

친환경 멀칭재 활용을 위한 비목질계 자원의 수분 흡수 및 유지 특성 연구

이재하* · 장재웅* · 이소민* · 이서진* · 허민규** · 황희윤*†

Study on the Water Absorption and Retention Characteristics of Non-Wood Resources for Use as Eco-Friendly Mulching Materials

Jea-Ha Lee*, Jae-Woong Chang*, So-Min Lee*, Seo-Jin Lee*, Min-Kyu Heo**, Hui-Yun Hwang*†

ABSTRACT: To address water scarcity issues caused by climate change and overcome environmental pollution from conventional plastic mulch films, this study experimentally analyzed the chemical composition and water absorption and retention properties of hemp and kenaf hurds, sustainable non-wood resources. Component analysis revealed that kenaf hurds, with their low hydrophobic lignin content, exhibited over twice the water absorption rate compared to hemp hurds and demonstrated superior hydrophilicity. In water retention tests, both materials recorded optimal water-retaining performance at a particle size of 5 mm, where drying rates were slowest. Notably, in actual soil application, kenaf hurds stably maintained approximately 70% soil moisture for 65 hours, whereas 3 mm hemp hurds reached a critical point after 55 hours, causing soil moisture to sharply decrease to the 20% range. This demonstrates that the porous structure of the material and the physical shielding effect due to particle size interact synergistically to influence soil moisture retention capacity.

초 록: 기후 변화에 따른 물 부족 문제 해결과 기존 플라스틱 멀칭 필름의 환경 오염을 극복하기 위해, 본 연구에서는 지속 가능한 비목질계 자원인 헴프와 케냐프 속대의 화학 성분 및 수분 흡수 및 유지 특성을 실험적으로 분석하였다. 성분 분석 결과, 소수성 리그닌 함량이 낮은 케냐프 속대가 헴프 대비 2배 이상의 수분 흡수율을 나타내며 우수한 친수성을 보였다. 수분 유지 시험에서는 두 소재 모두 5 mm 입자 크기에서 건조 속도가 가장 느려 최적의 보습 성능을 기록하였다. 특히 실제 토양 적용 시, 케냐프 속대는 65시간 동안 약 70%의 습도를 안정적으로 유지했으나, 3 mm 헴프 속대는 55시간 이후 임계점에 도달하며 습도가 20%대까지 급격히 감소하였다. 이는 소재의 다공성 구조와 입자 크기에 따른 물리적 차폐 효과가 토양 수분 보존력에 복합적으로 작용함을 보여준다.

Key Words: 헴프(Hemp), 케냐프(Kenaf), 수분흡수(Water Absorption), 수분유지(Water Retention)

1. 서 론

최근의 기후 변화는 인간의 일상생활에서의 문제 뿐만 아니라, 식물의 생육에도 많은 영향을 미친다. 특히, 기온 상승으로 인한 수확량 감소 및 품질저하, 잡초 및 병충해 증

가와 함께 강수량 부족으로 인한 물 부족 문제가 심각한 상황에 이르렀다[1-3]. 이로 인해 국내 농작물 재배 면적과 생산량은 크게 감소하고 있는데, 고랭지 배추 재배 면적은 95% 이상 감소하고 국내 사과 재배지는 강원도 일부로 한정될 것이라고 예측되고 있다[4-6].

Received 28 January 2026, received in revised form 4 February 2026, accepted 11 February 2026

*School of Electronics and Mechanical Engineering, Gyeongbuk National University

**Agricultural Corporation ORVIC WITH Inc.

†Corresponding author (E-mail: hyhwang@gknu.ac.kr)

이런 문제를 일정 부분 해결할 수 있는 것이 멀칭(Mulching)이다. 식물이 자라는 토양에 멀칭 소재를 덮어 토양의 온도와 습도의 급격한 변화를 줄여주고 잡초 및 병충해를 막을 수 있어, 노지에서 생산하는 작물에는 적극적으로 활용되고 있다[7,8]. 전세계적으로 멀칭 필름 시장은 2024년부터 2030년까지 연평균 6.2% 성장하여 약 82억 달러 규모로 예상되며, 국내 멀칭 필름 시장은 2023년 2.94억 달러에서 2033년 4.57억 달러로 확장할 것으로 예측된다[9].

현재까지 가장 많이 사용되고 있는 멀칭 소재는 폴리에틸렌이나 폴리염화비닐로 제작된 플라스틱 멀칭 필름이다. 이런 멀칭 필름은 자연 분해에 오랜 기간이 소요되어 반드시 수거 후 폐기해야 하는데, 폐 필름 수거 및 처리에 막대한 노동력과 비용이 소요된다. 우리나라의 경우 매년 약 6만 톤의 멀칭 필름이 매몰되거나 불법 소각되어 심각한 토양 및 대기 오염을 유발하고 있다. 또한, 해양으로 유입되어 해양 생물에 치명적인 영향을 주거나 미세플라스틱 형태로 먹이사슬에 유입되어 먹거리에 문제를 야기하기도 한다. 대안으로 생분해성 바이오 플라스틱을 활용한 멀칭 필름이 개발되었지만, 기계적 강도, 내열성, 투명성 등에서 기존 플라스틱 멀칭 필름에 비해 기능이 떨어지며, 필름의 단가도 높아 농가에서 활용하기에는 여전히 한계를 가진다[10,11].

멀칭 필름과 함께 많이 사용되고 있는 멀칭 소재는 목재이다. 목재 껍질이나 폐목을 일정한 크기로 분쇄하여 제작되는데, 자연에서 얻은 소재이므로 환경에 대한 영향이 거의 없고, 일정 기간이 지나면 생분해되어 토양을 개선하는 효과도 있다. 이러한 장점에도 30년 이상의 긴 생육 기간이 필요하며, 벌목에 의한 산림 훼손으로 환경에 악영향을 초래할 수 있다는 점에서 목재를 활용한 멀칭 소재는 지속가능성을 담보할 수 없다. 목재와 유사하지만 생육 기간이 수 개월로 짧고 한해살이 작물인 비목질계 자원이 그 대안으로 제안되고 있다. 이미 선진국에서는 헴프(Hemp)나 케냐프(Kenaf)와 같은 단년생 비목질계 자원을 활용한 멀칭 소재를 제품화하고 있으며, 친환경성과 가격 경쟁력에서 기존 생분해성 멀칭 필름보다 활용도가 높다고 보인다[12,13]. 하지만, 국내에서는 비목질계 자원을 활용한 멀칭 소재에 대한 연구나 활용이 제한적이며, 특히 비목질계 자원의 부산물(단섬유, 속대)에 대한 접근은 매우 부족한 실정이다.

본 연구에서는 국내에서 재배하고 있는 비목질계 자원 중 수분 흡수 및 유지 특성이 우수하다고 알려진 헴프와 케냐프의 속대를 활용한 멀칭 소재 적용에 대한 기초 연구를 수행하였다.

멀칭 소재로서 가장 중요한 특성인 수분 흡수 및 유지 특성을 두 가지 소재에 대해 실험적으로 분석하고, 토양에 직접 적용하여 토양 수분 변화에 미치는 영향을 고찰하였다. 이로부터 두 소재의 멀칭 소재로서 활용 가능성을 분석하였다.



Fig. 1. Photographs of hemp and kenaf hurds (Top: Kenaf, Bottom: Hemp, From left to right: Core sizes 3, 5, and 8 mm)

2. 실험 방법

2.1 재료

본 연구에서는 경상북도 안동 지역에서 생산되는 헴프와 케냐프에서 산업용 섬유를 생산하는 과정에서 발생하는 부산물 중 하나인 속대(Hurd)를 (주)올빅위드로부터 공급받아 사용하였다. 속대의 크기에 대한 영향, 즉 비표면적 및 다공성 구조의 유지 여부가 수분 특성에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 속대를 분쇄한 후 실험용 체를 이용하여 각각 3, 5, 8 mm 크기로 분류하였다(Fig. 1).

2.2 성분 분석 방법

비목질계 자원의 속대는 일반적으로 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌을 주 성분으로 가진다. 셀룰로오스 (또는 홀로셀룰로오스)와 헤미셀룰로오스는 친수성이며 리그닌은 소수성이므로 각 성분의 함량에 따라 수분 흡수 및 유지 특성에 차이가 예상된다. 본 연구에서는 3가지 성분을 각각 ASTM D1103 (A Standards Test Method for Alpha-Cellulose), ASTM D1104 (A Standards Test Method for Holocellulose in Wood), ASTM D1106(Standard Test Method for Acid-Insoluble Lignin in Wood)에 따라 측정하였으며, 이를 통계적으로 분석하였다(Fig. 2).

먼저, ASTM D1103에 따라 홀로셀룰로오스와 헤미셀룰로오스로 구성된 알파 셀룰로오스를 추출한 후 무게를 측정하여 함량을 계산한다. 추출된 알파 셀룰로오스의 일부로부터 ASTM D1104에 따라 홀로 셀룰로오스를 추출하여 무게를 측정하여 함량을 계산한다. 이 때, 알파 셀룰로오스의 함량에서 홀로 셀룰로오스 함량을 빼면 헤미셀룰로오스 함량이 계산된다. 마지막으로 ASTM D1106에 따라 리그닌을 추출하여 무게를 측정 후 함량을 계산한다. 펙틴이나 회분과 같은 주성분이 아닌 화학성분은 선행 실험으로부터 1% 미만으로 확인되어 주 성분의 함량에 영향이 없을 것으로 판단하여 측정에서 제외하였다.

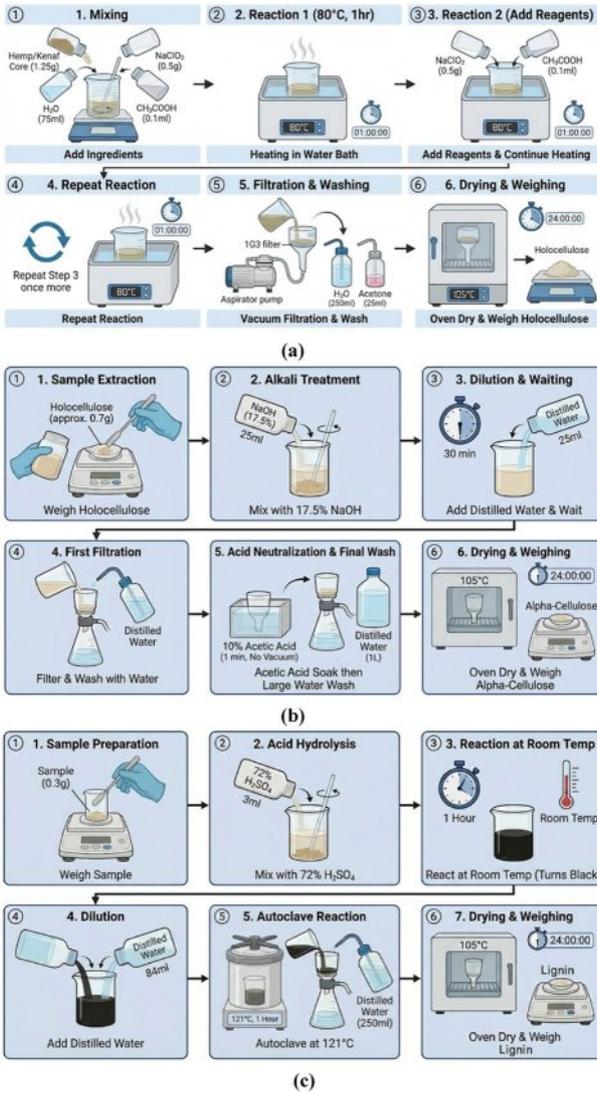


Fig. 2. Test methods of cellulose, hemicellulose, and lignin of hemp and kenaf hurds according to (a) ASTM D1103, (b) D1104, and (c) D1106 [14-16]

2.3 수분 흡수 특성 분석 방법

헴프와 케냐프의 수분 흡수 특성을 분석하기 위하여 Fig. 3과 같이 침지 기법을 이용하였다. 크기별로 분류한 헴프와 케냐프 속대를 물 속에 침지 후 일정 시간 간격으로 꺼내어 무게를 측정하고, 완전 건조 후 무게를 측정하여 수분 흡수율을 계산하였다. 수분 흡수율-시간 선도를 작성한 후, 로그 함수로 근사하여 수분 흡수 속도와 초기 (1분) 수분 흡수율을 비교하였다.

최대 수분 흡수율 분석을 위해서 헴프와 케냐프 속대를 24시간 침지 후 무게를 측정하고, 완전 건조 후 무게를 측정하여 분석하였다.

2.4 수분 유지 특성 분석 방법

헴프와 케냐프의 수분 유지 특성을 분석하기 위하여 Fig. 4와 같이 챔버 내 건조 기법을 이용하였다. 크기별로 분류

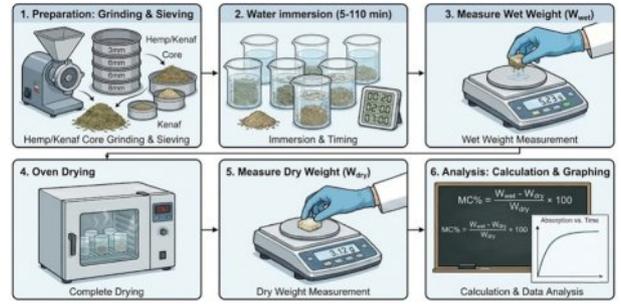


Fig. 3. Test methods of water absorption characteristics of hemp and kenaf hurds

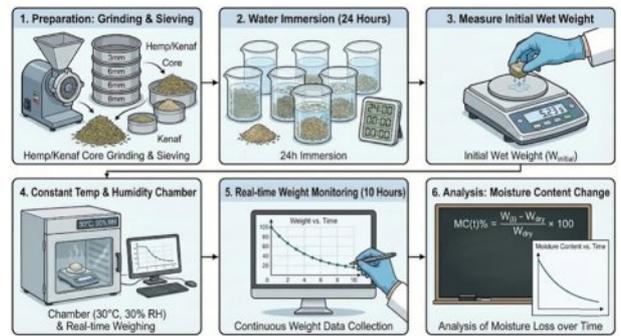


Fig. 4. Test methods of water retention characteristics of hemp and kenaf hurds

한 헴프와 케냐프 속대를 물 속에 24시간 침지하여 최대 수분 흡수율을 가지도록 하였으며, 로드셀에 연결된 알루미늄 팬에 넣고 30°C와 30%RH로 설정된 항온항습기 내에서 시간에 따른 시료의 무게 변화를 측정하였다. 7시간 후에 시료를 꺼내어 완전 건조시킨 후 건조 무게를 측정하여, 건조 시간에 따른 속대의 수분 흡수율을 계산하였다. 최대 수분 흡수율의 차이를 보정하기 위하여 식(1)과 같이 최대 수분 흡수율과 건조 시간에 따른 수분 흡수율의 비를 이용하여 수분 유지 계수를 계산하고, 수분 유지 계수-시간 선도를 작성한 후, 지수 함수로 근사하여 지수 계수를 이용하여 수분 방출 속도를 비교하였다.

$$WR = \frac{WAR_{@t}}{WAR_{max}} \tag{1}$$

여기서, WR, WAR_{@t} 및 WAR_{max}는 각각 수분 유지계수, 건조 시간 t에서 수분흡수율(%) 및 최대 수분 흡수율(%)를 나타낸다.

2.5 토양 수분 유지 특성 분석 방법

헴프 및 케냐프 멀칭 소재로서 효과를 분석하기 위하여, 원예용 상토 (바로키 원예범용 상토2호, 주식회사 서울바이오)와 토양수분센서 (SKU SEN0114, DFROBOT)를 활용하여 Fig. 5와 같이 실험을 진행하였다. 먼저 원예용 상토와 물을 2:1의 비율로 혼합한 후, 200 g을 화분에 담는다. 비가 온

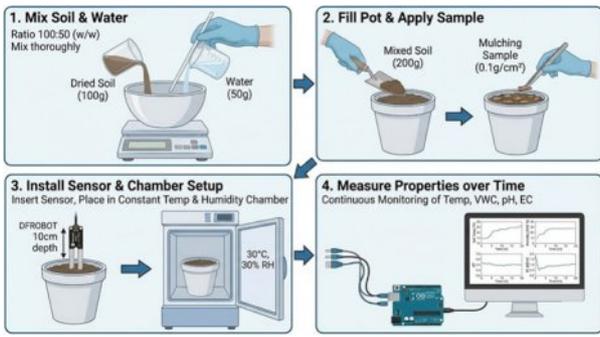


Fig. 5. Test methods of water retention characteristics of soils with hemp and kenaf hurds

후를 가정하여 수분 흡수율 70%로 조절된 헴프 및 케냐프 속대를 건조 무게 기준으로 0.1 g/cm²의 면밀도로 상토 위에 고르게 덮는다. 상토 표면에서 10 cm 깊이에 토양수분 센서를 설치한 후, 화분을 향온향습기에 설치한다. 30°C와 30%RH로 설정된 향온향습기 내에서 시간에 따른 토양수분율을 측정하여 토양수분-건조시간 선도를 작성하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 성분 분석 결과

Table 1에 헴프와 케냐프 속대의 크기별 성분 측정 결과를 나타내었다. 동일 소재에서는 분쇄에 따른 성분 변화를 없을 것으로 예상되었으며, 실험 결과에서도 성분의 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. 헴프 속대와 케냐프 속대의 셀룰로오스 함량은 유사하였으나, 헤미셀룰로오스와 리그닌 함량에서는 차이를 보였다[18,19]. 특히, 소수성을 가진 리그닌 함량에서 헴프 속대가 케냐프 속대보다 큰 것으로 측정되어, 수분 흡수나 유지 특성에서 상대적으로 불리할 것으로 판단된다.

3.2 수분 흡수 특성 분석 결과

Fig. 6은 헴프와 케냐프 속대의 크기별 수분 흡수율-침지 시간 선도이다. 두 시료 모두 침지 초기(약 20분 이내)에 수분 흡수율이 급격히 상승하다가, 시간이 지남에 따라 완만하게 평형 상태(Saturation)에 도달하는 경향을 보였다. 이러한 경향을 식(2)의 로그 함수로 근사하여 각 그래프에 식을 기입하였다.

Table 1 Chemical composition of hemp and kenaf hurds

Materials	Hemp hurds			Kenaf hurds		
	3	5	8	3	5	8
Particle Size (mm)	3	5	8	3	5	8
Cellulose (%)	54.8	59.4	56.1	57.3	55.6	55.2
Hemicellulose (%)	27.7	24.8	28.4	31.7	32.1	33.3
Lignin (%)	17.6	15.8	15.5	11.1	12.3	11.5

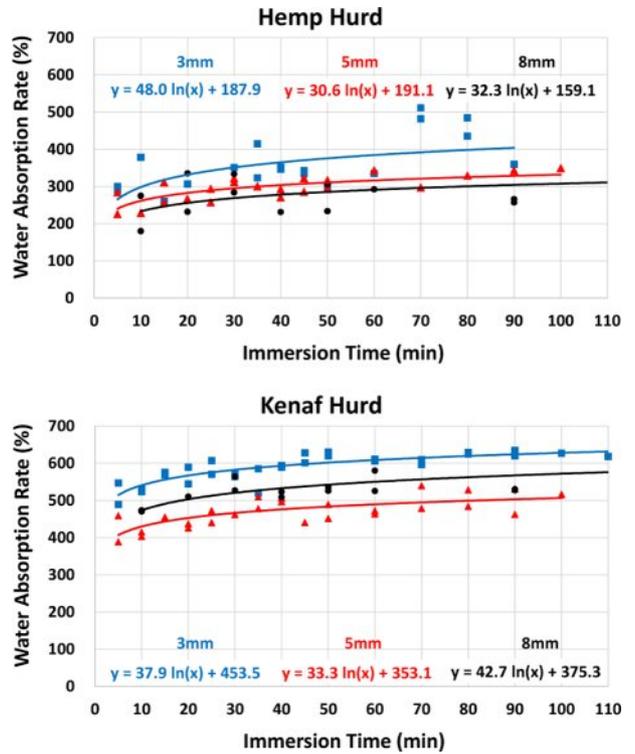


Fig. 6. Water absorption rate of hemp and kenaf hurds according to particle sizes and immersion time

$$WAR = A \ln(t) + B \tag{2}$$

여기서, WAR과 t는 각각 수분흡수율(%)와 침지 시간 (min)을 나타내며, 계수 A와 상수 B는 각각 수분 흡수 속도와 초기 수분 흡수율에 비례한다.

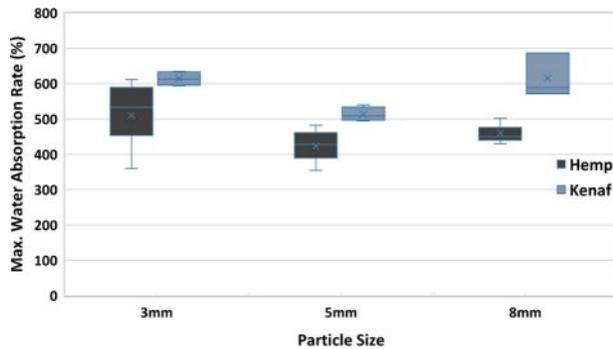
동일한 크기에서는 케냐프 속대의 전반적인 수분 흡수 특성이 헴프 속대보다 2배 이상 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 소수성을 가진 리그닌의 함량이 헴프 속대가 더 크기 때문으로 판단된다.

수분 흡수 속도(A) 측면에서는 헴프 속대 3 mm가 가장 큰 값을 가졌는데, 이는 침지 시간이 지남에 따라 흡수율이 올라가는 속도가 가장 빠르다는 것을 의미한다. 헴프 속대가 리그닌 함량이 높아 수분 흡수율은 낮지만, 일단 물이 속대를 모두 적시고 나면 내부로 물을 끌어들이는 힘이 강하다고 볼 수 있다. 일반적으로 입자의 크기가 커지면 물과 접촉하는 면적이 작아져 수분 흡수에 불리한데, 케냐프의 경우 3 mm 보다 8 mm에서의 수분 흡수 속도가 더 높게 나타난 것은 케냐프 속대의 단면 구조에 기인한 것으로 보인다. 큰 입자의 경우 내부의 거대 도관이 물이 지나가는 통로 역할을 하기 때문에 도관의 구조를 유지할 수 있는 크기에서는 물의 흡수 속도가 더 빠르게 진행될 수 있다고 판단된다[20].

초기 흡수율 (B) 관점에서는 케냐프 속대가 헴프 속대보다 2~2.5배 높게 나타났으므로, 케냐프 속대의 초기 습윤 능력이 우수함을 보여주고 있다. 또한, 두 소재 모두 입자 크

Table 2. Equilibrium attainment time and moisture absorption at equilibrium

Materials	Hemp hurds			Kenaf hurds			
	Particle size (mm)	3	5	8	3	5	8
Equilibrium attainment time (min)		101	71	78	55	66	74
Water absorption rate at equilibrium (%)		410	322	300	606	492	559

**Fig. 7.** Maximum water absorption rate of hemp and kenaf hurds according to particle sizes

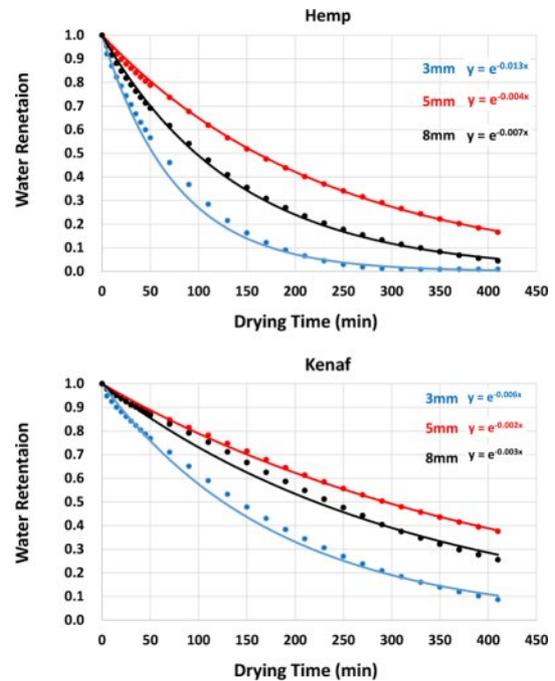
기가 3 mm 일 때 가장 높은 초기 흡수율을 보이며, 입자 크기가 증가하면 낮아지는 경향을 보였다. 이는 입자가 작을수록 물과 접촉하는 표면적이 증가하기 때문으로 판단된다.

로그 근사식을 이용하여 수분 흡수율 증가가 0.1% 이하가 되는, 즉 수분 흡수가 포화되는 평형 도달 시간과 평형 시 흡수율을 예측해 보면 Table 2와 같다. 케냐프 속대가 헴프 속대에 비하여 평형 도달 시간이 더 짧았으며, 평형 시 수분 흡수율도 2배 이상 높았다.

최대 수분 흡수율 측정 결과는 Fig. 7에 나타내었다. 측정된 최대 수분 흡수율은 케냐프 속대의 경우 510~620%, 헴프 속대의 경우 420~510% 수준을 보여, Table 2에서 예측한 평형 시 수분 흡수율과 유사하였다. 다만, 입자 크기가 8 mm로 큰 경우의 측정 결과가 예측보다 다소 높아, 전체적으로는 U자형 추세를 보인 점이 다르다. 이는 소재의 크기가 작아 단면적이 넓어지면 수분 흡수에 유리한 점은 분명하지만, 속대의 다공성 특성으로 인해 입자 크기가 큰 경우에는 내부 구조가 유지되어 물을 저장할 수 있는 공간이 넓어지는 효과도 동시에 존재하기 때문으로 판단된다[20].

3.3 수분 유지 특성 분석 결과

초기 수분 흡수율 (최대 수분 흡수율)로 정규화한 수분 유지계수 측정 결과는 Fig. 8과 같다. 수분유지계수는 1에서부터 건조 시간이 증가함에 따라 점차 감소하며, 어느 정도의 시간이 지난 후에는 평형상태에 이르는 경향을 보이고 있다. 이러한 경향을 식(3)의 지수함수로 근사하여 각 그

**Fig. 8.** Water retention characteristics of hemp and kenaf hurds according to particle sizes and drying time

래프에 기입하였다.

$$WR = \exp(bt) \quad (3)$$

여기서 WR 과 t 는 각각 수분유지계수와 건조 시간(min)을 의미하며, b 는 건조 속도에 비례하는 계수이다. 초기 수분율로 정규화한 데이터이므로 지수 함수의 상수 1로 하였다.

건조 속도에 비례하는 계수 b 는 헴프 속대의 경우 0.004~0.013의 범위로 케냐프 속대의 0.002~0.006 보다 큰 값을 가지므로 건조가 빠름을 알 수 있다. 입자 크기의 영향을 보면, 두 소재 모두 입자가 가장 작은 3 mm에서 건조가 가장 빨랐으며, 5 mm에서 가장 느렸다. 이는 5 mm에서 수분 유지 특성이 가장 우수하다는 것을 의미한다. 수분 유지 특성과 수분 흡수 특성은 속도 측면에서 동일한 경향을 보이고 있어, 수분과 접촉할 수 있는 입자의 표면적과 입자 내부의 공극 구조가 수분 흡수 및 유지 특성에 복합적으로 영향을 미친다고 판단할 수 있다.

3.4 토양 수분 유지 특성 분석 결과

헴프 및 케냐프 속대를 멀칭재로 사용하였을 때, 토양의 수분 변화를 비교하기 위하여, 3.2~3.3절의 헴프 및 케냐프 속대 수분 흡수 및 유지 특성 분석 결과를 바탕으로 헴프 속대 3 mm와 5 mm, 케냐프 속대 3 mm를 활용한 측정 결과를 Fig. 9에 나타내었다.

동일한 입자 크기(3 mm)를 기준으로 보았을 때, 케냐프 속대가 헴프 속대보다 수분 유지 능력이 월등히 우수하였

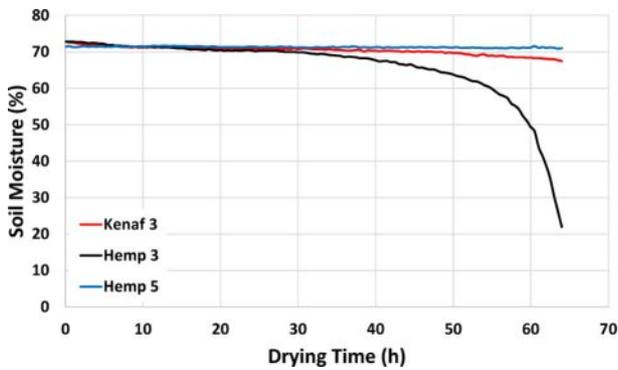


Fig. 9. Soil moisture changes according to mulching materials, particle sizes and drying time

다. 케냐프 속대를 적용한 경우 실험이 진행되는 65시간 내 토양 습도가 약 70% 수준에서 거의 변하지 않고 매우 안정적으로 유지되므로, 케냐프 속대가 토양 표면의 증발을 차단하는 물리적 차폐 성능이 뛰어나다고 판단된다. 이에 비해 헴프 속대를 적용한 경우 약 50시간까지는 완만하게 습도를 유지하다가, 55시간 이후부터 급격하게 수분이 소실되어 65시간 시점에는 20% 초반대까지 떨어졌다. 따라서, 동일 조건에서 케냐프 속대는 장기적인 수분 보존에 유리하며, 헴프 속대는 일정 시간이 지나면 건조한 외부 환경의 영향을 막아내지 못하고 임계점에 도달해 수분을 빠르게 잃는 특성을 보임을 확인하였다.

동일한 소재(헴프 속대) 내에서는 입자가 큰 것(5 mm)이 작은 것(3 mm)보다 수분 유지에 훨씬 효과적이었다. 5 mm 크기의 헴프 속대는 케냐프 속대를 적용한 결과와 마찬가지로 65시간이 넘는 시간 동안 70% 이상의 습도를 일정하

게 유지하였는데, 소재의 크기가 커짐에 따라 토양 표면과 외부 공기 사이의 차단 효과가 강화된 것으로 보인다. 이에 비해, 3 mm 크기의 헴프 속대를 적용하였을 때는 입자가 작아 소재 사이의 틈새가 미세하여 초기에는 수분을 잘 잡는 듯하나, 고온 건조한 환경이 지속되면 소재 자체가 먼저 건조해지면서 토양 수분 증발을 억제하지 못하는 것으로 분석되었다.

3.5 멀칭 소재 응용 전략

3.2~3.4절의 결과를 Tables 3과 4에 정리하였다. 헴프 속대와 케냐프 속대의 수분 흡수 및 유지 특성은 큰 차이를 보였으며, 입자 크기에 따라 특성의 변화도 관찰되었다. 이러한 특성 차이는 두 소재의 활용 측면에서도 전략적으로 반영되어야 한다.

Tables 3과 4를 요약하면, 케냐프 속대가 헴프 속대에 비해 수분 흡수 및 유지 능력이 우수하며, 입자가 작은 경우 수분 흡수 및 방출 속도가 빠르다는 것이다. 이를 고려하게 되면, 케냐프 속대와 큰 입자의 조합은 수분 흡수 및 유지가 지속적으로 필요한, 즉 높음 보습성이 필요한 분야(토양 보습제, 식물 배지 등)에 적합하며, 헴프 속대와 작은 입자의 조합은 빠른 건조와 배수가 필요한 분야(동물 깔개, 건축 자재 등)에 적합하다.

4. 결론

본 연구에서는 비목질계 자원인 헴프와 케냐프 속대를 활용하여 수분 흡수 및 유지 특성을 실험적으로 분석하고, 친환경 멀칭 소재로서의 활용 가능성을 고찰하였다. 실험

Table 3. Comparison of water absorption and retention characteristics of hemp and kenaf hurds

Materials	Hemp hurds	Kenaf hurds
Chemical composition	Relatively higher lignin content (15.5–17.6%) resulting in relatively higher hydrophobicity.	Relatively lower lignin content (11.1–12.3%) resulting in relatively higher hydrophilicity.
Water absorption	Maximum absorption rate of 420–510%.	Maximum absorption rate of 510–620%, more than twice as high as hemp hurds.
Water retention	Higher drying coefficient ($b=0.004-0.013$), indicating faster drying.	Lower drying coefficient ($b=0.002-0.006$), showing superior retention.
Soil moisture retention	Moisture levels drop sharply to the low 20% range after approximately 55 hours.	Maintains a stable soil moisture level of approximately 70% for the full 65-hour duration.

Table 4. Comparison of water absorption and retention characteristics according to the particle size

Particle size (mm)	Water absorption	Water and soil moisture retention
3	Largest surface area results in the highest initial absorption rate.	Material dries out quickly under hot/dry conditions, failing to prevent soil evaporation long-term.
5	Slower absorption speed than 3 mm but reaches a stable equilibrium.	Best water retention performance; successfully maintains soil moisture above 70% for over 65 hours.
8	Absorption speed can be faster than medium sizes due to the maintenance of large internal vessel structures.	Provides a good physical barrier, though the retention coefficient is slightly lower than the 5 mm size.

결과, 소수성 성분인 리그닌 함량이 상대적으로 낮은 케냐프 속대가 헴프 대비 2배 이상의 높은 수분 흡수율과 우수한 수분 유지 능력을 나타냈다. 입자 크기 관점에서는 5mm 크기가 물리적 차폐 효과를 극대화하여 토양 수분 보존에 가장 효과적임을 확인하였다.

이러한 특성 차이를 바탕으로 소재별 차별화된 응용 전략을 도출하였다. 수분 보유력이 뛰어난 케냐프 속대와 큰 입자의 조합은 토양 보습재나 식물 배지와 같은 고보습 분야에 적합하다. 반면, 수분 흡수 및 방출 속도가 빠른 헴프 속대와 작은 입자의 조합은 동물 깔개나 건축 자재 등 쾌속 건조와 배수가 강조되는 분야에 활용하는 것이 효율적이다.

후 기

본 결과물은 2025년도 교육부 및 경상북도의 재원으로 경북RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원 체계(RISE)의 결과입니다. (B0080526002355)

REFERENCES

- Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D.B., Huang, Y., and Asseng, S., "Temperature Increase Reduces Global Yields of Major Crops in Four Independent Estimates," *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, Vol. 114, No. 35, 2017, pp. 9326-9331.
- Kim, S., Eom, J., Zhang, Y., and Waldhoff, S., "The Impact of Climate Change on Korea's Agricultural Sector under the National Self-sufficiency Policy," *PLOS ONE*, Vol. 20, No. 1, 2025, e0313748.
- Malhi, G.S., Kaur, M., and Kaushik, P., "Impact of Climate Change on Agriculture and Its Mitigation Strategies: A Review," *Sustainability*, Vol. 13, No. 3, 2021, p. 1318.
- Lee, N.H., Jeong, W., Jung, J.Y., Han, J., and Baek, M., "Effect of Abiotic Stresses on Brassica Rapa Production in Korea Learning from History to Better Prepare for the Future Impacts of Climate Change," *Agricultural Systems*, Vol. 228, 2025, 104374.
- Hwang, J.H., Kim, H.J., and Lee, S.W., "Specialization Strategy for Regional Agriculture Based on the Relationship between Development on Specialized Crops and Impact of Climate Change Focused on Orchard Crops," *Journal of Korean Society of Rural Planning*, Vol. 18, No. 3, 2012, pp. 149-164.
- Kim, E., Ahn, J.B., Shim, K.M., Hur, J., and Jo, S., "Projections of Suitable Cultivation Area for Major Fruit Trees and Climate-type in South Korea under Representative Concentration Pathway Scenarios Using the Ensemble of High-resolution Regional Climate Models," *International Journal of Climatology*, Vol. 43, No. 10, 2023, pp. 4552-4571.
- Manu, V., Whitbread, A., and Blair, G., "Mulch Effect on Successive Crop Yields and Soil Carbon in Tonga," *Soil Use and Management*, Vol. 33, No. 1, 2017, pp. 98-105.
- Wang, X., Fan, J., Xing, Y., Xu, G., Wang, H., Deng, J., Wang, Y., Zhang, F., Li, P., and Li, Z., "The Effects of Mulch and Nitrogen Fertilizer on the Soil Environment of Crop Plants," *Advances in Agronomy*, Vol. 153, 2019, pp. 121-173.
- Grand View Research, "Mulch Films Market Size, Share & Trends Analysis Report by Raw Material (Non-biodegradable, Biodegradable), by Type (Black, Clear), by Application (Agricultural, Non-agricultural), by Region, and Segment Forecasts, 2023-2030," *Market Analysis Report*, 2023.
- Mansoor, Z., Tchuembou-Magaia, F., Kowalczyk, M., Adamus, G., Manning, G., Parati, M., Radecka, I., and Khan, H., "Polymers Use as Mulch Films in Agriculture—A Review of History, Problems and Current Trends," *Polymers*, Vol. 14, No. 23, 2022, 5062.
- Liu, E., Zhang, L., Dong, W., and Yan, C., "Biodegradable Plastic Mulch Films in Agriculture: Feasibility and Challenges" *Environmental Research Letters*, Vol. 16, 2021, 011004.
- Kim, Y.H., Bae, Y.J., Lim, S.M., Lee, S.H., Kim, H.J., and Kim, Y.J., "Weed Suppression Effect of Organic Mulch in the Gardens of the Korea National Arboretum," *Flower Research Journal*, Vol. 32, No. 4, 2024, pp. 278-289.
- Tan, B.K., Ching, Y.C., Gan, S.N., and Rozali, S., "Biodegradable Mulches based on Poly(vinyl alcohol), Kenaf Fiber, and Urea," *BioResources*, Vol. 10, No. 3, 2025, pp. 5532-5543.
- Marasovic, P., Kopitar, D., Peremin-Volf, T., and Andreato-Koren, M., "Effect of Biodegradable Nonwoven Mulches from Natural and Renewable Sources on Lettuce Cultivation," *Polymers*, Vol. 16, No. 7, 2024, 1014.
- ASTM International, *A Standards Test Method for Alpha-Cellulose in Wood*, ASTM D1103, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM International, *A Standards Test Method for Holocellulose in Wood*, ASTM D1104, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- ASTM International, *A Standards Test Method for Acid-Insoluble Lignin in Wood*, ASTM D1106, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- Ohtani, Y., Mazumder, B.B., and Sameshima, K., "Influence of the Chemical Composition of Kenaf Bast and Core on the Alkaline Pulping Response," *Journal of Wood Science*, Vol. 14, pp. 30-35, 2001.
- Grandolfi, S., Ottolina, G., Riva, S., Fantoni, G.P., and Patel, I., "Complete Chemical Analysis of Carmagnola Hemp Hurds and Structural Features of Its Components," *BioResources*, Vol. 8, No. 2, 2013, pp. 2641-2656.
- Gong, G. Q., and Sun, D. Q., "Water Absorption Characteristics of Kenaf Core to Use as Animal Bedding Material," *Industrial Crops and Products*, Vol. 29, No. 1, 2009, pp. 73-79.