



직파조림을 위한 종자흙떡용 지효성 산림복합비료 개발*

홍성각**, 서준원***, 한창훈***, 서형민***

Development of Slow Release Forest Fertilizer for Seed Soil Cake for Direct Seeding*

Sunggak Hong**, Junwon Seo***, Changhoon Han***, Hyoungmin Suh***

ABSTRACT

For the stable initial growth of seeds germinated from seed soil rice cakes, a slow-release fertilizer was required, and for this purpose, a development study of slow-release fertilizer using Polylactic acid(PLA) was conducted. As a result, the slow-release fertilizer made of PLA initially had a high impact on the soil at about $300\text{-}350\mu\text{s}/\text{cm}$, but stabilized to about $150\mu\text{s}/\text{cm}$ after 5 weeks. In the fertilizer outflow test, the outflow started at $75\text{mgN}/\text{L}$ in the 3week and stabilized at $78\text{mgN}/\text{L}$ after the 9week. and The results of the germination test also showed that the seed germination rate of about 90% can be maintained at 0.2 mm of PLA. And as a result of comparing the chlorophyll content of the planted seedlings, *Pinus densiflora* and *Betula platyphila*, the effect on the chlorophyll content of 1 years old leaves of *Pinus densiflora* was the highest in the untreated area, and $13.5\mu\text{g}/\text{ml}$ in the PLA 0.2 treatment in the highest chlorophyll

* 본 논문은 2022년도 대한민국학술원 전문학술활동 지원으로 이루어짐

** 大韓民國學術院 自然科學部 第5分科 會員

*** (주)건립산림연구소

content among the treatment groups. In the case of *Betula platyphila*, the highest chlorophyll content was 14.3 $\mu\text{g}/\text{ml}$ in the PLA 0.1 treatment, and the lowest was 8.7 $\mu\text{g}/\text{ml}$ in the wood powder PLA 0.2 treatment. In addition, it is believed that the final results can be derived through long-term monitoring for the 1 year or so.

Key Words: Complex fertilizer for forestry, Direct seeding, Seed soil cakes, Slow released fertilizer, PLA

초 록

종자흙떡에서 발아한 종자의 안정적인 초기 생육을 위하여 지효성 비료가 필요하며 이를 위하여 Polylactic acid(PLA)를 이용한 지효성 비료의 개발연구를 진행하였다. 지효성 비료가 토양에 미치는 영향을 알아보기 위하여 토양 EC값을 측정할 결과 초기에는 350 ~ 300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 정도를 나타내지만 이후 약 5주 만에 150 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 정도로 안정화 되는 것으로 나타났으며 비료용출 효과는 3주차부터 PLA 도막이 없거나 0.1mm의 도막이 있으며 75mgN/L정도를 나타내고 5주차에는 PLA 도막이 없거나 0.1mm의 도막이 있으며 76.5mgN/L정도를 나타내고 9주차부터는 모든 PLA를 이용한 지효성 비료가 그 효과를 78mgN/L 전후에서 안정화 되는 것으로 나타났다. 소나무 종자발아에 미치는 영향은 모든 처리구에서 2주만에 지상부 출엽이 시작되었으며 발아최성일은 3주차에 이루어지고 5주에서 발아가 완료되었다. PLA 도막이 없는 경우 2주차에 발아가 개시되지만 발아가 비료의 영향으로 지체되고 발아율도 69%를 나타내었으나 PLA 0.2에서는 발아율에서 93%로 무처리구와 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 식재묘인 소나무와 자작나무의 엽록소 함량을 비교한 결과 소나무 1년생 구엽의 엽록소 함량에 미치는 효과는 무처리구에서 가장 높은 엽록소 함량을 나타내고 있으며 처리구간에는 PLA 0.2처리구에서 13.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 으로 가장 높게 나타났으며 자작나무의 신엽에서는 PLA 0.1과 14.3 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 으로 가장 높게 나타나고 있으며 목분 PLA 0.2에서 가장 낮은 8.7 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 을 나타내고 있어 소나무의 구엽과 자작나무 신엽에서의 결과차이 등을 고려할 때 앞으로 1년 정도의 추가 모니터링을 통하여 장기적인 효과분석을 통하여 최종적인 결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

주제어: 산림용 복합비료, 종자흙떡, 지효성 비료, 직파조립, PLA

목 차

I. 서론	IV. 결론
II. 재료 및 방법	참고문헌
III. 결과 및 고찰	

I. 서론

최근 탄소중립이 최근에 이슈로 발전하면서 탄소 고정능력이 높고 활용가능성이 많은 산림의 조성과 무육에 필요성이 높아지고 있으며, 특히 70, 80년대를 거쳐 조림한 산림은 2030년경 5영급에 도달하는 산림이 증가하고 이를 벌채 후 재조림을 통한 경제림 조성의 필요성이 높아지고 있다. 그러나 임업분야의 산림조성, 무육에 필요한 노동력의 노령화와 노동력의 부족으로 조림, 무육과정의 기술혁신을 통하여 효과적인 조림 및 산림관리 기술의 개발이 필요한 시점에서 이를 위하여 1990년경부터 종자흙떡의 개발을 통하여 척악지 및 급경사지 등에서도 활용할 수 있는 직파조림기술을 개발하여 효율적인 산림조성 기술을 확립하였고 또한 종자흙떡을 활용하여 국내외 다양한 환경에서 적용시험을 실시한 결과 파종 후 생존율에 비하여 초기 생육불량을 해소하기 위한 직파중립용 시비체계 필요성을 확인하였다. 종자흙떡은 종자발아 및 초기생육에 필요한 최소의 환경인자를 구현할 수 있도록 설계되어 유묘기 생육과정에 필요한 다양한 영양성분을 수요를 충족하기 어려워 종자흙떡의 유묘가 생육하는 기간 동안 1년 이상의 양분공급원이 필요하며 종자흙떡용 지효성 산림복합비료는 발아단계와 유묘활착단계에서는 종자흙떡 내부의 최소한의 양분만을 사용하고 이후 유묘의 생육기에 작동을 시작하여 1년 이상 점진적으로 양분을 공급할 수 있는 체계로 개발이 필요하다. 유묘단계에서 영양공급은 성목단계까지의 생육의 변화에 큰 영향을 미치기 때문에 어린나무 가꾸기 단계를 최소한으로 하여 무육과정의 효율성을 높일 수 있도록 할 수 있는 기술로 환경에 영향을 최소화 하면서 식물에 필요한 비료성분을 계속적으로 공급할 수 있는 산림용 지효성 비료의 개발이 필요하다.

이러한 측면에서 종자흡떡용 지효성 산림복합비료의 개발을 위한 실험에 사용될 생분해성 플라스틱으로 PLA와 목재섬유 혼합 PLA를 이용한 비료의 토양내 유입속도를 제어할 수 있는 기술의 개발을 통하여 산림용 지효성비료의 개발이 가능할 것으로 판단되며 일반적으로 Polylactic acid(PLA)는 타 생분해성 고분자에 비해 우수한 열 가공 특성이 있으며, 이용성과 분해성이 뛰어난 측면이 있어 3D Printing 분야 등에서 각광받는 친환경 소재 중 하나로 인체에 무해하여 일회용품 및 의료용 재료로 사용되는 소재로서 PLA는 체내에 존재하는 Lactic acid의 중합체로 화학 구조는 그림 1과 같으며, PLA의 원료인 Lactic acid는 설탕, 전분으로부터 발효나 화학적 방법 등으로 얻을 수 있으며, 주로 환경 친화적인 발효법에 의해 L형 Lactic acid를 99.5% 순도로 얻을 수 있다. 또한 이를 탈수 축합하여 최종적으로 PLA 합성이 가능하다(Im, 2015, Moon, 2016, Lee, 2019)

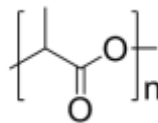


그림 1. PLA 구조 (Polylactic acid)

따라서, 지효성 산림복합비료를 담을 수 있는 접착제의 용기두께에 따른 분해기간과 이에 따른 비료의 용출량 등을 연구실시하여 최적의 지효성 비료의 형상과 초기의 비료용출을 최소화 하면서 1개월 이후부터 점진적으로 비료의 용출량을 높이면서 일정량을 유지할 수 있도록 목재섬유 혼합하는 혼합비율 연구를 진행하여 도출된 종자흡떡에 적합한 산림용 복합비료를 이용하여 종자흡떡과 함께 파종하고 생존율과 초기 생육과정에서 생육변화를 모니터링을 통하여 효과를 검증이 필요하다.

II. 재료 및 방법

1. 식물재료

실험에 사용된 소나무 종자는 2021년 경북 문경에서 채종한 소나무(*Pinus densiflora*)를 건조 후 사선과 수선을 통하여 순량을 98%이상의 순량종자를 사용

하고 종자는 10일간 5℃ 저온습사처리를 통한 발아촉진처리를 실시하여 발아율 95% 이상을 확보하였다. 파종 후 750ml의 포트에 피트모스와 펄라이트(2:1)의 비율로 혼합한 혼합토를 이용하여 파종시험을 실시하고 점적관수처리를 통하여 포트당 1일 2L씩 관수하여 토양이 항상 포장함수량이상을 유지할 수 있도록 파종시험구를 조성하였다.

2. PLA를 이용한 지효성 비료

비료성분은 기존에 개발되어 있는 농업용 지효성 복합비료를 사용하여 목재섬유와 접착체들을 종류별로 혼합하고 비료와 접착제, 첨가물의 최적혼합비율을 제시하여 최소 1년이상 효과를 유지할 수 있는 방안을 모색하기 위하여 종자흙떡용 지효성 산림복합비료에 사용하기 적합한 용기의 형상과 생분해 과정을 이해할 수 있는 방안으로 용기내 용출구를 막는 도막의 두께를 달리하여 시험구를 조성하였다. PLA와 목분이 함유된 PLA를 이용하여 직경3.5cm 높이 2.5cm의 원통형 비료수납용기를 설계하고 설계된 수납용기에 직경 1cm의 비료 유출구를 정면과 바닥면에 각 1개, 측면에 4개를 만들어 용기에 유출구를 통하여 비료가 용출될 수 있도록 설계하였다. 용기에 설치된 비료유출구를 PLA의 경우 0, 0.1, 0.2mm의 PLA도막으로 막아 일정시간 후 도막이 분해되면서 점진적으로 비료성분이 유출될 수 있도록 하였으며 목분PLA의 경우 0, 0.2mm의 도막으로 막아 그 분해 후 비료성분의 유출 효과를 시험하였다. 시험에 사용된 비료는 일반 농업용 복합비료(1:1:1)비료를 사용하여 용기에 10g씩 용기내부를 채우고 용기에서 유출구 이외에 공간에서 유출될 수 없도록 밀봉하였다.

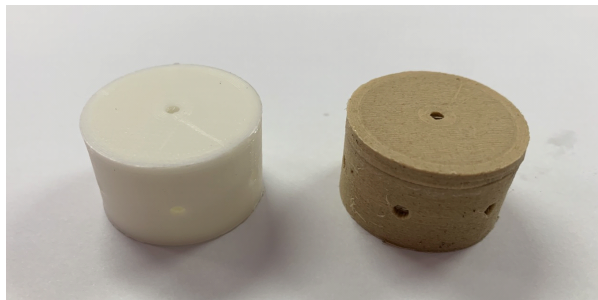


그림 2. PLA와 목분PLA를 이용한 비효성비료(우, PLA, 좌, 목분PLA)

PLA 용기는 (주)CUBICON Prime M22z제품(한국)을 이용하여 3D프린팅으로 제작하였으며 용기제작에 소용된 PLA와 목본 PLA는 (주)CUBICON에서 생산하는 고성품을 사용하였다. 3D 프린터의 시작온도는 220℃로 예열하고 사용되는 필라멘트는 기건상태에서 사용하여 프린팅하고 48시간이상을 통풍과 건조를 실시하여 프린팅과정에 발생하는 교란요소를 최소화하였다.

지효성 비료의 효과검증을 위한 시험구의 설치는 옥외환경에서 750ml 포트에 피트모스와 펄라이트(2:1) 혼합토를 이용하여 토양내 10cm깊이에 설치하고 점적관수관을 통하여 1일 2L씩 수분이 충분히 공급되어 포장함수량을 유지할 수 있도록 시험구를 설치하고 침출수를 통하여 비료의 용출효과를 시험하였다.

3. 지효성 비료의 효과 검증시험

종자흠뻑을 위한 지효성 산림복합비료의 효과 검증 시험은 경상북도 상주시에 위치한 한방자원연구센터 연구동에서 2022년 7월초에 시험구를 설치하고 시험을 계속적으로 진행하고 있다. PLA와 목본이 함유된 PLA를 이용하여 용출구 구멍에 설치된 도막의 두께별 소재의 분해기간과 분해 후 비료의 용출량에 대한 실험을 실시하여 그 결과를 바탕으로 최적의 비료와 접착제 첨가물 혼합비율을 도출하였다. 이를 위하여 소나무종자를 이용한 발아시험과 함께 토양내에서 유출되는 침출수를 이용하여 침출수 내의 질소량의 측정을 통하여 분해속도에 따른 비료의 용출량을 조사하여 효과를 검증하였다. 또한 PLA 용기가 토양내에 미치는 영향을 확인하기 위하여 침출수의 EC값의 측정을 통하여 PLA 용기가 토양에 미치는 영향을 조사하였다. 마지막으로 PLA용기에 담기 비료가 식물종자발아에 미치는 영향을 확인하기 위하여 종자발아시험을 실시하고 소나무 종자를 이용하여 옥외 발아 시험구에서 발아시험을 실시하고 별도의 시험구를 통하여 소재별 비료의 용출량과 토양에 미치는 영향을 조사하였다. EC값은 (주)OHAUS의 Starter3100c(한국)을 이용하여 1sample당 3반복 측정하여 평균값을 이용하고 전질소량은 (주) Optizen의 2120UV UV/vis spectrophotometer를 이용하여 자연흡광율을 이용한 분석법으로 220nm 흡광도를 조사하여 전질소량으로 환원하여 분석하였다. 또한 식재묘의 엽록소 함량은 분석은 (주) Optizen의 2120UV UV/vis spectrophotometer를 이용하여 자연흡광율을 이용한 분석법으로 645nm와 663nm 흡광도를 조사하여 엽내의 chlorophyll a와 b 및 total chlorophyll 함량을 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. PLA 용기가 토양에 미치는 영향

일반적인 산림토양과 달리 시험용 인공토양의 경우 토양의 구성성분이 피트모스와 펄라이트로 구성되어 있으며 두 물질의 성분특성상 토양은 약산성을 나타내며 토양 내 EC값은 300 ~ 800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 정도를 나타내게 된다. 본 실험에서 사용한 혼합배양 토의 경우에는 피트모스와 펄라이트를 2:1로 혼합한 토양로서 토양 pH값은 7.08 정도로 중성에 가깝고 토양 EC값은 평균 207 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 정도로 안정적인 특성을 나타냈으며, 시험구 설치 이후에 포장함수량까지의 규칙적인 관수를 통하여 120 ~ 150 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 정도로 떨어지는 것으로 나타났다. 그러나 PLA 용기를 사용할 경우 토양의 pH값이 PLA의 경우 평균 7.18이며 목본 PLA의 경우 pH값이 6.58 정도로 나타났으며 토양 EC값에 미치는 영향은 용출구를 제어하는 도막이 없는 경우 350 ~ 300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 정도를 나타내지만 이후 약 5주 만에 150 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 정도로 안정화 되는 것으로 나타났다. 특히 목본이 함유된 PLA의 경우 목분자체에 함유된 성분에 의하여 1~3주 사이의 초기에 EC값이 떨어지는 속도가 PLA에 비하여 낮아지는 특성을 보이며 일반 PLA의 경우 3주 이후부터는 안정화 되는 특성을 나타내는 것으로 보인다. 토양에서 EC값이 높으면 식물의 종자발아 및 근계발달에 영향을 미치며 식물의 생육과정에도 영향을 미치게 되지만 본 실험의 결과에서는 초기에 토양 EC값에는 영향을 미치지 않지만 일반적으로 종자가 발아를 개시하여 유근이 발달하는 과정에서 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 향후 PLA 용기 자체가 분해되기 시작하는 1년 이후에도 계속적으로 토양에 미치는 영향에 대하여 장기적인 모니터링을 진행하여 현재까지 최종적으로 비료의 장기 지효성 효과의 시험기간인 1년(52주)이상에서 토양에 미치는 영향을 확인하고자 한다.

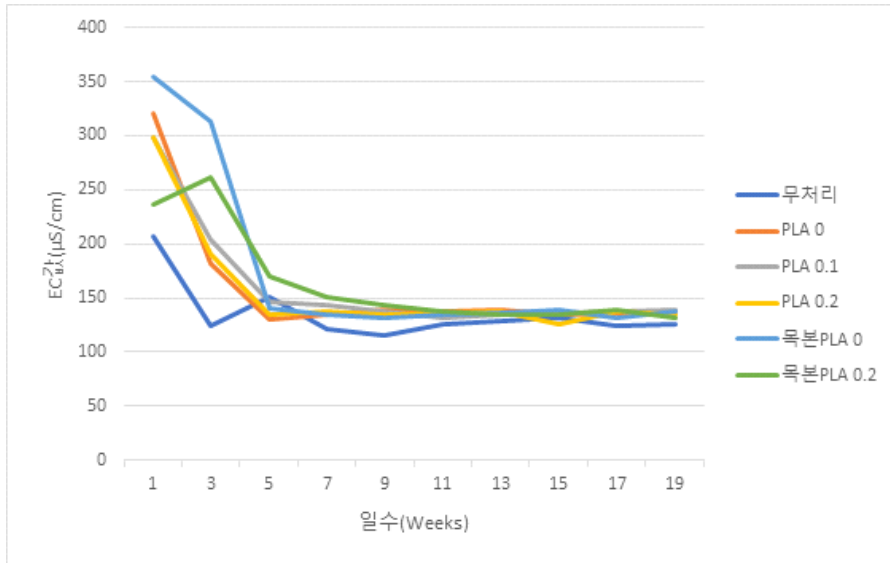


그림 3. 종자흙떡용 지효성 산림복합비료가 토양에 미치는 영향

2. 종자흙떡용 지효성 비료의 용출효과 시험

종자흙떡을 위한 지효성 산림복합비료의 주요한 특성은 종자흙떡에 있는 종자가 발아하는 4주정도까지는 비료성분의 유출이 낮아서 종자의 발아에 비료가 영향을 미치지 못하도록 하고 이후에는 안정적으로 생육과정에 비료한 최소한의 비료성분을 유묘기가 끝나는 과정까지 계속적으로 공급하는 것이다. 이를 위하여 용기에서 비료 성분 중 특히 질소질 성분이 용출되는 정도를 통하여 비료용출효과가 언제부터 나타나고 얼마나 안정적으로 용출시키며 언제까지 비료를 공급할 수 있는지를 알아보는 시험을 실시하였다. 그 결과 1주차에는 혼합배양토와 PLA 용기를 사용한 지효성 비료의 용출효과는 비슷한 것으로 나타났으며 일반토양이 72mgN/L 정도이며 PLA를 이용한 지효성 비료의 경우에는 72.6mgN/L인 것으로 나타났다. 그러나 3주차에서는 시험용 혼합배양토는 계속적으로 72mgN/L를 유지하지만 PLA용기에 용출구에 도막이 없거나 0.1mm의 도막이 있으며 75mgN/L정도를 나타내고 PLA 도막 0.2mm와 목본 PLA의 경우 74mgN/L를 나타내었다. 그리고 5주차에는 PLA용기에 용출구에 도막이 없거나 0.1mm의 도막이 있으며 76.5mgN/L정도를 나타내고 PLA 도막 0.2mm와 목본 PLA의 경우 75mgN/L정도를 나타내었으며 9주차에는

직파조림을 위한 종자흙떡용 지효성 산림복합비료 개발

PLA 도막이 없는 경우에 79mgN/L정도를 나타내고 목본PLA에 도막이 없는 경우 78mgN/L로 최고값을 이루고 PLA도막이 0.1mm, 0.2mm에서 77mgN/L를 나타내고 목본PLA 도막 0.2mm에서도 76.7mgN/L정도를 나타내었다. 모든 PLA를 이용한 지효성 비료가 그 효과를 78mgN/L 전후에서 안정화 되는 것으로 나타났다. 다만 목본PLA의 경우 비료용출이 일반 PLA에 비하여 완만한 곡선을 이루는 것으로 나타났다. 앞으로 PLA를 이용한 지효성 비료의 효과가 장기적으로 1년이상 유지되면 어제까지 그 효과를 유지할 수 있는 지에 관한 연구를 계속적으로 진행하기 위하여 모니터링을 계속적으로 실시하여 최종적으로 비료 용출량과 지속성에 대한 결과를 확인하고자 한다. 조림지의 경우 정상적인 수목생육을 위해서는 1년 최소 40kg/ha의 비료가 필요하다는 연구결과를 볼 때 본 실험결과를 통하여 10g 단위의 산림용 지효성 비료를 토양 내 10cm 깊이에 60개 정도만 설치해도 매년 조림지의 수목생육의 개선을 통하여 탄소흡수율을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

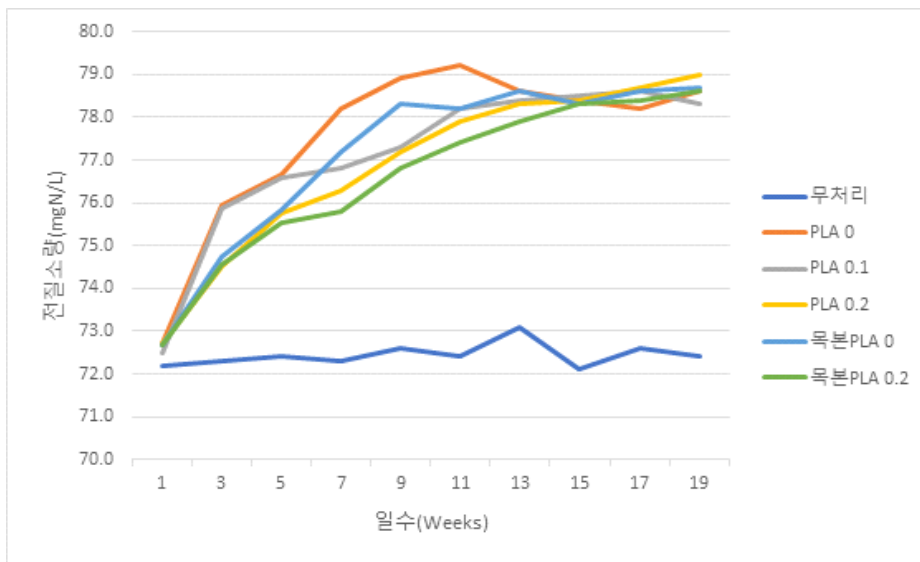


그림 4. 종자흙떡용 지효성 산림복합비료가 비료용출효과 시험

3. 종자흙떡용 지효성 비료의 종자발아에 미치는 영향

종자흙떡을 위한 지효성 복합비료는 종자흙떡에 있는 종자가 안정적으로 발아할 수 있도록 하고 그 이후에 유묘가 생육하는 기간에 시비효과를 주는 것을 목표로 하고 있으며 이를 위하여 지효성 복합비료가 종자 발아에 미치는 영향을 확인하였다. 공시종자는 소나무 종자를 사용하고 이는 종자흙떡의 개발목적인 산림녹화에 사용되는 대표적인 수종이 소나무이고 소나무가 척악지에서 비교적 생육이 양호하기 때문이다. 종자흙떡에 들어가는 종자는 전처리 과정을 통하여 발아촉진처리가 이루어진 상태에서 최장 2주 이내에 발아를 개시하고 5주 이내에 발아가 완료될 수 있도록 설계되어 있다. 따라서 종자흙떡에 들어가는 종자와 같은 조건에서 발아 시험을 실시하여 효과를 검증하였다. 시험 결과 발아는 모든 처리구에서 2주만에 지상부 출엽이 시작되었으며 발아최성일은 3주차에 이루어지고 5주에서 발아가 완료되었다. PLA 도막이 없는 경우 2주차에 발아가 개시되지만 발아가 비료의 영향으로 지체되고 발아율도 69%를 나타내었으나 PLA 0.2에서는 2주차에 발아 개시 후 지체효과는 있으나 발아율에서 93%로 무처리구와 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 목분 PLA의 경우에는 발아 지체와 함께 모든 처리구에서 발아 감소효과가 있는 것으로 나타났으며 목분자체에서 발아억제물질과 함께 비료유출이 일어나는 것이 원인으로 판단된다. 초기 발아과정에서 발아율을 조사하였으나 장기적으로 1년 생존율과 유묘기의 생육량에 대한 조사가 추가적으로 이루어질 경우 종자흙떡을 위한 가장 최적의 지효성 복합비료의 재료 및 형태가 결정될 수 있을 것으로 판단된다.

표 1. 지효성 비료를 이용한 소나무 종자발아 시험

파종시험		1주	2주	3주	4주	5주
소나무	무처리	0	48.3	72.3	82.4	92.3
	PLA 0	0	14.5	28.3	67.3	69.5
	PLA 0.1	0	23.6	35.4	78.5	81.4
	PLA 0.2	0	21.4	53.6	87.4	93.4
	목분PLA 0	0	23.5	32.6	64.2	72.3
	목분PLA 0.2	0	23.5	42.3	71.5	78.3

4. 종자흙떡용 지효성 비료의 식재묘 엽록소 함량에 미치는 영향

산림용 복합비료로서의 종자흙떡용 지효성 복합비료의 효과를 검증하기 위하여 1-2 용기묘에 비료를 시비하여 그 효과를 검증하는 시험을 진행하였다. 그결과 소나무는 당년잎이 아직 미발생한 상태로 1년생 구엽을 사용하고 자작나무는 당년에 발생한 신엽을 사용하여 엽록소 함량을 분석하였다. 소나무의 구엽에서는 무처리구에서 가장 높은 엽록소 함량을 나타내는 것으로 나타났으며 처리구간에는 PLA 0.2mm 처리구에서 13.5 $\mu\text{g/ml}$ 로서 가장 높은 함량을 나타내었다. 이는 소나무의 구엽에서는 PLA와 비료성분이 엽록소 합성 등의 긍정적인 효과 보다는 스트레스로 작용한 것으로 판단되며 앞으로 소나무의 신엽이 출엽한 이후 그 효과를 분석하여 산림용 지효성 비료의 효과를 추가적으로 검증할 필요가 있을 것으로 판단된다. 이에 비하여 자작나무의 신엽에서는 PLA 0.1mm 구간에서 14.3 $\mu\text{g/ml}$ 로 가장 높은 엽록소 함량을 나타내고 PLA 0.2mm에서 비슷한 엽록소 함량을 나타냈다. 이는 종자흙떡용 산림복합비료가 식재묘에서도 정상적으로 작용하여 자작나무의 생육에 긍정적인 영향을 미치고 있는 것으로 판단되며 앞으로 소나무의 신엽의 엽록소 함량과 식재묘의 근권부에 대한 활력측정과 1년간의 생중량 변화량 등의 분석을 통하여 종자흙떡용 산림복합비료의 효과 분석을 추가적으로 진행하여 최종결론에 도달할 수 있을 것으로 판단된다.

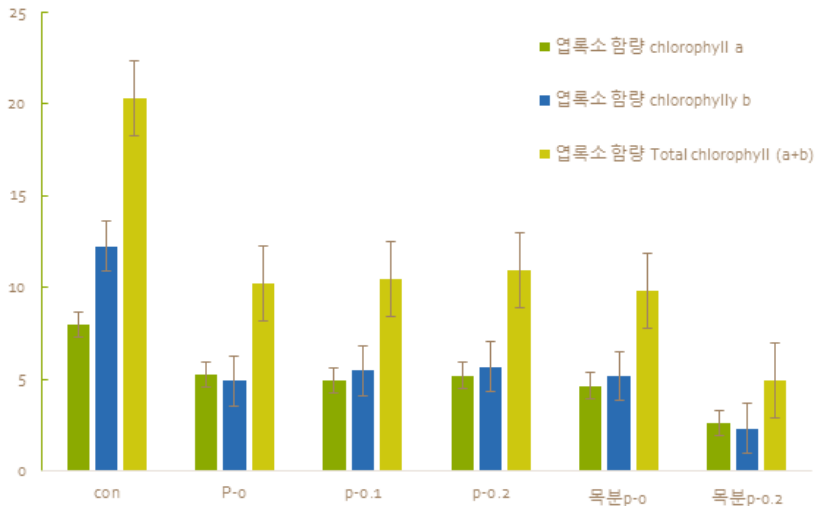


그림 5. 소나무 구엽의 엽록소 함량 분석

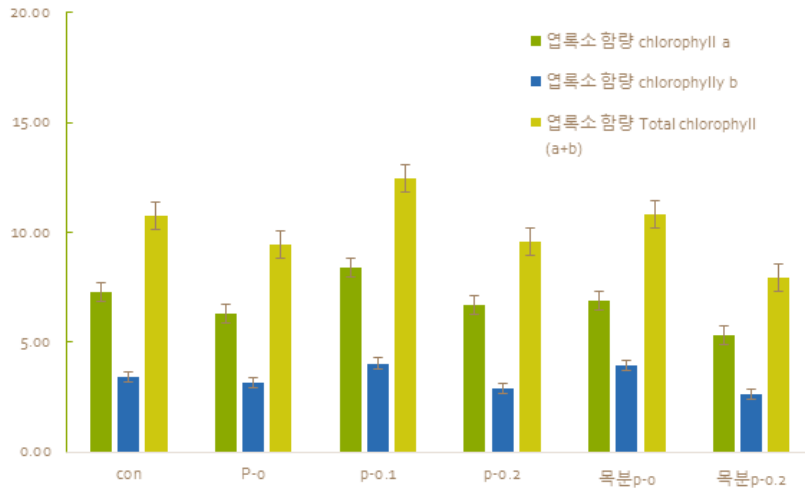


그림 6. 자작나무 엽록소 함량의 분석

IV. 결론

친환경 소재인 PLA를 이용하여 종자흡착용 지효성 복합비료를 개발하기 위한 연구를 통하여 PLA 소재가 토양에 직접적으로 미치는 영향은 EC값을 통하여 5주 정도의 관수 이후 안정화되는 것을 확인하였고 종자흡착용 지효성 비료의 비료 방출은 1주에서부터 시작되지만 방출량의 조절이 이루어져 종자의 발아과정에 발아지체와 발아억제 현상이 관찰되기는 하지만 PLA 0.2mm에서는 무처리구와 비슷한 발아율을 확보함으로써 소나무 종자를 이용한 종자흡착에서의 활용 가능성은 확인하였고 식재묘를 통한 수목에 생육에 미치는 영향은 소나무의 경우 구엽을 활용한 엽록소 함량 분석에서 무처리가 가장 유리한 결과를 보이고 있으나 이는 소나무의 1년생 구엽에서는 지효성 비료의 구성요소인 PLA와 비료가 엽록소 함량에서 엽록소 함량을 높이는 긍정적인 효과 보다는 스트레스 요인으로 작용하는 것으로 판단되며, 그러나 처리구 내에서는 PLA 0.2mm에서 가장 높은 엽록소 함량을 나타냄으로써 긍정적인 효과를 부분적으로 확인할 수 있었으며 향후 소나무의 신엽에서의 엽록소 함량 분석을 추가하여 그 효과를 검증할 수 있을 것으로 판단되며, 자작나무는 엽내의 엽록소

함량 분석에서 PLA 0.1mm에서 가장 높은 엽록소 함량을 보이고 있으나 PLA 0.2mm에서도 비슷한 결과를 얻을 수 있어서 종자흙떡용 지효성 비료가 자작나무 식재묘에서는 시비효과를 가지며 식재묘의 생육에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 앞으로 근권부에 대한 영향을 확인하기 위한 근활력 분석과 1년간의 생체량 분석을 통하여 종자흙떡용 지효성 비료의 효과를 검증을 통하여 종자흙떡용 지효성 비료의 활용 방안에 대하여 구체적인 결과를 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- Lee, K., Kim, J., Lee, K., Zun, H., Kim, C., & Yoon, K. (2019). Study on the biodegradable PLA sheet with multiple functionalities. *The Journal of the Convergence on Culture Technology*, 5 (1), 341-346. <https://doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.1.341>
- Moon, J., Kim, M.-H., Lee, Y.-T., Lee, H.-H., & Rho, Y.-H. (2016, April 30). Study on the Biodegradable ability of Biodegradable Plastics PLA(Polylactic acid) by composting. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. The Korea Academia-Industrial Cooperation Society. <https://doi.org/10.5762/kais.2016.17.4.596>
- Im, JN, Do, S-J, Kim, YJ, & Yuu, J. (2015). Degradation of Poly(lactic acid) and Poly(butylene adipate-co-terephthalate) Blends in Compost. *Textile Science and Engineering*, 52 (5), 338-343.