

무기소재 첨가에 따른 멀칭용지의 기능성 변화

성용주 · 정웅기 · 이지영[†]

접수일(2013년 11월 29일), 수정일(2013년 12월 17일), 채택일(2013년 12월 18일)

Change in the Functional Properties of Mulching Paper by the Addition of Inorganic Materials

Yong Joo Sung, Woong-Gi Jung and Ji-Young Lee[†]

Received November 29, 2013; Received in revised form December 17, 2013; Accepted December 18, 2013

ABSTRACT

The biodegradable mulching paper could be applied for the environmental friendly agriculture as an alternative to the current vinyl mulching. In order to increase the usability of the mulching paper, the effects of the addition of various inorganic materials on the functionality of the mulching paper were evaluated in terms of practical benefits. The blend of carbonized rice husk powder and perlite resulted in the higher value in the air permeability of the mulching paper, which would be important for the health of plant root. The heat conservative of the mulching paper could be improved by adding the bottom ash or the fly ash because of the pore structure of the ashes. The pH of acidic soil could be neutralized by using the mulching paper containing paper-mill sludge ash or fly ash. The various results showed the addition of the inorganic materials could improve the functional properties of the mulching paper.

Keywords: *Mulching paper, bottom ash, fly ash, air permeability, heat conservative*

1. 서론

경제성장과 더불어 안전한 먹거리에 대한 관심은 점차 높아지고 있는데 실제 농업생산을 증대시키기 위해 필수적으로 사용되고 있는 제초제 등의 농약과 화학비

료 등의 적절한 사용 및 절감이 주요 관심사항이라 할 수 있다. 이러한 농약과 화학비료는 농산물에 잔류하여 농산물의 안전성을 심각하게 저해할 수 있고 토양 및 수질오염 등의 원인이 될 수 있기 때문에 이에 대한 사용량을 조절하는 것은 현재 친환경 지속가능한 농업

• 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과 (Dept. of Biobased Materials, College of Agriculture and Life Science, Chungnam Natl. Univ., Daejeon, Republic of Korea)

† 경상대학교 환경재료과학과/농업생명과학연구원(Dept. of Environmental Materials Science/IALS, Gyeongsang National Univ., Jinju, 660-701, Republic of Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: papyryjy@gnu.ac.kr

을 위한 주요한 과제가 되고 있다. 국내에서는 이와 관련한 친환경농업육성법을 1997년에 제정하여 유기합성농약과 제초제의 과도한 사용을 규제하고 있고 이와 함께 다양한 생산유통시스템의 구축을 통해 고부가가치의 유기농업을 활성화하고 있는 상황이다. 그러나 현재 국내의 친환경 농지는 2010년 기준 전체 면적 농지 면적에 약 11% 정도로 친환경 농지의 확보 및 활용이 아직 부족한 현실이며, 친환경 농업을 확장시키기 위한 관련 기술개발이 활발히 진행 중에 있다.^{1,2)}

친환경 농업을 위한 여러 가지 기술 중 보편적으로 활용되고 있는 방법으로는 멀칭 재배 기술을 들 수 있는데 멀칭 기술이란 농작물을 재배할 때 토양의 표면을 특정소재로 덮어주는 것으로, 지온 조절, 잡초 및 병충해 발생 억제, 토양 내 수분 유지, 토양오염방지 등의 기능을 수행함으로써 제초제 등의 농약 사용량을 절감시키는 효과가 있는 방법이다. 현재 이러한 멀칭농업을 위해 비닐소재가 주로 적용되고 있는데 비닐 소재는 경제성이 우수하며, 취급 및 작업이 용이한 장점을 가지고 있어 보편적으로 폭넓게 사용되고 있다. 하지만 비닐소재는 수분이나 공기의 공급이 원활하지 않아 토양 내 유해성 미생물의 발생을 가져올 수 있고 식물 근권의 뿌리 호흡이 저해되는 단점이 있을 뿐만 아니라 사용 후 폐비닐의 수거가 어렵고 이를 위한 많은 추가적인 비용을 발생시키게 된다. 특히, 제대로 수거되지 않은 폐비닐의 경우 분해되지 않은 상태로 심각한 환경오염을 가져올 수 있는 문제를 가지고 있다.³⁾

이러한 플라스틱 기반 비닐 멀칭의 단점을 개선하기 위하여 친환경 섬유를 기반으로 제조한 종이소재의 멀칭재가 개발되었는데,^{4,6)} 이러한 멀칭용지는 일정 시간 이후에 토양속에서 자연적으로 분해되기 때문에 사용 후 수거 및 폐기 등이 필요하지 않고 구조적으로 공기와 수분의 투과가 원활한 장점을 가지고 있다. 많은 장점을 가지고 있는 멀칭용지는 실제 비닐멀칭소재와 비교하여 상대적으로 가격이 비싸고 취급 및 적용이 용이하지 않은 점 때문에 실제 활용도는 그다지 높지 않은 상황이다. 친환경적 농업이 더욱 활성화되기 위해서는 이러한 생분해성 멀칭용지의 다양한 기능성을 부여하고 극대화하여 그 활용도를 증대시키는 것이 중요한 과제라고 할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 멀칭용지의 기능성을 강화하기 위한 방법으로 다양한 특성의 무기소재들을 적용하

여 보았다. 실제 농업용 멀칭용지로서 작물의 생산과 토양의 개선과 관련된 기능성으로 공기투과성, 보수성, 보온성, 토양 필수무기원소 부여, 토양 pH 안정성 등을 들 수 있는데 식물의 생장 촉진을 위해서는 기본적으로 일정 수분 및 일정 온도를 유지하는 것이 필요하며⁷⁾ 이를 위해 멀칭용지는 적절한 수분의 투과성과 단열성을 가지고 있어야 한다. 또한 토양은 공기가 잘 통하지 않는 경우 토양내 미생물 활동이 불활해지고 혐기상태로 썩게 되어 작물의 생장에 나쁜 영향을 미치게 되는데, 토양표면에서 공기의 유입이 원활해지도록 멀칭용지의 특성을 개선하게 되면 토양 내 미생물에 의한 물질순환이 활발하게 일어나고 양분이 균형을 유지하여 건강한 토양의 조건을 갖게 할 수 있을 것으로 기대할 수 있다. 또한 과도한 화학비료의 사용과 대기오염에 의한 산성비 등의 원인으로 토양의 산성화가 심각해지고 있고, 산성화된 토양은 토양 속에 들어있는 주요 영양원소들과 미량원소들의 용탈이 심해져 영양결핍이 일어나기 쉽기 때문에⁸⁾ 토양표층에 적용하는 멀칭용지의 기능성을 강화하여 이러한 토양 pH의 조절을 가져올 수 있는 여부는 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서 토양개량제 및 보조제 등 농업용 토양소재로 다양하게 사용되고 있는⁹⁻¹⁰⁾ 무기소재의 적용을 통하여 멀칭용지의 기능성 발현정도의 변화를 평가하였다. 이러한 결과들을 바탕으로 친환경 농업자재로서 최적의 기능성 발현할 수 있는 멀칭용지 개발을 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

본 연구에서는 D사에서 분양받은 골판지 원지를 재해리하여 멀칭용지 제조 원료(OCC, Old Corrugated Container)로 사용하였으며, 침엽수 미표백펄프(UKP, Unbleached Kraft Pulp)와 OCC를 사용하여 멀칭용지를 제조하였다. 경제성을 확보하기 위하여 OCC를 주로 활용하였고 기계적, 물리적 품질을 조절하기 위하여 UKP를 보완 적용하였다.

또한 기존의 토양개량제 등으로 사용되는 무기소재인 농업용 제올라이트, 벤토나이트, 펄라이트, 굴괘각, 황토, 탄화왕겨를 각각 구입하였고, 충남 A 화력발전

소에서 비회, 저회를 수집하였으며, 코팅 포장지를 제조하는 제지공장의 슬러지 소각재를 수집하여 무기 충전제로 적용하였다. 각각의 무기소재는 200 mesh로 스크린하여 과도하게 큰 입자는 제거한 후 멀칭용지 제조에 사용하였다.

2.2 멀칭용지 제조

멀칭용지의 제조를 위하여 실험실용 수초지를 사용하였고, OCC와 UKP(600 mL CSF) 배합비 및 무기소재의 적용에 따른 영향을 알아보기 위하여 기본적으로 보류제로써 C-PAM 0.1%를 사용하였으며, 멀칭용지의 건조지력증강을 위해 양이온성 전분을 고휘분 대비 1% 투입하였다. 또한 멀칭용지의 적용특성상 수분에 의한 적용성 및 생분해성이 크게 달라질 수 있기 때문에 수분지력증강 부여를 위해 예폭시 수지를 고휘분 대비 2% 첨가하여 시료를 제조하였다. 무기소재에 의한 기본적인 영향은 OCC와 UKP를 각각 7:3의 비율로 혼합한 지료를 기본펄프 조성으로 하여 충납 A화력발전소에서 수집한 저회를 0, 5, 10, 15%로 첨가하여 각각의 수초지를 제조하여 평가를 실시하였으며, 무기소재 종류에 따른 멀칭용지의 특성을 파악하기 위하여 무기물의 10%를 첨가한 수초지를 사용하여 비교분석하였다.

2.3 멀칭용지의 기본 물성평가 및 무기물 특성 분석

멀칭용지의 기능성을 부여하기 위하여 무기물인 제올라이트, 벤토나이트, 펄라이트, 굴패각, 비회, 황토, 탄화왕겨, 제지슬러지 소각재, 비회, 저회를 사용하였으며, 각 무기물의 형태적 특성을 평가하고자 레이저 회절입도분석기(HELOS and auto RODOS module, Sympatec)를 적용하여 입자크기를 분석하였다. 본 실험에 적용된 레이저회절 분석기는 레이저 회절 이론을 기반으로 분체의 입도를 측정하는 장치로, 0.1 - 8750 μm 크기 범위의 입도를 측정하게 된다. 실제 식물의 생장을 위한 필수원소는 16종으로 알려져 있는데, 탄소, 수소, 산소 등의 9가지 다량원소와 철, 망간, 구리 등의 7가지 미량원소가 있으며, 본 실험에서는 적용되는 무기소재가 식물의 생장에 미치는 영향을 간접적으로 평가하고자 SEM-EDX를 적용하여 각각의 미량원소량을 분석하였다. 또한 제조된 멀칭용지의 활용성을 고

려하여 멀칭용지의 기본적인 물성변화 즉, 구조적 특성은 벌크의 변화로 강도적 특성은 인장강도(TAPPI Standard T 231 cm-85)로 평가하였다.

2.4 멀칭용지의 기능성 분석

작물의 생장에 있어서 멀칭용지의 공기투과성은 근권부의 뿌리호흡에 큰 영향을 미치며 기존 비닐포장에서의 공기투과저해로 인한 유해성 미생물의 토양 내 발달을 극복할 수 있는 중요한 기능이라고 할 수 있다. 이러한 멀칭용지의 공기투과성은 일반적으로 적용되는 Gurley 타입의 측정법을 적용하여 평가하였다. Gurley 측정법(TAPPI Standard T 460 om-02)에서는 일정량의 공기가 시험편을 통과하는데 소요되는 시간을 측정하여 공기투과성을 평가하는데 실제, 1.22 kPa의 압력 차에 의해서 종이 시편 면적 6.45 cm^2 으로 공기가 투과되는 시간을 평가하여 공기투과성정도를 정량화 하게 된다.

멀칭용지는 토양 표층을 덮어 잡초의 생장을 억제하고 토양내부의 수분을 보호하는 역할을 하게 되는데 이때 수분의 보유력은 작물의 지속적 생장을 위해 중요한 기능성이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 각각의 무기물을 적용한 멀칭용지의 보수성 변화를 평가하기 위하여 증류수에 1시간 각각의 시료를 침지한 후 24시간 지퍼백 안에 밀봉 보관하여 각 수초지의 수분함량을 균일하게 조정하였고, 수초지를 건조시키면서 시간에 따른 수분손실율을 측정하여 보수성을 평가하였다. 여기서 자동 함수율 측정기를 사용하여 각각의 시료를 온도 40 $^{\circ}\text{C}$ 로 일정하게 온도를 유지시키면서 시간에 따른 함수율 변화를 분석하여 시간에 따른 멀칭용지의 건조속도 변화를 비교 평가하여 상대적 보수성 차이를 비교 분석하였다.

화학비료의 사용량이 증대되고 대기오염의 증가로 인한 산성비 등의 영향으로 인한 토양의 산성화는 실제 농업에서 중요한 이슈가 되고 있는데, 보통의 작물의 경우 일반적으로 pH 6~7의 중성조건에서 생육이 가장 좋고 산성이나 알칼리성 토양에서는 작물양분의 유효성, 독성원소의 용해도 등이 낮아지는 특성이 있다. 이러한 토양의 pH 변화에 대응하기 위한 방안으로 멀칭용지에 적절한 무기질을 첨가하여 그 영향을 평가하여 보았다. 이를 위해 각각의 무기물을 충전한 수초지를 시료로 하여 시료 1g을 물증탕에 넣어 95~100 $^{\circ}\text{C}$ 로 1

시간 가열한 후 pH미터를 이용하여 수초지 pH를 측정하였다.

작물의 재배에 있어 토양의 온도가 적절한 경우 뿌리의 활착을 빠르게 하여 초기 생육이 좋아지고 토양중 양분의 유실을 막아주는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 실제 본 실험에 적용된 다양한 무기물의 경우 열전도율이 상이하고 또한 열전도율에 직접적인 영향을 미치는 종이의 구조에 미치는 영향도 상이하기 때문에 적절한 단열특성을 가지는 멀칭용지의 제조를 위한 기초 자료를 확보하기 위해 멀칭용지 시료의 보존성을 평가하였다. 보존성의 간접적인 평가를 위하여 멀칭용지 밑면에 일정한 열을 가하여 윗면 표면에서의 온도변화를 평가하였다. 측정시 환경에 의한 영향을 최소화하기 위하여 항온항습실 안에서 실험을 실시하였으며 각 10초 단위로 온도를 측정하여 열전달 속도와 최고 유지온도를 분석하였다. 이때 밑면의 가열 온도는 100℃로 일정하게 조절하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 멀칭용지의 제조조건에 따른 물성변화

3.1.1 펄프종류별 배합비에 따른 멀칭용지 특성 변화

멀칭용지의 경제성을 위해서는 OCC 펄프와 같은 저비용의 재활용 섬유를 주원료로 적용하는 것이 유리하지만 멀칭용지의 구조적 특성과 강도적 특성을 확보

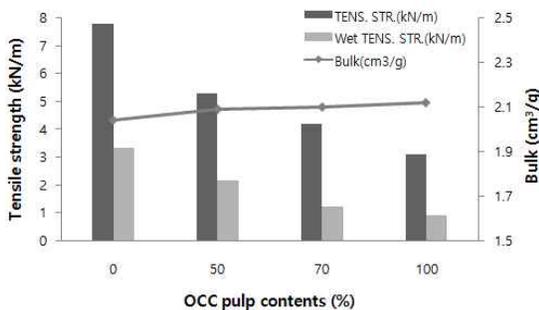


Fig. 1. Changes in bulk and tensile strength depending on the amount of OCC contents in mulching paper.

하고 특히, 무기소재 적용으로 인한 물성보완을 위해서 UKP의 보완적용을 검토하여 보았다. 본 실험에서는 주원료인 OCC의 함량을 0, 50, 70, 100%로 각각 다르게 조정하여 평량 80 g/m², 무기물로 저회 10%, 보류제 0.1%, 양성전분 1%, 에폭시수지 2%를 각각 첨가하여 수초지를 제조하여 특성의 변화를 비교 평가하였다.

Fig. 1과 같이 OCC 함량이 증가할수록 멀칭용지의 벌크는 다소 증가하는 경향을 보이거나 큰 차이는 나타나지 않았다. 강도적 특성의 경우 UKP의 함량이 증가할수록 인장강도 및 습윤인장강도 모두 크게 증가하는 것을 볼 수 있었다.

3.1.2 무기물 함량에 따른 멀칭용지 특성변화

멀칭용지 제조 시 석탄재 저회의 함량을 5, 10, 15%로 달리하여 제조한 후 종이물성의 변화를 비교 측정하였다. Fig. 2에서 보이듯이 저회의 함량이 높아질수록 상대적으로 종이의 벌크는 증가하였으나, 인장강도 및 습윤인장강도는 감소하는 것을 볼 수 있었다.

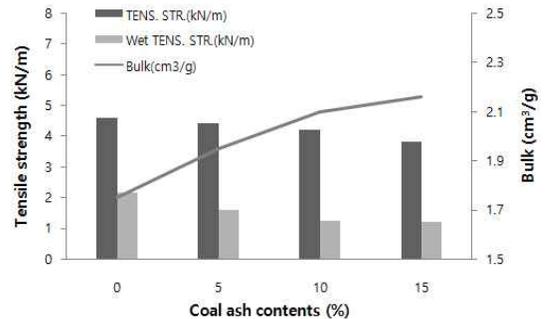


Fig. 2. Changes in bulk and tensile strength depending on the amount of bottom ash contents in mulching paper.

3.2 무기소적용에 따른 멀칭용지의 특성변화

3.2.1 적용 무기소재의 형태적 특성평가

각각의 무기소재의 입자크기를 레이저회절입도분석기(HELOS/RODOS)을 통하여 측정하고 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 입자의 크기는 벤토나이트, 펄라이트, 제올라이트 분말 등이 대략적으로 큰 입자형

Table 1. The particle size of inorganic materials for mulching paper

Types	Average particle size (μm)
Bottom ash	16.71
Fly ash	18.14
Paper mill sludge ash	10.00
Zeolite	28.02
Bentonite	27.09
Pearlite	38.64

태로 이루어져 있었고, 보통 평균입자 크기가 50 μm 이하의 입자를 가지고 있었으나 일부 그 이상의 크기 입자도 포함하고 있는 것으로 나타났다. 무기소재의 형태적 특성은 전자현미경을 통해 관찰하였다. Fig. 3에서 볼 수 있듯이 각각의 무기물의 형태는 대부분이 불규칙한 형태를 나타냈지만 비회는 구형의 형태를 나타냈으며, 펄라이트의 경우 얇은 판상형으로 나타나는 것을 알 수 있다.

3.2.2 무기소재의 적용에 따른 멀칭용지 물성변화

각각의 무기물을 10% 첨가하여 무기물에 종류에 따른 멀칭용지의 특성변화를 비교 평가하였고 최종 얻어진 시료의 벌크와 인장강도를 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. 시제품의 강도와 벌크에 가장 큰 영향을 미치는 것은 무기소재의 입자크기로 판단되는데, 실제 입도가 작은 비회나 제지슬러지 소각재 등에서 강도적 특성이 높게 나타났다. 반면에 입도가 상대적으로 큰 제회나 펄라이트 등에서는 벌크가 크게 나타나는 대신 강

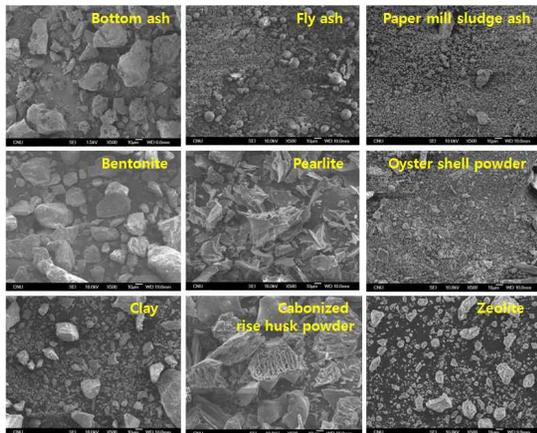


Fig. 3. SEM image of inorganic materials for mulching paper.

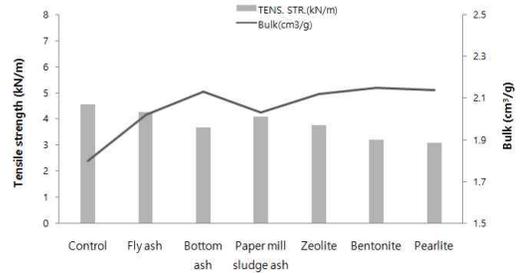


Fig. 4. Changes in bulk and tensile strength depending on the type of inorganic materials in the mulching papers.

도가 상대적으로 낮게 나타나는 경향을 나타내었다.

3.3 무기소재 적용에 따른 멀칭용지 기능성 변화

멀칭용지의 기능성을 부여하기 위해 여러 가지 무기물을 적용하여 평가하였다. 실제 적용할 수 있는 다양한 무기소재는 각각 다른 특성 및 효과를 나타낼 것으로 판단되며, 무기물 종류에 따른 특성을 물성, 필수원소 증대 효과, 공기투기성, 보수성, 보온성, pH 안전으로 구분하여 무기물에 특성을 비교 평가하였다.

3.3.1 필수 원소 증대 효과를 위한 무기 소재 적용 사례

멀칭지의 첨가한 무기물은 멀칭지가 생분해된 이후 토양에 남아 식물생장에 필요한 미량원소를 보충해주는 역할을 할 수 있다. 따라서 각각의 무기물의 원소를 파악하기 위하여 SEM EDX를 사용하여 각 무기물의 원소를 분석하여 Table 2에 나타내었다. 작물의 성장과 관련된 필수 원소는 16종이며 C, H, O, N, P, K, Ca, Mg의 9종과 미량원소는 Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl로 총 7가지의 원소로 분류된다. 필수 원소가 결핍되면 식물의 성장, 생존, 번식이 어려우며 다른 원소로 대체되지 않아 이러한 필수원소들은 식물체의 필수적이 구성 성분이라고 할 수 있다. EDX 분석결과 본 실험에 사용되는 무기 소재에는 다량 원소 중 Mg와 K, Ca를 포함하고 있었으며, Fe, Cl의 미량원소를 포함하고 있었다. 굴폐각 분말, 황토, 제지 슬러지소각재의 무기 소재에서 필수원소인 Ca이 약 30% 가량 다량 포함되어있는 것으로 확인되었고 그 이외에 필수 원소인 Ma, K 그리

Table 2. Components analysis of inorganic materials by using if EDX

Element	Weight (%)		
	Oyster shell powder	Clay	Paper mill sludge ash
Na	0.49	-	0.24
Mg	0.4	-	1.53
Al	0.58	-	3.96
Si	1.15	-	5.41
K	0.21	-	-
Ca	32.03	35.25	29.06
Ti	-	-	-
Fe	-	4.27	-
S	0.26	-	0.53
Pt	2.92	-	-
Cl	-	-	1.54
Ti	-	-c	0.42

고 Fe, S, Cl이 소량 포함되어 있는 것을 확인 할 수 있었다.

3.3.2 공기 투과성 개선을 위한 무기소재적용 사례

본 논문은 OCC 70%, UKP 30%의 비율로 혼합하고, 평량 80 g/m², 저회 함량 10%, 지력증강제 1%, 습윤지력증강제 2% 첨가하여 제조한 멀칭지를 기준으로 하고, 펄프 혼합비율, 평량 (60, 80, 100 g/m²) 및 석탄재 함량(5, 10, 15%)을 달리하여 투기도를 측정하여 Table 3에 나타내었다.

종이 소재에 무기 소재 첨가 시 별크가 증가하며, 공극이 다수 생기기 때문에 공기투과성은 개선되지만 무기소재의 입도 크기에 따라 달라진다. 첨가한 무기소재의 입도가 클수록 공기투과성이 높아지는 것으로 확인된다. 실제 무기 소재 중 입도가 큰 펄라이트, 제올라

Table 3. Effects of the type of inorganic materials on the air permeability

Type	Air permeability (Gurley, sec)
Control	6.3
Fly ash	5.8
Bottom ash	4.0
Paper mill sludge ash	5.9
Zeolite	3.1
Bentonite	2.7
Pearlite	3.0

이트, 벤토나이트의 첨가 시 공기투과성이 높게 나타나는 것을 볼 수 있다.

3.3.3 보수성 개선을 위한 무기소재 적용 사례

무기물에 따른 수초지의 보수성을 파악하기 위하여 함수율 측정기를 사용하여 시간에 따른 수분손실율을 측정하였고, 수분이 손실되는 정도로 보수성을 평가하였다.

0 - 10분까지는 모든 수초지가 일정한 비율로 수분손실율이 증가하였으며, 10분 이상부터 무기물에 따른 수분손실율 차이가 나타났기 때문에 10분 이후에 실험의 결과를 Fig. 5에 나타내었다. Control이 수분손실율이 가장 낮았으며 실제 친수성 섬유를 대신한 무기물 첨가에 의해 수분 손실이 쉽게 나타나는 데, 이중 펄라이트의 첨가 시에 수분손실율이 가장 급격하게 상승하였으며, 벤토나이트의 첨가 시 상대적으로 우수한 보수성을 갖는 것을 확인하였다.

3.3.4 보온성 개성을 위한 무기소재 적용 사례

작물 생장을 촉진시키기 위해서는 적정 온도를 유지하는 것이 필요하며, 멀칭을 통해 토양의 열이 외부로 방출되는 것을 방지할 수 있다. 각각의 무기 소재는 열전도율이 다르기 때문에 멀칭용지 적용 시 보온성이다르게 나타날 것이라 판단하여 실험을 실시하였다.

멀칭용지의 보온성을 파악하기 위해서 멀칭용지 밑면에 열을 주어 윗면에 전달되는 열을 측정하였고, Fig. 6에 나타내었다. 각 무기 소재의 시간당 상승 온도는 모두 다르게 나타났으며, 저회 및 비회가 기타 다른 무기

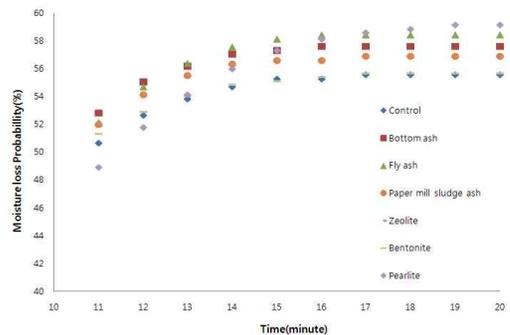


Fig. 5. Change in the water holding capacity depending on the type of inorganic materials of mulching paper.

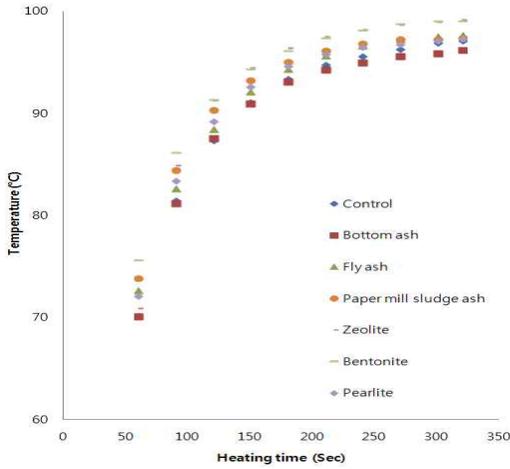


Fig. 6. Effects of the types of inorganic materials on the change in the surface temperature on the heat plate.

소재에 비해 온도가 전달되는 정도가 낮은 것을 확인하였고, Control 시료보다 높은 보온 효과를 나타내는 것으로 볼 수 있었다.

3.3.5 토양의 pH 안정화를 위한 무기소재 적용 사례

무기 소재에 따른 멀칭용지의 pH의 변화를 측정하기 위하여 온수추출을 통해 각 무기물 자체의 pH 및 무기물이 10% 첨가된 각각의 멀칭용지의 pH를 측정하여 Table 4에 나타내었다. 무기 소재 중 제지슬러지 조각재의 경우에 가장 높은 pH를 나타내었으며, 저회 및 비회를 포함하는 멀칭용지의 경우에도 상대적으로 높

Table 4. pH of individual inorganic materials and the mulching paper containing the inorganic materials

Type	pH of inorganic materials	pH of mulching paper
Control	-	7.59
Bottom ash	8.65	8.00
Fly ash	8.27	8.25
Paper mill sludge ash	10.36	8.05
Zeolite	7.96	7.82
Bentonite	8.22	7.84
Pearlite	7.75	7.67

은 pH를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

친환경 농업에 대한 관심이 증대되면서 대표적인 친환경 기술인 멀칭농법은 많은 작물의 재배에 적용되고 있지만 현재 가장 일반적으로 사용되는 비닐소재의 멀칭은 비닐자체의 낮은 공기 및 수분투과성 등의 기능적 단점뿐만 아니라 사용 후 제대로 폐기되지 못한 비닐에 의한 환경오염을 일으키는 단점을 가지고 있다. 이러한 비닐기반 멀칭을 대체하기 위하여 적용될 수 있는 멀칭용지의 활용성을 극대화하기 위해 본 연구에서는 다양한 무기소재의 적용을 통해 멀칭용지의 기능성을 강화할 수 있는 방안에 대해 모색해보았다.

1. 경제성이 뛰어난 골판지 고지원료 기반 멀칭용지 제조 시 침엽수 미표백 펄프의 배합비 증가로 강도적 성질이 개선되는 것을 확인할 수 있었다.
2. 공기 투과성을 강화한 멀칭용지를 제조하는 경우 탄화왕겨 분말, 펄라이트, 벤토나이트 등의 소재를 적용하는 경우 공기투과성이 개선되었다.
3. 식물이 성장하는데 필요한 무기질 필수 원소가 다량 함유된 무기소재의 적용을 통해 토양 토질 개선 기능이 있는 멀칭용지를 개발. 특히, 식물 필수원소를 30%이상 포함한 무기소재는 굴폐각, 황토, 제지슬러지 조각재가 다른 무기 소재보다 필수원소의 많은 양을 포함하고 있었으므로 이러한 소재를 적용하는 경우 토양대 무기원소를 보강할 수 있는 멀칭용지의 제조가 가능할 것으로 판단되었다.
4. 무기소재들에 따른 보수성을 시간에 따른 수분손실율로 측정하여 평가하였으며, 벤토나이트의 첨가 시 가장 높은 보수성을 나타내었다.
5. 무기소재 적용에 따라 멀칭용지의 보온성은 다르게 나타났으며, 다공적 구조를 가지는 저회와 비회 등의 폐기성 석탄재를 적용한 경우 보온성이 강화된 멀칭용지가 제조됨을 볼 수 있었다.
6. 토양에 화학 비료 등을 사용함으로써 토양은 산성화되고 산성화된 토양은 식물생장을 억제하게 된다. 이러한 문제를 무기 소재를 통하여 산성화된 토양을 개선할 수 있는 기술을 개발 특히, 굴폐각 분말, 황토,

제지슬러지 소각재의 적용을 통해 알카리성 토양으로 중화할 수 있을 것으로 판단되었다.

본 연구는 다양한 무기소재의 적용을 통해 기대할 수 있는 멀칭용지의 기능성에 대해 알아보았다. 이와 같은 결과들을 바탕으로 향후 다양한 기능성이 강화된 멀칭용지를 개발할 수 있는 기초자료를 확보할 수 있었다.

Literature Cited

1. Lee, W. H., Problems and countermeasures for utilization and clean up of agricultural plastic films, The 2nd Policy Discussion Source Book, The National Assembly, Vol. 2, pp. 2-10 (2011).
2. Lim, K. H., Kim, S. G., Kim, D. I., Seo, Y. W., Yang, S. K., Kim, Y. S., Kim, H. J., and Kim, J. G., The effects of mulching materials and weed control methods on growth and weed occurrence of pesticide-free Kale(*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), Korean Journal of Organic Agriculture 17(4):501-517 (2009).
3. Kim, C. H., Lee, J. Y., and Shogren, R. L., Preparation and characterization of a biodegradable mulch : Paper coated with polymerized vegetable oils, Journal of Applied Polymer Science 73(11):2159-2167 (1999).
4. Lee, H. L., Ryu, J. Y., Youn, H. J., Joo, S. B., and Park, Y., Development of multi-functional mulch papers and evaluation of their performance I, Journal of Korea TAPPI 30(3):38-45 (1998).
5. Lee, H. L., Lee, J. H., and Lee, B. W., Development of multi-functional mulch papers and evaluation of their performance II, Journal of Korea TAPPI 32(1):57-64 (2000).
6. Kim, K. J., Kim, H. J., and Eom, T. J., Properties of biodegradable polymer and afforestation seedling mulching mat, Journal of Korea TAPPI, 42(2):75-81 (2010).
7. Choi, R. X., and Lee, B. W., Soil surface balance and soil temperature in potato field mulched with recycled-paper and black plastic film, The Korean Society of Crop Science, 46(3):229-235 (2001).
8. Han, H. N., and Yang, J. E., Soil management plan for eco-friendly agricultural practices, The Korean Society of Soil Zoology 32(32):31-50 (2007).
9. Oh, S. J., Cho, M. H., Park, C. O., Jung, M. H., and Lee, J. Y., A study on the development of soil neutralizing-agent using waste materials, Korean Society of Soil and Groundwater Environment 17(6):92-101 (2012).
10. Oh, M. T., and Sung, Y. J., Evaluation of applicability of bottom ash as inorganic filler, Journal of Korea TAPPI 44(5):80-86 (2012).