

RESEARCH ARTICLE

벼 생분해 피복재 분해특성 연구

강태환
공주대학교 스마트팜공학과

A study on the decomposition properties of biodegradable cladding materials for rice cultivation

Tae-Hwan Kang

Department of SmartFarm Engineering, Kongju National University, Chungnam, Republic of Korea

Corresponding author: lamokth@kongju.ac.kr

Abstract

In this study, to prevent environmental pollution and reduce rice production costs, the decomposition characteristics of biodegradable mulching for rice cultivation, which can be decomposed by microorganisms, were analyzed to confirm the applicability of direct rice cultivation technology. Three types of covering material samples were used as the test material. Sample A had a total weight of 80 g per 1 m³ and Sample B had 70 g, and Sample C used a covering material with a total weight of 60 g. Decomposition rate, germination rate, and soil physicochemical properties Three types of covering material samples were used as the test material. Sample A had a total weight of 80 g per 1 m³ and Sample B had 70 g, and Sample C used a covering material with a total weight of 60 g. Decomposition rate, germination rate, and soil physicochemical properties.

Keywords: Mulching, Decomposition, Biodegradable, Germination, Soil analysis



OPEN ACCESS

DOI: <https://doi.org/10.12972/jame.20210002>

Received: December 13, 2021

Revised: December 16, 2021

Accepted: December 16, 2021

Copyright: © 2021 Journal of Agricultural Machinery Engineering



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

국내 벼 직파재배는 친환경 및 노동력 절감 등의 사회적 여건 변화와 쌀 산업의 국제 경쟁력 제고 등에 대한 필요성 대두로 벼농사의 저비용 기술로서 정책적인 시험연구로 수행되어 왔다(Hwang et al., 2003; Moon et al., 2003). 특히 쌀은 우리의 주식으로서 매우 중요한 식량작물이고, 쌀 생산을 위해 매년 영농비용 중 인건비와 자재비용은 증가 추세이다.

친환경 벼 재배에서 가장 어려운 점의 하나는 잡초방제이며, 전체 생산비에서 차지하는 비중이 높다. 그러므로 친환경 쌀 생산의 경쟁력을 확보하기 위하여 생산비 절감 및 안전성을 도모할 수 있는 친환경적 벼 직파재배기술이 확립되어야 하고, 그 일환으로서 벼 종이 멀칭 재배는 잡초방제를 위하여 제초제를 사용하지 않고 친환경적으로 안전한 농산물을 생산한다는 점과 대체 자재로서 벼

생산비 중 농약과 같은 농자재비의 경감을 위한 기술로서 연구 개발되었다(Kim et al., 1996; lee et al., 2005). 멀칭이란 작물을 재배하는 지표면을 왕겨, 짚, 종이, 비닐 등으로 피복하는 작물 재배방법으로서 지온조절, 토양수분 보존, 양분의 유실방지, 잡초제거 효과 등 작물의 환경요인을 조절하는 기능을 수행한다(Cui et al., 2000). 특히 벼 직파재배시 입모율, 잡초 방제 및 종자 손실 등의 문제점을 개선하기 위한 방안으로서 벼 종자의 코팅, 정제화 및 펠릿화, 벼 종이 멀칭 재배에 대한 연구가 수행되어 왔다(Park et al., 2002).

현재 가장 많이 이용되고 있는 멀칭 재료로는 폴리에틸렌 필름이 저렴한 가격, 내구성 및 사용의 편리성 등의 이유로 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 토양에서의 난분해성, 수확 후 제거해야 하는 번거로움과 환경오염 등의 문제로 멀칭 재료에 대한 연구가 많이 변화하고 있다. 이러한 연구 결과로서 생분해성 및 광분해성 멀칭재료의 개발과 함께 일반적으로 상용화 된 것이 종이이다. 종이는 단순히 폴리에틸렌 필름에 비하여 분해성이 좋다는 장점이 있지만 보온성이 떨어지는 단점이 있다. 또한 자체 분해에 의한 퇴비효과가 미약하여 다른 비료를 종이에 도포하여 사용하거나 따로 추비를 해야 하는 번거로움이 있다(Anderson et al., 1995; Schonbeck, 1995).

따라서 본 연구에서는 환경오염 방지 및 벼 생산비 절감을 위하여 미생물에 의해 분해가 가능한 벼 재배용 생분해 피복재의 분해 특성을 분석하여 벼 직파재배 기술 적용 가능성을 확인하고자 하였다.

Materials and Methods

생분해 피복재

본 연구에서 사용한 벼 재배용 생분해 피복재는 (주)까름에서 생산한 피복재 샘플 3종을 사용하였고, 공시재료의 조성과 총 중량을 Table 1, Table 2 및 Table 3과 같다. Table 1과 Table 2 에서 보는 바와 같이 생분해 피복재의 조성은 섬유질과 접착제로 나뉘고, 섬유질 성분은 Cotton, V/R, Wool 및 Jute 4가지, 접착제의 경우 PVA, PVAC, Tapioca 및 Gelatin 성분으로 구성되어 있다. 샘플 A는 1 m³ 당 섬유질은 64 g, 접착제는 16 g으로 총 중량이 80 g, 샘플 B의 경우에는 섬유질이 56 g, 접착제가 14 g으로 총 중량은 70 g 이었고, 샘플 C는 섬유질이 48 g, 접착제가 12 g으로 총 중량 60 g의 피복재를 공시재료로 사용하였다.

Table 1. Fibrous composition of biodegradable mulching material.

Item	Cotton (g/m ³)	V/R (g/m ³)	Wool (g/m ³)	Jute (g/m ³)	Total (g/m ³)
Sample A	26	20	11	7	64
Sample B	23	17.5	9.5	6	56
Sample C	20	15	8	5	48

Table 2. Adhesive composition of biodegradable mulching material.

Item	PVA (g/m ³)	PVAC (g/m ³)	Tapioca (g/m ³)	Gelatin (g/m ³)	Total (g/m ³)
Sample A	7	2	5	2	16
Sample B	6	2	4	2	14
Sample C	5	2	3	2	12

Table 3. Total weight of biodegradable mulching material.

Item	Fiber (g/m ³)	Binder (g/m ³)	Total (g/m ³)
Sample A	64	16	80
Sample B	56	14	70
Sample C	48	12	60

포장실험 방법

벼 직파용 생분해 피복재 분해 특성 실험은 생분해 피복재 분해율 실험과 발아율 실험으로 나누어 수행하였다. 또한 생분해 피복재 설치 전과 피복재가 완전히 분해된 후의 토양이화학적 특성을 분석하였다. 실험 포장은 충남 예산군 고덕면에서 수행하였고, 2019년 5월 14일 까름(주)에서 개발한 생분해 피복재 샘플 3종을 실험포장에 설치하고 벉씨를 직파하였다.

Fig. 1은 본 연구에서 사용한 생분해 피복재 샘플을 나타낸 것이다. Fig. 2와 Fig. 3은 실험구의 생분해 피복재 분해율 실험과 발아율 실험의 설치 개략도와 실험 포장에 설치한 모습을 나타낸 것이 나타낸 것이다. Fig. 2와 Fig. 3에서 보는 바와 같이 발아율 실험은 까름(주)에서 개발한 생분해 피복재를 가로 1,500 mm, 세로 2,000 mm로 절단한 후 벉 직파를 위해 조건 250 mm, 주간 200 mm 간격으로 구멍을 내어 벉씨를 파종하였다. 또한 생분해 피복재 분해율 실험은 피복재를 가로 300 mm, 세로 400 mm 9장과 가로 1,500 mm, 세로 1,200 mm 1장을 실험포장에 설치하여 1주일 간격으로 분해율 실험을 수행하였다. 한편, 생분해 피복재 분해율 실험 포장과 발아율 실험 포장 면적은 각각 85 m² 와 110.5 m² 이었다.

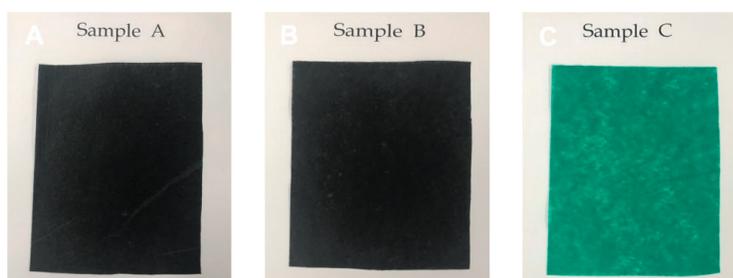


Fig. 1. Testing biodegradable mulching material. (A) Sample A, (B) Sample B, (C) Sample C.

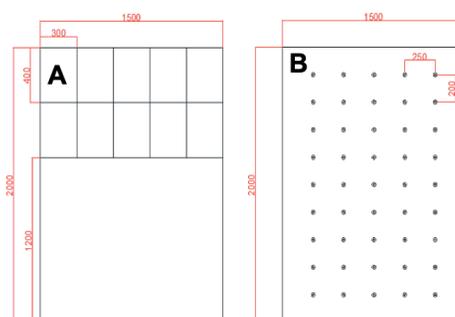


Fig. 2. Schematic diagram of decomposition and germination test field. (A) Decomposition test field, (B) Germination test field.

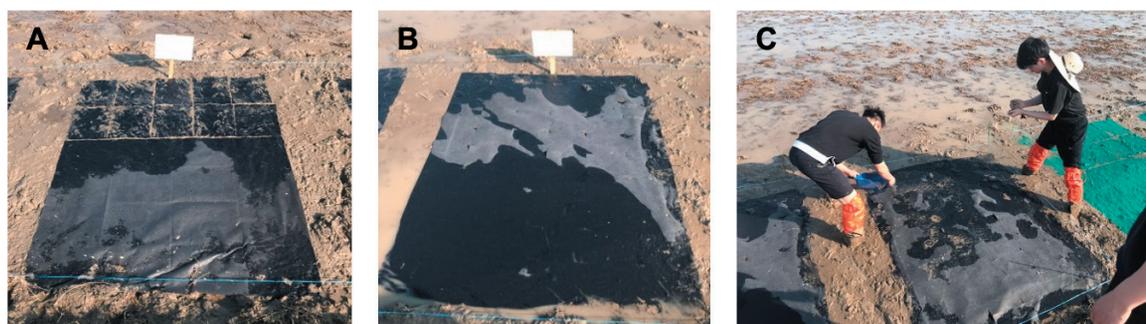


Fig. 3. Field Test of biodegradable mulching material. (A) Decomposition test, (B) Germination test, (C) Rice direct seeding.

벼 직파는 충청남도 농업기술센터에서 제조한 철티팅 범씨(추청)를 이용하였고, 전술한 바와 같이 이앙 간격(조간 25 cm × 주간 20 cm)에 맞추어 생분해 피복재에 45개의 구멍을 내고 토양 표층에 범씨 10립을 직파하였다. 또한 실험구와 비교하기 대조구를 동일한 면적으로 설정한 후 벼 직파기를 이용하여 공시 범씨를 직파하였다

측정항목

분해율

생분해 피복재 분해율은 피복재 단위면적당 무게(30 cm × 40 cm)를 이앙 후 7일 간격으로 56일 동안 피복재 시료를 채취하여 설치 전 후 중량변화로 산출하여 나타내었다.

발아율

발아율은 생분해 피복재 별로 파종된 범씨 직파 구멍수에 대한 발아 및 입모된 모 수를 산출하여 백분율로 나타내었다.

토양분석

토양 분석은 생분해 피복재 설치 전 토양과 생분해 피복재 분해 완료 후의 이화학적 특성을 분석하였다. 토양이화학적 분석은 유효규산, 유효인산, 유기물함량, T-N, EC, CEC, 양이온(K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) 및 pH를 측정하였다.

Results and Discussion

생분해 피복재 분해율

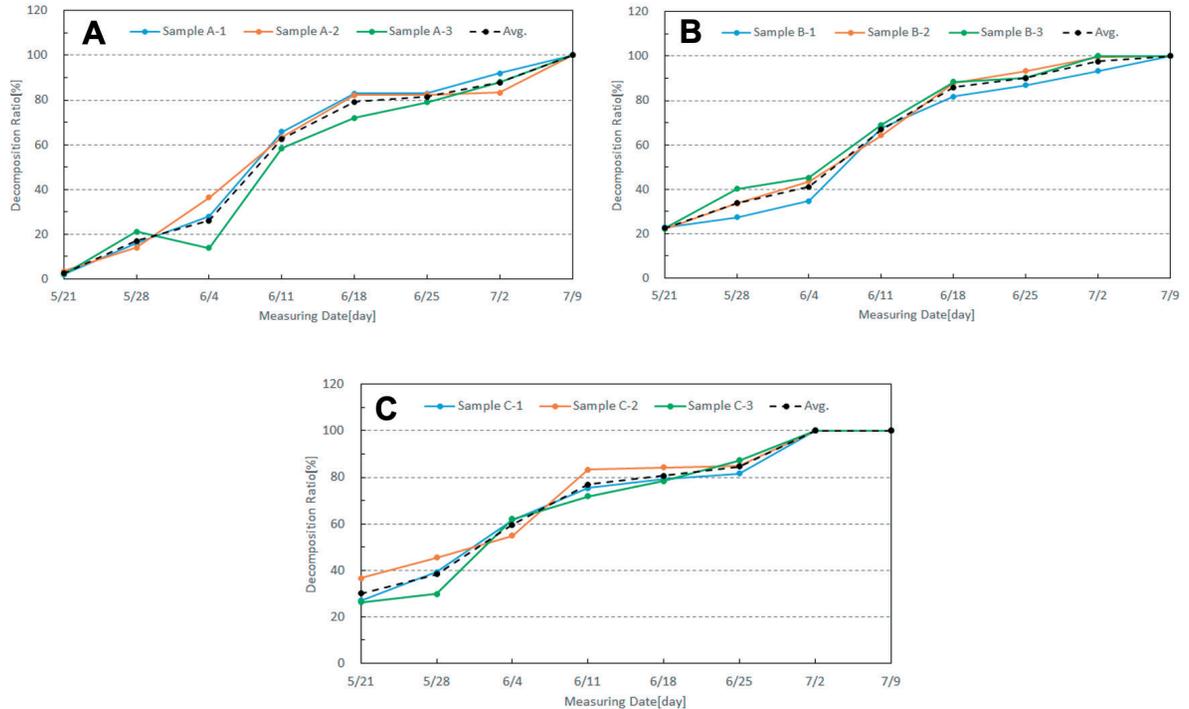


Fig. 4. Degradation rate according to installation period for each biodegradable mulching material. (A) Sample A, (B) Sample B, (C) Sample C.

Fig. 4는 벼 재배용 생분해 피복재별 재배 기간에 따른 분해율을 나타낸 것이다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 생분해 피복재 샘플별 분해율은 샘플 A가 다른 샘플과 비교하여 설치 초기 분해율이 낮은 것으로 나타났고, 실험 포장 설치 후 35일이 경과한 5주차에서는 모든 생분해 피복재 샘플이 70% 이상의 분해율을 나타내었다.

샘플 A의 경우 실험 포장 설치 후 3주차까지는 40% 미만의 분해율을 나타내었고, 설치 후 5주차(35일)에는 약 70% 이상의 분해율을 나타내었으며, 설치 후 3주차에서 5주차 사이에 55% 이상 분해되어 분해속도가 매우 빨랐고, 8주차에서는 완전히 분해되는 것으로 나타났다. 샘플 B의 경우에는 실험 포장 설치 후 1주차에서 약 22%의 분해율을 나타내어 샘플 A보다 약 20% 분해율이 높은 것으로 나타났다. 이후 샘플 A와 유사하게 설치 후 3주차에서 5주차 사이에 분해속도가 빨랐고, 7주차부터 일부 샘플에서 완전히 분해되는 것으로 나타났다. 샘플 C의 경우에는 실험 포장 설치 후 1주차에서 평균 30%의 분해율을 나타내어 샘플 A와 샘플 B보다 분해율이 매우 높은 것으로 나타났다. 이후 설치 후 3주차에서 5주차 사이에 분해속도가 빨랐고, 7주차부터 완전히 분해되는 것으로 나타났다. Fig. 4는 벼 재배용 생분해 피복재별 실험 포장 설치 기간에 따른

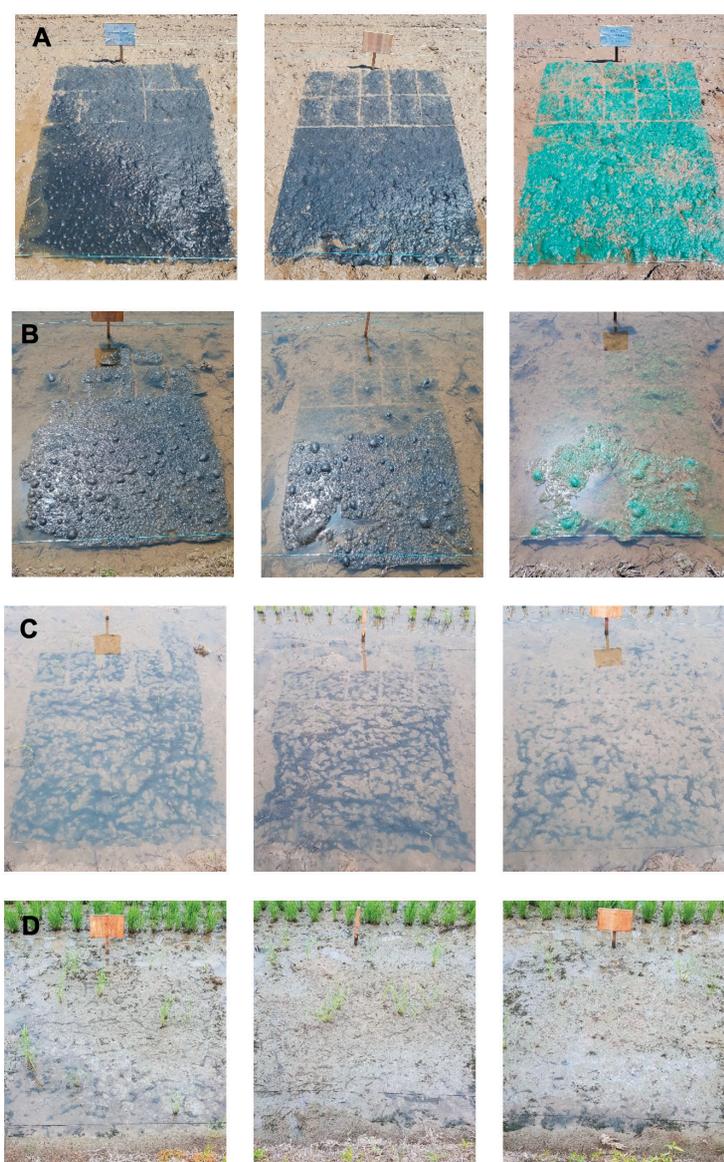


Fig. 5. Degradation view according to installation period for each biodegradable mulching material. (A) 1st week, (B) 3rd Week, (C) 5th week, (D) 7th week.

분해 정도를 나타낸 것이다. 이와 같이 샘플 A가 실험 포장 설치 후 분해율이 낮았던 이유는 다른 샘플과 비교하여 1m² 당 중량이 가장 높았기 때문으로 판단된다. 그러나 실험 포장 설치 42일 후 분해율은 평균 80% 이상을 나타내어 본 연구의 분해율 목표치인 70%/45일을 상회하는 것으로 나타났다.

생분해 피복재 발아율

Fig. 6과 Fig. 7은 벼 재배용 생분해 피복재별 발아율과 실제 포장에서의 발아 정도를 비교하여 나타낸 것이다. Fig. 6과 Fig. 7에 나타낸 바와 같이 생분해 피복재에 벼 직파 후 발아율은 샘플 A가 대조구와 동일한 것으로 나타났고, 샘플 C가 발

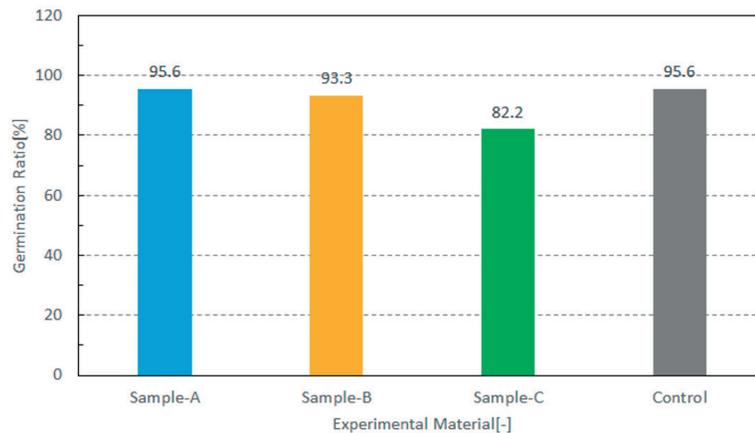


Fig. 6. Germination rate of each biodegradable mulching material.

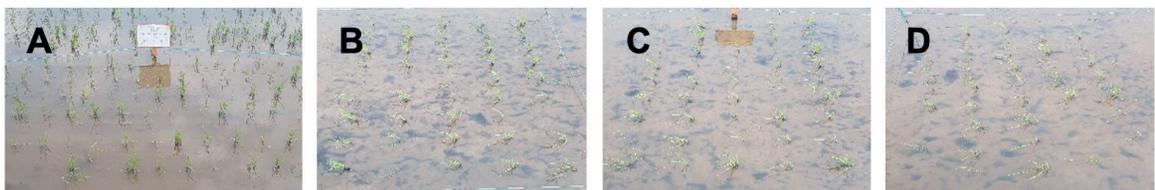


Fig. 7. Degradation view according to installation period for each biodegradable mulching material. (A) Control, (B) Sample A, (C) Sample B, (D) Sample C

아율이 가장 낮은 경향을 보였다. 샘플 A의 경우 발아율은 95.6%로 나타났고, 샘플 B와 샘플 C의 경우 발아율은 각각 93.3%와 82.2%로 대조구와 비교하여 2.3~13.4% 정도 발아율이 낮은 것으로 나타났다. 그러나 대조구와 비교하여 샘플 A와 샘플 B의 발아율은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

토양분석

Table 4와 Table 5는 생분해 피복재 샘플 A의 설치 전후 토양의 이화학적 특성을 나타낸 것이다. Table 4와 Table 5에서 보는 바와 같이 생분해 피복재 샘플 A의 설치 전 토양의 이화학적 특성은 pH가 벼 재배 토양의 적정 pH 5~6.5 사이인 5.77로 나타났다. 또한 유효규산이 75.2 mg/kg, 유효인산 33.98 mg/kg, EC가 0.05 dS/m로 나타났다. 특히 K⁺의 경우 5.73 cmol+/kg, Ca⁺은 8.42 cmol+/kg, Mg²⁺은 0.46 cmol+/kg로 나타났다. 생분해 피복재 샘플 A의 완전 분해 후 토양의 이화학적 특성은 설치전과 비교하여 pH가 0.7 증가한 6.47로 나타났고, 유효규산은 5.39 mg/kg 감소하는 것으로 나타났다. 한편, 유효인산의 경

Table 4. Physicochemical properties of soil before and after biodegradable cladding installation (I)

Item	Available silicate (mg/kg)	Available Binder (g/m ²)	Organic content (%)	T-N (%)	EC (dS/m)
Before	75.20	33.98	3.75	0.23	0.05
After	69.81	111.37	4.32	0.38	2.19
Variation	-5.39	+77.39	+0.57	+0.15	+2.14

Table 5. Physicochemical properties of soil before and after biodegradable cladding installation (II)

Item	CEC (cmol+/kg)	K+ (cmol+/kg)	Ca+ (cmol+/kg)	Mg2+ (cmol+/kg)	pH (cmol+/kg)
Before	15.48	5.73	8.42	0.46	5.77
After	15.48	4.88	6.29	0.82	6.47
Variation	0	-0.85	-2.13	+0.36	+0.70

우에는 77.398 mg/kg 증가를 보여 다른 변수보다 증가량이 매우 높은 것으로 나타났다. 또한 EC 값도 0.214 dS/m 증가하였고, K+과 Ca+은 소폭 감소하는 경향을 보였으나 Mg2+은 0.36 cmol+/kg 증가하는 것으로 나타났다.

Conclusion

본 연구는 (주)까름에서 개발한 벼 재배용 생분해 피복재의 분해 특성을 분석하여 벼 직파재배 기술 적용 가능성을 확인하고 하고자 하였다. 공시재료는 피복재 샘플 3종을 사용하였고, 샘플 A는 1 m² 당 총 중량이 80 g, 샘플 B의 경우에는 70 g 이었고, 샘플 C는 총 중량 60 g의 피복재를 사용하여 분해율, 발아율 및 토양이화학적 특성을 분석하였다. 생분해 피복재 분해율 실험은 피복재를 가로 300 mm, 세로 400 mm 9장과 가로 1,500 mm, 세로 1,200 mm 1장을 실험포장에 설치하여 1주일 간격으로 분해율 실험을 수행하였다. 발아율 실험은 생분해 피복재를 가로 1,500 mm, 세로 2,000 mm로 절단한 후 벼 직파를 위해 조간 250 mm, 주간 200 mm 간격으로 구멍을 내어 철분코팅 추청 범사를 파종하였다. 또한 토양 분석은 생분해 피복재 설치 전 토양과 생분해 피복재 분해 완료 후 유효규산, 유효인산, 유기물함량, T-N, EC, CEC, 및 양이온(K+, Ca2+, Mg2+) 및 pH를 측정하였다.

그 결과, 생분해 피복재 샘플별 분해율은 샘플 A가 다른 샘플과 비교하여 설치 초기 분해율이 낮았고, 샘플 C의 분해율이 높은 것으로 나타났다. 그러나 실험 포장 설치 후 35일이 경과한 5주차에서는 모든 생분해 피복재 샘플이 70% 이상의 분해율을 나타내었고, 실험 포장 설치 42일 후 분해율은 평균 80% 이상을 나타내어 본 연구의 분해율 목표치인 70%/45일을 상회하는 것으로 나타났다. 발아율은 샘플 A의 경우 95.6%, 샘플 B와 샘플 C의 경우 각각 93.3%와 82.2%로 대조구와 비교하여 샘플 A와 샘플 B의 발아율은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 토양의 이화학적 특성은 설치전과 비교하여 pH가 0.7 증가한 6.47로 나타났고, 유효인산의 경우에는 77.398 mg/kg 증가하는 것으로 나타났다. 이상의 결과로부터 분해율, 발아율 및 토양이화학적 특성을 고려할 경우 (주)까름에서 개발한 생분해 피복재 샘플 A는 벼 직파 재배기술 적용 가능성이 높다고 판단된다.

References

- Anderson DF, Garisto MA, Bourrut JC, Schnbeck MW, Jaye R, Wurzberger A, Degregorio R. 1995. Evaluation of a paper mulch made from recycled material as an alternative to plastic film mulch for vegetables. *J. Sustain. Agric.* 7:39-61.
- Cui RX, Lee BW and H. L. Lee. 2000. Growth and yield of potato as affected by paper, oil-treated paper and

- urea-coated paper mulching in spring season culture. *Journal of Crop Science* 45(3):216-219.
- Hwang JB, Song SB, Hong YK, Lee DC, Park ST, Kim SC. 2003. Emergence of weed under direct seeded rice in paddy. *Korea Journal of Weed Science* 23(4):325-333.
- Kim DH, Kim KU. 1996. Development of a seeder monitoring system. *Journal of KSAM* 21(3):306-314.
- Moon BC, Seong KY, Park TS, Oh SM, Park ST. 2003. Emergence, control efficacy for troublesome weeds and mixing effect of foliar herbicide and insecticide in dry direct-seeded rice. *Korea Journal of Weed Science* 23(3):230-236.
- Park JS, Yoo SN, Choi YS, Yu DS. 2002. Development of a rice seed pelleting machine for direct seeding in rice cultivation. *Journal of KSAM* 27(5):381-390.
- Schnbeck MW. 1995. Evaluation of recycled paper film mulch and organic mulches as alternative to black plastic mulch in vegetable horticulture. *Agriculture in Concert with the Environment ACE research projects Southern Region*. 1995.