

오일팜 EFB 섬유 적용에 따른 육묘패드 특성변화

김동섭 · Citasari Hendrasetiafitri · 성용주[†] · 김철환¹ · 김세빈²

접수일(2015년 8월 18일), 수정일(2015년 9월 2일), 채택일(2015년 9월 4일)

The Change in the Properties of Seeding Pad by the Oil Palm EFB Fiber

Dong-Seop Kim, Citasari Hendrasetiafitri, Yong Joo Sung[†], Chul-Hwan Kim¹ and Se-Bin Kim²

Received August 18, 2015; Received in revised form September 2, 2015; Accepted September 4, 2015

ABSTRACT

The crop production technologies keep in improving and the cultivation becomes more standardization owing to the significant developments of various agricultural materials. The artificial soil and base system for root could be one of the major technologies for the modern cultivation especially for controlled horticulture. Although the perlite, cocopeat, and peat moss are the major components of the artificial soil and are broadly used for various application, there is a great need for the new alternative materials for overcoming the low nutrition and the possible shortage of raw materials.

In this study, the application of oil palm EFB fiber as an alternative materials for artificial soil especially for the seeding pad components was evaluated. The changes in the structural properties and the functional properties such as moisture holding properties were compared by laboratory produced seeding pads with different mixture of oil palm EFB fiber. The addition of fibrillated EFB fiber resulted in the significant increase in durability of the seeding pad, which showed the possible application of EFB fiber to the seeding pad instead of the wood fiber (UBKP). The moisture holding properties and the germination condition characteristics of the EFB fiber showed the slight less than those of the cocopeat, which require more sophisticated study for improving the functional properties of seeding pad made of the EFB fiber.

Keywords: Seeding pad, oil palm biomass, EFB fiber, moisture holding property

-
- 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과(Dept. of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ., Daejeon, Republic of Korea)
 - 1 경상대학교 환경재료과학과/농업생명과학연구원(Dept. of Environmental Materials Science/IALS, Gyeongsang National University, Jinju, Republic of Korea)
 - 2 충남대학교 농업생명과학대학 산림환경자원학과(Dept. of Environment & Forest Resources, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ., Daejeon, Republic of Korea)
- [†] 교신저자(Corresponding Author): E-mail: yosung17@cnu.ac.kr

1. 서론

지속적인 농업기술의 발전과 함께 도시농업의 확대, 작물재배의 표준화, 농업인구의 고령화 등 현재 다양한 사회변화들에 의한 작물생산 기술의 간편화 및 범용성 증대는 현대농업의 중요한 이슈가 되고 있다. 이러한 현대농업기술에서 기존의 자연토를 대체한 펄라이트, 코코피트, 피트모스, 질석, 압면, 제올라이트 등을 기반으로 적용 식생에 필요한 보수성, 배수성, 영양소, 통기성 등의 특성을 조절한 인공토양의 활용은 필수적인 요소라 할 수 있다. 하지만 실제 인공토양의 다양한 적용에 있어서, 작물별 최적화 토양조건 도출과 지속적이고 안정적인 관리 등이 필요함에 따라 작물육성 기술이 부족한 도시민 혹은 고령 농민의 접근성이 다소 떨어질 수 있는 단점이 존재한다. 이러한 작물 육성의 편의성을 증대하기 위하여 식생매트, 식생기반재, 육묘용 매트형 상토 등 다양한 인공토양 기반재 산업제품화가 진행되고 있으나,¹⁻³⁾ 관련제품의 지속적 사용량 증가 및 확대적용으로 인한 원료소재의 가격상승과 자원 확보 문제, 그리고 다양한 작물들의 생육 특성을 고려한 기능성 부여 등 더욱 발전된 기술개발을 위한 대체소재의 개발과 활용기술 등이 지속적으로 진행되고 있다.

기존의 육묘판, 육묘매트 등의 매트형 토양소재 제품들은 사용의 간편성, 생산 작물에 대한 적합성 등 다양한 장점을 지녀 활용 방안이 광범위하지만, 매트형태 유지를 위해 주로 사용되는 고지펄프와 같은 섬유상 소재의 적용에 따른 기반재 내 통기성, 탈수성 등이 감소하게 됨에 따라 뿌리의 생장이 저해되고,⁴⁾ 잔존하는 알칼리성 화학약품에 의해 식물생장을 저해하고 수확량이 감소될 수 있다. 또한 수도작에 적용되었을 경우 높은 수분흡수율에 의하여 중량이 과도하게 커지고, 주원료의 수요증가로 인한 경제성 문제도 더욱 심화되고 있는 상황이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 통기성 및 탈수성을 저해하지 않고, 유연성 및 자체 결합성이 우수하여 형태유지를 위한 구조적 강도를 나타낼 수 있는 친환경적 대체원료소재가 요구되고 있는 상황이다.

오일팜 바이오매스 중 empty fruit bunch(EFB)는 오일팜 CPO(crude palm oil) 공장에서 발생하는 폐기성 섬유상 바이오매스로서, 매년 오일팜 농장 1 ha 당 기건 중량 약 20톤이 발생하는 것으로 알려져 있는데⁵⁾ 실제 발생량을 고려할 때, 대체 원료로서 충분한 자원적 특성

을 가지고 있는 것으로 판단된다. 또한 기존의 인공토양의 주원료인 코코피트와 유사한 형태를 가지는 오일팜 EFB는 친수성을 지닌 섬유상 소재로써 매트형 상토에 적용을 위한 적절한 섬유개질 전처리를 통하여^{6,7)} 기존의 펄프소재 및 코코피트와 같은 소재를 대체하여 강도 개선 및 보수성 증대, 공극성 확보를 통한 통기성, 탈수성 개선 등의 효과를 지닌 토양소재로써 적용 가능할 것으로 기대할 수 있다.

본 연구에서는 물리적 전처리를 통하여 개질 처리한 오일팜 EFB를 육묘패드 제조에 첨가를 통하여 형태구조 유지 및 충분한 기능 구현을 위한 적절한 처리 수준 및 배합비를 모색하고, 토양 소재로써의 적용 및 기존 소재의 대체 가능성을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 EFB(empty fruit bunch)

본 실험에서는 인도네시아 오일팜 CPO(crude palm oil) 생산 공장에서 발생한 EFB 시료를 분양 받아 본 실험에 사용하였다. 사용된 EFB의 기건 함수율은 7%이며, 번치다발 형태에서 섬유형태로 해리하고 이물질 제거를 위해 세척 후 사용하였다.

2.1.2 UBKP(unbleached pulp)

본 연구에서 EFB의 개질처리를 통해 형태 유지력을 구현 후, 부족한 강도를 보강하기 위하여 펄프를 사용하였는데, 고지의 경우 경제성 측면에서 유리하지만, 잔존 오염물질(탄산칼슘, 고분자 첨가제, 무기첨가제 등)에 의한 영향 가능성을 고려하여, 본 실험에서는 침엽수 UBKP(unbleached kraft pulp)를 분양받아 사용하였다.

2.1.3 코코피트(cocopeat)

기존 인공토양 소재로 널리 활용되고 있는 베트남산 코코피트를 구입하여 비교소재로 적용하였다. 블록형태의 인공토양소재용 코코피트 제품을 수분에 1시간동안 침지 및 해리하였으며, 이후 상온에서 자연 건조하여 함수율 19%의 코코피트를 실험에 사용하였다.

2.2 육묘패드 제조원료의 화학적 성분 분석

토양 내 수분 거동에 영향을 미치는 영향인자인 친수성은 유기섬유자원의 경우 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스의 친수성기(-OH)에 의해 영향을 받게 된다. 따라서 실제 원료소재들의 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스 등의 친수성 고분자와 리그닌, 왁스와 같은 소수성 고분자의 구성비를 평가함으로써 수분 특성에 미치는 영향에 대하여 유추해 볼 수 있을 것으로 판단하였다. 전건 된 시료를 분쇄기로 분쇄하여 40-100 mesh로 입자크기를 조절한 뒤, 비극성 용매, 즉 왁성 성분의 추출특성을 평가하기 위하여 알코올·벤젠 1:2 혼합용매에서 6시간 동안 Soxhlet 추출(TAPPI Standard Method T204 cm-97)을 하였으며, 무기물 함량 조사를 위해 525±25°C의 온도에서 4시간 동안 연소시켜 ash의 함량(TAPPI Standard Method T211 om-02)을 측정하였다. 리그닌 함량은 Klason lignin 측정법(TAPPI Standard Method T222 om-98)에 의해 측정하였다. 또한, 소재의 친수성에 영향을 미치는 holo-cellulose 함량은 TAPPI Standard Method T203 cm-99에 의해 측정하였다.

2.3 EFB 섬유유의 습식팽윤 미세화처리

EFB 섬유유가 수분특성 개선 및 육묘매트의 형태 유지력 보강을 위한 바인더로서의 역할을 수행하기 위한 물리적 개질처리를 진행하였다. EFB와 같은 섬유상 자원의 미세화는 섬유 길이 방향의 강성에 의해 미세화 효율이 낮고, 고른 미세화가 어려워 섬유조직의 연화과정 진행이 필요하다. 섬유 조직의 연화 방식은 목재칩의 TMP(thermo-mechanical pulping) 기술에 주로 적용된 방식으로써, 열 및 압력에 의한 리그닌의 연화,⁸⁾ 가성 소다, 약 황산 등의 연화제를 사용하여 성분구조의 분해를 유도한 조직연화,⁹⁾ 섬유 간 수소결합의 수분 침투로 팽윤에 의한 조직연화 등의 메카니즘으로 구분되어진다. 전술한 열압 및 연화제를 통한 조직연화 방식은 사용에너지의 과다, 약품 사용에 의한 수질오염 등의 환경에 악영향을 미치는 단점이 있으며, 본 연구에서 적용하고자 하는 인공토양 소재로써의 적용은 펄프소재 수준의 섬유화를 요하지 않기 때문에 친환경적인 공법인 수분 침투를 통한 팽윤을 유도하여 조직 연화를 진행 후, 미세화에 적용하였다. 해섬된 EFB 섬유유를 수분에 48시간 침지하여, 포수 상태로 조절한 후, 실험실용 연마석 미세

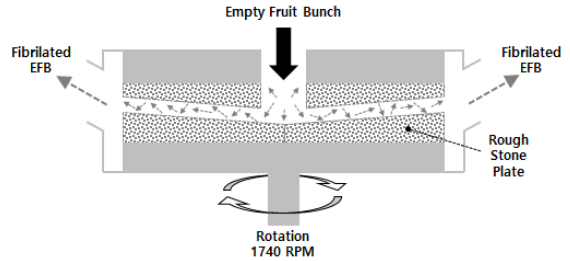


Fig. 1. Schematic drawing of the rough stone based refiner for this study.

화기(Lab scale rough stone based refiner, 220 V, 5 A, 1740 rpm, Fig. 1)에 2회 통과하는 방식으로 미세화하였다. 미세화 이후, 처리정도에 따른 각각 EFB 섬유유의 성상을 파악하기 위하여 10-60, 60-100, 100-140, 140-200, 200-400 mesh로 분급하여 입자 분포를 측정하였으며, 육묘패드 제조에 사용된 EFB는 미세화가 미흡하거나 과도하게 미세화된 입자를 제외한 10-200 mesh 이내의 섬유유를 분급하여 사용하였다.

2.4 육묘패드 제조

기계적 전처리 방법으로 개질처리된 각 EFB 섬유 및 코코피트의 함량을 달리해서 제조하여, EFB의 코코피트 대체를 통한 변화를 분석하고자 하였다. 원료 배합은 UBKP를 각각 10, 20%로 첨가하여, 나머지 함량에서 EFB 및 코코피트의 함량을 달리하여 Table 1, 2와 같이 조성하였다. 조성된 원료를 원형수조기기를 통하여 습식 감압식으로 평량 300 g/m²의 육묘패드를 제조하였다.

2.5 구조결합 특성 분석

제조된 육묘패드의 결합특성은 제품의 운송, 활용 적성에 있어서 중요 요인으로써, 육묘패드 내 각 원료의

Table 1. Composition of the seeding pad samples with UBKP 20%

Symbol	Fibrillated EFB fiber (%)	Cocopeat (%)
A0	-	80
A2	20	60
A4	40	40
A6	60	20
A8	80	-

Table 2. Composition of the seeding pad samples with UBKP 10%

Symbol	Fibrillated EFB fiber (%)	Cocopeat (%)
B1	10	80
B3	30	60

보존성을 측정하기 위하여, 5×5 cm²의 육묘패드를 항온항습 조건에서 조습처리한 후, 700×700×1140 mm³의 원통형 칭량병에 투입하고 입구를 봉하여 진탕배양기(Shaker incubator, SI-600R)에서 300 rpm의 진동을 30분간 가하였다. 진동에 의하여 육묘패드로부터 떨어져 나간 부스러기 구성요소들을 제외한 육묘패드의 잔류무게를 측정하여 각 매트 내구성(durability)을 Eq. 1로 산출하였다.

$$Durability(\%) = \frac{Dry - weight\ of\ separated\ fines\ (g)}{Dry - weight\ of\ seeding\ pad(g)} \times 100 \quad [1]$$

2.6 육묘패드 침출수의 pH 분석

육묘매트의 pH 변화는 작물의 생육 및 이후 수확량에도 영향을 미치는 요소로써, 매트 제조에 활용된 원료 및 제작된 육묘매트의 각각 10 g의 시료를 증류수 300 ml에 침지시킨 후, 24시간 용탈한 용액의 pH를 각 3회 반복하여 측정하였다.

2.7 육묘패드의 수분특성 분석

2.7.1 수분보유 특성

발아 기능 및 생육 기능을 위한 수분 유동 특성을 나타내는 지표인 육묘패드의 수분보유 특성을 분석하기 위하여, 면적 0.2 m²의 육묘패드를 24시간동안 수분에 침지하여 포수상태로 조절하고, 포수된 육묘패드를 온도 23 ± 1℃, 상대습도 50 ± 2%의 항온항습실에서 48시간 동안 100 mesh의 시브 위에서 존치시켜 자연탈수 및 수분증발을 조장하였다. 포수 시점부터 24시간까지 2시간 간격으로 시간 경과에 따른 육묘패드의 질량 변화를 측정하여 시간경과에 따른 수분보유 경향을 분석하였다.

2.7.2 결합수 및 자유수 함량 측정

육묘패드의 결합수, 자유수 함량 측정을 통해 작물이 이용가능한 수분의 함량을 유추하여 볼 수 있다. 작물의 식생에 필요한 수분은 모세관력에 의한 모세관수의 범위

에 한정되나, 발아를 위한 경우에는 결합수 범위인 영구 위조점 이하의 수분도 발아에 유효하게 작용되므로, 보다 넓은 범위의 수분함량 측정이 필요하다. 이를 위해, 결합수의 범위는 TAPPI standard UM 256에 의거하여 여과 도가니에 포수된 각 시료를 충전하고 21 ± 3℃에서 원심분리기를 이용하여 30분간 중력가속도 900 G를 가하여 구조 내 자유수를 탈수하였다. 이후, 탈수된 시료의 질량 및 시료의 전건질량을 측정하여 잔류한 결합수의 함량을 산출하였다. 자유수 범위는 제조된 육묘패드를 포수상태로 조절하여 100 mesh의 시브 위에서 24시간 자연탈수를 진행한 후, 육묘패드가 배치된 시브의 하단부가 1 mm 이내로 잠기도록 하여 수면과 24시간 접촉시켜 모세관력에 의한 수분 흡수 이후 수분의 함량을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 육묘패드 활용 원료의 화학적 특성 및 입자 특성 분석

육묘패드 제조에 활용된 원료의 화학적 특성 분석결과를 Table 3에 나타내었다. 발아 시 pH 조건은 5.5-6.5가 최적의 조건으로 알려져 있으며, 코코피트의 경우 pH 5.8을 나타내어 중성을 띄는 EFB 및 UBKP에 비하여 육묘패드의 발아 성능을 위한 pH 조건에 적절하다. 그러나 무기물, 리그닌 함량이 높아 타 원료에 비하여 상대적으로 소수성을 띄며, 셀룰로오스 함량이 낮은 결과를 나타내었다. 또한, 코코피트는 열수 추출물 및 유기용매 추출물이 상대적으로 높게 나타나는 것을 알 수 있었다.

Fig. 2에는 사용된 원료의 입자 크기에 대한 경향을 나타내었는데, EFB는 대부분의 입자가 60-200 mesh 크기로 분포하는 반면, 코코피트는 10-100 mesh 크기로 큰 입자로 구성되었다. 상대적으로 큰 섬유들로 이루어진 코코피트는 육묘패드 내에서 공극성 개선을 통한 통기성 증대 효과가 있으나, 원료 간 결합저하 등으로 인해 강도적 특성이 저해될 것으로 판단되었다. EFB는 코코피트에 비하여 작은 40-200 mesh 크기로 고루 분포된 경향을 나타내었는데, UBKP의 미세한 섬유 성상에 의한 다공성 저하의 문제점인 식물의 뿌리 들뜸 현상을 개선⁴⁾하고, 코코피트에 의한 육묘패드 강도적 특성 저하를 개선할 수 있을 것으로 예상되었다

Table 3. Chemical compositions of EFB fibers and cocopeat

	Ash (%)	pH	Hot water extract (%)	Al-ben extract ^a (%)	Klason lignin (%)	Holocellulose (%)
EFB	5.2	6.9	9.1	0.4	18.3	68.5
Cocopeat	8.7	5.8	14.7	1.2	21.6	54.6
UBKP ^b	1.8	7.5	2.6	0.2	8.4	87.1

^a Alcohol-benzene extraction

^b Unbleached kraft pulp.

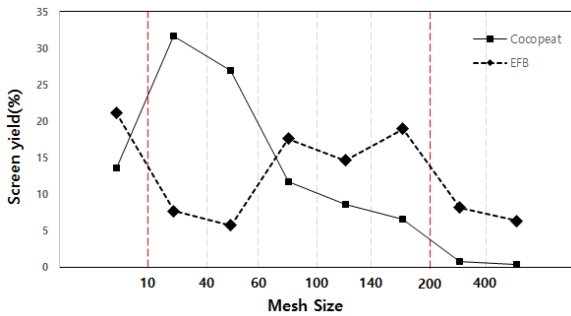


Fig. 2. Screen yield of fibrillated EFB fiber and Cocopeat.

3.2 육묘패드 제조 특성 분석

제조된 육묘패드의 표면 성상을 Fig. 3에 나타내었다. 코코피트의 함량이 높을수록 패드 표면의 큰 코코피트 입자가 관찰되며, 표면의 거칠기도 증가하는 반면, EFB 함량이 높아짐에 따라 표면이 보다 평탄하고 치밀하게 형성됨을 확인할 수 있었다.

3.2.1 육묘패드 제조 조건에 따른 pH 특성 변화

제조된 각 조건의 육묘패드의 용출수의 pH 측정 결과는 Table 4에 나타내었다. pH는 코코피트 함량이 높아짐에 따라 pH 6에 가까운 결과를 나타내었으며, 코코피트가 미첨가된 A8 조건을 제외한 코코피트가 첨가된 조건에서는 발아 조건인 중성화토양(pH 5.5-6.5)의 범

위 안에서 제조되는 것을 알 수 있었다. 실제 코코피트 20% 이상 첨가하는 경우에는 전체 육묘패드의 pH 조건이 5.5-6.5 범위에서 형성됨에 따라 발아매트 등의 적용성이 우수한 것으로 판단되었다.

3.2.2 육묘패드의 물리적 특성

결합강도의 경우, 일정한 강도를 지속적으로 가했을 때, 결합이 파괴되어 발생한 미세분의 함량 비율을 나타내었는데, 제조되는 육묘패드와 유사한 코코피트 80 : UBKP 20으로 제조된 A0 조건의 제조품의 경우 약 13%의 부스러짐(내구성)을 나타내었으며, 동일 UBKP 함량일 때, EFB의 함량이 증가할수록 내구성이 개선되어 육묘패드의 부스러짐이 감소하는 결과를 나타내었다. UBKP를 10%로 조정된 B1 조건의 경우 내구성이 약 86%로 작은 충격에도 쉽게 결합이 깨지는 결과를 나타내었으나, 동일 UBKP 조건에서 EFB의 함량을 증가시킨 B3의 경우 약 3% 부스러짐만 발생하여 EFB의 첨가가 UBKP의 형태유지 및 내구성 증대 역할을 대체 할 수 있을 것으로 판단된다.

밀도는 EFB 함량이 증가할수록 크게 증가하는 경향을 나타내었으며, 이는 코코피트에 비하여 미세하고 균일한 EFB 입자가 각 원료 간의 수소결합 면적을 증대시킴에 따라 구조가 보다 치밀하게 형성된 것으로 판단된다.

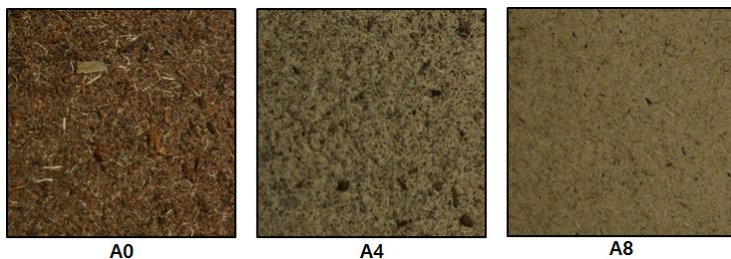


Fig. 3. The surface structure of the seeding pad samples.

Table 4. pH and strength properties of the various seeding pad samples

	A0	A2	A4	A6	A8	B1	B3
pH	6.26 ±0.08	6.32 ±0.13	6.47 ±0.11	6.43 ±0.14	6.88 ±0.10	6.30 ±0.18	6.44 ±0.12
Durability (%)	12.9	2.0	1.1	1.4	0.3	86.4	2.4
Density (g/cm ³)	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3

3.3 육묘패드의 수분특성 분석 결과

3.3.1 육묘패드 내 수분 거동

육묘패드 내 존재하는 수분은 자유수, 결합수의 형태로 존재하며 결합수의 함량 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 코코피트의 함량이 가장 많은 A0 조건의 경우, 결합수의 함량이 약 68%로 가장 많은 값을 나타내었으며, 코코피트 함량이 낮아질수록(A0→A8) 결합수도 낮아지는 결과를 나타내었다(Fig. 4 (A)). 또한, Fig. 4의 (B) 그래프에 도시된 바와 같이, UBKP를 EFB로 대체했을 때, 제조된 육묘패드의 결합수 함량이 증가하는 경향이 나타났다. 이는 결합수 함량에 미치는 영향이 코코피트 > EFB > UBKP 순으로 높고, 이는 각 원료의 미세분 함량 및 내부 공극에 의한 표면적 증가의 영향으로 판단된다. 실질적인 수분의 함량은 코코피트 첨가량이 높을수록 크게 나타났으나, Fig. 5에 도시한 바와 같이 결합수 함량이 높은 육묘패드에서는 모세관수의 범위가 상대적으로 좁아지는 결과가 나타났다. 위와 같은 결과로 미루어 볼 때, 코코피트의 함량이 증가될 수로 결합수 함량 증대로 인한 육묘패드의 보수성이 증대하여 발아기능이 증가

하는 반면, EFB 섬유의 투입량 증가는 육묘패드의 상대적인 결합수 저하를 가져오지만 상대적으로 미세한 공극 구조로 인해 모세관수의 확산범위가 넓어져 발아 이후, 뿌리에 의한 작물의 수분생육조건이 코코피트의 적용 시 보다 유리한 패드 제작이 가능할 것으로 판단되었다.

시간에 따른 육묘패드의 수분보유특성(Fig. 6)을 분석한 결과, 최초부터 12시간동안은 빠르게 수분이 탈수되며, 코코피트 함량이 높을수록 자유수의 범위에서의 수분함량이 높게 유지되는 경향을 나타내었다. 그러나 자유수 제거 이후, 결합수의 유지 측면에서는 EFB 섬유 함량이 높을수록 수분 증발을 억제하는 경향을 나타내어, 48시간 이후에는 모든 조건의 육묘패드가 유사한 수분함량을 나타내었다. 이러한 결과를 통해 EFB 섬유가 적용된 육묘패드의 경우 40% 이하의 함수율 조건에서 코코피트 적용과 유사한 수분함량을 나타냄에 따라 발아 성능의 저하는 크게 발생하지 않을 것으로 판단되었다.

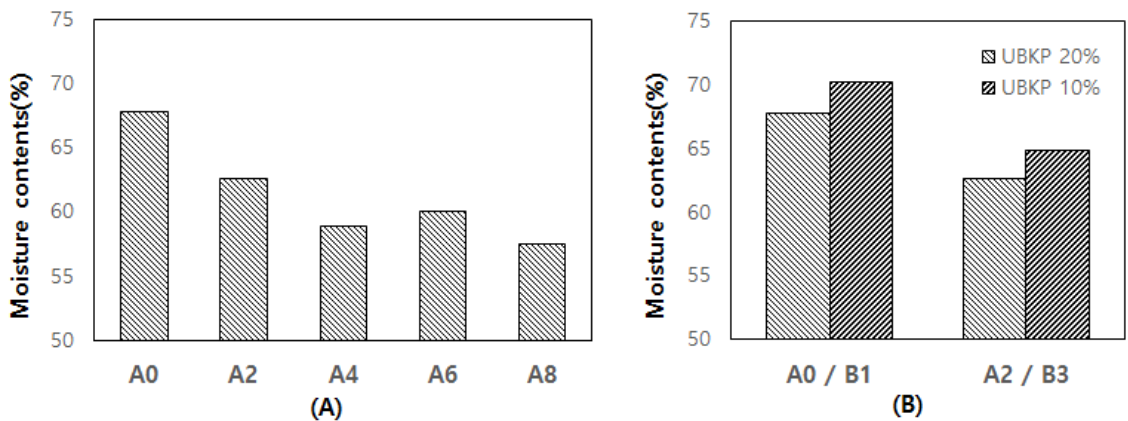


Fig. 4. Bound water contents of the seeding pads depending on the composition of raw materials

(A : Bound water contents according to the ratio of EFB and cocopeat
 B : Bound water contents according to the ratio of EFB and UBKP).

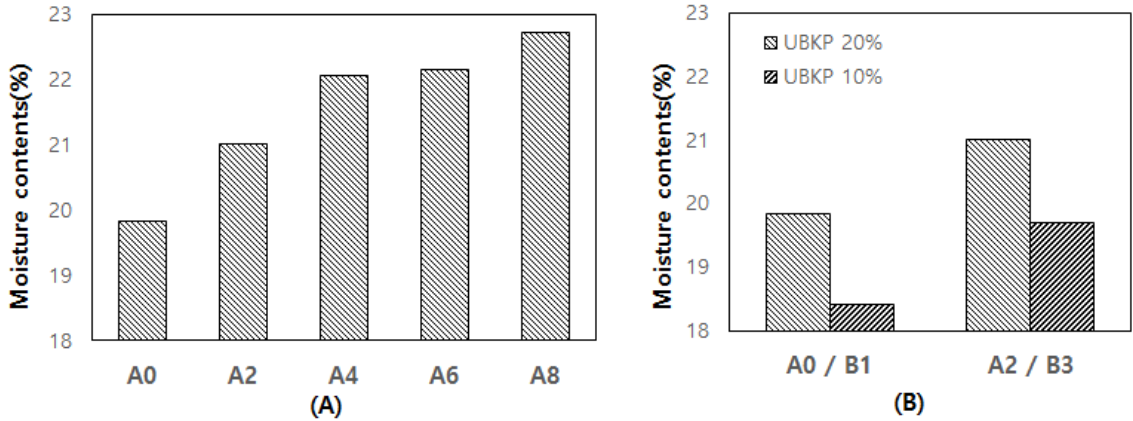


Fig. 5. The changes in the capillary water range of the seeding pad samples depending on the composition of raw materials

(A : Capillary water range according to the ratio of EFB and cocopeat,
 B : Capillary water range according to the ratio of EFB and UBKP).

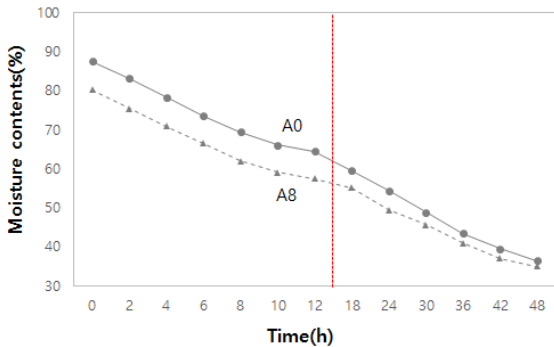


Fig. 6. Moisture holding properties of the seeding pad samples according to the composition of the seeding pads.

을 위한 수분 보유특성이 코코피트에 비하여 다소 떨어지는 특성을 나타내었으나 그 차이는 미비한 것으로 판단되었다. 특히, 기존 펄프사용 시 발생되는 패드 조직의 치밀화로 인해 발생할 수 있는 육묘 시 뿌리들뜸 현상은 EFB 섬유 첨가로 인해 큰 강도적 손실 없이 개선될 수 있을 것으로 판단되었다. 또한 상대적으로 미세한 공극성으로 저수분 조건에서 수분 보유력도 개선시킬 수 있을 것으로 판단되어 향후 육묘패드의 제조 시 적용이 가능할 것으로 판단되었다.

4. 결론

다양한 용도로 적용되는 육묘패드의 대체 소재로서 오일팜 EFB 섬유의 적용성을 알아보기 위하여 실험실적으로 육묘패드를 제조하여 그 특성의 변화를 비교평가하였다. 미세화 처리한 EFB의 적용은 육묘패드의 구조적 특성을 부여하는 역할을 하는 UBKP를 대체하여 구조적 강도부여가 가능한 것으로 나타났다. 특히, EFB 섬유를 20% 이상 첨가하였을 때, 육묘패드의 내구성이 크게 증가한 결과로 보아 육묘패드의 제조 시 UBKP의 대체가 가능할 것으로 판단된다. 이에 EFB 섬유는 발아 및 생육

사사

본 연구는 산림청 '산림과학기술개발사업(과제번호: S111215L070110)'의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

Literature Cited

1. Lee, W. M., Bed soil composition for raising paddy rice, bed soilmat made of the composition and preparation method of the same, Korean Patent, Registration No: 10-0438049 (2004).
2. Kim, T. Y. and Kim, M. M., A study on man-

- ufactural condition of vegetation mat for greening impermeable surfaces using wood waste, *The Society of Wood Science Technology* 38(3):165-169 (2010).
3. Kim, H. K. and Lee, C. Y., A vegetation mat for planting, Korean Patent, Registration No: 10-2010-0045280 (2010).
 4. Kim, Y. K., Hong, K. P., Jung, W. L., Lee, S. T., Kwon, J. H., and Lee, C. H., Studies on careful use method of organic-media mat for healthy rice-seedling production, *The Korean Society of Crop Science* 51(1):236-237 (2006).
 5. Chan, K. W. Biomass production in the oil palm industry, In *Oil Palm and the Environment-A Malaysian Perspective*, Malaysian Oil Palm Grower's Council (1999).
 6. Law, K.-N., Daud, W. R. W., and Ghazali, A., Morphological and chemical nature of fiber strands of oil palm empty fruit bunch, *BioResources* 2(3):351-362 (2007).
 7. Sreekala, M. S., Kumaranl, M. G., and Thomas, S., Oil palm fibers: Morphology, chemical composition, surface modification, and mechanical properties, *Journal of Applied Polymer Science* 66(5):821-835 (1997).
 8. Norgren, S. and Høglund, H., Irreversible long fiber collapse at high temperature TMP rejects refining - Effects on fiber surface properties, *Nordic Pulp & Paper Research Journal* 24(1):19-24 (2009).
 9. Hunt, J. F., Ahmed, A., and Friedrich, K., Effect of fiber processing on properties of fiber and fiberboard made from lodgepole pine treetops, *Forest Products Journal* 58(6):82-87 (2008).