

다기능성 멀칭지의 개발 및 적용성 평가(제3보)

- 시제품 생산시 공정 백수의 거품제거 처리 및 그 영향에 관하여 -

이 학 래[†] · 이 진 희

Development of Multi-functional Mulch Papers and Evaluation of Their Performance (Part 3)

- Defoaming Treatment during Trial Production of Mulch Papers and
Their Influence on Wet End System -

Hak Lae Lee[†] and Jin Hee Lee

ABSTRACT

It is required to use substantial amount of wet strength resin for producing multi-functional mulch papers since these paper products should maintain its strength properties when they exposed to outdoor weather for several months. While producing mulch papers it is usual to observe significant amount of foam at white water silo. Thus it is imperative to use defoaming or antifoaming agents.

In this study, diverse defoaming and antifoaming agents have been tested for their effectiveness in eliminating foams that produced. It was shown that combined use of a silicone type defoamer and a fatty acid type anti-foaming agent was most effective in eliminating foams.

These chemicals were used in trial production of mulch papers and their influence on paper-making wet end system was examined including one pass retention, cationic demand, conductivity, pH etc. It was found that the defoaming agents were very effective for removing foams in trial production. Tensile strengths of the mulch papers produced were significantly greater than commercial mulch papers produced in Japan.

1. 서론

멀칭지는 농작물 재배시 잡초를 방제하며, 지온의 급격한 변화를 방지하고, 토양의 침식을 억제

하기 위하여 논이나 밭의 토양의 상부에 적용하는 기능지를 말한다. 이러한 멀칭지는 외부환경에 노출된 채로 장기간 사용되어야 하므로 다양한 기상 조건에 노출된다. 따라서 멀칭지는 일광과 습기,

• 본 연구는 농림수산물기술관리센터의 농림수산물특정연구과제 지원에 의해 수행된 결과임.

• 서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과(Department of Forest Products, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Rep. of Korea).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: lhakl@plaza.snu.ac.kr

일상적인 경우뿐 아니라 장마철의 집중적인 강우에도 견딜 수 있어야 한다.¹⁾ 이러한 기후 변화에 견디기 위해서 멀칭지는 일정 수준 이상의 습윤강도를 필수적으로 지니고 있어야 되므로 제조공정에서는 습윤강도 개선을 위한 화학적 처리를 행하게 되는데, 습윤지력증강제를 사용하는 멀칭지의 초지과정에는 백수에 거품이 다량 발생하는 문제가 발생한다.

초지공정에서 거품발생의 일차적인 요인은 공정 내 기체의 물리적 혼입, 화학반응에 의한 유기기체의 생성, 용존 기체의 용해도 변화에 따른 기포화 등을 들 수 있다. 이러한 과정을 거쳐 생성된 기포는 공정수 내에 존재하는 각종 화학 첨가제에 의해 기체-액체 계면이 안정화되면 소멸되지 않으므로써 공정에 큰 문제를 유발하게 된다. 특히 강한 양이온성을 띠는 습윤지력증강제가 제지공정의 거품 문제를 크게 악화시키는 물질임은 잘 알려져 있다.

실제로 멀칭지를 생산하는 과정에서 공정상의 문제점으로 가장 크게 대두된 것은 습윤지력증강제의 투입에 기인하는 거품의 과다발생 현상이었다. 이러한 거품 발생의 문제점을 해결하기 위해서는 공정 내의 기체 유입을 최소화시키기 위한 배관이나 백수 트레이의 위치 조정 등의 설비 개선 방안을 생각할 수 있다. 하지만 설비 보안을 통하여 거품이 발생할 수 있는 모든 가능성을 완벽히 차단할 수는 없기 때문에 일차적으로 습윤지력증강제의 보류율을 높이는 노력과 함께 일반적으로 소포제 등의 화학적인 약품을 사용하는 것이 필요하다.

초지공정 중에 유입된 기포에 의해 발생되는 문제점으로는 필프 섬유간의 분산불량으로 인해 섬유 응집체가 발생함에 따라 지합 불량률을 유발하고, 시트의 형성시에 얼룩이나 핀홀 등을 발생시키며,

필프 섬유간의 결합 불량으로 인한 강도저하 등을 일으킨다. 또한 조업성 면에서 볼 때 배관 중의 유량 변동의 원인이 되며, 와이어 상의 탈수성 저하에 의한 초지 속도의 저하를 유발하고, 건조부의 증기 소비량을 증대시킨다.²⁾

소포제는 기포의 생성을 억제하거나 안정화를 방지함으로써 거품을 억제하는 효과를 발현하는 화학약품을 말한다. 거품의 안정화 요인은 표면장력의 저하, 거품의 탄성, 액의 점성, 정전압력, 고체에 의한 거품 보호 등을 들 수 있다. 또 생성된 거품을 파괴시키는 방법에는 거품의 내부압력차에 의한 거품의 확대 유도도와 소포제 적용 등이 있다. 소포제를 적용하면 백수 중에 존재하는 거품 표면에 소포제의 입자 또는 입자의 집합체들이 부착·침입하게 되고, 부착한 소포제 입자는 거품 표면에 확장되거나 거품막에 침입해 거품막의 분자배열을 교란하거나 거품막 형성분자와 치환해서 거품막의 계면 자유에너지를 증가시켜 거품막의 약한 부분에서 기체를 방출시키는 역할을 함으로써 파포 효과를 나타낸다. 소포제는 주로 실리콘계, 오일계, 지방산 에스테르계 및 알코올계의 4 종류로 크게 구별되는데, 소포 효율을 증가시키고 재형성되는 거품을 효과적으로 억제하기 위해서는 소포제의 종류뿐만 아니라 첨가량 설정 및 첨가 장소의 선정, 복수의 소포제의 조합 사용 등을 고려해야 한다.³⁾

본 연구에서는 멀칭지 생산에 있어서 가장 큰 조업성 문제를 야기시키는 공정의 거품을 효과적으로 제거할 수 있는 방안으로서 소포제의 활용 방안을 검토하였다. 이를 위해서 각종 소포제의 비교 평가를 통하여 적합한 소포제를 선정하고 이를 실제 멀칭지 초지 현장에 적용하여 그 효과 및 영향을 평가, 조사하였다.

Table 1. Types and characteristics of defoamers and anti-foamers

| Type | | Solids content(%) | Characteristics |
|-------------|---|-------------------|---------------------------|
| Defoamer | A | 30 | oil base |
| | B | 20 | silicon base |
| | C | 20 | alcohol base |
| | D | 15 | fatty acid ester base |
| Anti-foamer | E | 30 | high quality alcohol base |
| | F | 30 | alcohol base |
| | G | 30 | alcohol base |
| | H | 22 | alcohol base |

2. 재료 및 방법

2.1 재료

멀칭지를 생산할 동일제지(주)의 백수를 현장에서 대량으로 채취한 뒤 건냉소에 보관하면서 실험에 사용하였다. 건냉소에 보관한 백수를 실험에 사용할 때에는 백수의 온도를 실제 현장의 온도와 같은 수준인 55℃로 맞춘 후 사용하였다.

소포제로는 Table 1에 나타난 소포제 2종류와 억포제 6종류, 총 8종류의 소포성 약품을 단독으로 사용하였다. 또 경우에 따라서는 이들 소포제를 혼합, 조제하여 소포성 실험을 실시하였다.

2.2 방법

2.2.1 소포성 실험 장치

소포성 실험에 사용된 장치의 모식도는 Fig. 1에 나타내었다. 본 시험 장치는 거품발생 및 소포용 셀, 백수 순환장치, 그리고 소포성 약품의 공급 및 분무장치의 3부분으로 구성된 것이었다.

소포실험용 셀은 투명 아크릴로 만들어졌으며, 셀 표면에는 1 cm 간격으로 눈금이 그려져 있어 셀 안에 들어 있는 용액 및 거품의 부피를 측정할 수 있었다. 백수는 순환 펌프를 이용하여 순환시켰고, 약품의 첨가는 압축공기를 이용한 노즐을 통해 일정한 속도로 분사하였다. 소포에 요구되는 소포제 투입량은 발생한 거품을 완전히 제거시킬

때까지의 시간을 측정하고 유량 및 농도 자료를 이용하여 계산하였다.

2.2.2 실험 방법

소포제와 억포제의 효과를 평가하기 위해서 우선 소포성 시험장치에 온도 55℃의 백수 5 L를 넣고 순환시켰다. 백수를 순환시키기 이전에 현장에서 멀칭지를 시험생산할 때 첨가되는 약품들을 첨가하여 각 첨가제에 의한 발포현상을 비교하였다. 그 결과 습윤지력증강제로 사용되는 PPE 레진이 발포에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 소포 효과 평가를 위해서는 백수에 PPE 레진을 일정량 투입한 후 실험에 사용하였다.

습윤지력증강제의 첨가량을 결정하기 위해서 먼저 PPE 레진을 펄프에 대하여 0.75%를 첨가한다고 가정하고, 이 가운데 약 50%에 해당하는 습윤지력증강제가 지필에 보류되고, 그 나머지가 백수 내에 잔류, 순환한다고 가정하였다. 이와 같은 백수를 제조하기 위해서는 실험에 사용된 백수의 습윤지력증강제 농도가 40 ppm이 필요하였으므로 이에 해당하는 PPE 레진을 백수에 첨가하였다.

이렇게 준비된 백수는 Fig. 1의 소포성 측정기에 넣고 순환시키면서 거품을 발생시키고 일정 시간별로 거품의 발생량을 측정한 후, 소포성 약품을 투입하면서 파포를 시켰다. 이때 소모된 소포제 약품의 양은 전술한 바와 같이 구하였다. 또 거품을 제거시킨 후에도 일정 시간 백수를 순환시켜 거품이 재발생되는 양을 측정하였다.

실험실적으로 평가된 소포성 약품 중에서 멀칭지를 시험생산하는 현장 백수에 가장 효율이 높은 소포제를 선정하여 이전에 실시한 시험생산¹⁾과 유사한 조건의 멀칭지 시험생산에 적용하였다. 그리고, 소포제 적용에 따른 영향을 30분 간격으로 이전의 방법¹⁾과 동일하게 측정하였다. 측정시에는 자료의 농도, 보류도, 탁도, 양이온요구도, 전기전도도, pH 등 공정인자들을 모니터링하는 방법을 활용하였다.

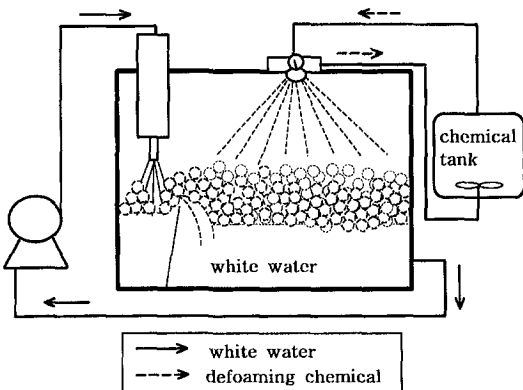


Fig. 1. Schematic diagram of defoaming cell used in this experiment.

3. 결과 및 고찰

3.1 소포성 약품의 성능 평가

소포성 약품 8종류와 두 종류의 소포성 약품을 조합한 4종류, 총 11종류의 소포성 약품의 소포 효과를 평가하였다. 그중에서 가장 효과가 좋았던 4종의 시험 결과를 다음 Fig. 2에 나타내었다. 두 종류의 소포성 약품을 조합한 경우는 모두 두 소포제를 1:1 비율로 혼합하여 사용하였다. Fig. 2는 습윤저력증강제를 투입한 백수를 실험용 셀에 넣고 10분 동안 거품을 발생시킨 후 소포제를 투입하고 다시 10분 동안 백수를 순환시키면서 거품의 재발생 현상을 관찰한 결과이다. 여기에서 보는 것과 같이 도시한 4종류 약품 모두 투입 직후 순간적으로 거품을 완벽하게 소멸시키는 효과를 나타내었다. 이후 소포제의 투입을 중단하고 10분간 순환시킨 결과 B와 D를 조합 사용한 경우에는 거품의 발생이 거의 완벽하게 방지되었다.

Table 2는 초기 10분 동안 발생된 거품을 완전히 파포하는 데 소모된 약품의 양을 나타낸 것이다. 여기에서 알 수 있듯이 실리콘계 소포제인 B와 지방산계 억포제인 D를 병용한 경우가 가장 소

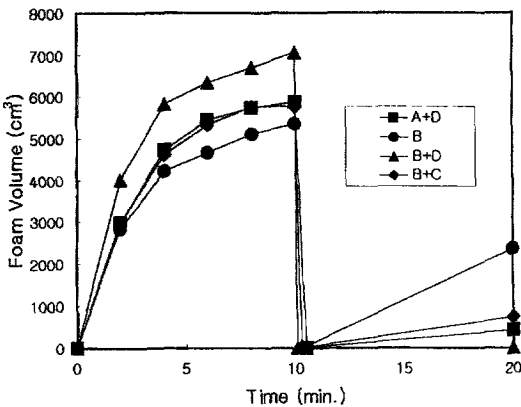


Fig. 2. Comparison of defoaming and antifoaming efficiency of defoaming chemicals.

량으로 완벽한 소포 효과를 나타내었다. 일반적으로 소포제와 억포제를 병용한 경우가 거품 제거와 발생 억제 측면에서 모두 양호한 결과를 나타내었다. 이는 현장에서도 거품의 발생을 억제하는 것뿐만 아니라 발생된 거품을 제거하는 약품이 함께 사용되는 것이 필요함을 보여 주는 것이다.

본 실험 결과에서 밝혀진 바와 같이 소포성이나 거품발생 억제 측면에서 가장 좋은 효율을 나타낸 실리콘계 소포제와 지방산계 억포제를 병용하여 현장시험생산에 적용하였다.

3.2 소포성 약품의 현장 적용

선정된 소포성 약품을 시험생산에 적용할 때는 와이어 파트의 백수가 백수 사일로로 유입되기 직전 부분, 즉 백수 트레이 출구에 소포성 약품을 분무할 수 있는 스프레이 장치를 설치하여 투입하였다. 스프레이 장치는 실험실적 평가에서 우수한



Photo 1. The foamy surface of white water silo during mill trial of mulch paper (before defoamer application).

Table 2. The amount of defoaming chemicals required to completely destroy the foam

| Defoamer or Anti-foamer | A+D | A | B | B+D | B+C |
|--|-------|-------|----|------|------|
| Required amount for complete defoaming (ppm) | 281.8 | 100.0 | 28 | 11.3 | 22.5 |

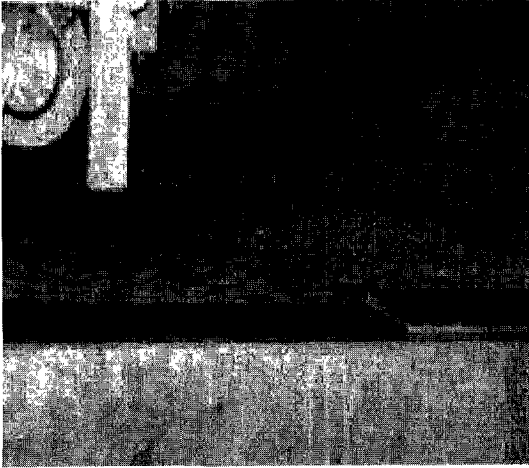


Photo 2. The surface of white water silo during mill trial of mulch paper (after defoamer application).

성능을 나타내었던 실리콘계 소포제와 지방산계 역포제의 두 가지 약품을 혼합하여 일정한 양을 공급할 수 있도록 약품탱크, 혼합장치 및 공급장치로 구성하였다.

소포제를 적용하는 스프레이 장치의 바로 뒷부분에서 거품의 발생 정도를 관찰한 결과 소포제를 적용하기 전에 비하여 적용한 후에 백수 표면에 있는 거품의 양이 감소된 것을 확인할 수 있었다. 또 과거의 멀칭지 시험생산에서 큰 문제가 되었던 백수 사일로와 와이어 피트의 거품 발생이 현저히 감소되었다(Photo 1, Photo 2).

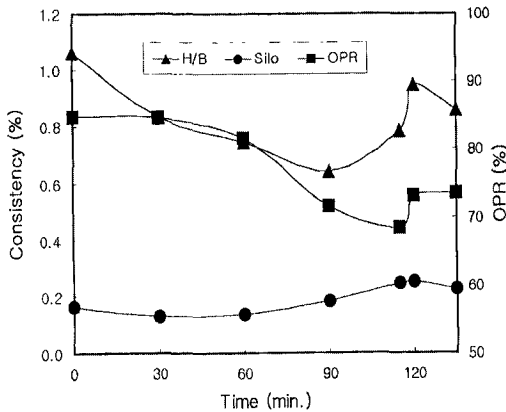


Fig. 3. Change of consistency and OPR during mill trial of mulch paper.

3.3 습부 분석 및 품질 평가

소포성 약품의 적용 이후에 나타나는 초지계의 변화를 평가하기 위해 농도와 일과보류도, 탁도, 전기전도도 등을 조사하였다.

Fig. 3은 시험생산 과정 중 헤드박스과 사일로 농도 변화를 나타낸 것이다. 시산 초반에는 평량 약 180 g/m²의 라이너지를 생산하고 있었으며, 보류시스템으로 마이크로파티클 시스템을 사용하였다. 멀칭지를 생산할 경우에는 보류시스템을 사용하지 않았다. 마이크로파티클 보류시스템을 적용하였던 기존의 공정이 멀칭지를 위한 계로 서서히 전환됨에 따라서 헤드박스과 사일로 농도가 감소하였다. 사일로의 농도가 감소된 것은 멀칭지 생산을 위해 장섬유를 많이 함유하고 있는 원료가 유입되기 시작하였기 때문이라 판단된다. 하지만 본격적인 멀칭지 시산이 이루어지는 시산 시작 후 90분 지점부터는 보류시스템의 효과가 사라졌을 뿐 아니라 평량이 감소하였으므로 헤드박스과 사일로의 농도가 점차 증가하다가 안정되는 경향을 보였다. 일과보류도 경우에는 보류제의 투입을 중단하였던 관계로 준비 단계인 0~60분 사이에서는 급격한 감소를 일으켰지만 시산 과정에서는 안정된 수치를 나타내었다. 120분 근처에서 발생한 보류도의 변화는 멀칭지의 평량을 105 g/m²에서 115 g/m²로 증가시킨 때문이다.

Fig. 4에 도시한 바와 같이 탁도는 시산 준비 단계(0~60분)에는 시간이 경과함에 감소되었다. 이는 백수 사일로의 농도가 감소한 것과 일치한

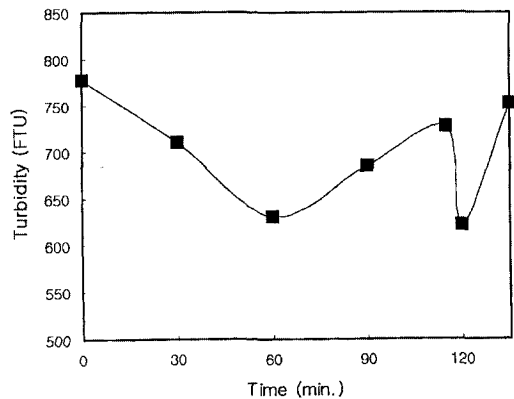


Fig. 4. Change of turbidity of white water during mill trial of mulch paper.

다. 그러나 멀칭지의 시산이 본격적으로 이루어진 시기에는 탁도가 다시 증가하는 경향을 보였다. 단 와이어 피트에서 떨어지는 백수에 소포성 약품이 과량 투입된 경우에는 거품 표면에 잔류하던 미세분이 백수로 혼입되거나, 응집되어 탁도가 다시 불안정한 경향을 나타내기도 하였다. 멀칭지 원료는 시산 전에 생산되는 라이너지 원료보다 고품질이었던 관계로 초기에 탁도 감소를 유발시킨 것으로 추정된다.

양이온 요구도는 강한 양이온성인 습윤지력증강제가 투입됨에 따라 점차 감소하였다. 세 곳의 측정 지점 가운데 초기에는 사일로가 가장 높은 양이온 요구량을 나타내었으며, 다음으로 헤드박스,

stuff box의 순이었다. 하지만 시간이 경과하면서 stuff box의 양이온 요구량이 가장 높아졌다. 이는 시산 초기에는 습윤지력증강제의 농도가 stuff box에서 가장 높았으나, 후반기에는 미보류된 습윤지력증강제가 백수에 농축됨에 따라 stuff box보다도 헤드박스나 사일로의 수치가 낮게 나타난 것으로 해석된다(Fig. 5).

pH는 시산 말기로 갈수록 서서히 감소하여 습윤지력증강제의 효과발현에 효과적인 pH 6 부근에서 안정화되는 경향을 보였다. 전체적으로 사일로가 다소 높았고 stuff box가 다소 낮았다(Fig. 6). 그리고 공정 내 경도와 전기전도도는 각 부분 모두 일정 수준에서 안정된 경향을 나타

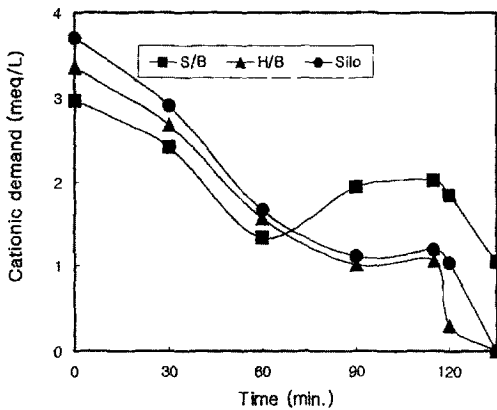


Fig. 5. Changes of cationic demand during mill trial of mulch paper.

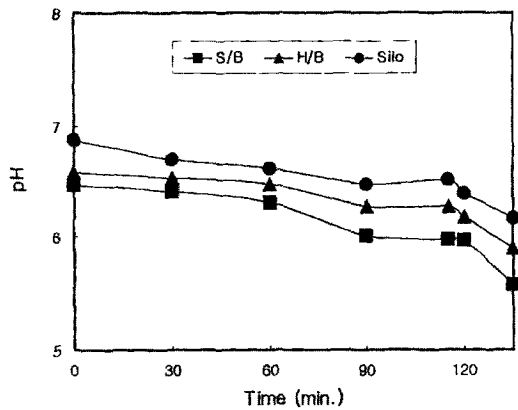


Fig. 6. Changes of pH during mill trial of mulch paper.

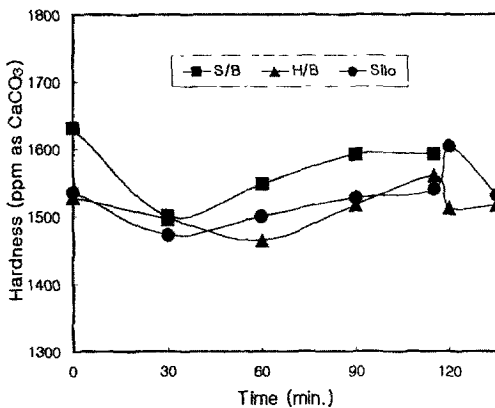


Fig. 7. Changes of hardness during mill trial of mulch paper.

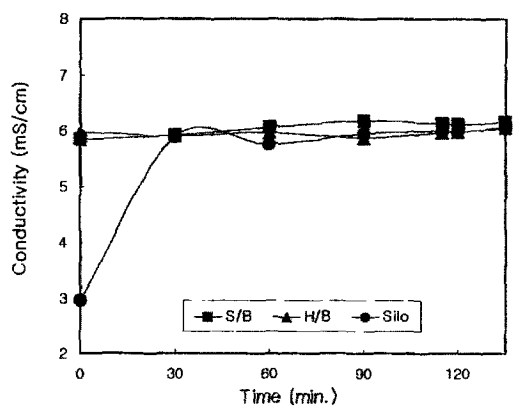


Fig. 8. Changes of conductivity during mill trial of mulch paper.

냈다(Figs. 7, 8).

다음 Fig. 9와 Fig. 10은 이번 시험생산에서 초지된 시제품 멀칭지의 물리적 성질을 나타낸 것이다. 그림의 X축에서 KM-1은 평량 약 105 g/m²의 멀칭지, KM-2는 약 115 g/m²의 멀칭지이다. 그리고 JM은 일본멀칭지를 의미한다. 시산 준비단계에서부터 소량씩 건조지력증강제 및 습윤지력증강제를 증량시켜 나갔기 때문에 건조열단장과 습윤열단장이 서서히 증가하였으며 최종적으로 생산된 멀칭지의 경우는 우수한 수치는 보였다. 특히 일본멀칭지 보다 강도적 특성이 월등히 우수하였다.

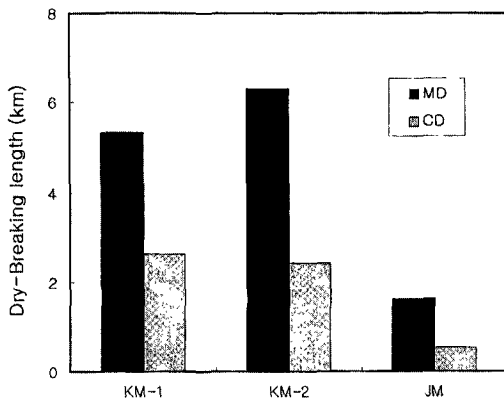


Fig. 9. Dry-tensile strength of mulch papers.

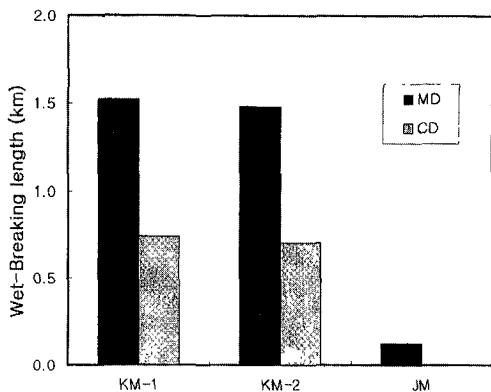


Fig. 10. Wet-tensile strength of mulch papers.

4. 결론

다기능성 농업용 멀칭지는 자연환경에 노출되어 기상 변화에 견딜 수 있는 특성을 지녀야 하므로 일반적인 초지과정과 다르게 제조되어야 한다. 본 연구에서는 이러한 농업용 멀칭지의 본격적인 보급과 생산시에 생길 수 있는 초지공정의 문제점을 진단하고, 그 해결방안을 모색, 적용하는 실험과 시험생산을 실시하였다. 특히 농업용 멀칭지의 생산시 가장 크게 대두된 문제점 가운데 하나인 습윤지력증강제로 인한 백수의 거품발생을 해결하기 위하여 멀칭지의 생산 조건에 가장 적합한 소포성 약품을 적용하는 실험을 실시하였다. 그 결과 실리콘계 소포제와 지방산계 억포제를 병용하는 것이 가장 우수한 소포 효과를 나타내었다. 따라서 이를 시험생산에 적용하고 그 효과를 평가하였다. 또 투입된 소포성 약품이 계 내에 미치는 습부화학적 영향을 평가하기 위해 각종 공정인자를 일정 시간별로 측정하여 조사하였다.

소포성 약품으로 실리콘계 소포제와 지방산계 억포제를 병용한 결과 백수 표면 및 내부에 존재하는 거품을 상당량 감소시켜 멀칭지의 시험생산을 성공리에 마칠 수 있었다. 또 생산된 시제품 멀칭지의 특성도 외국에서 생산되는 제품보다 강도적 특성이 월등히 우수하였다.

인용 문헌

1. Lee, H. L., Lee, J. H., Lee, B. W., J. Korea TAPPI 32(1):57 (2000).
2. Shinichi, U., 1999 Japan TAPPI Annual Meeting Proceedings, pp. 475-483.
3. Hunt, M. R., in "Applications of Wet-End Paper Chemistry," Eds. Au, C. O., and Thorn, I., Blackie Academic & Professional, London, pp. 183-196 (1995).
4. Roberts, J. C., Paper Chemistry, Blackie & Son Ltd. pp. 76-96 (1991).
5. Lock L. Chan. Wet-strength Resins and Their Application. TAPPI Press. pp 183-196 (1994).
6. Scott, W. E., Principles of Wet End Chemistry. TAPPI Press, pp. 61-68 (1996).