Journal of Natural Science
Pai Chai University, Korea
Vol. 11, No. 1 : 131 135, 1998

분쇄와 폐암면의 혼합에 의한 소나무 수피의 보수성 증진

최종명, 정해준, 최종승
배재대학교 원예조경학부

Improving Moisture Retention Capacity of Pine Bark by Grinding and Blending with Recycled Rockwool

Jong Myung Choi, Hae Joon Chung, Jong Seung Choi
Division of Hort. & Landscape Architecture, Pai Chai University.
corresponding author

본 연구는 소나무 수피를 상토로 이용하기 위한 연구의 일환으로 보수성을 증진하기 위하여 수행하였다. 연구목적을 달성하기 위하여 건조된 수피를 Wiley mill 또는 hammer mill로 분쇄하여 입도분포를 조절하거나, 분쇄된 물질에 폐암면을 일정 비율로 혼합한 후 토양물리적 특성의 변화를 조사하였다. 분쇄전 수피는 5.6 mm 이상의 직경을 가진 입자의 점유 비율이 86.5%였으나, Wiley mill 또는 hammer mill로 분쇄하므로써 1 mm 이상의 직경을 가진 입자의 점유비율이 감소하고, 1 mm 이하의 입자 비율이 증가하였으며, Wiley mill이 hammer mill보다 분쇄효과가 높았다. 분쇄에 의해 공극율 및 기상율이 감소하고 용기용수량 및 잔존수분량이 증가하여 보수성이 증가함을 나타내고 있다. Wiley mill로 분쇄된 물질에 50%의 폐암면을 혼합한 경우 공극율 81.1%, 용기용수량 67.7%, 기상율 13.4%, 잔존수분량이 235 ml를 갖는 것으로 측정되었는데, 이것은 분쇄와 폐암면의 혼합에 의해 보수성이 증가하였으며, 상업적 생산에 가장 많이 이용되는 피트모쓰+질석 대조구에 비해 보수성이 증가함에도 불구하고 더 좋은 통기성을 보유함을 의미하고 있다

The objective of this research was to improve moisture retention capacity of pine bark. To achieve this, barks were ground with Wiley mill or hammer mill and were blended with recycled rockwool. Then, changes of soil physical properties were determined. The percentage of particles larger than 5.6 mm was 86.5% in raw materials. The percentage of particles larger than 1 mm decreased and those of particles smaller than 1 mm increased by grinding with Wiley mill or hammer mill. Grinding with Wiley mill showed better effect than those of hammer mill in decreasing particle size distribution. Grinding resulted in decreased total porosity (TP) and air space (AS) and increased container capacity (CC) and residual water content (RW), indicating improved moisture retention capacity. The material ground with Wiley mill, then blended with 50% recycled rockwool had 81.1%, 67.7%, 13.5% and 235 ml in TP, CC, AS and RW, respectively. These results indicated that moisture retention capacity was improved by blending with recycled rockwool, but aeration of root media was much better than those of peat+vermiculite (1:1, v/v), which is commonly used in commercial production.

Key words : air space, container capacity, particle size distribution, total porosity

I. 서 론

수입원목으로부터 탈피된 소나무 수피는 입자가 크고 통기성이 높기 때문에 작물 생육중 고도의 토양 통기성을 요구하는 난류의 재배시 인공상토로 많이 이용되어 왔다. 그러나 소나무 수피

는 다른 화훼작물의 포트나 프러그 재배에도 이용할 수 있는 잠재력이 높아서 미국을 비롯한 외국에서 분화재배에 많이 이용하고 있으나 (Nelson, 1991), 상토로 이용할 경우 통기성이 좋은 반면 보수성이 낮은 단점을 가지고 있다. 보수성이 낮은 상토를 포트나 프러그 재배에 이용할 경우 관수횟수 증가에 따른 노동력, 인건비 및 관수되는 물의 소비량 등이 증가하기 때문에, 상토자체의 보수성을 증가시키지 않을 경우 작물의 생산가가 증가하고 토양수분 관리에 어려움이 발생한다.

상토재료의 보수성을 증가시킬 수 있는 방법으로 여러 연구자들이 입도 분포 조절을 예로 들고 있다(Prasad and Maher, 1993; Bilderback and Fonteno, 1993). 상토를 구성하는 입자의 직경을 작게 할 경우 단위 용적당 표면적이 증가하고 표면적 증가에 의해 입자의 주변을 둘러싸고 있는 모세관수가 증가하기 때문에 상토가 보유하는 총 수분량도 증가한다.

따라서 본 연구는 수입원목으로부터 탈피된 소나무 수피를 Wiley mill이나 hammer mill로 1, 2 또는 3회 분쇄하거나, 폐암면을 혼합하므로써 소나무 수피가 보유한 낮은 보수성을 개선하기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

수피의 수집 및 분쇄 : 수입된 칠레산 소나무 육송(*Pinus densiflora* S. et Z.)으로부터 탈피된 수피를 수입원목이 야적된 곳으로부터 수집한 후 실온에서 1주일 이상 건조시킨 후 실험재료로 이용하였다. 건조시킨 수피는 Wiley mill (Intermediate Thomas Wiley Cutting Mill, Fisher) 또는 hammer mill (진원상사, 서울)로 1, 2 또는 3회 분쇄하거나 분쇄된 수피에 폐암면을 10, 30 또는 50%(v/v)을 혼합하였다.

입도분포의 조사 : 분쇄 전 또는 분쇄 후의 소나무 수피는 ROTAP-Sieve Shaker(W.S. Tyler, Model RX-94-1)를 이용하여 입도분포 조사를 하였다. 입도분포 조사시 시료를 105℃의 건조기에서 24시간 이상 건조시킨 후 13단계로 구분하여 조사하였는데, 전반적인 방법은 Bilderback과 Fonteno(1993)의 방법을 따랐다.

토양 물리적 특성의 조사 : 수피의 토양물리적 특성은 Choi 등(1997)의 방법에 따라 측정하였는데, 조사한 토양물리적 특성은 공극율(total porosity), 용기용수량(container capacity), 기상율(air space), 가비중(bulk density), 진비중(particle density) 및 실험에 이용한 347.5 ml의 core 속에 존재하는 잔존수분량(residual water)이었다. 모든 실험은 7반복으로 수행하였으며, 토양물리적 특성을 측정하기 위하여 조절한 상토의 수분함량(mass wetness)는 실험결과의 Table에 나타내었다.

III. 결과 및 고찰

탈피된 수피를 수집한 후 분쇄하기 전에 측정한 토양물리적 특정은 Table 1에 나타내었다. 대조구로 이용된 피트모쓰+질석(1:1, v/v)이 73.6%의 공극율을 갖는 것으로 조사되었으나 수피는 80.7%로 약 7% 이상 높았으며 기상율에 있어서도 수피가 54.9%로 대조구보다 약 9.7배가 높았다. 그러나 보수성의 지표인 용기용수량(container capacity)에서는 대조구가 67.9%로 조사된 반면, 수피는 25.9%로 측정되어 약 2.6배 낮았고 실험한 core내에 잔존하는 수분량(residual water)에서도 비슷한 경향을 보여 수피가 상토로 이용될 경우 통기성은 좋은 반면 보수성이 너무 낮은 것으로 조사되었다.

Table 1. Characteristics in soil physical properties of pine bark obtained from imported log.

Treatments	MW	TP (%)	CC (%)	AS (%)	BD (g/cm^3)	PD (g/cm^3)	RW (ml)
Peat + Ver.	2.04	73.58	67.91	5.67	0.20	0.77	235.99
Bark	1.21	80.73	25.85	54.88	0.20	1.02	89.83

Abbreviation: [z]MW: Mass wetness, TP: Total porosity, CC: Container capacity, AS: Air space, BD: Bulk density, PD: Particle density, RW: Residual water.

입도분포 조절을 위해 수피를 Wiley mill 또는 hammer mill로 분쇄한 후 조사한 수피의 입도분포는 Table 2와 3에 나타낸 바와 같다. 분쇄전

수피는 1 mm 이상의 직경을 가진 입자가 98.1%를 차지하였으나, Wiley mill로 1회 분쇄한 경우 1 mm 이상의 입자가 76.9%, 2회 분쇄한 경우 65.0%, 그리고 3회 분쇄한 경우 56.2%를 차지하여 직경이 큰 입자의 점유비율이 낮아지는 것을 알 수 있었다. 직경 1 mm 이하의 입자가 차지하는 비율에서는 생수피의 경우 1.9%였으나 1회 분쇄한 수피는 23.1%, 2회 분쇄한 수피는 34.9% 그리고 3회 분쇄한 경우 43.8%로 Wily mill로 수피를 분쇄한 경우 분쇄 횟수 증가에 의해 직경이 작은 입자의 우점 비율이 높아짐을 알 수 있었다.

Table 2. Particle size distribution (%) of pine barks affected by grinding times with Wiley mill.

Particle size distribution	Raw materials	Grinding times		
		1	2	3
>5.6mm	86.51	9.76	0.01	0.04
5.6-4mm	6.03	9.28	2.92	0.19
4-2.8mm	2.70	17.32	13.52	1.75
2.8-2.0mm	1.43	17.17	18.62	14.41
2.0-1.4mm	0.91	13.86	17.39	22.67
1.4-1.0mm	0.52	9.5	12.56	17.12
> 1.0 mm	98.1	76.89	65.02	56.18
1.0-0.71mm	0.28	6.47	8.87	11.56
710-500 μm	0.23	4.43	6.33	7.91
500-355 μm	0.21	3.22	5.03	5.44
355-250 μm	0.24	2.65	4.39	4.50
250-180 μm	0.22	1.90	3.28	3.36
180-106 μm	0.33	2.03	3.51	4.00
<106 μm	0.39	2.41	3.57	7.05
< 1.0 mm	1.80	23.11	34.98	43.82

Table 3에 나타낸 바와 같이 hammer mill로 분쇄된 수피도 1.0 mm 이상의 입자 비율이 1회 분쇄시 97.01%, 2회 분쇄시 75.8% 그리고 3회 분쇄시 74.3%로 점유비율이 낮아지고 있다. 1.0 mm 이하의 비율은 1, 2 및 3회 분쇄시 각각 2.99%, 24.2%, 25.7%로 증가하고 있으나 Wiley mill에 비해 1 mm 이하의 직경을 가진 입자의 점유비율이 현저히 낮은 것으로 조사되었다.

Table 3. Particle size distribution (%) of pine barks affected by grinding times with hammer mill.

Particle size distribution	Raw materials	Grinding times		
		1	2	3
>5.6mm	86.5	52.54	15.85	11.45
5.6-4mm	6.03	17.46	13.22	13.40
4-2.8mm	2.70	12.49	14.26	15.50
2.8-2.0mm	1.43	7.76	12.98	13.87
2.0-1.4mm	0.91	4.56	11.10	11.41
1.4-1.0mm	0.52	2.20	8.38	8.66
> 1.0 mm	98.10	97.01	75.79	74.29
1.0-0.71mm	0.26	1.11	6.57	6.89
710-500 μm	0.23	0.60	5.02	5.21
500-355 μm	0.21	0.35	4.01	4.18
355-250 μm	0.24	0.23	3.13	3.30
250-180 μm	0.22	0.15	1.95	2.17
180-106 μm	0.33	0.20	1.89	1.95
<106 μm	0.39	0.33	1.64	2.02
< 1.0 mm	1.90	2.99	24.21	25.71

분쇄횟수와 분쇄방법에 따른 수피의 물리적 특성의 변화는 Table 4에 나타낸 바와 같다. 피트모쓰+질석(1:1,v/v)이 혼합된 대조구가 73.6%의 공극율을 갖는데 비해 분쇄전 수피는 80.73%의 공극율을 보유하고 있다(Table1). 그러나 Wiley mill로 1, 2 또는 3회 분쇄됨에 따라 70.82, 70.39 및 66.85%로 분쇄횟수가 증가함에 따라 공극율이 감소하는 것을 알 수 있었다. Hammer mill로 분쇄한 경우도 점차 공극율이 감소하는 경향이었으나 Wiley mill로 분쇄된 수피보다 공극율 감소가 적었는데, 이는 입도분포조사(Table 2 및 3)에서 나타난 바와 같이 Wiley mill로 분쇄된 수피에서 작은 직경을 가진 입자들의 우점비율이 높은 것을 고려할 때 이해가 쉬워진다. Verdonck과 Penninck(1986)도 유사한 보고를 한 바 있으며 작은 직경을 가진 입자의 비율이 높아질 때 공극율이 감소한다고 하여 본 연구의 결과를 뒷받침하고 있다.

용기용수량(container capacity)은 분쇄횟수가 증가함에 따라 증가하는 경향이었다. 그러나 피트모쓰+질석 대조구가 67.9%의 용기용수량을 보인데 비하여(Table 1), Wiley mill로 3회 분쇄된 수피는 56.6%, hammer mill로 3회 분쇄된 수피는

Table 4. Effect of grinding method and times on changes of soil physical properties of pine barks.

Treatments[y]	MW[z]	TP (%)	CC (%)	AS (%)	BD (g/cm^3)	PD (g/cm^3)	RW (ml)
W 1	1.47	70.82	41.88	28.94	0.27	0.96	145.5
W 2	1.29	70.37	53.35	17.02	0.28	0.95	185.4
W 3	1.47	66.85	56.58	10.28	0.31	0.93	196.6
LSD α = 0.05[x]	---	2.05	1.87	2.36	0.02	0.06	6.50
H 1	1.31	77.73	40.89	36.83	0.23	1.05	142.1
H 2	1.09	72.35	43.49	28.86	0.27	0.97	151.1
H 3	1.01	70.35	44.28	26.06	0.29	0.96	153.9
LSD α = 0.05	---	5.15	4.33	2.48	0.05	0.07	15.0

Abbreviation: [z]MW: Mass wetness, TP: Total porosity, CC: Container capacity, AS: Air space, BD: Bulk density, PD: Particle density, RW: Residual water [y]W: Wiley mill, H: Hammer mill [x]Mean seperation by Duncan's multiple range test, 5%.

44.3%의 용기용수량을 갖는 것으로 측정되어 프러그재배용 상토로 이용하기에는 보수성이 낮음을 알 수 있었다. 기상율(air space)에서는 Wiley mill로 분쇄된 경우 모든 처리에서 26.17%보다 높게 측정되어 대조구보다 통기성이 월등이 좋음을 알 수 있었다. 입도분포의 변화에 따라 작은 입자의 비율이 높아짐에 따라 진비중(particle density)은 낮아지는 경향이었고 가비중(bulk density)은 높아지는 경향이었는데, Verdonck과 Penninck(1986), 그리고 Prasad와 Maher(1993)의 연구결과와 유사한 경향이었다.

분쇄된 수피에 폐암면을 혼합한 후 측정한 물리적 특성은 Table 5에 나타내었다. 본 연구를 위하여는 Wiley mill 또는 hammer mill로 2회 분쇄된 물질을 이용하여 폐암면의 혼합비율에 따른 물리적 특성을 조사하였다. Wiley mill 또는 hammer mill로 분쇄된 수피에 암면의 혼합비율이 증가함에 따라 공극율은 증가하는 경향이었으며 각 처리간 유의차가 인정되었다. 용기용수량에서도 암면의 혼합비율이 증가함에 따라 뚜렷하게 증가하여 암면이 50% 혼합된 경우 Wiley mill로 분쇄된 수피는 67.7%, hammer mill로 분쇄된 수피는 61.5%로 측정되어 피트모쓰+질석이 혼합된 처리에 근접하고 있으며, 프러그재배시

Table 5. Effect of grinding method and blending ratio with recycled rockwool on changes of soil physical properties of pine barks.

Treatment[y]	MW[z]	TP (%)	CC (%)	AS (%)	BD (g/cm^3)	PD (g/cm^3)	RW (ml)
Grind materials	1.21	70.37	25.85	17.02	0.28	0.95	185.40
W 10%	1.96	78.26	61.16	17.10	0.23	1.08	212.53
W 30%	2.27	79.10	63.77	15.33	0.25	1.19	221.59
W 50%	2.10	81.05	67.69	13.36	0.26	1.38	235.22
LSD α = 0.05[x]	---	2.05	1.97	1.52	1.02	0.08	6.79
H 10%	1.21	72.35	43.49	28.86	0.35	0.97	151.10
H 30%	1.27	74.08	55.33	18.75	0.33	1.24	192.28
H 50%	1.92	75.68	61.50	14.18	0.32	1.42	213.71
LSD α = 0.05	---	1.68	1.54	1.49	0.02	0.07	5.37

Abbreviation: [z]MW: Mass wetness, TP: Total porosity, CC: Container capacity, AS: Air space, BD: Bulk density, PD: Particle density, RW: Residual water [y]W: Wiley mill, H: Hammer mill [x]Mean seperation by Duncan's multiple range test, 5%.

보수성 증가에 의해 관수횟수를 줄일 수 있을 것으로 예상되었다. 기상율은 암면의 혼합에 의해 감소되고 있으나 암면이 혼합된 모든 처리에서 피트모쓰+질석이 혼합된 처리보다 3배 이상 높아 통기성이 월등히 좋음을 나타내고 있다(Nelson, 1991; Verdonck and Pennick, 1986). 폐암면의 혼합에 의해 가비중은 감소하고 진비중은 증가하는 경향이었다. Nelson(1991)에 의하면 가비중이 너무 낮을 경우 작물이 생장함에 따라 식물을 충분히 지주하지 못해 식물이 쓰러지는 문제가 발생한다고 하였는데, 미국에서 가장 많이 이용되는 피트모쓰+질석 처리가 0.20 g/㎤의 가비중을 보이고 있는 점을 고려할 때 (Table 1), 작물 재배 중 상기한 문제점이 발생할 가능성은 극히 적다고 판단되었다.

이상을 요약하면 다음과 같다. 입자의 직경을 감소시키기 위하여 Wiley mill 또는 hammer mill 로 분쇄할 경우 입자직경이 작아지고 작은 입자가 점유하는 비율이 높아졌으며, Wiley mill 이 hammer mill 보다 분쇄 효과가 높았다. 분쇄된 수피는 공극율 및 기상율이 감소하고 용기용수량 및 잔존수분량이 증가하여 통기성은 감소하고 보수성이 증가함을 알 수 있었다. 분쇄된 수피에 폐암면을 혼합할 경우 분쇄된 수피보다 공극율 및 용기용수량이 증가하고 기상율이 감소하였으나 피트모쓰+질석 처리보다 높은 통기성을 갖는 것으로 조사되었다.

IV. 참 고 문 헌

Bilderback, T. E., W. C. Fonteno, and D. R. Johnson. 1982. Physical properties of media composed of peanut hulls, pine bark, and peat moss and their effect on azalea growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 107: 522-525.

Bilderback, T. E. and W. C. Fonteno. 1993. Improving nutrient and moisture retention in pine bark substrate with rockwool and compost combinations. *Acta Hort.*, 342: 265-272.

Bunt, A. C. 1988. Media and mixes for container grown plants. Unwin Hyman, London.

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.

Fonteno, W. C., D. K. Cassel, and R. A. Larson. 1981. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 106: 736-741.

Fonteno, W. C. and P. V. Nelson. 1990. Physical properties of and plant response to rockwool-amended media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 115: 375-381.

Milks, R. R., W. C. Fonteno, and R. A. Larson. 1989. Hydrology of horticultural substrates III; Predicting air and water content of limited-volume plug cells. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 114: 57-61.

Nelson, P. V. Greenhouse operation and management. (4th ed.). prentice Hall. Englewood Cliff. N.J. pp. 189-226.

Prasad, D. and M. J. Maher. 1993. Physical and chemical properties of fractionated peat. *Acta Hort.*, 342: 257-264.

Verdonck, O. and R. Penninck. 1986. Air content in horticultural substrate. *Acta Hort.*, 178: 101-105.