

식물 근계 생육조절용 기능성 플러그 트레이의 제조 및 리칭 특성

심 상 연[†] · 용 영 록^{*}

강릉대학교 공업화학과, *원예학과
(2000년 6월 1일 접수, 2000년 9월 4일 채택)

Preparation and Leaching Properties of Functional Plug-Tray for Growth Control of Plant Root

Sang-Yeon Shim[†] and Young-Rog Yeoung^{*}

Department of Industrial Chemistry, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

^{*}Department of Horticulture, Kangnung National University, Kangnung 210-702, Korea

(Received June 1, 2000; accepted September 4, 2000)

요약: 본 연구는 식물 뿌리의 성장속도를 조절할 수 있는 새로운 기능성 플러그트레이 제조에 관한 것이다. 본 공정은 공압출방식으로 폴리스티렌수지를 바탕층으로 하고 그 위에 근계조절 성분이 함유된 폴리스티렌수지를 코팅하는 것인데 코팅층은 폴리스티렌수지를 근계조절특성이 있는 구리계 화합물과 혼용하여 제조한 후 주기적으로 물에서 용출되는 구리이온의 양을 측정하여 리칭성을 조사하였다. 일반적으로 배합물내에 구리화합물의 양이 많을 수록 그리고 친수성이 강할수록 용출되는 구리이온의 양이 증가하였다. 첨가제효과에 대해서도 측정하였는데 첨가제로 TW20을 사용한 경우 리칭특성이 우수하였으며 구리화합물에서와 동일하게 TW20의 친수성이 강하기 때문에 용출되는 구리이온의 양이 증가됨을 확인할 수 있었다.

Abstract: This study was carried out to develop a novel functional plug-tray for growth control of plant root. The process used was a co-extrusion type, where the bottom layer was composed of polystyrene resin and on the top of this layer, another layer was coated with polystyrene resin with a root-control agent. For the top coating layer, polystyrene resin mixed with copper compounds, known as a root growth controller. The amount of copper ion released in water was investigated periodically. The results show that the amount of copper ion released from the matrix increased as both contents of copper compounds in the matrix and their water solubility increased. The effect of using TW20 as the additive showed that the coating layer exhibited a higher release rate and this is because of its hydrophilic property.

Keywords: functional plug-tray, root growth control, copper compound, co-extrusion, release rate

1. 서 론

일반적으로 원예작물의 포트 및 플러그묘는 잔뿌리 발생이 적고 주로 주간만 길이생장을 하여 용기내에서 뿌리가 둥글게 꼬여서 매트가 형성되어 정식 후 뿌리활력이 지연되거나 뿌리공동화 현상이 발생하여 생육장해를 일으킨다[1-4]. 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 수단으로는 식물 근계제어제를 플라스틱 표면에 코팅하여 뿌리성장 속도를 제어하는 것인데 구리계 화합물들이 근계조절능력을 갖고 있는 것으로 알려져 왔다[5,6]. 대표적인 화합물로는 수산화 구리, 산화 구리, 황산 구리, 아세트산 구리, 염화 구리 및 요오드화 구리 등이 있으며 이들 화합물을 라텍스와 혼합하여 페인팅방식으로 플러그 트레이 표면에 코팅하여 사용하는 것이 알려져 왔다[7,8]. 구리화합물을 라텍스와 혼합하는 것은 구리화합물의 근계 조절력과 라텍스의 코팅성을 이용하는 것인데 라텍스에 분포된 근계조절제가 물에 서서히 용출되면서 근계조절력을 갖게 되는 것이다[9,10]. 그러나, 라텍스를 이용한 페인팅은 포트 및 트레이의 굴곡구조로 인해 전 표면에 균일한 코팅이 어렵고 포트의 상단과 하단의 코팅두께의 차이로 용기내에서 조차 동일한 효과를 나타내기 어렵게 된다. 또한, 현재 육묘시장은 소량생산이 아닌 대형 육

묘장에서의 대량생산에 대부분 의존하는데 페인팅방식은 공정특성상 대량생산에 한계를 갖고 있고 추가 설비가 요구되는 등 적용에는 많은 문제점을 내포하고 있다. 현재 범용으로 사용되고 있는 플러그 트레이나 포트는 폴리스티렌수지를 주원료로 하여 압출방식으로 시트를 만들고 성형공정을 거쳐 제조되고 있으며 일부 공압출기를 이용한 다층시트제조법으로 고품택 혹은 다층색 용도 등 특수 트레이가 생산되고 있으나 기능성 트레이는 거의 알려져 있지 않고 있다[11-14]. 본 논문에서는 트레이 제조시에 다층공정법을 이용하여 하단부는 기존의 폴리스티렌수지를 사용하고 상단에는 구리화합물을 폴리스티렌수지와 혼용하여 박막으로 코팅하는 신규 기능성 트레이 제조 공정법을 제시하고 코팅층의 배합물로 사용되는 구리화합물과 첨가제의 물리적 특성에 따른 근계조절 효과에 대해 연구하였다.

2. 실험

2.1. 재료

폴리스티렌(polystyrene: PS)은 효성 바스프사에서 생산하는 밀도가 1.05, 용융지수는 5 인 GPPS-147F를 이용하였고 사용 전에 50 °C에서 12 h 건조하였다. 황산구리 무수물(CuSO₄: CS), 산화구리(Cu₂O: CO), 아세트산 구리(Cu(OAc)₂: CA)는 Kanto Chem.

[†] 주 저자 (e-mail: syshim@knusun.kangnung.ac.kr)

Co. Inc.에서 구입하여 그대로 사용하였다. 첨가제로 사용한 상용 화제는 Pre, TW20 2종류로 일신화학(주) 제품을 이용하였다.

2.2. 육묘용기 제조 공정

근계 조절용 육묘용기를 제작하기 위하여 폴리스티렌수지에 구리화합물 및 첨가제를 질량비로 각각 95/5/1.5, 80/20/7로 배합한 후 압출혼련은 트윈 스크류(twin-screw)가 장착된 니더(Model: MPC/V-30)를 사용하여 바렐온도 200/210/210/190 °C에서 스크류의 분당회전속도(rpm)를 혼련부분은 250으로 하고 압출부분은 80으로 고정하여 용융 블렌딩하였으며 냉각후 펠렛화 하였다. 시트제작은 펠렛화한 컴파운드칩을 카렌더(calender)와 티다이(T-die)가 장착된 2층시트 압출성형기를 이용하여 바렐온도는 200 - 220 °C, 롤(Roll) 설정온도는 40 °C로 한 후 길이와 직경비(L/D)가 30/1인 스크류에서 130 rpm으로 압출 성형하였다. 2층압출기의 하층부에는 폴리스티렌수지를 주입하고 상층부에는 위에서 제조한 컴파운드칩을 공급하고 롤 간격을 조절하여 하층시트의 두께는 1 mm, 상층부는 30 μm로 두께조절을 하여 시트제작을 하였다. 근계조절용 플러그 트레이는 위에서 제조한 2층시트를 진공압축 성형기를 이용하여 200-250 °C로 설정한 가열판 위를 10 s간 통과한 후 진공압축을 하여 성형, 제작하였다.

2.3. 리칭(leaching) 실험 및 표면특성 조사

제조한 컴파운드칩이 근계조절제로써의 효과를 검증하기 위하여 컴파운드 칩 1 g를 30 mL의 증류수에 넣은 후 상온에서 시간(0, 0.2, 1, 6, 10, 24 h)에 따라 1 mL씩 분취하여 리칭되는 Cu이온의 양을 미세원소 분석기(Tracer Element Analyser; Chemtronics TEA3000V)를 이용하여 측정하였다. 표면특성은 제올사의 SEM(scanning electron microscope)를 사용하여 3000배로 컴파운드 칩의 표면을 관찰하여 상용화도의 정도를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 구리화합물에 따른 가공 및 리칭 효과

일반적으로 구리화합물들은 근계조절능력을 갖고 있는 것으로 알려져 왔는데 본 논문에서 도입한 공정은 기존의 페인팅 방식과는 달리 플러그 트레이 제조시에 공압출기로 박막 코팅함으로써 기존의 공정을 그대로 사용할 수 있는 장점을 갖고 있는 반면에

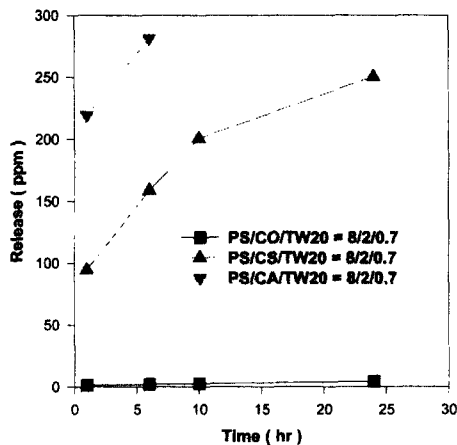


Figure 1. Copper ion released from the compounding chips as a function of time at room temperature.

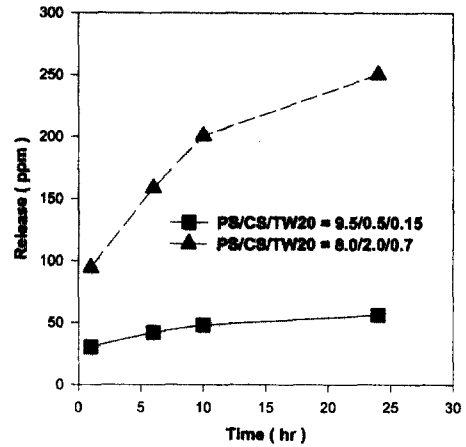


Figure 2. Effect of copper contents on the release of Cu ion.

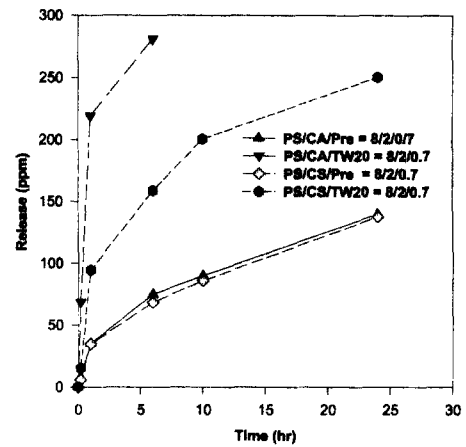


Figure 3. Effect of plasticizer on the release of Cu ion.

가공온도에서 사용되는 구리화합물이 분해되지 않아야 한다. 구리계 화합물중 내열특성을 조사한 결과 산화 구리, 황산 구리 및 아세트산 구리가 250 °C정도의 가공온도에도 거의 분해가 되지 않고 산화구리의 경우에는 물에 대한 용해도가 조금 낮고 황산 구리, 아세트산 구리는 수용성이므로 구리화합물에 따른 리칭속도를 조절 가능할 것으로 예측되어 이들 화합물들을 근계조절제로 이용하여 각각의 경우에서의 리칭성을 측정하였다(Figure 1). Figure 1에 나타난 바와 같이 황산구리나 아세트산 구리를 근계조절제로 사용한 경우에는 시간에 따라 용출되는 구리이온의 양이 일정하게 증가된 반면에 산화 구리의 경우에는 거의 변화가 없고 리칭이 거의 이루어지지 않음을 알 수 있다. 따라서 구리화합물의 물에 대한 용해도는 리칭에 중요한 영향을 주었는데 물에 대한 용해도가 낮은 화합물은 혼용된 폴리스티렌수지도 소수성을 나타내므로 전체적으로 물에 대한 습식(wet)성이 낮게 되어 거의 리칭이 이루어지지 않았다. 그러나 수용성계의 구리화합물들은 혼용된 수지는 소수성이나 구리화합물들의 친수성이 강하여 물에 용출되며 시간에 따라 리칭되는 구리이온 함량도 증가하였다. Figure 2는 구리함량에 따라 리칭되는 구리이온의 농도차이를 나타내는데 수지성분내에 구리함량이 증가될수록 리칭되는 구리이온의 농도가 증가됨을 보여준다.

3.2. 첨가제에 따른 리칭 효과

전술한바와 같이 근계조절성을 갖는 수지조성물은 폴리스티렌수

Figure 4. SEM images of the surface of PS/CS/TW20=90/10/2.5; (a) before and (b) after 24 h dipped in distilled water. SEM images of the surface of PS/CS/Pre=90/10/2.5; (c) before and (d) after 24 h dipped in distilled water.

지, 구리화합물 그리고 첨가제로 구성되어 있는데 첨가제는 친수성인 구리화합물과 소수성인 폴리스티렌수지간의 상용화도를 높여 근계조절제가 폴리스티렌 수지내에 고른 분포를 갖게 하고 아울러 표면의 습식성을 증가시켜 물이 수지 표면에 머무르는 시간을 증가시켜 리칭성이 향상시키는 효과를 나타내기 위하여 사용하였다. 첨가제로는 hydrophilic-lipophilic balance (HLB)가 16.7인 폴리옥시에틸렌 솔비탄모노올레이트 (TW20)과 HLB가 3.5인 모노알킬글리세리드, C₁₆~C₁₈ (Pre)를 사용하여 같은 조건에서 리칭성을 측정하였다(Figure 3). 그 결과 Tw20을 사용한 경우에는 황산구리나 아세트산 구리를 사용한 경우 모두에서 시간에 따라 용출되는 구리이온의 농도가 증가되었으나 친수성이 낮은 글리세롤계 Pre와 혼용한 경우에는 구리이온의 농도차이가 시간에 따라 큰 변화를 나타내지 않았다. 따라서 폴리스티렌수지와 혼용한 근계조절제가 시간에 따라 적절히 용출되려면 근계조절제뿐만 아니라 첨가제도 충분히 친수성 성질을 갖는 것을 이용하여 플라스틱표면의 습식성을 극대화시킴으로써 효율적인 근계조절능력을 나타낼 수 있음을 확인하였다. 이것은 주성분인 폴리스티렌수지가 전혀 친수성 작용기를 갖고 있지 않음으로써 소수성이 너무 강하여 표면 습식성이 극히 낮기 때문인 것으로 예측된다.

3.3. 물성분석

폴리스티렌 수지는 소수성 고분자로서 분자내에 화학결합을 할 수 있는 작용기가 없는 반면에 근계조절제인 구리화합물들은 친수성 화합물로서 두 물질사이에는 기본적으로 상용성이 낮은 특성을

갖고 있다. 이와 같은 상 분리현상은 수지내에 구리화합물이 균일하게 분포되지 않게 되므로 성형품 제조후 부분적으로 근계조절능력이 떨어지거나 과량으로 작용되어 뿌리생육을 극도로 저하시킬 가능성이 높게 된다. 또한 폴리스티렌수지의 소수성으로 습식성이 낮아 친수성인 구리화합물이 물과 접촉하면서 용출되어야 하나 습식특성이 낮아 근계조절 능력이 떨어지게 된다. 따라서 상용화제를 사용하여 두 층간의 상분리 현상을 최대로 억제하면서 수지표면의 습식성을 향상시켜 구리화합물의 리칭특성을 극대화 하고자 하였다. 상용화제로는 친수성이 강한 솔비탄계인 TW20과 친수성이 낮은 글리세롤계 Pre를 사용하여 각각의 경우에서 상용화 특성을 조사하였다. Figure 4는 제조한 컴파운드 칩을 상온에서 증류수에 24 h 침적시키기 전 후에 전자현미경으로 표면을 관찰한 것이다. 그 결과 친수계의 TW20을 상용화제로 첨가한 경우에는 황산 구리가 돌출형으로 폴리스티렌 매트릭스내에 균일하게 분포되어 있으며 24 h 침적 후에도 다량의 황산구리 미립자가 매트릭스로부터 균일하게 용출됨을 확인할 수 있었다(Figure 4(a)와 4(b)). 그러나 소수계의 Pre를 상용화제로 사용하였을때는 증류수에 침적시키기 전에도 황산 구리가 매트릭스내에서 상분리에 의한 응집현상이 부분적으로 관찰되며 침적후에는 더욱 확연하게 구리화합물의 응집현상이 두드러지게 나타났다(Figure 4(c)와 4(d)). 따라서, 폴리스티렌 수지내에 근계조절제인 황산구리화합물을 균일하게 분포시키기 위해서는 친수계의 첨가제를 사용하는 것이 상용화 특성에 유용하게 작용함을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

- (1) 폴리스티렌에 근계 조절력이 있는 내열성 구리화합물과 상용 화제를 혼용하여 컴파운딩 칩을 제조하였다.
- (2) 제조된 칩은 다층압출기를 사용하여 바탕층에는 폴리스티렌을 두께 1 mm의 시트형태로 제조하고 상층부에는 위에서 제조한 컴파운딩칩을 30 μm 의 박막으로 코팅하여 2층시트를 제조한 후 진공압착방식으로 성형하여 플러그 트레이를 제조하였다.
- (3) 근계조절력을 평가하기 위하여 제조된 칩을 증류수에 함침시킨 후 시간에 따라 일정량을 분취하여 리칭되는 구리이온의 양을 측정된 결과 황산 구리, 아세트산 구리 같은 수용성의 구리화합물들이 우수한 리칭특성을 나타내었고 비수용성인 산화 구리의 경우에는 거의 리칭이 이루어지지 않았다. 또한 배합물중 구리화합물의 비율이 증가될수록 리칭되는 구리이온의 양이 증가됨을 확인할 수 있었다.
- (4) 첨가제로는 친수계의 TW20과 소수계의 Pre 2종류를 상용화제로 이용하였는데 TW20을 사용한 경우에 구리화합물이 폴리스티렌 매트릭스수지에 균일하게 분포되어 우수한 상용화 및 리칭 특성을 나타내었다. 그러나 소수계의 Pre를 사용한 경우에는 리칭성이 극히 낮고 일부 상분리 현상이 관찰되어 상용화 효과가 거의 없음을 알 수 있었다.

감 사

본 연구는 농림부, 농업기술관리센터의 연구지원(과제번호: 198034-2)으로 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. R. Gabbrielli, T. Pandolpini, O. Vergnano, and M. R. Palandri, *Plant and Soil*, **122**, 271 (1990).
2. D. L. Godbold, W. J. Horst, H. Marschner, J. C. Collins, and D. A. Thurman, *Z. Pflanzenphysiol. Bd.*, **112S**, 315 (1983).
3. D. L. Godbold, W. J. Horst, J. C. Collins, D. A. Thurman, and H. Marschner, *J. Plant Physiol.*, **116**, 59 (1984).
4. A. G. Srivastava and P. S. Iqbal, *Plant Science*, **138**, 191 (1998).
5. A. A. Michael and Y. Eric, *HortScience*, **26**, 242 (1991).
6. A. A. Michael and K. S. Daniel, *Hort Science*, **24**, 262 (1989).
7. M. A. Crawford and H. Ullah, PCT 9403057 (1994).
8. J. H. LeFiles, E. J. Taylor, and M. A. Crawford, US Patent 5298253 (1994).
9. D. J. Greenhalgh, A. C. Williams, P. Timmins, and P. York, *J. Pharm. Sci.*, **88**, 1182 (1999).
10. Y. M. Sun, W. F. Huang, and C. C. Chang, *J. Membr. Sci.*, **157**, 159 (1999).
11. R. Ramanathan, R. Shanker, T. Rehg, S. Jons, D. L. Headley, and W. J. Scherenk, ANTEC '96 Society of Plastics Engineers, **1**, 1 (1996).
12. A. Torres, A. Hrymak, and J. Vlachopoulos, Proceedings of the ANTEC '95, **1**, 58 (1995).
13. J. S. Kim, K. W. Paik, J. H. Lim, and Y. Y. Earmme, *Appl. Phys. Lett.*, **74**, 3507 (1999).
14. S. V. Saul, O. V. Filiberto, M. Luisa, and Q. Lopez, ANTEC '96 Society of Plastics Engineers, **2**, 1 (1996).