는 방법이다.[3] 이러한 멀칭은 특히 농작물 재배에서 보편적으로 이용되고 있으며, 작물의 발아, 생육 및 수량에 지대한 영향을 미침에 따라[4] 널리 활용되고 있으며 제초제 등의 농약사용을 대체하는 효과로 친환경적 식생재배 기술로의 활용성이 더욱 높아지고 있다.

멀칭을 위한 자재로서 대표적인 것은 다양한 플라스틱 필름으로 제조되는 멀칭비닐을 들 수 있는데 이러한 플라스틱 영농필름의 경우 사용 후 폐기 시 토양환경 오염 등 다양한 환경문제 및 비용을 발생시키는 문제[5]가 있을 뿐만 아니라 수분보수성과 공기투과성이 없어 식생의 유지관리에 부수적인 문제를 일으킬 수 있는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 생분해성 및 기능성을 가지는 다양한 멀칭용 토양피복재의 개발을 위한 많은 연구들이 진행되어 왔으나[6,7] 경제성과 기능성이 상대적으로 떨어져 그 활용도는 낮은 상황이다. 따라서 본 연구에서는 폐기성 바이오매스 원료들을 활용한 기능성 토양피복재를 제조하기 위한 연구를 수행하였고 이를 통해 향후 경제성과 기능성이 강화된 자원순환형 토양피복재 개발에 필요한 기반자료를 제공하고자 하였다.

본 연구에서는 폐기성 자원인 감귤박을 성형하여 조경용 멀칭자재로 일반적으로 활용되고 있는 수피와 유사한 형상을 가지는 토양피복재를 성형하여 제조하였으며 이러한 토양피복재의 성형성과 기능성을 강화하기 위한 방안으로 폐지를 건식섬유화하여 적용하는 방안에 대하여 알아보았다. 감귤은 제주도를 중심으로 연간 약 60만 톤가량 생산되며, 그중 30%는 가공용으로 활용되어 주로 착즙 후 주스로 제조되고 있다.[8] 이러한 감귤의 착즙 공정에서는 즙을 분리하고 남은 껍질, 과육 등으로 구성된 찌꺼기인 감귤박(citrus pomace)이 발생되는데 제주도에서 연간 5-6만 톤 이상 발생되고 있다. 이러한 감귤박은 사료 등 저급한 용도로 활용되고 있으나, 이의 고도활용을 위한 방안들이 지속적으로 요구되고 있는 상황이다.[9] 따라서 감귤박의 활용성을 높일 수 있는 방안으로 토양피복재의 제조방안에 대해서 모색하여 보았고 특히, 감귤박의 성형 및 구조화에 있어서 높은 수분함량과 구조적 특성의 개량을 위한 방안으로 폐지섬유의 적용효과를 알아보았다.

종이 자원의 재활용은 기후변화대응, 환경오염 저감 및 에너지 절감 효과 등의 다양한 효과를 가져오기 때문에[10-12] 종이 자원은 대표적인 순환자원으로 국내 환경부에서는 1톤 폐지를 재활용할 경우 CO_2 1,070 kg, 대기오염물질 약 95% 저감, 물과 전력의 28-70%를 절약할 수 있다고 발표한 바 있고, 미국 EPN(Environmental Paper Network)의 보고에 따르면 1톤의 종이 자원을 재활용할 경우 CO2 937 kg, 에너지 3,244 kWh, 물 42,465 L를 절약할 수 있으며, 폐기물 340 kg을 저감할 수 있는 것으로 알려져 있다.[13] 따라서 본 연구에서는 이러한 종이 자원의 적용을 통해 감귤박 토양피복재의 제조 시 수분조절 기능과 구조적 특성 강화를 위한 방안을 모색하여 보았다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 감귤박

본 연구에서는 제주산 감귤의 착즙을 통해 주스를 생산하는 과정에서 발생되는 감귤박을 J사로 부터 분양받아 사용하였으며, 감귤박의 함수율은 약 88%이었고, 감귤박은 용해성 당성분 15.7% 브릭스 농도로 포함하고 있는 것으로 나타났고, 그 외 조단백 1.3%, 조섬유 2.4%, 조회분 0.53% 등으로 구성되어 있다.

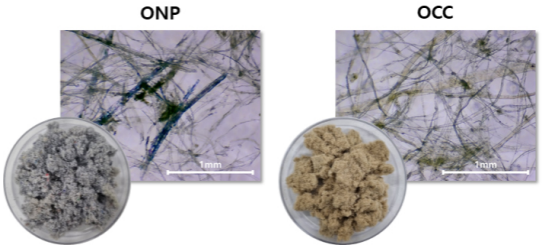

Fig. 1. The morphological properties of waste paper fibers.

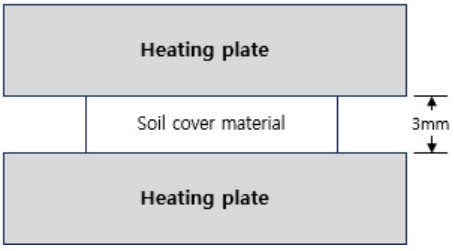

Fig. 2. Schematic diagram of soil cover material production process with citrus pomace and waste paper.

2.1.2 폐지 분쇄분

본 연구에서는 대전에 위치한 자원순환업체로 부터 분양받은 골판지 폐지(OCC, Old Corrugated Container) 및 신문 폐지(ONP, Old Newspaper)를 사용하였다. 분양받은 각각의 폐지는 토양피복재 제조 시 용이하도록 나이프밀(Knife mill)을 적용해 건식 분쇄를 실시하고 섬유화된 폐지를 10 mesh로 분급하여 통과분을 사용하였다. Fig. 1에서 보여지는 것과 같이 주로 섬유분 형태로 존재하며 OCC의 섬유 두께가 ONP보다 두껍고, 섬유장이 긴 것을 확인할 수 있었다.

2.1.3 기능성 첨가제

본 연구에서는 감귤박 기반 토양피복재의 기능성 부여 및 강화를 위하여 생석회(Calcium oxide, Gundo Co., Korea)를 적용하여 그 영향을 평가하였으며, 추가적으로 폐지를 적용한 토양피복재 제조 시 강도 강화를 위한 방안으로 생분해성 아크릴계 첨가제를 R사에서 분양받아 적용 효과를 알아보았다.

2.2 감귤박 기반 토양피복재 제조 및 건조효율 평가

2.2.1 토양피복재 제조

감귤박 기반 토양피복재의 제조를 위해 Fig. 2에서와 같이 감귤박으로 두께 3 mm, 가로 × 세로가 약 2.5 cm × 2.5 cm인 플레이크 형태의 구조체를 성형하고, 이렇게 성형된 감귤박 플레이크 구조체를 130℃ 온도의 양면 열판건조기로 압착건조하여 감귤박 기반 토양피복재를 제조하였다. 또한, 감귤박의 수분조절, 성형성 및 품질 개질을 위하여 폐지 분쇄분을 혼합적용하여 같은 방법으로 토양피복재를 제조하였다. 폐지 분쇄분의 적용 시 적용량은 감귤박 대비 중량비로 각각 5%, 10%, 15% 조건으로 첨가 및 혼합하여 플레이크 형태의 토양피복재를 제조하였다.

2.2.2 토양피복재 제조 시 건조속도 평가

감귤박 및 폐지 분쇄분 등 원료의 종류 및 배합비에 따른 토양피복재 성형 시 건조공정에서의 건조속도 변화를 비교 평가하였다. 이때 두께가 3 mm, 가로 × 세로가 2.5 cm × 2.5 cm로 성형된 시편을 함수율 측정기(MAC 50/NH, RADWAG, Poland)로 120℃에서 건조시키며 1분마다 함수율 변화를 측정하여 건조속도를 비교 평가하였다.

2.3 토양피복재 품질 평가

2.3.1 압축강도 평가

KS F 2206(목재의 압축 시험 방법)에 의거하여 만능재료시험기(H50KS, Hounsfield, UK)를 이용해 각 조건에서 제조된 토양피복재 시료의 압축강도를 측정하였다.

2.3.2 수분보수성 평가

제조된 토양피복재 시료의 수분보수성은 ASTM D570(흡수율 시험)에 의거하여 측정하였으며, 측정시료를 두께 3 mm, 가로 × 세로가 2.5 cm × 2.5 cm 인 플레이크 형태로 준비하여 전건하고 이를 23℃ 증류수에 30분간 침지한 이후, 4 mesh 망 위 양생시켜 10분간 자유수를 탈수시킨 뒤 시료 내 수분이 보수된 정도를 측정하여 평가하였다(Eq. 1).

$$Water\ retention\ value(\%) = \frac{sediment\ weight(g) - sample\ weight(g)}{sample\ weight(g)} \times 100 \quad [1]$$

2.3.3 물풀림성 평가

물풀림성은 KS M ISO 12625-17(티슈 및 티슈 제품-제17부: 물풀림성 측정)에 의거하여 일정 시간 동안 침지된 물속에서 시료의 물에 풀려 나감에 따라 발생되는 무게 감소를 측정하여 나타내었다. 제조된 토양피복재 시료를 12시간 동안 증류수에 침지한 뒤 전건시켜 감소된 무게를 측정하여 각 시료의 물풀림성을 평가하였다(Eq. 2).

$$A(\%) = \frac{sample\ weight(g) - B(g)}{sample\ weight(g)} \times 100 \quad [2]$$

(A: Disintegration in water, B: dry weight after soakage)

2.3.4 토양피복재 pH 측정

ISO 10390에 의거하여 각각의 토양피복재 시료를 1:5 부피비로 증류수에 24시간 침지한 후, pH 측정기(Orion Star™ A211, Thermo Fisher Scientific, USA)를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 감귤박 기반 토양피복재 제조 특성

감귤박 기반 토양피복재의 제조를 위한 기반 실험으로 추가적인 물질의 배합 없이 감귤박으로만 토양피복재 구조체를 제조하여 성형 특성 및 품질특성을 평가하여보았다. 감귤박의 높은 당 함량으로 함수율이 88% 높음에도 불구하고 플레이크 형태로의 성형은 적절히 이루어지는 것을 확인할 수 있었으나 성형 후 건조과정에서 수축이 발생하며 건조속도가 낮은 특성을 나타내었다. 박 등은 과당이 상대적으로 낮은 110℃에서 캐러멜화(caramelization) 반응이 빠르게 발생한다고 보고한 바 있다.[14] 이러한 과당이 함유되어 있는 감귤박의 경우 제조공정 중 열판과 접촉하는 부분에서 수분과 함께 표면으로 이동한

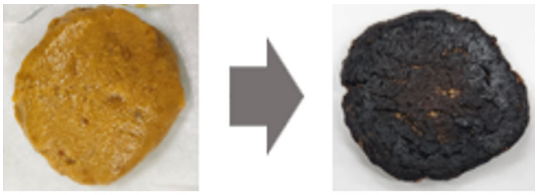

Fig. 3. The surface appearance after hot pressing drying of citrus pomace soil cover material. (a: before hot press drying, b: after 130℃, 15 min hot press drying)

과당의 캐러멜화 반응 및 탄화반응을 발생시키는 것으로 추정되며 그 결과 Fig. 3에서 나타난 바와 같은 표면색상의 변화가 크게 나타나는 것으로 판단되었다. 따라서 이러한 제조상의 효율 저하와 품질개선을 위한 수분조절제 및 기능성 첨가제의 적용이 필요한 것으로 판단되었다.

3.2 폐지 종류 및 첨가량에 따른 감귤박 토양피복재 특성 변화

감귤박 토양피복재 제조 시 성형성과 품질특성 개선을 위하여 폐지 분쇄분을 혼합 적용함으로써 그 영향 및 품질변화를 알아보았다. 대표적인 폐지를 종류별로 적용특성을 비교·평가하기 위해 OCC와 ONP 분쇄분을 각각 5%, 10%, 15% 조건으로 감귤박에 배합하고 토양피복재 시료 제조하여 품질 특성을 비교·평가하였다.

Fig. 4에서 보여지는 것과 같이 저수분함량의 폐지 분쇄분 배합 비율 증가에 따라 배합원료의 수분량은 지속

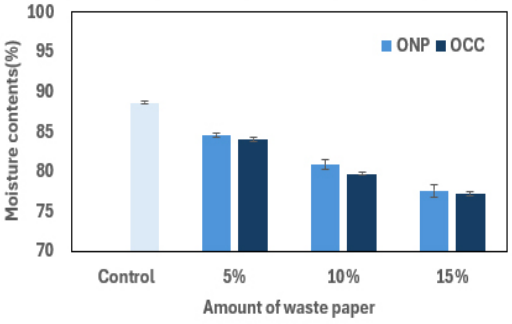

Fig. 4. Changes in the moisture content of the raw material mixture depending on the addition amount of waste paper fibers.

적으로 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 폐지 종류별 수분조절 영향 차이는 유의하게 나타나지 않는 것을 확인할 수 있었고 감귤박 단독원료(control) 대비 10%까지 수분조절 효과를 가져올 수 있었다. 이러한 초기수분 함량의 조절을 통해 건조효율증대를 가져올 수 있는지 수분 건조효율을 평가하였는데 이는 Fig. 5에서 확인할 수 있었다.

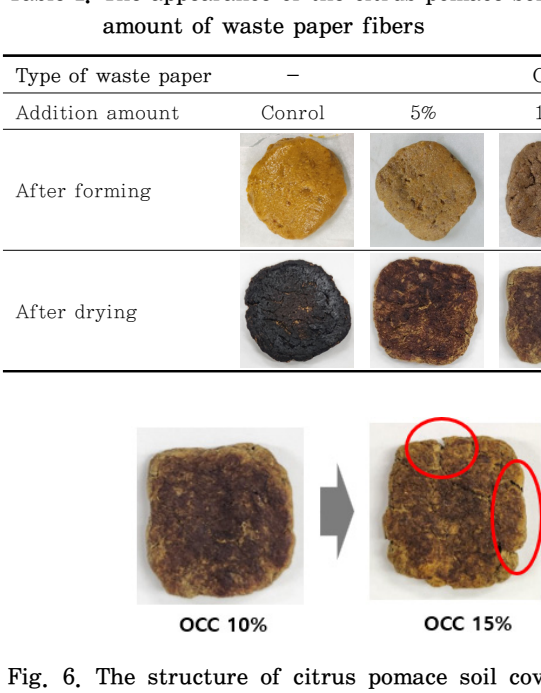

Fig. 5. Drying efficiency of citrus pomace soil cover material. depending on the addition amount OCC fibers.

Table 1에서는 폐지 분쇄분의 배합비에 따른 감귤박 토양피복재의 성형 후, 건조 후 외관특성 변화를 나타내고 있다. 건조 후에는 토양피복재의 함수율이 10% 미만으로 건조된 상태이며, 폐지 분쇄분 배합비 증가에 따라 감귤박으로만 제조되는 경우에 발생되는 표면 탄화현상이 상대적으로 크게 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

반면, Fig. 6에서 나타난 바와 같이 폐지 분쇄분의 배합에 따라 표면구조 특성의 변화도 나타나는데 폐지 분쇄분 15% 배합 시에는 상대적으로 플레이크 조직이 느슨해지며 건조 시 수축에 의해 시료의 구조가 갈라지거나 부스러지는 등의 문제를 발생시키는 것으로 확인할 수 있었다.

Table 2에서는 폐지 분쇄분의 배합량에 따른 감귤박 토양피복재의 pH 변화를 나타내고 있는데 폐지 분쇄분의 배합비가 증가할수록 수분에 의해 용출되는 토양피복재 시료 성분에 의한 pH가 증가하는 것을 확인할 수 있었고 이러한 폐지 분쇄분의 배합을 통하여 감귤박 토양피복재의 pH 조절이 가능할 것으로 확인할 수 있었다. 또한, Fig. 6와 Table 2에 나타난 바와 같이 폐지 분쇄분의 배합비가 증가할수록 pH가 증가하여 캐러멜화 반

Table 1. The appearance of the citrus pomace soil covering material samples depending on the addition amount of waste paper fibers

Type of waste paper	–	OCC			ONP		
Addition amount	Conrol	5%	10%	15%	5%	10%	15%
After forming							
After drying							

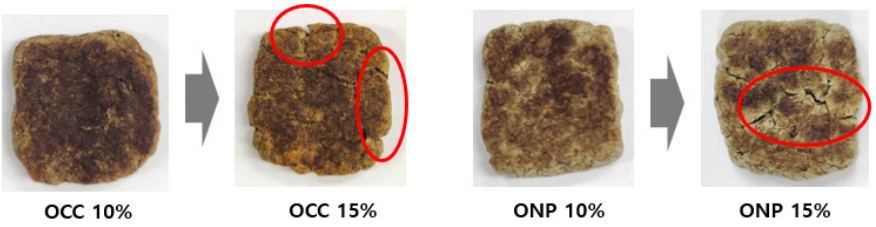

Fig. 6. The structure of citrus pomace soil covering material depending on the addition amount of waste paper fibers.

Table 2. Changes in pH with waste paper addition

Type of waste paper	Control	5%	10%	15%
OCC	3.8	4.6	5.3	6.7
ONP	3.8	4.7	5.5	6.3

응 속도가 빨라지지만, 폐지 분쇄분의 함량이 증가함에 따라 상대적으로 캐러멜화 반응이 일어나는 과당의 함량이 감소하면서 표면 탄화현상이 감소하는 경향을 나타내는 것으로 판단되었다.

Fig. 7에서는 폐지분쇄분의 배합량에 따른 토양피복재의 물풀림성 변화를 나타내었다. 폐지 분쇄분의 함량이 증가할수록 건조과정 중 접착성을 발현하여 강성과 구조의 치밀성을 가져오는 감귤박의 함량이 상대적으로 감소됨에 따라 물속에서 해리되는 물풀림성 특성도 저하되는 것을 확인할 수 있었다.

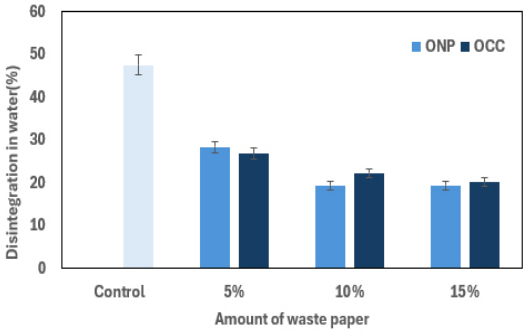

Fig. 7. Changes in disinteregration in water of citrus pomace soil covering material depending on the addition amount of waste paper fibers.

Fig. 8에서는 폐지 분쇄분 배합량에 따른 토양피복재 시료의 수분보수성 변화를 비교 · 평가하여 나타내었다. 폐지 분쇄분의 첨가량이 증가함에 따라 수분보수성도 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 폐지 분쇄분의 펄프 섬유에 존재하는 친수성 수산기로 인한 흡습성 증가 및 상대적으로 벌크한 구조를 가짐에 따라 나타난 결과로 판단되었고 이러한 수분보수성의 증가는 토양피복재 적용 시 적용된 토양 내 수분함량 조절 기능을 향상시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

3.3 첨가제 적용을 통한 감귤박 토양피복재 기능성 강화 평가

3.3.1 생석회 적용에 따른 효과 평가

감귤박 토양피복재의 기능성 강화를 위한 방안으로 알칼리성을 나타내며 반응성이 우수한 생석회를 첨가하여 그 영향을 평가하였다. Fig. 9는 감귤박과 OCC 분쇄분 10%를 배합한 원료에 생석회를 첨가하여 원료에서의 수분함량 변화를 평가하여 나타낸 그래프이다. 생석회의 첨가로 감귤박의 산성 성분과의 발열반응이 발생되며 이로 인해 배합원료의 수분함량이 감소되는 것으로 추정된다.

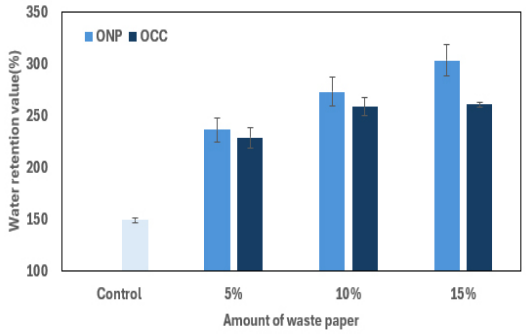

Fig. 8. Changes in water retention of citrus pomace soil covering material depending on the addition amount of waste paper fibers.

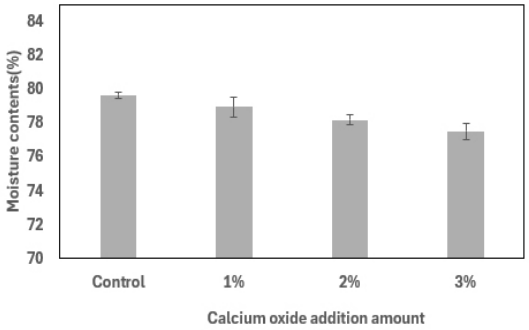

Fig. 9. Changes in the moisture contents depending on the addition amount of calcium oxide addition.

Table 3. Changes in pH depending on the addition amount of calcium oxide addition

Calcium oxide addition amount	Control	1%	2%	3%
pH	5.3	7.7	9.1	9.3

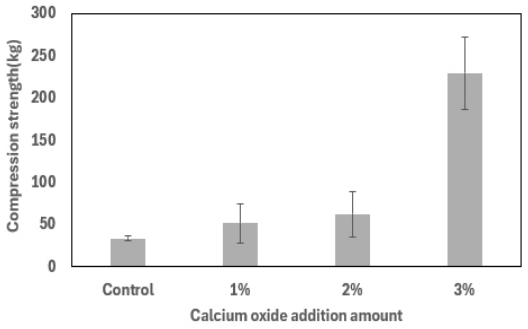

Fig. 10. Changes in the compression strength depending on the addition amount of calcium oxide addition.

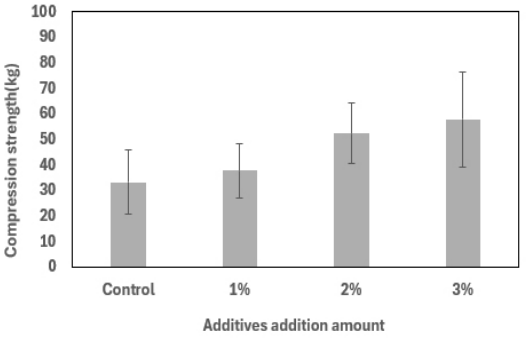

Fig. 11. Changes in compression strength depending on the addition amount of additives addition.

Fig. 10에서는 생석회의 첨가량에 따른 토양피복재 시료의 강도 변화를 측정한 결과를 보여주고 있는데, 첨가량이 증가할수록 강도가 비례하여 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 특히, 3% 첨가 시 대조구와 대비하여 약 4배 이상의 강도 증진 효과를 확인할 수 있었는데, 이는 감귤박의 산성 성분과 생석회 사이의 반응에 의한 경화현상이 극대화되며 나타난 결과로 판단되었다. 또한, 생석회의 첨가량이 증가할수록 pH가 증가하여 폐지 섬유의 팽윤(swelling)으로 인한 폐지 섬유의 결합특성 증대에 의한 영향도 강도 증가에 기여하는 것으로 추정되었다.

생석회와 감귤박 산성 성분과의 반응은 토양피복재 시료의 pH에도 큰 영향을 미치게 되는데, Table 3에서 보여주는 것과 같이 생석회 첨가량에 따라 산성에서 알칼리성으로 토양피복재의 pH가 변화되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 생석회 적용을 통해 토양피복재의 토양 pH를 조절할 수 있음을 확인할 수 있었다.

3.3.2 친환경 아크릴계 첨가제 적용에 따른 효과 평가

토양피복재의 강도를 보완하는 방법으로 친환경 생분해성 아크릴계 첨가제를 첨가하여 토양피복재 물성에 미치는 영향을 알아보았다. 감귤박 90%와 OCC 10%로 배합된 원료에 첨가제를 중량비 1%, 2%, 3%로 각각 적용하여 토양피복재 시료를 제조하고 압축강도를 비교 평가하였다. Fig. 11에서 나타난 바와 같이 첨가제의 첨가량이 증가할수록 강도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 감귤가공의 부산물로 배출되는 감귤박과 순환자원으로 활용되는 폐지를 배합하여 생분해성 멀칭용 토양피복재의 제조 특성을 알아보았다. 특히, 감귤박을 구조화하고 토양피복재로서의 활용 품질을 강화하기 위한 방안으로 대표적 폐지인 OCC와 ONP를 건식분쇄하여 섬유화하고 이를 배합하여 토양피복재 시료를 제조하여 생산효율과 품질 강화 정도를 비교 · 평가하였다. 폐지 분쇄분을 적용하였을 때 감귤박 토양피복재의 초기 배합원료 함수율 조절로 인한 제조 시 건조효율증대를 확인할 수 있었고, 제조된 토양피복재의 강도와 수분 보수성 및 물풀림성의 품질 요소가 강화되는 것을 확인할 수 있었다. 폐지 분쇄분의 첨가량이 증가함에 따라 접착성 성분인 당성분 함유 감귤박의 배합비율 감소로 인한 강도 저하가 나타났으나, 이를 보완하기 위한 생석회 및

생분해성 기능성 첨가제의 추가적 적용을 통해 강도를 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 특히, 생석회의 적용량에 따라 토양피복재의 pH 특성도 조절이 가능함을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 폐기성 유기물인 감귤박의 고도 활용을 위한 방안으로 감귤박 기반 토양피복재의 제조방안을 모색하였고 생산효율과 품질 강화를 위한 폐지 및 첨가제의 적용 효과를 알아보았다. 본 연구 결과는 향후 자원 순환형 친환경 토양피복재 개발의 기반 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: RS-2023-00230787)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature Cited

1. Kim, D. S., Sung, Y. J., and Cho, H. Y., Development of soil surface hardening mulching system by using paper mill sludge ash, Journal of Korea TAPPI 46(4):85-92 (2014).
2. Kim, H. Y. and Yeom, J. M., Effect of the urban land cover types on the surface temperature: case study of Ilsan new city, Korean Journal of Remote Sensing 28(2):203-214 (2012).
3. Sung, Y. J., Jung, W. G., and Lee, J. Y., Change in the functional properties of mulching paper by the addition of inorganic materials, Journal of Korea TAPPI 45(6):64-71 (2013).
4. Cui, R. X. and Lee, B. W., Soil surface energy balance and soil temperature in potato field mulched with recycled-paper and black plastic film, Journal of Crop Science 46(3):229-235 (2001).
5. Lee, J. S., Jeong, K. H., Kim, H. S., Kim, J. J., Song, Y. S., and Bang, J. K., Bio-degradable plastic mulching in sweetpotato cultivatin, Korean Journal of Crop Science 54(2):135-142 (2009).
6. Hong, Y. J., Choi, D. W., Choi, K. W., Park, S. J., Jo, S. U., and Park, H. J., A study on the plant nutrients impregnation methods and soil covering effects of wood chips, Journal of Korean Society of Industrial and Systems Engineering 46:31-38 (2023).
7. Lee, G. J., Park, J. H., Kang, K. H., and Kim, H. j., Preparation of base paper for mulching mat sheet using biodegradable polymer, Journal of Korea TAPPI 43(2):49-56 (2011).
8. Kim, D. S. and Sung, Y. J., Changes in the properties of hydrogel made using undried citrus pomace, Journal of Korea TAPPI 51(3):108-115 (2019).
9. Kim, S. H., Shin, M. S., Kim, J. E., Kwon, S. H., and Sung, Y. J., A study on the liquid-solid separation properties of citrus pomace, Journal of Korea TAPPI 55(5):52-60 (2023).
10. Kim, D. S., Kim, M. K., and Sung, Y. J., Study of dry fiberization of waste paper by using dry milling, Journal of Korea TAPPI 55(5):43-51 (2023).
11. Lee, J. M., Lee, Y. J., Son, Y. B., Kim, J. H., and Kim, H. J., Analysis of feasibility and reliability of the circulation screen test method for evaluation of recyclability of paper packaging materials, Journal of Korea TAPPI 54(5):66-77 (2022).
12. Lee, Y. J., Cha, J. E., Lee, J. M., Kim, J. H., and Kim, H. J., A study on applicability of wood flour spacers made from woody waste, Journal of Korea TAPPI 54(6):125-134 (2022).
13. Ahn, J. H. and Seo, Y. B., Recycling of waste-paper as countermeasure of climate change, Journal of Korea TAPPI 49(4):104-122 (2017).
14. Park, C. W., Kang, K. O., and Kim, W. J., Effects of reaction conditions for improvement of caramelization rate, Korean Journal of Food Science and Technology 30(4):983-987 (1998).