

아황산가스가 왕벚나무와 쥐똥나무 유묘의 수피산도, 엽중산도 및 엽내 수용성 황 함량에 미치는 영향

주영득¹ · 이상덕¹ · 김홍률²

¹강원대학교 산림자원보호학과, ²경희대학교 임학과

(2002년 9월 25일 접수; 2002년 11월 19일 수락)

Effects of Sulfur Dioxide on Bark Acidity, Leaf Acidity and Water Soluble Sulfur Contents of *Prunus yedoensis* and *Ligustrum obtusifolium* Seedlings

Yeong-Teuk Joo¹, Sang-Deok Lee¹ and Hong-Ryul Kim²

¹Department of Forest Resources Protection, Kangwon Nat'l University, Chuncheon, Korea

²Department of Forestry, Kyunghee University, Suwon, Korea

(Received September 25, 2002; Accepted November 19, 2002)

ABSTRACT

This study investigated effects of bark acidity, leaf acidity and water soluble sulfur contents by SO₂. 1-2 seedling of *Prunus yedoensis* and *Ligustrum obtusifolium* were treated 5 level (0, 0.5, 1, 2, 4 ppm) of SO₂. The following results were obtained; In the case of bark and leaf acidities, pH values decreased as SO₂ concentration was high. *Prunus yedoensis* compare with *Ligustrum obtusifolium* had high relative susceptibility because rates of increase in bark and leaf acidities were high according to SO₂ concentration. Water soluble sulfur contents in the leaves also increased as SO₂ concentration was high. *Prunus yedoensis* compare with *Ligustrum obtusifolium* had high relative susceptibility because increase rates of water soluble sulfur contents in the leaves were high according to SO₂ concentration.

Key words : Sulfur dioxide, *Prunus yedoensis*, *Ligustrum obtusifolium*

I. 서 론

석유, 석탄 등 화석연료의 사용과 자동차 배기 가스 등의 영향으로 NO_x, SO_x, O₃가 문제 시 되고 있으며(Yunus *et al.*, 1996) 이러한 물질들은 식물에게도 영향(Darrall, 1989; Derwent, 1990; Kangasjarvi *et al.*, 1994)을 미쳐 수목피해가 가속화되고 있다. 그러나 SO₂의 배출은 대기오염규제법안에 의해 감소(WHO and UNEP, 1992; WHO *et al.*, 1988)하고 있어 고농도의 오염은 보이지 않으나, 저 농도 상태로 유지되면서 장기간, 광범위한 대기오염 현상을 일으키고 있

고, SO₂는 수목에 여러 형태의 피해를 일으키고 있으며 그 피해지역과 대상도 매우 광범위하여 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(김문홍, 1975; 차윤정과 이경준, 1991; Hamashima, 1974).

식물이 SO₂에 접촉하면 잎 뒤 표피 아래의 세포가 피해를 입기 시작하고 계속 접촉하게 되면 내부세포로 그 피해가 진행되어 잎 전체에 영향이 미치게 되어 결국 세포가 죽게 되는데 이렇게 세포가 죽은 부분은 시들고 탈색되어 황갈색으로 변한다(정권, 1998; Solberg & Adams, 1956).

식물체내의 황 성분은 대기 중에서 흡수한 수용성

유황과 뿌리에서 흡수한 불용성 유황의 형태로 존재하는데, 대기중의 SO₂는 식물체와 접촉하는 시간이 길면 길수록, 또 농도가 높으면 높을수록 식물체내에 축적되는 유황성분의 함유량이 많아지며 수중에 따라 흡수 능력에는 차이가 있다(竹原, 1969).

엽내 유황함량의 증가는 만성적 피해에서 뚜렷이 나타나며, 급성피해에서는 그 증가가 뚜렷하지 않다. 따라서 SO₂ 가스의 피해양상은 가스 자체의 농도와 접촉시간에 의해서 좌우된다고 할 수 있다.

따라서 본 연구는 우리 나라의 가로수 중 왕벚나무와 쥐똥나무를 공시하여 SO₂의 처리농도를 달리했을 때 각 수준에 의한 수피산도, 엽중산도 및 엽내 수용성 황 함량의 변화를 측정하여 SO₂가 수목에 미치는 영향을 분석하기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 실험에 사용된 공시 수목은 1-2묘의 왕벚나무(*Prunus yedoensis*)와 쥐똥나무(*Ligustrum obtusifolium*)를 가지고 실험하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 처리

1) Exposure chamber

Exposure chamber는 아크릴로 제작하였으며, 챔버 내의 SO₂ 농도를 균일한 상태로 만들기 위해 fan을 3개 설치하였고, 내부 천장에 SO₂ 농도를 측정하는 감지기를 부착하였다.

2) SO₂ treatment

Exposure chamber 내의 SO₂ 가스농도를 처리군 별로 0, 0.5, 1.0, 2.0 그리고 4 ppm의 5개 수준으로 유지하여 밀폐시킨 상태에서 노출시켰다. Gasometer 내의 압력은 1.0~1.5 kg/cm² 이고, 순도는 99.3~99.5% 였다. SO₂ 노출은 수종 당 3개체씩 챔버에 넣고 실시하였으며, 각 시간별 공시목을 채취하기 위해 챔버를 열고 닫았을 경우는 regulator를 이용하여 각 ppm 별로 유지시켜 주었다.

2.2.2. 관찰 및 분석

1) 수피산도(樹皮酸度)

수피산도는 수피를 건조 시킨 후 사방에서 두께 1.0 mm 정도의 박편(薄片)을 채취하여, Martin & Gray

법(과학기술처, 1987)에 따라 마쇄(磨碎)한 수피 1.0 g 에 증류수 5.0 ml를 가하여 shaker에서 24시간 진탕 후 pH meter로 측정하였다.

2) 엽중산도(葉中酸度)

엽중산도는 측정용 엽을 사방에서 고루 채취하여 우선 건조하여 파쇄한 후 그 중 1.0 g에 증류수 5.0 ml를 가하여 shaker에서 24시간 진탕 후 pH meter로 측정하였다(과학기술처, 1987).

3) 엽내 수용성 황 함량(葉內水溶性黃含量)

엽내 수용성 황 함량은 중량법(작물분석위원회, 1975)에 의하여 정량 분석하였다.

마쇄시료 4.0 g을 250 ml volumetric flask에 넣고 증류수 200 ml를 가하여 shaker에서 1시간 수평 진탕한 후 250 ml 까지 증류수를 부어 여과하였다. 여액(濾液) 200 ml를 비이커에 옮겨 HNO₃ 몇방울을 가해 hot plate에서 10~15 ml 까지 농축(濃縮)하여 HNO₃ 5.0 ml를 가해 15분간 방치한 후 증류수를 더해 100 ml로 fill up 후 BaCl₂를 과량(過量) 가해 침전(沈殿)을 형성시켰다. 침전된 용액은 다시 여과하여 건조한 다음 미리 무게를 측정된 도가니에 넣어 600°C로 탄화(炭火)하여 무게를 측정하고 도가니의 무게를 감산하여 BaSO₄의 무게를 구하였다.

수용성 유황의 농도는 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$S(\%)=0.004294 W$$

여기에서 W는 BaSO₄의 중량이다.

III. 결과 및 고찰

3.1. 수피산도

왕벚나무와 쥐똥나무의 각 농도별 수피산도는 Table 1과 같다. 농도별 수피산도는 전체적으로 SO₂의 농도가 높아질수록 pH는 낮아지는 경향을 보였으며, 이때의 회귀식은 왕벚나무가 $y=5.256-0.276x(r=-0.890)$, 유의수준 5%)이었고, 쥐똥나무는 $y=5.054-0.189x(r=-0.990)$, 유의수준 1%) 이었다.

SO₂ 농도별 처리에 따른 수피산도 증가율 변화에 있어서는 왕벚나무가 큰 폭의 증가율을 보였고, 4.0 ppm의 농도로 처리하였을 때 가장 낮은 수치인 pH 4.27를 나타낸 것으로 보아 쥐똥나무에 비해 수피산도에 대한 상대적 감수성이 큰 것으로 사료된다. 또한, 왕벚나무와 쥐똥나무 모두 각각 다른 pH 수치를 보였

Table 1. The changes of bark acidity after treated SO₂ during 24 hours in sample trees

Tree species	<i>Prunus yedoensis</i>	<i>Ligustrum obtusifolium</i>
0	5.40(100.0) ^a	5.09(100.0) ^a
0.5	5.31(98.3) ^a	4.98(97.8) ^b
1	4.64(85.9) ^a	4.83(94.9) ^c
2	4.59(85.0) ^a	4.62(90.8) ^d
4	4.27(79.1) ^b	4.33(85.1) ^c
F-value	11.420*	151.787**
Regression	y=5.256-0.276x	y=5.054-0.189x
r	-0.890*	-0.990**

y: pH values of bark, x: SO₂ concentration,
 *: significant at 5% level
 **: significant at 1% level, () : indices of percentage

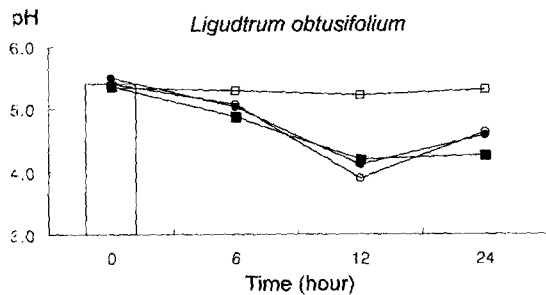
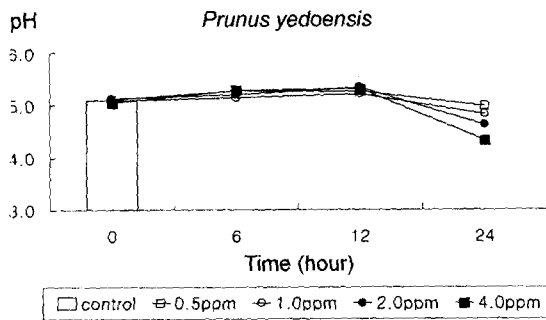


Fig. 1. The changes of bark acidity by SO₂ concentration and time in sample trees.

는데 이는 수종 고유의 특성으로 인한 수피산도의 차이가 존재하는 것으로 사료된다.

Fig. 1은 시간별 수피산도 변화를 나타낸 것이다. 왕벚나무의 경우 0.5 ppm 처리 시 pH 변화가 거의 없었으나 타 처리구에서는 pH 값의 급격한 변화를 볼 수 있었다. 쥐똥나무의 경우 12시간까지는 pH 값이 조금씩 증가하다가 12시간이 지나면서 급격한 감소를 나타냈다.

이상의 결과와 같이 두 수종의 수피산도에는 차이를 나타냈으나, SO₂와 수피산도 사이의 관계는 확연한 부의 상관성이 인정되었는데 이는 다른 연구 결과(차운정 과 이경준, 1991)와도 일치하였다.

3.2. 엽중산도

Table 2는 두 수종의 각 처리별 엽중산도를 나타낸 것이다. 농도별 엽중산도는 수피산도와 마찬가지로 전체적으로 SO₂의 농도가 높아질수록 엽중산도는 높아지

Table 2. The changes of leaf acidity after treated SO₂ during 24 hour in sample trees

Tree species	<i>Prunus yedoensis</i>	<i>Ligustrum obtusifolium</i>
0	5.88(100) ^a	6.13(100.0) ^a
0.5	5.67(96.4) ^b	6.17(100.7) ^a
1	5.30(90.1) ^c	6.11(99.7) ^a
2	5.17(89.0) ^d	5.93(96.7) ^b
4	5.02(85.4) ^e	5.53(90.2) ^c
F-value	11.138*	54.482**
Regression	y=5.709-0.201x	y=6.219-0.163x
r	-0.888*	-0.974**

y: pH values of bark, x: SO₂ concentration,
 *: significant at 5% level
 **: significant at 1% level, () : indices of percentage

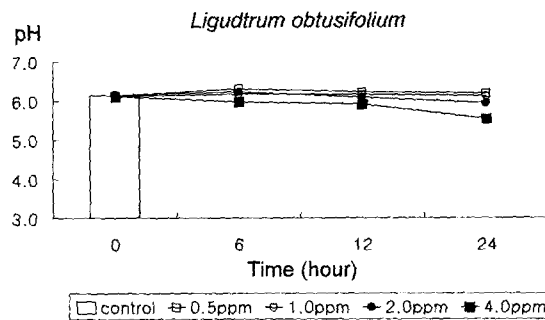
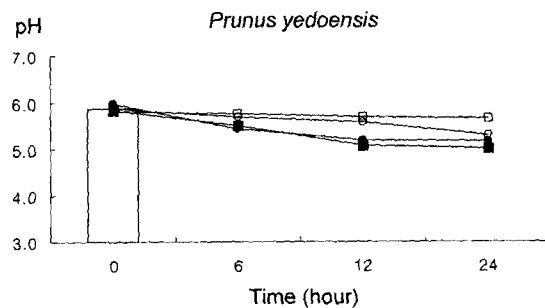


Fig. 2. The changes of leaf acidity by SO₂ concentration and time in sample trees.

는 경향을 보였으며, 이때의 회귀식은 왕벚나무가 $y=5.709-0.201x(r=-0.888, \text{유의수준 } 5\%)$, 쥐똥나무는 $y=6.219-0.163x(r=-0.974, \text{유의수준 } 1\%)$ 이었다. 또한 SO_2 가스 농도별 처리에 따른 엽중산도 증가율 변화에 있어서는 왕벚나무가 쥐똥나무에 비해 큰 폭으로 증가하는 경향을 보인 것으로 보아 쥐똥나무에 비해 엽중산도에 대한 상대적 감수성이 큰 것으로 사료된다.

Fig. 2는 시간별 엽중산도 변화를 나타낸 것이다. 왕벚나무는 시간의 경과에 따라 각 농도별로 pH 값이 낮아지는 경향을 보였으나, 쥐똥나무에서는 현저한 변화를 찾아 볼 수 없었다.

3.3. 엽내 수용성 황 함량

Table 3은 두 수종간의 농도별 엽내 수용성 황 함량 결과를 나타낸 것이다. 대조구의 경우 공시목의 엽내 수용성 황 함량 분석결과는 쥐똥나무(0.0105%)가 왕벚나무(0.0056%) 보다 높게 나타났으며, 공시목 2개 수종 모두 SO_2 가스 농도가 높아짐에 따라 엽내 수용성 황 함량이 증가하였다. 이때의 회귀식은 왕벚나무가 $y=7.348E-03+3.795E-03x(r=0.897, \text{유의수준 } 5\%)$, 쥐똥나무가 $y=9.638E-03+2.815E-03x(r=0.955, \text{유의수준 } 5\%)$ 이었다. 이와 같은 경향은 대기중의 SO_2 농도가 높을수록 잎의 황축적량도 많아진다는 실험결과(千葉成, 1973; 前野道雄, 1973; 이임균과 김영채, 1994) 와도 일치하였다. 또한 SO_2 농도별 처리에 따른 황 함량 증가를 변화에 있어서는 왕벚나무가 많은 황 함량을 나타낸 것으로 보아 왕벚나무가 황 함량에 대한 상대적 감수성이 쥐똥나무에 비해 큰 것으로 사료된다.

Table 3. The changes of water soluble sulfur contents(%) in leaf after treated SO_2 during 24hours in sample trees

Tree species ppm	<i>Prunus yedoensis</i>	<i>Ligustrum obtusifolium</i>
0	0.0056(100.0) ^a	0.0105(100.0) ^a
0.5	0.0081(144.6) ^b	0.0112(106.7) ^a
1	0.0115(205.4) ^c	0.0127(130.0) ^b
2	0.0199(355.4) ^d	0.0129(122.9) ^b
4	0.0201(358.9) ^d	0.0220(209.5) ^c
F-value	12.340*	31.076*
Regression	$y=7.348E-03+3.795E-03x$	$y=9.638E-03+2.815E-03x$
r	0.897*	0.955*

y : pH values of bark, x : SO_2 concentration,

* : significant at 5% level

** : significant at 1% level, () : indices of percentage

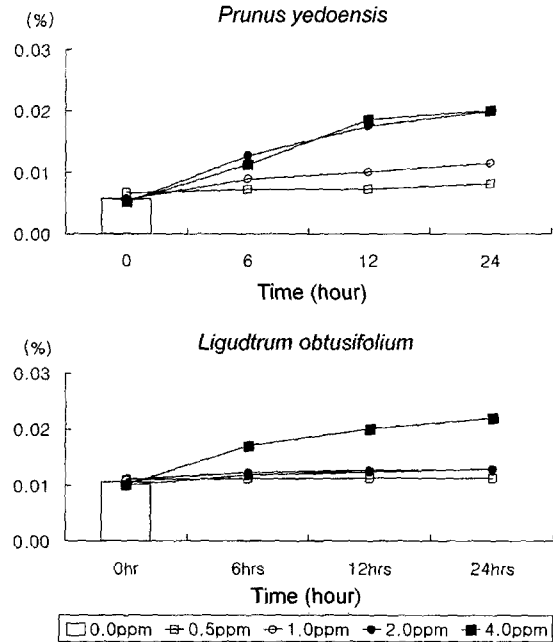


Fig. 3. The changes of water soluble sulfur contents(%) in leaf by SO_2 concentration and time in sample trees.

또한, 황 함량에 대해 수종간의 차이가 생기는 원인은 정확히 밝혀지지 않았는데 이는 각 수종의 생리적 기작의 차이에서 기인하는 것으로 생각되고, 일반적으로 20년생 왕벚나무의 엽내 수용성 황 함량 분석 결과(김창호 등, 1992)를 보면 0.030~0.033%인데, 본 실험에서는 유묘를 사용하였기 때문에 대조구의 엽내 수용성 황 함량이 낮은 것으로 사료된다.

Fig. 3은 시간별 엽내 수용성 황 함량을 나타낸 것이다. 왕벚나무는 2.0 ppm과 4.0 ppm에서 증가의 경향을 나타냈으며, 쥐똥나무의 경우에는 4.0 ppm에서 현저한 증가를 나타냈다.

IV. 적 요

우리나라의 가로수 중 왕벚나무와 쥐똥나무를 공시하여 SO_2 의 처리농도를 달리했을 때 각 수준에 의한 수피산도, 엽중산도 및 엽내 수용성 황 함량의 변화를 측정하여 SO_2 가 수목에 미치는 영향을 분석한 결과는 다음과 같다.

왕벚나무와 쥐똥나무의 각 농도별 수피산도는 전체적으로 SO_2 의 농도가 높아질수록 pH는 낮아지는 경향을 보였으며, SO_2 농도별 처리에 따른 수피산도 증

가을 변화에 있어서는 왕벚나무가 큰 폭의 증가율을 보였고, 4.0 ppm의 농도로 처리하였을 때 쥐똥나무에 비해 수피산도에 대한 상대적 감수성이 큰 것으로 사료된다.

농도별 엽중산도는 수피산도와 마찬가지로 전체적으로 SO₂의 농도가 높아질수록 엽중산도는 높아지는 경향을 보였으며, 대조구의 경우 공시목의 엽내 수용성 황 함량 분석결과는 쥐똥나무(0.0105%)가 왕벚나무(0.0056%)보다 높게 나타났으며, 공시목 2개 수종 모두 SO₂ 가스 농도가 높아짐에 따라 엽내 수용성 황 함량이 증가하였다

인용문헌

- 김문홍, 1975: 수목의 아황산가스 피해에 관한 연구. 임시연보, **22**, 31-36.
- 김창호, 황유철, 임경빈, 1992: 대기오염이 전주-군산간 국도변 왕벚나무에 미치는 영향(I)-수용성황, Pb, Cd, 함유량을 중심으로-. 한국임학회지, **81**(2), 117-123.
- 과학기술처, 1987: 대기오염과 산성우가 삼림생태계에 미치는 영향. pp.78.
- 이인균, 김영채, 1994: 아황산가스 및 ABA 전처리가 침엽수 유묘의 생장피해와 생리적 감수성에 미치는 영향. 한국임학회지, **83**(3), 331-343.
- 정 권, 1988: 서울시내 가로수의 수용성 유황함량 조사연구(제4보). 서울특별시 보건환경연구원보, **24**, 456-462.
- 차윤정, 이경준, 1991: 도심지역의 아황산가스에 의한 대기오염과 수목엽내의 수용성 유황 함량 및 수피산도와의 관계. 한국임학회지, **80**(3), 279-286.
- 竹原秀雄, 1969: 大氣汚染研究. **4**, 134.
- 作物分析委員會 編, 1975: 栽培作物分析法. 養賢堂, pp.606.
- 千葉成, 1973: 不良環境下 綠花 關係 研究(II), 主要 綠花樹木 時間別 耐性化較, 第34回 日林講, 410-413.
- 前野道雄, 1973: 大氣汚染植物被害寫真集. 日本公衆衛生協會, 6-15.
- Darrall, N. M., 1989: The effect of air pollutants on physiological processes in plant. *Plant, Cell and Environment*, **12**, 1-30.
- Derwent, R. G., 1990: The long range transport of ozone within Europe and its control. *Environmental Pollution*, **63**, 299-318.
- Hamashima, S., 1974: Relationship between damage of pine tree and air pollution by sulfur dioxide. *Japanese Journal of Ecology*, **24**(3), 226-228.
- Yunus, M., N. Singh and M. Ipbal. 1996: *Global status of air Pollution, Plant response to air pollution*. John Wiley & Sons, West Sussex, 1-34.
- Kangasjarbi, J., J. Talbini, M. Utrianen, and R. Karjalainen, 1994: Plant defence systems induced by ozone. *Plant, cell and Environment*, **17**, 783-794.
- Solberg, R. A. and D. F. Adams, 1956: Histological responses of some plant leaves to hydrogen fluoride and sulfur dioxide. *American Journal of Botany*. **43**, 755-760.
- WHO / UNEP / GEMS, 1988: *Assessment of Urban Air Quality*. Geneva.
- WHO / UNEP, 1992: *Urban Air pollution in Megacities of the world*. World Health Organization / United Nations Environment Programme. Blackwell. Oxford.