

흉고직경별 약제 수간주입구멍의 크기에 따른 주입구멍의 치유도

— 포스팜 수간주입구멍에 대한 반응 —^{1*}
차병진² · 윤정구³

The Size of Injection Wound, Tree Diameter, and Injection Wound Healing of a Tree

— Response to Pospam Injection Wound —^{1*}
Byeong Jin Cha² and Jeong Koo Yun³

요 약

천공기로 소나무와 밤나무에 구멍을 뚫고 살충제인 포스팜을 수간주입한 후에 주입공 주변의 변화를 조사하였다. 수간주입은 9월에 실시하였으며, 주입공은 지름 1cm와 0.5cm를 비교하였다. 왕성한 수세의 나무들 중에서 공시목을 선발하였으며, 소나무는 흉고직경 10, 20, 30cm, 밤나무는 10, 15, 20cm이었다. 처리 이듬해 6월의 결과조사에서, 외관상으로 부후의 징후를 보이는 나무는 없었으나, 수피를 벗겨낸 목질부에서는 뚜렷한 변색이 일어나고 있었다. 변색의 정도는 수간주입공의 크기에 비례하여, 1cm 주입공에서의 변색부가 0.5cm 주입공에서의 변색부보다 더 컸다. 그러나, 공시목의 종류나 크기는 변색부의 크기와는 관계가 없는 것으로 나타났다. 일부 공시목에서 주입공을 기점으로 하여 목질부가 길이방향으로 갈라져 있는 현상이 나타났는데, 그 길이는 소나무에서 보다는 밤나무에서, 그리고 0.5cm 주입공에서 보다는 1cm 주입공에서 더 길었다. 갈라진 부분에서는 새로운 유조직이 자라나와 갈라진 부분을 메워가고 있었다. 흡수식 수간주입 자체가 나무에 미치는 피해는 밤나무에서, 그리고, 주입공의 크기가 1cm일 때 더 컸다.

ABSTRACT

Responses of Pospam-injected chestnut and pine trees to drill wound were examined. Pospam was injected into the stem by just filling up the drill wound in September 10, 1993. The diameter of the injection wound were 0.5 and 1cm. DBH of chestnut trees and pine trees injected were 10, 15, 20 and 10, 20, 30cm, respectively. The results of tree response were examined in June, 1994. None of them showed any symptom of decay by the time. However, sapwood under the bark was remarkably discolored. The discoloration was more severe in 1cm-injection wound than in 0.5cm one. The severity of discoloration was not differed between species and among DBH applied. The sapwood split was longer in 1cm-injection wounded trees than in 0.5cm trees and longer in chestnut trees than in pine trees. From the split, callus grew out and almost closed the

¹ 접수 1994년 10월 8일 Received on October 8, 1994.

² 충북대학교 농과대학 농생물학과 Dept. of Agricultural Biology, College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju, 360-763 Korea.

³ 충북대학교 농과대학 임학과 Dept. of Forestry, College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju, 360-763 Korea.

* 본 연구는 1993년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 이루어졌음

splits. In the trunk injection tested, the damage was more severe in 1cm injection wound of chestnut trees than in any other combination.

Key word : injection wound, discoloration, *Pinus densiflora*, *Castanea crenata*

서 론

최근들어 여러가지 좋은 약제와 방법들이 개발되면서, 수간주입은 단지 전신성병(Cha and Tattar, 1993; Phair and Ellmore, 1984) 뿐만 아니라 국부성 병의 치료(Schieffer, 1988)는 물론, 수세가 약해진 나무의 수세회복을 위한 영양제의 공급(Tattar, 1989) 등 광범위하게 적용할 수 있는 방법으로, 많은 주목을 받고 있다(Shigo, 1982). 처리할 약제를 나무 안으로 직접 집어넣기 때문에 약액의 손실이 거의 없고 확실한 효과를 얻을 수 있다는 것이 수간주입의 장점이라고 할 수 있다(Tattar, 1989).

현재 우리나라에서는 솔잎혹파리의 구제를 위한 살충제의 처리, 그리고 대추나무 빗자루병의 방제를 위한 항생제의 처리(Park 등, 1994), 그리고 처리 빈도는 아주 낮지만 조경수 및 오래된 고목들에 대한 영양제의 처리 등에 수간주입법을 적용하고 있다. 외국의 경우에는 여러가지 병의 치료와 해충의 구제, 그리고, 다양한 영양제 처리 등에 수간주입법이 자주 이용되고 있는 실정이다(Shigo, 1989).

나무는 동물과는 달리 순환기관이 잘 발달하지를 않았으며, 세포도 상대적으로 단단하기 때문에 수간주입을 하려면 반드시 나무에 구멍을 뚫어야만 한다(Sinclair and Larsen, 1981). 구멍은 주로 드릴을 사용하여 뚫는데, 이 구멍이 나무에게는 상처가 되므로 나무에 스트레스로 작용하기도 한다(Shigo, 1982, 1989). 따라서, 다양한 수간주입의 목적에 맞추어, 나무에 스트레스를 덜 주고 처리의 효율을 높일 수 있는 여러가지 수간주입 방법이 개발되어 있다.

일반적으로 나무의 상처 치유속도에 영향을 미치는 주요인자로는 수종, 상처의 크기 및 깊이를 들 수 있다(Shigo, 1984; Shortle, 1984). 물론, 같은 수종에서도 수세에 따라서 치유정도가 차이 날 수도 있다(Neely, 1970). 그러므로, 수간주입에 의하여 생겨난 주입공들도 그 크기 및 깊

이, 그리고 나무의 종류에 따라서 치유 속도가 다를 것이라는 사실을 유추할 수 있다.

현재 우리나라에서는 중력식과 흡수식 등 몇가지 수간주입법이 주로 사용되고 있으며, 수간주입의 역사도 20년에 이르고 있다. 그러나, 각 수간주입법에 의해 생기는 상처들이 나무에 미치는 영향을 조사한 연구보고는 거의 없다. 수간주입은 병해충을 방제하고 나무의 건강 상태를 좋게 하기 위한 방법이지만, 수간주입에 의하여 생겨난 상처가 제대로 아물지를 않고 오랫동안 상처로서 남아 있으면 그 구멍은 오히려 목재부후균 등 나무에 해로운 병원체들의 침입통로가 될 것이다(Hudler, 1984; Shortle, 1984). 그러므로, 수간주입은 우리가 생각하고 있는 것보다는 위험 부담이 큰 방법이라는 사실을 인식하고, 가장 적당한 시기에 가장 적당한 방법으로 수간주입을 하여야만 할 것이다(Shigo, 1982).

수간주입 자체가 나무의 건강에 미치는 영향을 구명하기 위한 첫단계로서, 본 연구에서는 솔잎혹파리의 방제를 위하여 현재 우리나라에서 가장 널리 사용하고 있는 방법인 '흡수식' 수간주입법을 대상으로 하여, 수간주입공의 크기와 나무의 흉고직경에 따라 달라지는 변색된 목질부의 길이 및 폭 등을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 공시목 선발

소나무(*Pinus densiflora*)와 밤나무(*Castanea crenata*)를 이 실험의 공시수종으로 선발하였다. 본 실험에서는 수세는 하나로 고정하였으며, 흉고직경은 크기에 따라서 세 군으로 나누어 비교하였다. 공시목으로 선발된 나무들은 소나무와 밤나무 모두 왕성한 수세를 보이고 있는 것들이었으며, 수세의 측정은 수관의 상태에 주안점을 둔 육안 달관조사에 따랐다. 공시목들은 소나무와 밤나무 공통적으로 흉고직경에 따라서 10cm(8-12cm)군(群)과 20cm(18-22cm)군 등 2개군과 소나무에서 30cm(28-32cm)군, 그리고, 밤나무

에서 15cm(13-17cm)군 등 각각 3개군으로 나누어졌다. 각 흉고직경군에는 같은 수종의 공시목 6그루씩이 속해 있었으며, 이들은 다시 둘로 구분하여, 각각 다른 크기의 주입구멍으로 수간주입하였다.

본 실험에 사용한 18그루의 소나무와 18그루의 밤나무들이 자라고 있는 장소는 국립공원 월악산 내에 위치한 충북대학교 농과대학 부속연습림이다. 공시목들은 균락을 이루며 자생하고 있는 것들 가운데서 위 기준들에 맞추어 선발하였다.

2. 수간주입 방법 및 약제의 선발

현재 소나무에 수간주입하는 약제는 포스팜(Pospam, 상표명: 다이메크론(Dimecron)) 50% 유제이다. 포스팜은 솔잎혹파리를 방제하기 위하여 정부 주도 하에 광범위한 지역의 소나무에 처리하고 있는 약제이다.

포스팜 처리 관행에 따라 흡수식을 수간주입 방법으로 정하였다. 흡수식 수간주입은 나무에 구멍을 뚫고 그 구멍 속에 약제를 채워넣어 약제가 식물체 속으로 흡수되도록 하는 방법으로서, 그 구멍의 크기가 상당히 크고(지름 1cm) 깊다.

본 실험에서는 이러한 수간주입공들의 크기와 상처가 아무는 정도와의 관계 구멍을 위하여 흡수식으로 약제를 주입하되, 그 주입공의 지름은 일반 흡수식에 사용하는 1cm와 증력식에서 사용하고 있는 0.5cm 두가지를 처리하여 각각에 대한 반응을 비교하였다. 수간주입 약량은 원칙적으로 나무의 흉고직경에 의하여 결정되는 것이므로, 흉고직경 당 똑같은 양을 넣기 위하여 주입공의 직경 0.5cm로 수간주입을 할 때는 직경 1cm로 수간주입할 때보다 4배수의 구멍을 뚫었다.

3. 수간주입

주변 환경, 특히 기상조건의 변화가 수간주입 및 그에 대한 나무의 반응에 미치는 영향을 최소화하기 위하여, 소나무와 밤나무 모두 같은 날 같은 조건 하에서 수간주입을 하였다. 수간주입은 1993년 9월 10일에 하였으며, 이 날을 전후하여 며칠동안 기상조건은 매우 양호한 상태로서 강수량은 거의 없었다. 특히, 수간주입을 한 9월 10일은 해가 뜬 화창한 날이었으며, 대기의 최고 온도는 약 28°C이었다.

포스팜을 흡수식으로 수간주입하였는데, 주입

량은 일반 관행에 따라 나무의 흉고직경에 비례하였으며, 흉고직경 1cm당 0.4-0.7ml 정도이었다. 소나무와 밤나무 각각 두 집단씩으로 나누어서, 한 집단은 지름 1cm 구멍으로, 다른 집단은 지름 0.5cm 구멍으로 수간주입하였다. 구멍의 깊이는 나무껍질의 두께를 제외하고 약 3-4cm이었다. 줄기에 뚫는 구멍의 수는 지름 1cm짜리를 기준하여 나무의 흉고직경 5cm당 하나씩이었다(지름 0.5cm 주입공은 나무의 흉고직경 1.25cm당 하나씩).

수간주입공은 날이 날카로운 드릴로 나무 주간의 지표면 위 약 50-60cm 정도의 높이에 약 50-60° 정도의 각도로 나무 줄기의 가운데를 향하여 뚫었으며, 구멍의 내부에 나무 부스러기 등이 남아 있지 않도록 깨끗이 한 다음에 주사기로 포스팜을 구멍 가득 채워 넣었다.

4. 주입공에 대한 나무의 반응 조사

수간주입 후 처음 맞는 휴면기인 94년 2월 중순에 나무의 겉면에 드러난 수간주입공을 조사하였다. 조사항목은 주입공 주변의 부후 여부, 주입공 위 아래로의 열개현상, 주입공으로의 유조직 형성, 그리고 소나무에서는 송진에 의한 주입공의 폐쇄 정도 등이었다.

수간주입을 하고서 거의 10달이 지난 94년 6월 28일에 결과 조사를 하였다. 앞의 조사에서와 같은 항목들을 조사하였는데, 공시목 겉면에 대한 육안 조사가 끝나면 모든 공시목을 대상으로 목재의 변색을 조사하였다. 각 공시목 당 적어도 두개 이상의 주입공에 대하여 조사하였는데, 우선, 목질부가 드러나도록 잘드는 칼로 수간주입공 위 아래의 나무껍질을 벗겨낸 다음, 목재의 변색이 어느 정도인지, 변색부의 길이와 너비를 측정하였다. 변색부의 길이는 주입공을 기점으로 하여 위나 아래 중 긴 부분을 줄자로 측정하였으며, 너비는 가장 넓은 곳을 버니어캘리퍼로 측정하였다. 길이와 너비 모두 mm 단위까지 측정하였다.

변색이 심한 줄기는 변색부가 포함되도록 일부를 잘라내어 실험실 안에서 습식처리를 하여 나무 조직에서의 미생물의 생육 여부를 알아보았다. 특히 육안관찰에 의하여 목재부후균일 것으로 의심되는 줄기는 조직을 채취하여 실험실에서 감자한천배지에 치상한 다음, 균 배양기에서 배

양하여 구체적으로 판 본리를 시도하였다.

결 과

1. 외부변화 조사

휴면기에 실시한 중간 조사의 결과, 소나무의 경우에는 적어도 외관상으로 보아서는 각 주입공들의 반 이상이 송진으로 막혀 있었으나, 나무껍질을 벗겨보면 주입공이 그대로 드러나는 경우가 대부분이었다. 밤나무의 주입공은 모두가 크기의 변화없이 그대로 남아 있었다. 이러한 외관은 생육기에 실시한 결과 조사 때에도 크게 달라진 것이 없었다. 다만, 1cm 주입공 밤나무 한 그루에서만 주입공으로 부터 짙은색의 액이 흘러나온 흔적이 남아 있었다.

또, 중간 조사 때에는 주입공을 중심으로한 나무껍질의 쪼개짐 현상을 보이는 나무는 한 그루도 없었다. 하지만, 결과 조사 때에는 밤나무 1cm 주입공의 두 그루에서 나무껍질이 주입공을 기점으로 하여 줄기 방향으로 약 10cm씩 갈라져 있는 것을 발견할 수 있었다(Fig. 1). 소나무에서는 나무껍질이 갈라져 목질부가 드러난 개체를 찾을 수 없었다.

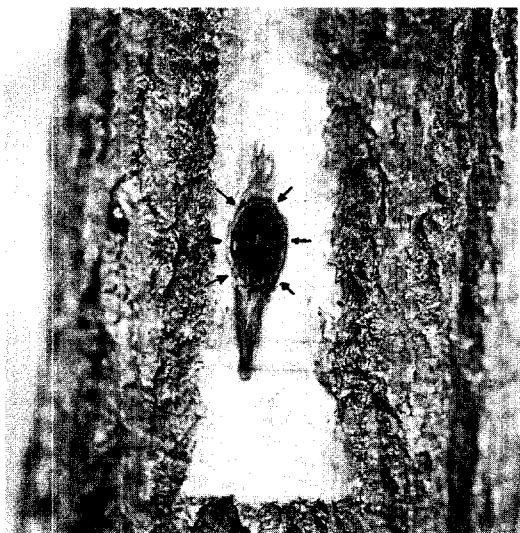
2. 목재의 변색

중간 조사에서는 수종별로 각 주입공 처리 당

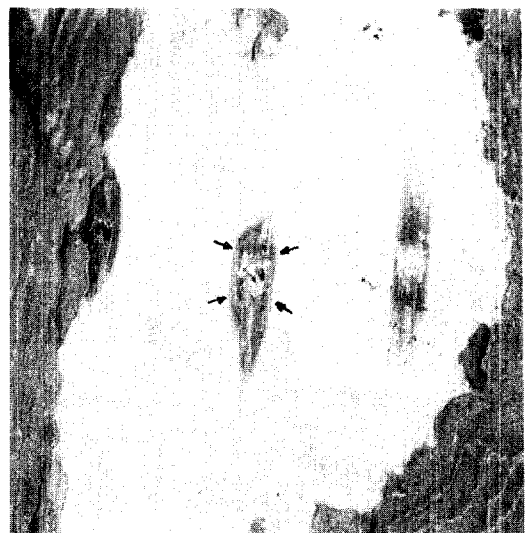
한 그루씩을 무작위로 선발하여 목질부의 변화를 살펴본 결과, 1cm 주입공에서의 변색이 0.5cm 주입공에서의 변색보다 컸다. 하지만, 대부분 길



Fig. 1. Bark split from the injection wound on the stem of chestnut tree.



(A)



(B)

Fig. 2. Discoloration and compartmentalization(arrows) of the wood surrounding injection wound. A: chestnut, B: pine.

이 3-4cm 이내였으며, 밤나무 1cm 주입공에서만 약 10cm에 달했다. 밤나무에서는 주입공이라는 상처에 대한 방어벽의 존재가 주입공의 둘레에 뚜렷하게 형성되어 있는 것이 보였으나, 대부분, 위 아래 방향으로의 목재의 변색이 방어벽을 넘어서서 진전되고 있었다(Fig. 2). 소나무에서는 특히, 주입공의 위 아래로는 뚜렷한 방어벽을 찾아보기는 힘들었으며, 0.5cm 주입공에서만 주입공의 좌우로 방어벽이 약간 눈에 띄었다(Fig.

2). 목재의 변색이 방어벽을 넘어서서 진전되어 가고 있는 현상은 결과조사에서는 뚜렷하게 나타났다.

수간주입 후 10달이 경과한 시점에서 모든 공시목들로 부터 목재 변색부의 크기를 측정하여 각 처리별로 통계처리한 결과, 변색부의 길이는 수간주입공의 지름에 따라 매우 민감하게 변화(신뢰도 99%)하여, 1cm의 경우 0.5cm에 비하여 두배가 넘었다(Table 1). 한편, 1cm와 0.5

Table 1. Mean length of discolored wood found after 10 months of experiments testing trunk injection of dimecron on two tree species.

(unit : cm)

tree species ^{ns}	diameter of injection hole**	tree diameter at breast height ^{ns}	length of discoloration	
			mean(max.-min.)	s.d.
<i>Pinus densiflora</i>	1.0	10	8.70(15.8- 4.4)	4.65
		20	5.85(9.1- 4.1)	1.92
		30	6.53(11.2- 4.0)	2.41
	0.5	10	3.57(6.5- 1.5)	2.0
		20	2.83(3.5- 2.4)	0.43
		30	4.10(5.5- 3.2)	1.01
<i>Castanea crenata</i>	1.0	10	25.18(47.0-20.0)	11.73
		15	17.60(25.0-13.2)	4.88
		20	15.62(23.4- 6.8)	6.53
	0.5	10	11.20(22.3- 1.4)	7.85
		15	5.76(8.1- 3.3)	1.53
		20	3.85(8.4- 2.1)	2.64

** : lengths are significantly different among treatments at 99% confidence level

^{ns} : no difference among treatments

Table 2. Mean width of discolored wood found after 10 months of experiments testing trunk injection of dimecron on two tree species.

(unit : cm)

tree species ^{ns}	diameter of injection hole*	tree diameter at breast height ^{ns}	width of discoloration	
			mean(max.-min.)	s.d.
<i>Pinus densiflora</i>	1.0	10	1.43(1.6-1.3)	0.13
		20	1.53(1.9-1.3)	0.25
		30	1.52(1.8-1.3)	0.16
	0.5	10	0.80(1.3-0.6)	0.24
		20	0.80(1.0-0.4)	0.24
		30	0.87(1.0-0.8)	0.09
<i>Castanea crenata</i>	1.0	10	1.86(2.2-1.2)	0.50
		15	1.73(2.6-1.2)	0.58
		20	2.68(3.0-1.5)	0.76
	0.5	10	1.48(1.9-0.9)	0.40
		15	1.60(2.8-1.4)	0.14
		20	1.08(1.8-0.8)	0.58

* : widths are significantly different among treatments at 95% confidence level

^{ns} : no difference among treatments

cm 모두 밤나무에서의 길이가 소나무에서의 길이보다 길었지만 수종 간에 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 또, 나무의 흉고직경에 있어서도 대개 나무가 굵어질수록 길이는 짧아지는 경향을 보였지만, 역시 통계적인 유의차는 찾아볼 수 없었다. 처리구 전체의 최대치와 최소치 차이는 각 처리구의 평균치 차이보다 더 커서, 0cm 부터 47cm에 이르렀다(Table 1). 최대치와 최소치의 차이는 소나무 0.5cm 주입공에서 가장 작아서 3cm에 불과하였으며, 밤나무 1cm 주입공에서 23.6cm로 가장 컸다. 전체적으로도 소나무가 밤나무보다 안정된 수치를 보였다.

어느 공시목에서든지 변색부의 모양은 위 아래로 긴 마름도꼴을 하고 있었으므로, 변색부의 너비가 가장 넓은 곳은 주입공의 좌우였다. 변색부의 너비는 길이와 비슷한 경향을 보였지만, 주입공의 지름에 따른 변화가 길이에서와 같이 민감하지는 않았다(신뢰도 95%). 변색부의 너비에서는 1cm 주입공의 값이 0.5cm 주입공 값의 두배가 채 되지 않았다(Table 2). 또, 길이에서와 마찬가지로 소나무의 값이 밤나무의 값보다는 작았지만 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 그리고, 소나무의 변색부 너비값은 흉고직경에 따라서도 거의 차이 나지 않았다. 전체 측정치의 최대치와 최소치 차이는 3cm였지만, 각 처리구별로 본다면 소나무에서는 그 차이가 3mm로 매우 작았다. 밤나무에서는 8mm와 28mm(0.5cm 주입공)로서 소나무에서 보다는 차이가 컸다(Fig. 3B). 즉, 너비에서도 소나무가 밤나무보다 전체적으로 안정된 수치를 보였다.

3. 목재의 갈라짐

공시목의 외관 조사에서 나무껍질이 갈라져 있는 개체는 밤나무 두 그루 뿐이었지만, 나무껍질을 벗겨내고서 목질부를 조사한 결과 목질부에 갈라짐 현상이 있는 공시목(Fig. 3)의 수는 소나무가 3그루였으며, 밤나무는 무려 9그루나 되었



Fig. 3. Sapwood split from the injection wound on the stem of chestnut.

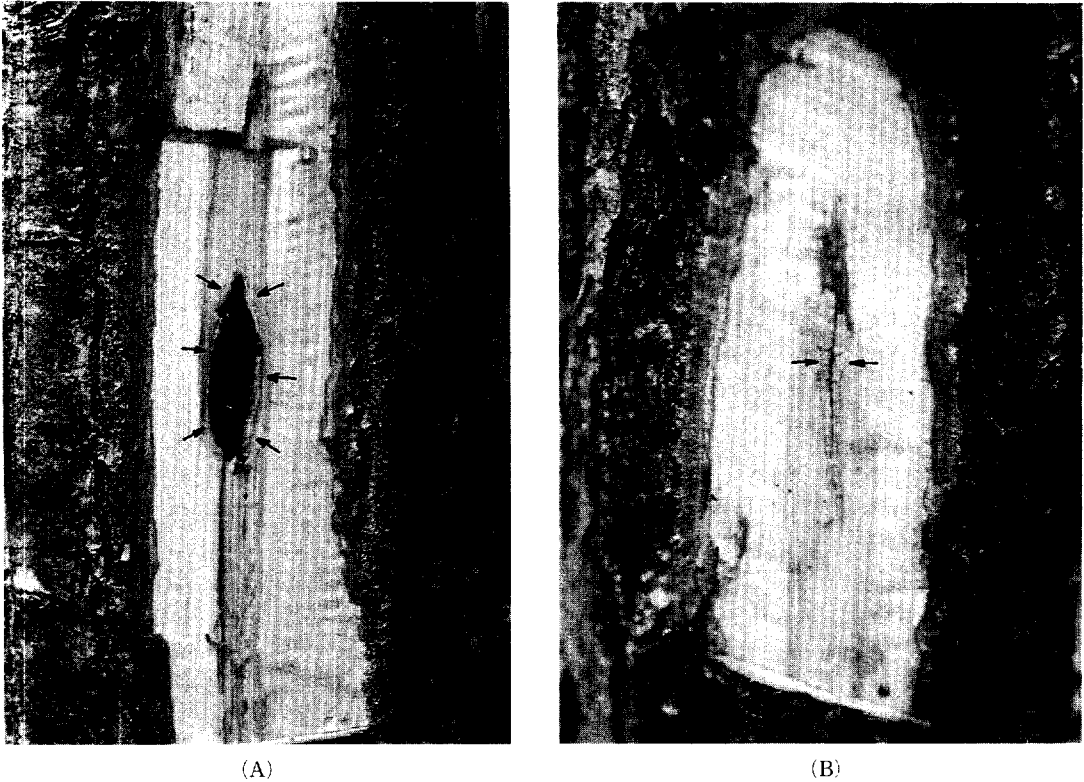
(Table 3). 갈라진 부분의 길이를 나무 한 그루 당으로 환산하면 대개 2-6cm 이었는데, 밤나무 1cm 주입공에서는 이 범위를 크게 벗어나 약 23cm에 달했다. 각 갈라진 부분의 최대치도 역시 밤나무 1cm 주입공에서 79cm를 보여 가장 긴 수치를 기록하였다. 하지만, 갈라진 목질부의 두께(깊이)는 기껏해야 5mm 정도로서, 그리 깊게 갈라지지는 않았다.

4. 주입공의 유조직 형성

식물체의 휴면기 동안에 시행하였던 중간 조사에서는 주입공에 새로운 유합조직을 형성한 공시목은 한 그루도 찾아볼 수 없었다. 하지만, 결과 조사에서는 소나무 1그루와 밤나무 2그루에서 주

Table 3. Number of sapwood-split trees and the length of split from the injection wound.

tree species	diameter(cm) of injection hole	number of wood-split tree	length(cm) of wood crack	
			mean	maximum
<i>Pinus densiflora</i>	1.0	1	6.0	6.0
	0.5	2	1.75	2.0
<i>Castanea crenata</i>	1.0	5	22.90	79.0
	0.5	4	2.0	3.0



(A)

(B)

Fig. 4. Callus from split sapwood(A) and the closure of injection wound by the callus(B).

입공 둘레에 새로운 유조직이 생겨나와 구멍이 거의 막혀있는 것을 발견할 수 있었다. 이들은 모두 0.5cm 주입공으로 수간주입을 한 것들이었다.

한편, 목질부의 갈라짐이 있는 개체들에서는 갈라진 부분에서 새 조직이 만들어져 나와 갈라진 부분을 메꾸어가고 있는 현상을 관찰할 수 있었으며, 0.5cm 주입공의 밤나무에서는 이미 갈라진 부분이 완전히 메꾸어지고, 구멍까지 막혀버린 개체도 볼 수 있었다(Fig. 4).

5. 부후의 검정

외관상 수간주입공 부근에서의 부후가 의심되는 공시목들에서 채취한 조직을 배양한 결과 분리되는 균들은 주로 부생생활을 하고 있는 *Aspergillus* spp.와 *Trichoderma* spp.가 우점종으로 존재할 뿐, 부후균은 분리되지 않았다. 또, 겉으로도 부후의 증거를 보이고 있는 개체는 없었다.

고찰 및 결론

중력식 수간주입에서는 작고(지름 0.5cm) 얇은 구멍을 뚫기 때문에 상대적으로는 문제가 덜하지만, 흡수식에서 사용하는 지름 1cm의 구멍들은 커다란 상처로서 나무에게 심각한 스트레스가 되리라는 것은 충분히 예측할 수 있는 일이다. 이러한 예측은 이번 실험에서 사실인 것으로 드러났다.

수간주입을 하고 최소 서너달이 지난 뒤에 나무의 외관을 관찰해 보면, 소나무의 0.5cm 주입공은 송진이 나와서 상당히 막혀 있었지만, 1cm 주입공은 막히지 않은 채 남아 있었다. 물론, 상처가 난 조직은 송진으로 덮여 있기는 하였지만 그 구멍으로 빗물 등이 흘러들어갈 가능성을 완전히 배제할 수는 없었다. 특히, 밤나무와 같이 수지가 거의 나오지 않으며, 유조직의 형성도 빠르다고 할 수 없는 나무에서는 주입공이 막히기

까지 오랜 시간이 걸리기 때문에 이러한 우려는 더 크다고 할 수 있다. 주입공 속에 물이 고이면 구멍 내부 또는 둘레의 조직들이 미생물이 번성하기에 좋은 조건이 되기 때문에 나무가 썩을 확률도 그만큼 커진다고 할 수 있다(Shigo, 1976). 나무가 상처를 받으면 그에 대응하기 위한 여러 가지 화학적 반응에 의하여 목부의 색이 변화하는데(Shigo and Hillis, 1973), 살아있는 나무에서의 썩음(부후)은 상처에 의하여 도관, 체관 등이 노출된 결과 만들어진 변색부로 부터 시작되는 것이 일반적이다(Shortle, 1984). 그러므로, 이러한 변색은 썩음으로 이어질 수도 있는 중요한 반응인 것이다.

본 실험의 결과, 모든 나무에서 수간주입구멍 둘레의 목질부가 변색하였는데, 그 길이나 너비 등이 나무의 종류에 따라서 달라지지는 않았다. 하지만, 여기서 조사한 것은 2개 수종 뿐인 것을 감안한다면, 수종에 따른 반응의 차이가 없다고 선불리 단언할 수는 없으며, 더 다양한 수종들을 조사한다면 수종에 따른 반응의 차이를 발견할 수도 있을 것이다.

밤나무에서는 흉고직경이 커질수록 변색부의 길이는 짧아지는 현상을 보였으나, 소나무에서는 흉고직경과 변색부의 길이와의 뚜렷한 상관관계를 찾기가 힘들었다. 그러나, 두 수종 모두 변색부의 길이는 주입공의 크기와는 밀접한 관련이 있어서 1cm 주입공에서의 변색 길이는 0.5cm 주입공 변색 길이의 두배가 넘었다. 이러한 현상들은 변색부의 최대너비에서도 마찬가지였다. 다만, 주입공의 크기와 변색부 너비 사이에 나타난 유의차의 신뢰정도(95%)는 길이 값의 신뢰정도(99%)보다는 조금 낮았다. 따라서, 주입공에 대한 나무의 반응을 조사할 때는 변색부의 길이를 살피는 것이 더 좋은 방법이라고 할 수 있다.

주입공으로부터 목질부가 갈라지는 현상은 두 수종 모두에서 나타났지만, 그 빈도 면으로 본다면 밤나무(9그루)가 소나무(3그루)보다 많았다. 이러한 차이는 아마도 수종 고유의 성질 차이 때문일 수도 있지만, 상록수와 낙엽수의 차이도 무시할 수는 없을 것이다. 왜냐하면, 이 목질부의 갈라짐은 겨울 일소(피소)의 때문일 가능성이 크기 때문이다. 본 실험에서 관찰한 목질부의 갈라짐은 거의 다 나무 줄기의 남서쪽면에 뚫은 주입공으로부터 시작되었다. 상처가 없는 나무 줄기

라고 할지라도 겨울철에는 줄기의 서남쪽 면의 주야간 온도차이가 심하여, 줄기의 심한 팽창과 수축 때문에 줄기가 갈라지는 경우가 많다(Tattar, 1989). 그런데, 본 공시목들은 주입공이라는 상처 주변의 팽창과 수축에 의하여 더 쉽게 갈라졌을 가능성이 많다. 더군다나 이들은 모두가 균락을 이룬 것들이므로, 상록수인 소나무는 겨울에도 수관이 해를 가려서 줄기가 햇빛을 덜 받았을 것이지만, 밤나무의 수관은 해를 가리지 못하여 줄기 면의 낮과 밤의 온도차가 보다 더 심했을 것이고, 그 결과 목질부가 피소현상이 더 심하게 나타난 것으로 여겨진다. 갈라진 정도(길이) 또한 밤나무가 소나무보다 길었다. 주입공의 크기 역시 목질부의 갈라짐과 관계가 있었는데, 0.5cm 주입공에서는 2cm 정도이던 것이 1cm 주입공에서는 평균 20cm 정도였다. 최대치(79cm)를 보인 것은 흉고직경 10cm 군의 1cm 주입공 밤나무였다. 즉, 목질부의 갈라짐은 상록수보다는 낙엽수에서, 흉고직경은 작을수록, 그리고 주입공의 크기는 클수록 더 잘 나타난다는 것을 알 수 있다. 밤나무의 9그루는 전체 공시 밤나무의 절반에 해당하는 것이다. 문제는 이러한 목질부 갈라짐에 따라서 변색이 더 진전되고 부후의 가능성도 높아진다는 것이다. 변색은 갈라진 부분의 끝까지 진전되어 있었다.

한편, 이렇게 갈라진 부분에서 유조직이 생겨나 그 상처를 메꾸어가는 것도 관찰되었다. 구멍이 완전히 막혀버린 공시목은 소나무 한 그루와 밤나무 두 그루 등 총 세 그루 뿐이었는데, 이들은 모두 0.5cm 주입공으로 수간주입한 것들이었다. 하지만, 이들도 내부에서는 비록 짊기는 하지만 목질부가 갈라졌었던 흔적이 있었으며, 갈라진 부분에서 유조직이 자라나와 갈라진 틈과 주입공을 막고 있었다.

이상의 결과를 종합한다면, 수간주입된 나무는 주입 후 곧 휴면기에 들어갔으며, 겨울철에 줄기가 반복하여 햇빛을 받음에 따라 목질부가 갈라지고, 갈라진 목질부로 부터 유조직이 자라나와 상처를 막아가고 있다고 할 수 있다. 따라서, 수세가 좋은 나무라면, 갈라진 목부는 생육기 동안에 유조직으로 완전히 덮일 것으로 여겨지기 때문에 그다지 큰 문제는 아니라고 할 수도 있다. 다만, 치료의 차원에서 수간주입을 하는 나무는 일반적으로 스트레스를 받으며 자라온 것들로써,

수세가 좋지 않은 나무들이기 때문에, 경우에 따라서는 목재의 갈라짐이 문제가 될 소지는 있다. 만일, 휴면기의 후기, 또는 생육기의 초기에 수간주입을 하여, 그 나무가 수간주입 후에도 생육을 계속한다면, 본 실험과는 조금 다른 결과를 얻을 수도 있을 것이다. 그러나, 밤나무나 대추나무 등 우리가 그 열매 또는 줄기를 먹는 나무들은 생육기에 수간주입을 한다면, 잔류약효 때문에 문제가 생길 수도 있다(Schieffer 등, 1988). 그런 까닭에 외국에서는 오히려 본 실험에서의 수간주입 시기보다도 더 늦은 생육 후기 또는 후면 초기에 수간주입을 하도록 권해가고 있는 추세이다.

흡수식 수간주입공에 의하여 나타나는 변색 정도는 수종 간에 큰 차이가 없다고는 하여도, 목질부가 갈라지는 것은 수종에 따라서 많은 차이가 났으며, 변색부의 크기는 주입공의 크기에 따라 달라진다는 결론을 내릴 수 있다. 따라서, 흡수식 수간주입은 진이 많이 나오지 않거나 유조직의 형성이 빠르지 않은 나무들에는 적당하지 않은 방법이라고 할 수 있다. 또, 흡수식 수간주입법을 사용하여도 큰 무리가 없을만한 상황이라고 하더라도, 비록 뚫는 구멍의 수가 많아지기는 하겠지만, 주입공의 크기를 현재의 1cm로부터 0.5cm로 줄이는 것이 나무의 건강을 위하여 훨씬 더 바람직하다고 생각한다.

인 용 문 헌

1. Cha, B. and T.A. Tattar. 1993. Effects of antibiotic injection on ash yellows-infected white ash (*Fraxinus americana* L.). *Arboric. J.* 17 : 131-144.
2. Hudler, G.W. 1984. Wound healing in bark of woody plants. *J. of Arboric.* 9 : 241-245.
3. Neely, D. 1970. Healing of wounds on trees. *Am. J. Hortic. Sci.* 95 : 536-540.
4. Park, C.-H., S.-P. Lee, and B. Cha. 1994. Comparison in adaptability of several commercial antibiotics as the therapeutic agent against jujube witches'-broom disease. *J. Agr. Sci., Chungbuk Nat'l Univ.* 11 : 41-49.
5. Phair, W.E. and G.S. Ellmore. 1984. Improved trunk injection for control of dutch elm disease. *J. of Arboric.* 10 : 273-278.
6. Schieffer, J. 1988. Symptom remission of peach X-disease using Mauget microinjection of oxytetracycline. Master Thesis. Univ. of Massachusetts. 56pp.
7. Schieffer, J., T.A. Tattar, and D. Cooley. 1988. Mauget microinjection for peach X-disease therapy. *Proc. of New England Fruit Growers.* 22-23.
8. Shigo, A.L. 1976. Reaction for wounded trees. *U.S. For. Serv. A1B.* 387 : 1-37.
9. Shigo, A.L. 1982. Tree decay in our urban forests : what can be done about it? *Plant Dis.* 66 : 763-768.
10. Shigo, A.L. 1982. Tree health. *J. of Arboric.* 8 : 311-315.
11. Shigo, A.L. 1984. Compartmentalization : a conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves. *Ann. Rev. Phytopathol.* 22 : 189-214.
12. Shigo, A.L. 1989. A new tree biology. 2nd ed., Shigo & Trees, Asso. : Durham, 618 pp.
13. Shigo, A.L. and E.H. Larson. 1969. Discoloration and decay. USDA-FS Research paper NE-127, USDA : Upper Darby, 100 pp.
14. Shigo, A.L. and W.E. Hillis. 1973. Heartwood, discolored wood, and microorganisms in living trees. *Ann. Rev. Phytopathol.* 11 : 197-222.
15. Shortle, W.C. 1984. Biochemical mechanisms of discoloration, decay, and compartmentalization of decay in trees. *IAWA Bulletin* 5 : 100-104.
16. Sinclair, W.A. and A.O. Larsen. 1981. Wood characteristics related to injectability of trees. *J. of Arboric.* 7 : 6-10.
17. Tattar, T.A. 1989. Disease of shade trees. Rev. ed. Academic Press : New York, 391 pp.