

육묘용 포트원지의 습윤 및 건조강도와 투기도

서원성 · 박종문*

충북대학교 첨단원예기술개발연구소

Wet and Dry Strengths, and Air Permeability of Seedling Plate Paper

Seo, Won-Sung · Park, Jong-Moon*

Research Center for the Development of Advanced Horticultural Technology, Chungbuk Nat'l. Univ., Cheongju 361-763, Korea

*corresponding author

ABSTRACT This study was conducted to determine the properties of seedling plate papers currently used in commercial production, then to get basic information for manufacturing new seedling plate paper. Imported seedling plate paper had high wet tensile and burst strengths in its usage circumstances. Wet tensile strength was very high with 38.7% of dry tensile strength. Wet burst strength was also very high with 62.4% of dry burst strength. The seedling plate paper contained about 30% of synthetic fibers. It had 10 Gurley sec. in air permeability indicating effective movement of air. Seedling plate papers were made in laboratory scale. For sufficient sizing degree, the addition of 0.5% AKD (alkylketene dimer) by weight was good enough. Additional amount of AKD more than 0.5% by weight caused strength loss even though improving sizing effect. The addition of wet strength reagent such as Finex-B 2% by weight resulted in good strength and air permeability.

Additional key words: burst strength, tensile strength

서 언

농업을 포함한 현대사회의 모든 분야는 분업화, 기계화, 전문화를 추구하고 있다. 제3의 농업혁명이라고 불리는 플러그 육묘는 재배자가 원하는 작물을 원하는 시기에 양질의 규격묘로 생산하고 공급할 수 있는 분업화된 형태의 생산시스템이다. 이러한 플러그 육묘는 파종작업, 육묘관리 또는 이식작업 등의 필요 노동력과 이식 후의 활착관리 등을 고려할 때 재래식 육묘 노동력의 5배지 10%로 대폭 줄어들어 대규모 생산에 유리하다(Kim, 1996). 최근 농촌인구 감소 및 노령화 등으로 인하여 농촌 노동력이 절대적으로 부족하게 됨에 따라 전문 육묘업체로부터 묘종을 공급받는 것이 농가에서 직접 생산하는 것보다 훨씬 경제적인 상황이 되었다.

국내에는 전문 육묘장이 전국에 걸쳐 약 60여개소가 산재하고 있는데 이들은 대부분 일회용 플라스틱 육묘판을 사용하고 있다. 그러나 이들은 사용 후 회수가 실질적으로 불가능하여 대부분 농토에 방치되어 있는 상황이고, 난분해성 합성수지로 제조되어 토양오염을 유발할 수 있다. 반면에 종이 포트는 별집 모양으로 생긴 하나 하나의 포트가 쉽게 분리되어 이식과정이 매우 용이하여 노동력을 크게 절감할 수 있고, 일정 기간 후 토양에서 자연 분해되므로 다시 회수할 필요가 없기 때문에 공해 문제를 해결할 수 있는 장점을 가지고 있다. 육묘시에는 보수성과 투기도 등이 중요하다 알려져 있는데(Choi 등, 1997;

Song 등, 1996), 종이는 섬유와 섬유들간의 공극으로 이루어져 있는 망상구조이며, 전체의 70% 이상이 공극으로 이루어져 있기 때문에 공극을 통한 공기의 유통이 쉽다(Scott와 Abbott, 1995; Casey, 1981). 따라서 플러그 육묘시 문제가 되고 있는 토양통기성(Bristow와 Kolseth, 1986)을 플라스틱으로 만들어진 플러그 트레이보다 월등히 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

국내의 종이 생산 및 소비량은 전세계 국가 중에 10위 내외로 종이의 원료인 펄프의 제조기술, 종이의 생산 및 가공기술 등, 종이의 대량생산에 필요한 기본적인 기술은 발달되어 있다. 그러나 육묘용 포트원지의 같은 특수한 기능을 가진 종이는 축적된 기술의 미비와 국내 소비시장의 부족으로 인해 생산되지 않고 있으며 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 그러므로 종이포트의 재료인 육묘용 포트원지를 생산하기 위한 일환으로 수입 육묘용 포트원지의 습윤 및 건조강도와 투기도를 측정하고, 실험실적으로 포트원지를 제조하여, 그 특성을 분석하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료: 육묘용 포트원지의 강도적 특성을 파악하고, 다른 종류의 종이 물성과 비교하기 위하여 일본산 육묘용 포트원지(베어보트, 日本蒔菜製糖株式会社, J-Pot), 습식 복사용지(주식회사 세풍, PPC) 그리고 크라프트지(주식회사 온양 펄프, Kraft paper)를 공시재료로 사용하였다.

실험실적으로 수입 육묘용 포트원지 품질에 가까운 육묘용 포트원지를 제조하기 위하여 Simpson사(Tacoma시, 미국)의 100% 소나무 표백 크라프트 펄프와

Unitica Ltd.(Osaka시, 일본)의 Poly Vinyl Alcohol(PVA) fiber-A, PVA fiber-B 의 3가지 펄프를 사용하였다. 종이에 소수성을 부여하기 위하여 강화 로진 사이즈 및 반응성 사이즈제로 알려진 alkylketene dimer [(AKD, (주)태광화학)]를 사용하였다. 장시간 수분에 노출되는 사용 용도의 특성상 육묘용 포트원지는 높은 습윤강도를 필요로 하므로 습윤지력 증강제는 (주)태광화학의 Finex를 사용하였다.

자료제조: 소나무 크라프트 펄프를 TAPPI Test Method T200 sp-96 (TAPPI, 1996)에 의하여 Valley beater(Wintree Corporation, Model 334)를 이용하여 여수도가 300mL CSF (Canadian Standard Freeness)가 되도록 고해한 후, 여기에 실험실용 해리기를 이용하여 완전히 해리된 PVA섬유를 자료에 첨가하였다. 이와 같이 혼합한 자료를 3% 농도로 증류수로 희석한 후, 사이징 처리를 위해 건조 펄프 무게에 대하여 강화 로진사이즈제(KRS-50, 금양화학)를 1% 첨가하고, 사이즈제의 정착을 위하여 공업용 황산 알루미늄 10% 희석액을 첨가하여 자료의 pH를 5.0으로 조절하였다. AKD 사이즈제의 정착과 습윤 지력 증강을 위하여 아크릴아마이드계 고분자 첨가제인 Finex를 중량비로 건조 펄프의 1~3%를 첨가하였다.

수초지 제조: 수초지 제조는 실험실용 원형 수초지기를 이용하여 평량이 70g·m⁻²인 종이를 제조하였다. 수초지 제조방법은 TAPPI Test Method T205 sp-95(TAPPI, 1996)를 따랐으며, AKD의 사이즈도 발현을 위하여 105℃에서 30분간 열풍건조 하였다.

종이특성 측정: 종이특성의 측정은 TAPPI Test Method T220 om-88, T403 om-91, T456 om-87과 T494 om-88(TAPPI, 1996)을 따랐으며, 포트원지의 강도적 특성을 파악하기 위하여 인장강도와 파열강도를 각각 건조상태와 습윤상태에서 측정하였다. 육묘용 포트원지는 토양 속에서 높은 수분 조건하에서 일정한 강도를 유지해야 하므로 습윤강도 측정시 시편을 물 속에 침지시킨 후 2시간 동안 방치하여 완전히 젖은 상태가 되도록 한 후, 흡수지로 표면의 수분을 제거하여 습윤 인장강도와 습윤 파열강도를 측정하였다. 투기도는 Gurley air permeability tester(Lorentzen & Wettre, SE121)를 사용하여 100mL의 공기가 시료를 통과하는데 소요되는 시간을 초로 측정하여 Gurley sec.로 표시하였다.

결과 및 고찰

수입 육묘용 포트원지와 복사용지, 크라프트지의 물리적 특성: 일반적으로 사용하고 있는 육묘용 포트원지의 강도적 특성을 다른 지종과 비교 분석하기 위하여 수입 육묘용 포트원지(J-Pot)와 건식 복사용지(PPC), 그리고 강도적 특성이 우수한 크라프트지(Kraft paper)의 인장강도와 파열강도를 건조상태와 습윤상태에서 기계방향(machine direction, M.D.)과 폭방향(cross-machine direction, C.D.)으

본 논문은 1996년 충북대학교 첨단원예기술개발연구소의 기본연구비에 의해 수행된 결과의 일부임.

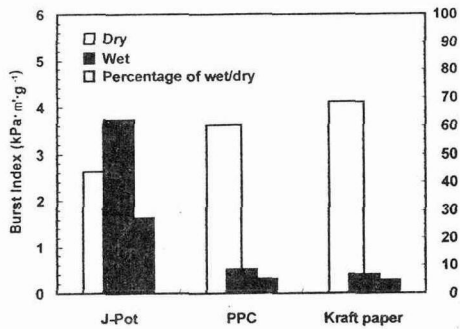


Fig 1. Dry and wet burst strengths and percentage of wet burst strength based on dry burst strength.

로 측정, 비교하였다. 측정된 시료들의 평량은 수입 육묘용 포트원지 72g·m², 복사용지 72g·m², 그리고 크라프트지가 102g·m²이었다. 이들의 밀도는 각각 0.56, 0.88, 0.67g·cm⁻³로 육묘용 수입 포트원지가 가장 낮았다.

이들의 파열강도를 측정된 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 건조상태에서의 파열강도의 경우 크라프트지(Kraft paper)가 4.12 kPa·m²·g⁻¹으로 가장 높았으나, 완전히 젖은 상태, 즉 습윤 파열강도는 건조 파열강도의 6.85%인 0.28 kPa·m²·g⁻¹로 건조 파열강도 대비 습윤 파열강도가 가장 낮았다. 수입 육묘용 포트원지(J-Pot)의 경우 건조 파열강도는 2.63 kPa·m²·g⁻¹으로 가장 낮았으나 습윤 파열강도는 건조 파열강도의 62.4%인 1.64 kPa·m²·g⁻¹로 가장 높은 결과를 나타내었다. 이는 육묘용 포트원지의 용도 특성상 수분이 많은 토양 속에서 수주 또

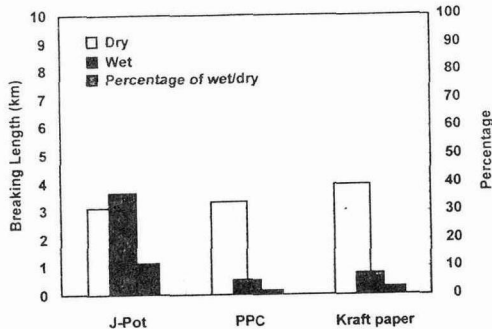


Fig 2. Dry and wet breaking lengths in C.D. and percentage of wet breaking length based on dry breaking length.

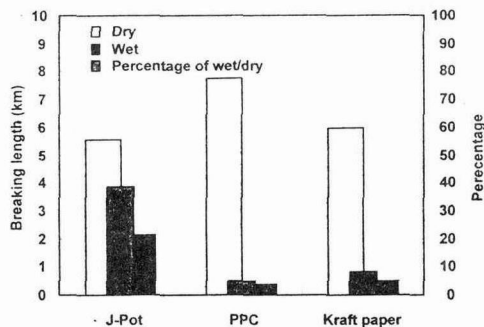


Fig 3. Dry and wet breaking lengths in M.D. and percentage of wet breaking length based on dry breaking length.

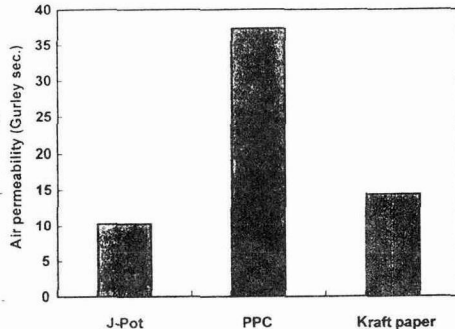


Fig 4. Air permeability of J-Pot, PPC, and Kraft paper.



Fig. 5. SEM-micrograph of the base paper of the seedling plate.

는 수개월간의 육묘 기간을 거친 후 경작지로 이식될 때 종이 포트가 터지지 않을 정도의 강도를 가져야 하기 때문에 일반적인 용도의 복사지나 크라프트지의 습윤강도에 비해 월등히 높은 습윤강도를 가지도록 제조되었기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 2와 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 기계방향(M.D.)의 인장강도를 나타내는 열단장은 복사지가 7.74 km로 가장 우수하였으나, 습윤시의 결과는 복사지의 경우 건조 인장강도의 4.82%, 크라프트지가 건조 인장강도의 8.27%로 매우 낮았고, 수입 육묘용 포트원지의 경우가 건조시의 38.7%로 가장 높은 결과를 나타내었다. 파열강도와 마찬가지로 인장강도도 습윤상태에서 강하도록 제조되었음을 알 수 있었다.

Gurley air permeability tester를 이용하여 3가지 원지의 투기도를 측정된 결과는 Fig. 4와 같았다. 투기도는 일정한 부피의 공기가 종이를 통과할 때 걸리는 시간으로 측정하므로 시간이 짧을수록 투기도가 높은 것이다. 따라서 Gurley sec.로 측정된 수입 포트원지의 투기도가 10.3초로 가장 높았으며, 이는 토양 속에서 공기와 수분의 이동이 잘 되도록 제조되었기 때문인 것으로 사료된다.

수입 육묘용 포트원지의 원료 분석: 육안에 의한 종이 표면 관찰 결과 천연목재 펄프 이외의 다른 펄프가 혼용되어 있음을 알 수 있었고, 이를 확인하기 위하여 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 종이의 표면을 관찰하였다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 펄프의 표면이 고해(beating)로 인하여 피브릴(fibril)화 되어있는 천연 목재 섬유와는 달리 합성섬유는 전혀 피브릴화가 진행되지 않고 매끈한 표면상태를 유지하고 있음을 관찰할 수 있었다. 또한 섬유

Table 1. The stock compositions used in the first trial of making base paper of paper pot.

	T1-1	T1-2	T1-3	T1-4
Kraft pulp	100%	100%	70%	70%
PVA fiber-A	-	-	20%	20%
PVA fiber-B	-	-	10%	10%
Rosin sizing	-	1%	-	1%
Freeness of Kraft pulp	400ml CSF ^z	400ml CSF	300ml CSF	300ml CSF

^zCSF (Canadian Standard Freeness) is the rate at which drains from a fiber suspension through a wire mesh screen. It is reported by the volume of water in milliliters flowing through the side orifice of the tester.

Table 2. Grammage and apparent density of the handsheets made in the first trial.

	T1-1 ^z	T1-2	T1-3	T1-4
Grammage (g·m ⁻²)	72.74	74.58	73.06	73.95
Apparent density (g·cm ⁻³)	0.64	0.63	0.55	0.56

^zSee Table 1 for compositions.

Table 3. The stock compositions used in the second trial of making base paper of paper pot.

	T2-1	T2-2	T2-3
Kraft pulp	70%	70%	70%
PVA fiber-A	20%	20%	20%
PVA fiber-B	10%	10%	10%
AKD	0.5%	1%	2%
Finex-A	1%	2%	3%
Freeness of Kraft pulp	300ml CSF	300ml CSF	300ml CSF

Table 4. The stock compositions used in the third trial of making base paper of paper pot.

	T3-1	T3-2	T3-3
Kraft pulp	70%	70%	70%
PVA fiber-A	20%	20%	20%
PVA fiber-B	10%	10%	10%
AKD	0.5%	0.5%	0.5%
Finex-B	1%	2%	3%
Freeness of Kraft pulp	300ml CSF	300ml CSF	300ml CSF

의 말단이 섬유 폭 방향으로 말끔히 절단된 점도 천연 펄프섬유에서는 볼 수 없는 현상이다. 이러한 특징들은 합성화학섬유에서 쉽게 관찰된다. 합성섬유는 일정기간 토양 속에서 사용되는 동안 부식에 대한 저항성을 부여하기 위해 사용된 것으로 생각된다.

실험실적으로 제조한 육묘용 포트원지의 물리적 특성: 앞에서 얻어진 결과를 바탕으로 수입 육묘용 포트원지의 특성을 구현하기 위해 3차에 걸쳐 실험실적으로 포트원지를 제조하였다. 먼저 1차 수초지 실험에서는 사이즈제 처리에 따른 습윤강도의 변화와 합성섬유 혼용시 강도적 특성 변화를 관찰하고자 사이즈제 처리와 무처리, 그리고 소나무 크라프트 펄프 100%, 합성섬유 혼용으로 나누어 Table 1과 같은 재료조성으로 수초지를 제조하였고, 이들의

평량과 종이밀도를 Table 2에 나타내었다. 사이즈제 처리한 경우가 무처리 보다 다소 좋은 결과를 보였지만 건조 인장강도의 30% 이상에 해당하는 습윤 인장강도를 보이는 수입 포트원지의 강도에 비교해 보면 로진사이즈 처리만으로는 습윤 인장강도를 향상시킬 수 없을 것으로 판단되어, 한층 더 강한 내수성과 습윤강도를 가지는 종이를 만들기 위해서는 반응성 사이즈제와 습윤 지력증강제의 사용이 필요할 것으로 판단되었다.

1차 수초지의 강도 측정 결과 건조상태의 강도적 성질은 수입 포트원지보다 우수하였으나 습윤상태의 강도는 수입 포트원지보다 현격히 낮았다. 그러므로 습윤 지력증강제의 첨가가 요구되며, 더 강한 사이즈제 처리가 필요한 것으로 판단되어 사이즈제를 증가시키기 위하여 로진사이즈제 대신 반응성 사이즈제인 AKD를 사용하고, 습윤 상태의 강도를 향상시키기 위하여 습윤 지력증강제인 Finex를 첨가하여 2차 수초지 실험을 하였다. Table 3에 2차 수초지의 재료 조성을 나타내었다. 일반적인 종이를 만들 때에는 AKD를 건조 펄프무게에 대하여 0.1~0.5% 첨가하나, 본 실험에서는 육묘용 포트원지의 사용 용도상 극단적으로 강한 물에 대한 저항성을 부여하기 위해 0.5~3%로 다량 첨가하였다. AKD를 펄프섬유에 정착시키고 습윤강도를 부여하기 위하여 건조 펄프무게에 대하여 Finex-A를 1~3% 첨가하였다. Fig. 6과 Fig. 7에 2차 수초지의 파열강도와 열단장으로 측정된 인장강도 결과를 각각 나타내었다. AKD의 첨가량이 증가함에 따라 건조상태의 인장 및 파열강도가 감소하는 경향을 보이는데 이는 AKD가 섬유간 수소결합을 방해하기 때문

인 것으로 판단되었다.

건조상태의 강도는 파열강도와 인장강도 모두 수입 포트원지보다 우수한 결과를 나타내었는데, 이는 원료로 사용한 소나무 크라프트 펄프의 섬유자체 강도가 높았기 때문인 것으로 생각된다. 습윤상태에서는 AKD 및 Finex-A의 첨가량이 증가되어도 파열강도와 인장강도가 거의 일정하였다. 파열강도의 경우 1.68~1.77 kPa·m²·g⁻¹이었고, 열단장은 1.73~1.79 km 로 수입 포트원지의 강도와 비슷한 수치를 나타내었다. 사이즈제 및 지력증강제의 첨가량이 증가할수록 투기도가 저하되어 T2-1, T2-2, T2-3의 Gurley sec.로 측정된 투기도가 각각 69.7초, 97.2초, 157.1초이었다. 투기도가 10.3초인 수입 포트원지에 비해 실험실에서 제조한 포트원지의 특성이 크게 떨어지므로 투기도의 개선이 요구되었다. 균일한 지합상태에서 지료의 고해도를 낮추고, 압착공정에서 압력을 낮추고, 밀도를 낮춰줌으로써 투기도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

AKD 첨가량의 증가에 따라 건조상태의 강도는 오히려 저하되고, 습윤시의 강도는 거의 일정한 값을 보이므로 AKD의 첨가량은 무게비로 건조 펄프의 0.5%만으로도 충분할 것으로 사료되었다. 습윤강도는 Finex-A의 첨가량이 증가하여도 거의 일정한 값을 보이므로 Finex-A는 본 연구의 습윤 지력증강에 적합하지 못한 것으로 판단되었다. 따라서 습윤 지력강도를 더욱 향상시키고, 투기도를 개선하기 위하여 AKD의 첨가량은 건조 펄프 무게에 대하여 0.5%로 고정하고, 습윤 지력증강제를 Finex-A 대신 Finex-B를 1-3% 첨가하여 3차 수초지 실험을 실시하였다.

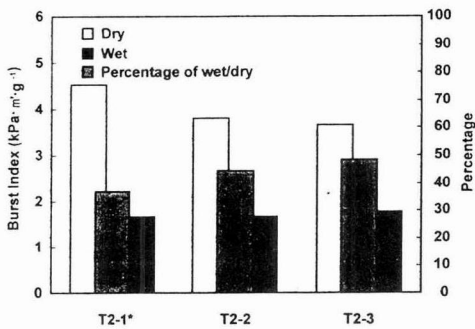


Fig. 6. Dry and wet burst strengths of the papers made in the second trial See Table 3 for composition.

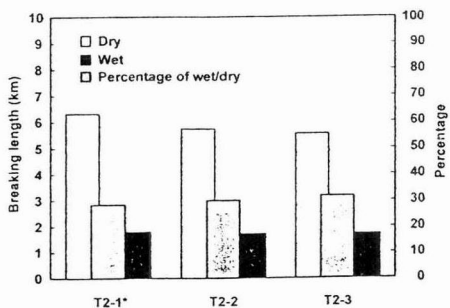


Fig. 7. Dry and wet breaking lengths of the papers made in the second trial See Table 3 for composition.

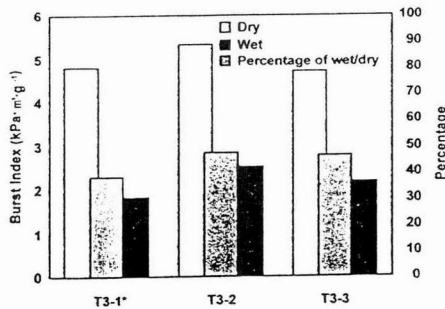


Fig. 8. Dry and wet burst strengths of the papers made in the third trial See Table 4 for composition.

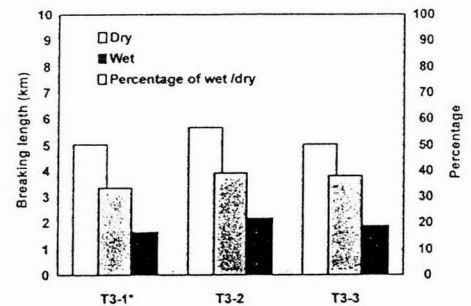


Fig. 9. Dry and wet breaking lengths of the papers made in the third trial. See Table 4 for composition.

Table 4에 3차 수초지 실험의 지표조성비를 나타내었다. Fig. 8과 Fig. 9에 도시한 바와 같이 AKD 0.5%와 Finex-B 2%를 첨가한 T3-2 수초지의 강도가 건조상태와 습윤상태에서 모두 가장 우수한 결과를 나타내었다. Finex-B를 3% 첨가한 T3-3 수초지가 건조 및 습윤 상태에서 모두 2% 첨가한 T3-2 수초지보다 파열강도와 인장강도가 저하되었다. 그러므로 강도적인 측면에서 볼 때 실험실적으로 제조한 포트원지의 최적 지표조성비는 T3-2로 사료된다. 그러나 원지의 투기도가 습윤 지력증강제 Finex-B의 첨가량 증가에 따라 크게 저하되어 Finex-B의 첨가량이 2%, 3%인 T3-2와 T3-3은 투기도가 30초 이상으로 수입 포트원지의 투기도가 10.3초인 것에 크게 못 미치는 것으로 나타났다. 포트원지의 특성중 투기도는 토양 속에서의 수분의 이동 등에 크게 영향을 미치고, 이는 식물생장의 중요한 영향인자로 알려져 있으므로(Reed, 1997) 지합이 균일한 상태에서 지표의 교해도를 낮추고, 압착공정에서의 압력을 낮추어, 겉보기 밀도를 낮춤으로써 투기도를 향상시켜야 하겠다. 그러므로 포트원지의 최적 지표조성비는 건조상태 및 습윤상태의 강도적 측면뿐만 아니라 투기도 등을 모두 고려하여 결정하여야 할 것으로 사료된다.

수입 육묘용 포트원지를 분석한 결과, 사용환경 특성상 일반종이보다 높은 습윤 강도를 가지고 있었다. 습윤상태에서의 강도가 건조상태의 약 35% 이상의 인장강도와 약 60% 이상의 파열강도를 나타내었다. 육묘판의 강도를 유지하기 위해서 합성섬유를 약 30% 혼용하고 있었다. 또한 수분, 공기 등의 효율적 이동을 위하여 Gurley sec.로 측정된 투기도가 약 10초로 높은 수준이었다. 수입한 육묘용 포트원지와 유사하도록 실험실적으로 제조한 포트원지의 사이즈도는 AKD를 무게비로 건조 펄프의 0.5%를 첨가하여 충분히 얻을 수 있었다. 0.5% 이상 투입할 경우 사이즈 효과는 향상되나 강도 저하의 원인이 되었다. 강도적 측면에서는 Finex-B를 건조 펄프 무게에 대해 2%를 첨가하는 것이 가장 좋은 결과를 보였다. 실험실적으로 제조한 포트원지는 강도적 측면에서는 수입 포트원지보다 우수하나, 투기도가 다소 낮으므로 이를 개선하기 위한 노력이 필요하다.

추가 주요어: 인장강도, 파열강도

Bristow, J.A., and P. Kolseth. 1986. Paper structure and properties. Inter. Fiber Sci. and Tech. Series. Vol.8. p.183-187.

Casey, J.P. 1981. Pulp and paper. Vol. 3. Wiley Interscience, New York. p. 1751-1758.

Choi, J.M., J.W. Ahn, J.H. Ku, and Y.B. Lee. 1997. Effect of medium composition on physical properties of soil and seedling growth of red pepper in plug system. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38:618-624.

Kim, S.B. 1996. Product technology of seedling plate. Agri. and Hort. 116:126-129.

Reed, D.W. 1997. Water, media, and nutrition for greenhouse crops. Ball Publishing, Batavia. p.89-118.

Scott, W.E. and J.C. Abbott. 1995. Properties of paper, An Introduction. TAPPI Press, Atlanta. p.61-62.

Song, C.Y., J.M. Park, J.M. Choi, C.S. Bang, and J.S. Lee. 1996. Effect of composted rice-hull on physico-chemical properties of growing media and growth of *Petunia hybrida*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 37:451-454.

Technical Association of Pulp and Paper Industry (TAPPI). 1996. TAPPI Test Methods. TAPPI Press, Atlanta.