

## 20個 造景樹種의 形成層電氣抵抗值의 樹種間 差異와 季節的 變化<sup>1</sup>

李景俊 · 韓心熙 · 鄭睿先<sup>2</sup>

### Differences between Species and Seasonal Changes in Cambial Electrical Resistance of Twenty Ornamental Tree Species<sup>1</sup>

Kyung Joon Lee, Sim Hee Han and Yong Seon Jeong<sup>2</sup>

#### 要 約

본 연구는 Shigometer를 조경수목의 건강도 측정에 활용하기 위하여 계절별로 형성층 부근의 전기 저항치를 조사하여 수종별 평균치를 구하고, 관목, 침엽수교목, 활엽수교목의 개엽, 개화, 성장정지 등 계절별 생장에 따른 전기저항 특성을 상호 비교하기 위하여 수행하였다.

1996년 3월부터 11월까지 경기도 수원시 서울대학교 농업생명과학대학 교내에 식재되어 있는 조경수 20 수종을 대상으로 Shigometer를 이용하여 각 수목의 형성층의 전기저항치(CER)를 개화와 개엽 시기인 3월에서 5월까지 주 1회씩, 6월부터 10월까지 월 1회씩, 그리고 11월에는 2주마다 측정하였다. 수종별로 건강한 4개체를 사용하였으며, 매회 개체당 4반복으로 조사하였다.

모든 수종이 3월에 높은 CER을 보이다가 4월부터 감소하기 시작하여 5월부터 8월 사이에 가장 낮은 값을 보였으며, 9월부터 다시 증가하기 시작하여 11월에는 3월과 같은 수준의 높은 값을 나타냈다.

전체 20 수종 중에서 년평균 CER 값이 가장 낮은 수종은 5.5k $\Omega$ 의 메타세코이아였으며 가장 높은 수종은 22.7k $\Omega$ 과 22.9k $\Omega$ 의 박태기나무와 쥐똥나무였다. 여름철(6~8월)에 가장 낮은 CER 값을 보여준 수종은 등나무(2.4k $\Omega$ )였으며, 그 다음은 메타세코이아(2.5k $\Omega$ )이었다. 11월 혹은 3월 중에 가장 높은 CER 값을 가진 나무는 사철나무(46.8k $\Omega$ )이었고 그 다음은 쥐똥나무(45.0k $\Omega$ )이었다.

봄철 개엽시기에 맞추어 대부분 수종의 CER이 감소하였으며, 특히 관목에서 현저히 나타났다. 개화시기에도 많은 수종의 CER이 감소하였는데 특히 개화량이 많은 관목과 활엽수 교목에서 관찰되었다.

관목, 활엽수 교목, 침엽수 교목간의 비교에서는 관목의 평균 CER치가 교목보다 높은 편이었으며, 상록수의 계절간 변화폭은 낙엽수보다 적게 나타났다. 메타세코이아는 낙엽성 침엽수이지만 연간 평균치가 가장 낮았다.

#### ABSTRACT

The objectives of this study were to obtain standardized basic data on cambial electrical resistance (CER) of ornamental trees to be used for estimation of tree vigor and to compare CER between shrubs, deciduous, and coniferous trees in relation to bud opening, flowering, and growth cessation.

Eighty healthy trees with four trees each for twenty ornamental tree species growing at an university campus in Suwon were selected and their CER was measured using a Shigometer every week from March to May, once a month from June to October and every two weeks in November, 1996.

The CER of all tree species was high in March, started to decrease in April, maintained minimum in May through August, began to increase in September, and returned in November to the similar

<sup>1</sup> 接受 1997年 5月 27日 Received on May 27, 1997.

<sup>2</sup> 서울대학교 農生大 山林資源學科 Dept. of Forest Resources, Seoul Nat'l Univ. Suwon, Kyonggido 441-744, Korea.

high level to March. Among the 20 species, *Metasequoia glyptostroboides* showed the lowest(5.5k $\Omega$ ) annual average CER, while *Cercis chinensis* and *Ligustrum obtusifolium* had the highest(22.7k $\Omega$ , 22.9 k $\Omega$ ) annual average CER. The lowest CER(2.4k $\Omega$ ) in summer(June through August) was obtained from *Wisteria floribunda*, second lowest(2.5k $\Omega$ ) from *Metasequoia glyptostroboides*, the highest CER(46.8k $\Omega$ ) during dormant season from *Euonymus japonica*, and second highest(45.0k $\Omega$ ) obtained from *Ligustrum obtusifolium*. The CER of most species, particularly shrub species, started to decrease with bud opening, and many species, particularly shrubs and deciduous trees with large amount of flowers, showed sharp decrease with flowering.

When CER was compared between shrubs and trees, shrubs showed higher average CER than trees, and seasonal difference in CER of evergreen species was smaller than that of deciduous species. It is interesting to note that the deciduous *Metasequoia glyptostroboides* had the lowest annual average CER.

*Key word* : tree vigor, shigometer, cambial activity.

## 緒 論

수목의 생장은 온대지방에서는 계절적인 기후 변화에 따라서 단계적으로 진행된다. 정상적인 건강한 수목은 봄부터 가을까지 성장개시, 왕성한 성장, 성장 둔화, 성장 정지, 그리고 휴면 돌입 등 대사활동의 정도가 사이클을 이루면서 변화한다(Kozlowski와 Pallardy, 1997). 반면에 어떤 이유로 인하여 수목의 건강도가 저하될 때 대사활동이 둔화되며, 심할 경우 병징을 나타내게 된다.

수목의 건강도를 측정하는 방법에는 가지적 병징 여부, 잎의 엽록소 혹은 양료 함량 측정, 잎의 형광 현상 측정, 형성층의 전기저항치 측정 등이 있다. 이 중에서 형성층의 전기저항치 측정은 매우 간편한 방법으로써 미국의 Shigo 박사에게서 이론이 정립되고, 측정기계인 Shigometer가 개발되었다(Skutt 등, 1972; Shigo, 1984)

수목이 휴면기에 있거나 스트레스로 대사활동이 둔화되면 수액의 이동이 감소되기 때문에 형성층에 전극을 삽입하여 전류를 흘려보내면 적은 전기가 흘러서 전기 저항치가 비교적 높게 나타나며, 반면 왕성한 수액 이동을 보이며 많은 전해 물질을 함유한 여름철에는 많은 전기가 흘러서 전기저항치가 낮게 나타난다. 그리고 수목이 완전히 고사한 상태에서는 전혀 전기가 통하지 않아서 매우 높은 저항치를 보인다(Shigo, 1991)

조경수로 쓰이는 수목의 종류는 매우 다양하여, 한국의 경우 총 211종이 재배되며 129종 이상이 통계로 잡혀 있다(이경준, 1996). 이러한

다양한 조경수들은 개엽시기, 성장속도, 직경급에 따른 형성층의 수액이동 정도가 서로 다르기 때문에 형성층의 전기 저항치가 큰 변화를 나타낸다. 따라서 Shigometer로 다양한 조경수의 건강도를 측정하기 위해서는 건강한 개체를 대상으로 수종별, 계절별 표준 전기 저항치를 측정해 두어야 한다.

본 연구는 Shigometer를 조경수의 건강도 측정에 활용하기 위하여 수종별로 형성층의 전기 저항치를 측정하여 계절별 평균치를 얻고, 관목, 침엽수 교목, 활엽수 교목의 전기 저항 특성을 상호 비교하기 위하여 수행하였다.

## 材料 및 方法

### 調査對象地와 共試樹種

본 연구의 조사 대상지는 경기도 수원시 서울대학교 농업생명과학대학 교내로써 1996년 평균 온도는 12.1 $^{\circ}$ C, 평균 상대습도는 71.2%, 연간 증발량은 1162.2mm, 연간 강수량은 952.1mm였다. 이 곳은 다양한 조경수목을 상당한 기간 동안 건강하게 관리하고 있는 곳이다. 본 연구에서는 관리대상 최근에 옮겨 심은 기록이 없고 외관상 건강한 수목만을 대상으로 선정하였다. 활엽수 15종, 침엽수 5종으로 총 20개의 수종을 대상으로 조사하였으며 한 수종 당 4개체를 선정하였으며, 관목, 활엽수 교목, 침엽수 교목으로 구분하여 선정하였다. 본 연구에 이용된 공시수종의 성장 특성을 표 1에 나타내었다.

**Table 1.** Average DBH, height, and crown width of twenty tree species used for measurement of cambial electrical resistance. Each number is an average of 4 trees.

| Tree type        | Korean names | Scientific names                                     | DBH (cm) | Height (cm) | Crown width(cm) |
|------------------|--------------|--|----------|-------------|-----------------|
| Shrubs           | 개나리          | <i>Forsythia koreana</i> Nak.                        | 3.7      | 250         | 263             |
|                  | 등            | <i>Wisteria floribunda</i> A.P. DC.                  | 9.7      | 238         | 290             |
|                  | 무궁화          | <i>Hibiscus syriacus</i> L.                          | 7.4      | 343         | 113             |
|                  | 박태기나무        | <i>Cercis chinensis</i> Bunge                        | 4.7      | 328         | 260             |
|                  | 사철나무         | <i>Euonymus japonica</i> Thunb.                      | 2.9      | 153         | 95              |
|                  | 취퐁나무         | <i>Ligustrum obtusifolium</i> S. et Z.               | 4.9      | 255         | 250             |
| Deciduous trees  | 느티나무         | <i>Zelkova serrata</i> Makino                        | 31.4     | 818         | 638             |
|                  | 단풍나무         | <i>Acer palmatum</i> Thunberg                        | 15.5     | 478         | 423             |
|                  | 때죽나무         | <i>Styrax japonica</i> S. et Z.                      | 10.3     | 450         | 395             |
|                  | 물오리나무        | <i>Alnus hirsuta</i> Ruprecht                        | 15.5     | 745         | 230             |
|                  | 백복련          | <i>Magnolia denudata</i> Desrousseux                 | 12.2     | 510         | 333             |
|                  | 벚나무          | <i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> Wilson | 19.8     | 535         | 403             |
|                  | 산수유          | <i>Cornus officinalis</i> S. et Z.                   | 10.2     | 350         | 323             |
|                  | 양버즘나무        | <i>Platanus occidentalis</i> L.                      | 40.6     | 748         | 675             |
|                  | 회화나무         | <i>Sophora japonica</i> L.                           | 63.5     | 970         | 890             |
| Coniferous trees | 소나무          | <i>Pinus densiflora</i> S. et Z.                     | 30.4     | 1025        | 575             |
|                  | 주목           | <i>Taxus cuspidata</i> S. et Z.                      | 13.4     | 428         | 533             |
|                  | 측백           | <i>Thuja orientalis</i> L.                           | 26.9     | 893         | 543             |
|                  | 향나무          | <i>Juniperus chinensis</i> L.                        | 15.2     | 370         | 338             |
|                  | 메타세콰이아       | <i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu et Cheng      | 60.8     | 1220        | 538             |

**測定 時期와 方法**

각 공시 수종의 형성층 전기저항치는 Shigometer(미국 OSMOSE사, OZ-93)를 이용하여, 오전 11시에서 오후 3시 사이에 흉고직경을 측정 한 위치인 지상에서 1.2m 정도에서 측정하였다. 측정방법은 측정침의 전극면이 수직이 되도록 하여, 두 전극의 끝이 목질부에 도달하기 바로 전 까지 수목의 중심을 향하여 찢러 넣은 후 저항계에 나타나는 수치가 안정되어 일정한 값을 가리킬 때까지 기다려 그 값을 그 수목의 형성층 부근의 전기저항치로 이용하였다. 측정시의 오차를 줄이기 위하여 한 개체당 4곳을 측정하였다. 1996년 3월에서 5월까지 개엽시기와 개화시기에 따른 계절별 형성층 전기저항치의 변화를 구명하기 위하여 1주일 간격으로 측정하였으며, 수종별 개엽시기와 개화시기를 기록하였다. 6월부터 10월까지는 월 1회, 그리고 11월에는 월 2회 측정하였다. 개화가 늦은 수종의 개화시점을 기록하였다. 각 측정치는 활엽수교목, 침엽수교목, 관목류으로 구분하여 수종별 특성을 알아보고, 월별 평균치를 이용하여 계절별 추이를 분석하였다. 또한 개엽시기와 개화시기에 따른 형성층 전

기저항치의 변화를 알아보기 위하여 수종별 개엽, 개화 시점과 형성층 전기저항치의 변화를 비교하였다. 또한 건전목을 대상으로 한 각 수종별 계절에 따른 형성층 전기저항치의 기준치와 범위를 설정하였다.

**結果 및 考察**

**灌木의 電氣抵抗值 差異**

관목에서의 형성층 전기저항치의 평균은 표 2에 나타난 바와 같이 비교적 높은 값을 나타냈다. 관목에서 나타난 형성층 전기저항치의 전체 평균 값은 16.3kΩ이었다. 관목류 중 가장 낮은 수종인 무궁화는 11.3kΩ이었으며, 가장 높은 수종인 박태기나무와 취퐁나무는 22.7kΩ, 22.9kΩ으로 수종간 큰 차이를 보였다. 동일 수종에서의 형성층 전기저항치의 변화폭은 매우 크게 나타났으며, 특히 박태기나무의 변화폭이 가장 컸다. 박태기나무의 최소값은 11.8kΩ, 최대값은 41.4kΩ이었다. 평균값이 22.9kΩ으로 가장 높은 취퐁나무는 최대값도 매우 높은 46.8kΩ을 나타냈다. 형성층 전기저항치는 수목의 활력과 반비례 관계를

가진다. 즉 활력이 높은 수목의 형성층 전기저항치는 낮게 나타나며, 활력이 낮은 수목의 전기저항치는 높게 나타난다(Davis 등, 1979; Shigo, 1991). 등나무는 만경류로써 관목으로 취급하지 않지만 표 2에서 예외적으로 가장 낮은 수치를 보여주었다.

**闊葉樹 喬木의 電氣抵抗値 差異**

활엽수 교목에서의 평균 형성층 전기저항치는 표 3에 나타난 바와 같이 관목보다 매우 낮은 값인 12.9kΩ을 보여주었다. 최고치는 겨울철 양버즘나무에서 40.8kΩ으로 관찰되었으며, 최저치는 여름철 회화나무의 4.2kΩ이었다. 특히 회화나무의 평균 형성층 전기저항치는 6.5kΩ으로 가장 낮은 값을 나타내었고, 범위는 4.2~15.8kΩ을 보여주었다. 가장 높은 형성층 전기저항치는 양버즘나무에서 나타났으며 18.4kΩ이었고, 9.3~40.8kΩ의 범위를 보였다.

**針葉樹 喬木의 電氣抵抗値 變異**

침엽수 교목의 평균 형성층 전기저항치는 표 4

에 표시하였는데 관목보다 낮고 또한 활엽수 교목보다도 낮은 값인 12.5kΩ을 나타냈다. 메타세코이아의 평균 형성층 전기저항치는 5.5kΩ으로 가장 낮았으며, 2.5~15.7kΩ의 범위를 나타냈다. 향나무는 평균 16.3kΩ의 값으로 높은 형성층 전기저항치를 나타냈으며, 범위는 10.7~40.9kΩ이었다.

**各 樹種間 季節에 따른 變化**

표 5는 관목류, 활엽수 교목, 침엽수 교목에서 측정된 형성층 전기저항치의 계절에 따른 변화를 보여준다. 수액이동이 일어나기 전인 3월 중 측정치는 매우 높게 나타났으며, 4월부터 감소하기 시작하였으며, 5월에 안정된 값을 보였다. 대부분의 관목은 6월부터 8월까지 가장 낮은 형성층 전기저항치를 보여주므로써 가장 왕성한 활력을 보이는 것으로 나타났으며, 무궁화와 등나무가 여름기간 동안 가장 좋은 활력을 보여주었다. 그러나 쥐똥나무는 연중 큰 변화를 보이지 않았으며 매우 활력이 낮은 상태를 나타내고 있어 전정 작업으로 인하여 활력이 저하된 것으로 추정된

**Table 2.** Average, minimum, and maximum electrical resistance(kΩ) of cambial area in shrubs measured from March to November.

| Korean names | Scientific names              | Average                | Minimum | Maximum |
|--------------|-------------------------------|------------------------|---------|---------|
| 개나리          | <i>Forsythia koreana</i>      | 15.9±5.5 <sup>b*</sup> | 11.4    | 39.7    |
| 등            | <i>Wisteria floribunda</i>    | 6.6±4.4 <sup>d</sup>   | 2.4     | 25.9    |
| 무궁화          | <i>Hibiscus syriacus</i>      | 11.3±6.4 <sup>c</sup>  | 4.8     | 31.8    |
| 박태기나무        | <i>Cercis chinensis</i>       | 22.7±8.3 <sup>a</sup>  | 11.8    | 41.4    |
| 사철나무         | <i>Euonymus japonica</i>      | 18.3±6.0 <sup>b</sup>  | 12.4    | 46.8    |
| 쥐똥나무         | <i>Ligustrum obtusifolium</i> | 22.9±5.6 <sup>a</sup>  | 14.8    | 45.0    |
| Average      |                               | 16.3                   | 9.6     | 28.0    |

\* Means with different letters indicate significant difference at p≤0.01.

**Table 3.** Average, minimum, and maximum electrical resistance(kΩ) of cambial area in deciduous trees measured from March to November.

| Korean names | Scientific names             | Average                | Minimum | Maximum |
|--------------|------------------------------|------------------------|---------|---------|
| 느티나무         | <i>Zelkova serrata</i>       | 9.9±3.8 <sup>e*</sup>  | 5.8     | 24.9    |
| 단풍나무         | <i>Acer palmatum</i>         | 14.6±5.1 <sup>bc</sup> | 7.7     | 30.0    |
| 때죽나무         | <i>Styrax japonicus</i>      | 16.5±6.0 <sup>ab</sup> | 10.5    | 37.9    |
| 물오리나무        | <i>Alnus hirsuta</i>         | 11.7±4.4 <sup>de</sup> | 6.1     | 31.9    |
| 백목련          | <i>Magnolia denudata</i>     | 9.6±2.6 <sup>c</sup>   | 5.5     | 18.3    |
| 벚나무          | <i>Prunus serrulata</i>      | 13.4±4.9 <sup>dc</sup> | 7.3     | 30.8    |
| 산수유          | <i>Cornus officinalis</i>    | 15.6±5.6 <sup>bc</sup> | 10.1    | 36.1    |
| 양버즘나무        | <i>Platanus occidentalis</i> | 18.4±7.7 <sup>a</sup>  | 9.3     | 40.8    |
| 회화나무         | <i>Sophora japonica</i>      | 6.5±2.3 <sup>f</sup>   | 4.2     | 15.8    |
| Average      |                              | 12.9                   | 7.4     | 29.6    |

\* Means with different letters indicate significant difference at p≤0.01.

**Table 4.** Average, minimum, and maximum electrical resistance(kΩ) of cambial area in coniferous trees measured from March to November.

| Korean names | Scientific names                    | Average                | Minimum | Maximum |
|--------------|-------------------------------------|------------------------|---------|---------|
| 메타세코이아       | <i>Metasequoia glyptostroboides</i> | 5.5±2.5 <sup>c</sup>   | 2.5     | 15.7    |
| 소 나 무        | <i>Pinus densiflora</i>             | 15.7±3.1 <sup>a</sup>  | 9.6     | 27.1    |
| 주 목          | <i>Taxus cuspidata</i>              | 13.2±3.4 <sup>ab</sup> | 9.4     | 24.2    |
| 측 백          | <i>Thuja orientalis</i>             | 11.6±3.3 <sup>b</sup>  | 7.3     | 21.7    |
| 향 나 무        | <i>Juniperus chinensis</i>          | 16.3±5.7 <sup>a</sup>  | 10.7    | 40.9    |
| Average      |                                     | 12.5                   | 7.9     | 25.9    |

\* Means with different letters indicate significant difference at  $p \leq 0.01$ .

다. 전기저항치는 생장이 둔화되는 9월부터 다시 증가하기 시작하였으며 11월에는 익년 3월과 같은 높은 수치를 보여 주었다.

활엽수 교목에서는 관목에서와 같이 모든 수종은 6월부터 8월에 가장 낮은 형성층 전기저항치를 나타내어 가장 활력이 높았다. 그러나 수종에 따라 변화의 폭이 다르게 나타났다. 특히 양버즘나무는 다른 수종에 비해 변화가 크게 나타났으며, 7월에 가장 낮은 값을 보이다가 8월부터 다시 증가하였다. 다른 수종들은 변화의 폭이 유사한 경향을 보였다. 때죽나무와 산수유는 아교목으로 분류되는데, 본 조사에서 다른 교목과 비교하여 유사한 수치와 변화 양상을 보였다. Davis 등(1979)은 *Acer rubrum*, *Quercus rubra*, *Pinus strobus*의 전기저항치는 6월과 7월에 가장 낮으며 9월과 10월에 다시 증가한다고 보고하였다. 또한 왕성한 나무는 왕성하지 않은 나무보다 형성층 전기저항치가 낮게 나타나는데, 이 이유는 생장이 빠른 나무의 형성층에서 수분 이동이 활발하고 유동성 양이온의 농도가 더 크기 때문이다(Tattar 등, 1974). 또한 이러한 활력의 변화는 수분포텐셜의 변화와 상관관계를 보여준다(Dixon 등, 1978).

침엽수 교목에서의 형성층 전기저항치에 대한 계절 변화는 활엽수와 마찬가지로 6월부터 8월에 가장 낮은 값을 나타냈으나, 활엽수보다는 그 변화가 완만하고, 변화폭도 좁았다. 특히 향나무는 5월에 가장 낮은 값을 보였다가 다시 증가하여 다른 수종과 계절 변화가 약간 다르게 나타났으며, 소나무는 8월에 가장 낮은 값을 보였다.

**開葉時期, 開花時期, 落葉時期에 따른 形成層 電氣抵抗値의 差異**

표 5에 관목, 활엽수 교목, 침엽수 교목에서 개엽, 개화시기에 따른 형성층 전기저항치의 변

화를 보이고 있다. 활엽수의 모든 관목에서 개엽 시기에 형성층 전기저항치가 갑자기 감소하는 경향을 보였다. 활엽수 교목과 침엽수에서는 백목련, 소나무 등에서 동일한 경향을 보였다. 이러한 경향은 개엽이 시작되면서 수분의 이동이 갑자기 증가했음을 보여주며, 이 시기가 지난 후에는 형성층 전기저항치의 감소 기울기가 매우 적었다.

개화시기에 나타난 형성층 전기저항치의 특징은 개엽시기와 마찬가지로 대부분의 수종이 이 시기에 맞춰 갑자기 감소하고 있는데 이러한 경향은 관목에서는 사철나무, 무궁화, 쥐똥나무에서 나타났으며, 활엽수 교목의 경우는 벗나무, 회화나무, 산수유에서 나타났고, 메타세코이아, 소나무, 주목의 침엽수에서도 나타났다. 가을철 11월 중에 모든 수종에서 전기저항치가 증가하였으나, 낙엽현상은 10월부터 앞의 고사가 점진적으로 일어나기 때문에, 도표에 낙엽시기를 표시하지 못했다.

**樹種間 電氣抵抗値의 比較**

표 5에 있는 관목, 활엽수 교목, 침엽수 교목을 상호 비교하면 몇가지 특이한 사항을 발견할 수 있다. 우선 관목의 전기저항치 값은 교목보다 높게 나타나는 경향이 있다. 관목의 평균 흉고 직경은 모두 10cm이하로써 교목에 비해서 수관폭이나 엽량이 적다고 할 수 있다. 따라서 관목의 형성층을 통해서 이동하는 수액의 절대량이 교목보다 적다고 할 수 있으며 이로 인하여 전기저항치가 높게 나타난다고 생각된다. Shigometer는 본래 교목의 형성층을 대상으로 목재의 부패 상황을 연구하면서 개발되었지만(Shigo, 1991), 작은 묘목에도 응용할 수 있기 때문에(Blanchard와 Carter, 1980), 관목의 측정에서 오차가 있다고 생각되지는 않는다.

Table 5. Seasonal changes in electrical resistance( $\Omega$ ) of cambial area in twenty tree species

| Species  | Date | 3/23          | 3/29           | 4/05           | 4/12          | 4/19           | 4/26           | 5/3            | 5/11           | 5/17           | 5/24          | 5/31          | 6/6           | 7/7            | 8/11          | 9/11          | 10/7          | 11/4          | 11/16         |
|--|------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Forsythia koreana</i>   |      | 26.1<br>(2.6) | 14.0<br>(1.8)  | 14.1★<br>(1.2) | 16.2<br>(1.3) | 14.3<br>(1.0)  | 13.7<br>(0.8)  | 11.7♣<br>(1.0) | 12.2<br>(0.7)  | 12.1<br>(1.9)  | 12.1<br>(1.2) | 13.3<br>(1.2) | 11.6<br>(1.2) | 11.9<br>(0.6)  | 11.4<br>(2.5) | 15.4<br>(2.2) | 17.5<br>(3.3) | 18.9<br>(2.6) | 39.7<br>(5.9) |
|  |      | 12.2<br>(3.2) | 7.9<br>(0.9)   | 8.0<br>(0.6)   | 8.0<br>(1.7)  | 5.5<br>(0.8)   | 4.4<br>(1.0)   | 3.2♣<br>(0.6)  | 3.3★<br>(0.3)  | 3.7<br>(0.8)   | 3.0<br>(0.8)  | 3.2<br>(0.9)  | 2.4<br>(0.4)  | 3.7<br>(0.6)   | 3.7<br>(0.8)  | 4.6<br>(1.0)  | 4.6<br>(0.7)  | 6.1<br>(0.7)  | 9.6<br>(2.2)  |
| <i>Hibiscus syriacus</i>   |      | 26.6<br>(1.2) | 14.3<br>(1.5)  | 17.2<br>(3.3)  | 16.0<br>(2.3) | 11.6<br>(2.1)  | 9.9<br>(2.0)   | 9.2<br>(2.0)   | 6.6♣<br>(1.2)  | 6.3<br>(0.9)   | 6.2<br>(1.3)  | 5.4<br>(0.5)  | 5.6<br>(0.9)  | 5.1★<br>(0.8)  | 4.8<br>(0.8)  | 6.2<br>(0.5)  | 8.2<br>(0.9)  | 12.9<br>(1.8) | 31.8<br>(5.3) |
|  |      | 41.4<br>(3.1) | 31.3<br>(2.5)  | 26.6<br>(2.3)  | 28.6<br>(0.3) | 20.2★<br>(1.2) | 20.2★<br>(0.9) | 15.2<br>(1.5)  | 12.8♣<br>(1.3) | 11.8<br>(1.3)  | 11.8<br>(1.4) | 15.3<br>(1.4) | 13.3<br>(1.1) | 13.3<br>(1.1)  | 16.7<br>(2.2) | 16.7<br>(2.2) | 20.6<br>(3.0) | 26.6<br>(1.7) | 35.3<br>(2.4) |
| <i>Euonymus japonica</i>   |      | 22.8<br>(3.3) | 17.3<br>(1.9)  | 17.6<br>(1.9)  | 19.4<br>(3.2) | 16.8<br>(2.9)  | 17.2<br>(2.9)  | 14.5<br>(1.7)  | 15.4<br>(1.9)  | 12.7★<br>(0.4) | 13.9<br>(0.6) | 15.6<br>(1.6) | 16.0<br>(2.5) | 12.4<br>(0.8)  | 14.6<br>(0.6) | 14.6<br>(2.0) | 16.9<br>(2.7) | 23.8<br>(2.2) | 46.8<br>(6.4) |
|  |      | 29.7<br>(3.7) | 21.1<br>(2.2)  | 22.4<br>(2.2)  | 22.8<br>(3.6) | 19.1♣<br>(4.4) | 19.6<br>(3.1)  | 18.2<br>(3.1)  | 19.8<br>(1.1)  | 19.8<br>(2.0)  | 148<br>(3.6)  | 20.1<br>(1.1) | 21.6<br>(2.6) | 21.2★<br>(1.7) | 19.7<br>(1.4) | 18.2<br>(3.1) | 21.8<br>(2.2) | 25.6<br>(2.2) | 31.5<br>(4.1) |
| <i>Zelkova serrata</i>   |      | 16.2<br>(2.9) | 10.7<br>(1.7)  | 10.6<br>(1.6)  | 10.7<br>(1.7) | 8.9<br>(2.2)   | 8.5<br>(2.3)   | 7.4♣<br>(2.4)  | 7.2<br>(1.8)   | 6.0★<br>(1.0)  | 7.9<br>(3.2)  | 6.2<br>(1.3)  | 7.4<br>(3.6)  | 6.0<br>(1.4)   | 5.8<br>(2.3)  | 10.1<br>(4.6) | 9.3<br>(2.3)  | 15.1<br>(5.6) | 24.9<br>(8.7) |
|  |      | 30.0<br>(4.7) | 16.7<br>(1.6)  | 17.0<br>(2.6)  | 16.8<br>(2.9) | 13.0<br>(2.4)  | 13.4<br>(1.3)  | 13.1♣<br>(3.5) | 12.9★<br>(3.0) | 11.9<br>(2.6)  | 10.5<br>(1.9) | 10.1<br>(1.1) | 8.5<br>(1.4)  | 8.5<br>(1.4)   | 8.1<br>(0.7)  | 7.7<br>(1.2)  | 10.5<br>(1.6) | 15.9<br>(2.6) | 19.5<br>(1.8) |
| <i>Syrax japonicus</i>   |      | 28.5<br>(3.6) | 21.9<br>(5.3)  | 18.1<br>(2.4)  | 16.6<br>(3.2) | 13.6<br>(2.4)  | 13.1♣<br>(2.1) | 12.7<br>(1.4)  | 12.6★<br>(0.5) | 10.5<br>(2.2)  | 11.9<br>(1.7) | 12.0<br>(1.1) | 10.9<br>(1.6) | 12.0<br>(1.6)  | 11.0<br>(0.8) | 15.2<br>(1.4) | 18.3<br>(1.2) | 21.1<br>(3.0) | 37.9<br>(4.7) |
|  |      | 14.6<br>(1.2) | 9.1<br>(1.0)   | 8.9<br>(0.8)   | 9.8★<br>(1.0) | 10.2♣<br>(0.8) | 9.6<br>(0.9)   | 9.7<br>(0.8)   | 9.7<br>(0.6)   | 11.3<br>(0.9)  | 10.0<br>(0.9) | 10.3<br>(1.2) | 10.5<br>(0.8) | 9.0<br>(1.3)   | 6.1<br>(0.3)  | 8.6<br>(1.1)  | 10.6<br>(1.8) | 12.2<br>(1.2) | 17.6<br>(2.1) |
| <i>Magnolia denudata</i>   |      | 14.8<br>(0.4) | 9.3<br>(0.7)   | 10.1<br>(0.3)  | 11.5<br>(0.8) | 11.4★<br>(1.3) | 10.9<br>(0.5)  | 8.1♣<br>(0.6)  | 7.8<br>(1.0)   | 8.0<br>(0.8)   | 8.0<br>(0.9)  | 7.9<br>(0.5)  | 7.4<br>(0.9)  | 6.9<br>(0.6)   | 5.5<br>(0.6)  | 7.2<br>(0.9)  | 9.1<br>(1.0)  | 10.6<br>(0.6) | 18.3<br>(1.1) |
|  |      | 23.5<br>(1.7) | 15.5<br>(1.3)  | 15.2<br>(1.2)  | 14.0<br>(1.5) | 11.8★<br>(1.0) | 10.9<br>(0.7)  | 11.0♣<br>(1.0) | 11.3<br>(2.8)  | 9.6<br>(0.8)   | 9.6<br>(1.3)  | 10.6<br>(0.5) | 9.8<br>(1.0)  | 9.8<br>(1.0)   | 7.6<br>(0.3)  | 7.3<br>(0.4)  | 10.7<br>(0.4) | 12.9<br>(2.6) | 19.4<br>(3.4) |
| <i>Cornus officinalis</i>  |      | 25.5<br>(3.0) | 17.6★<br>(2.7) | 19.2<br>(2.3)  | 18.8<br>(3.0) | 14.2<br>(2.2)  | 12.2<br>(0.9)  | 10.8♣<br>(1.6) | 10.9<br>(1.5)  | 10.2<br>(1.4)  | 11.0<br>(1.4) | 12.0<br>(1.4) | 10.8<br>(0.8) | 10.3<br>(0.9)  | 10.1<br>(1.2) | 14.4<br>(2.5) | 17.4<br>(2.6) | 31.0<br>(3.0) | 36.1<br>(9.1) |
|  |      | 40.8<br>(7.1) | 22.9<br>(3.4)  | 22.8<br>(4.9)  | 20.4<br>(1.7) | 18.0<br>(1.5)  | 17.8<br>(2.0)  | 16.1<br>(2.8)  | 13.7♣<br>(1.5) | 11.5<br>(0.6)  | 11.0<br>(1.0) | 9.8<br>(1.3)  | 9.7<br>(1.0)  | 9.3<br>(1.2)   | 10.4<br>(1.1) | 10.4<br>(0.8) | 14.3<br>(2.4) | 16.7<br>(4.4) | 29.3<br>(6.8) |
| <i>Sophora japonica</i>  |      | 15.8<br>(0.9) | 7.0<br>(1.4)   | 8.1<br>(0.9)   | 6.6<br>(0.9)  | 6.8<br>(1.7)   | 4.6<br>(0.9)   | 5.2<br>(1.1)   | 5.6♣<br>(0.7)  | 4.2<br>(0.9)   | 4.4<br>(1.1)  | 4.3<br>(0.6)  | 5.2<br>(1.2)  | 4.9<br>(0.5)   | 4.9★<br>(0.9) | 5.2<br>(0.4)  | 5.4<br>(0.6)  | 8.6<br>(1.6)  | 10.0<br>(1.3) |
|  |      | 20.6<br>(3.7) | 14.7<br>(3.9)  | 18.6<br>(5.7)  | 16.2<br>(3.0) | 16.0<br>(3.5)  | 15.9<br>(3.4)  | 14.0<br>(3.3)  | 13.0♣<br>(3.5) | 14.7<br>(3.5)  | 13.8<br>(5.2) | 12.4<br>(3.3) | 12.8<br>(2.2) | 15.7<br>(5.5)  | 9.6<br>(1.7)  | 13.6<br>(5.2) | 15.4<br>(5.2) | 19.1<br>(4.3) | 27.1<br>(3.9) |
| <i>Taxus cuspidata</i>   |      | 16.3<br>(3.8) | 13.8<br>(1.3)  | 15.4<br>(1.4)  | 15.4<br>(0.7) | 12.1★<br>(0.5) | 11.8<br>(0.3)  | 12.0♣<br>(1.8) | 11.1<br>(0.8)  | 9.8<br>(1.3)   | 9.6<br>(0.9)  | 10.7<br>(1.7) | 9.9<br>(1.5)  | 9.4<br>(1.5)   | 10.2<br>(2.8) | 11.2<br>(1.9) | 16.1<br>(4.6) | 18.2<br>(3.9) | 24.2<br>(3.2) |
|  |      | 15.3<br>(1.8) | 13.7<br>(2.2)  | 15.3<br>(2.8)  | 13.2<br>(1.3) | 12.9★<br>(1.7) | 10.7<br>(1.7)  | 10.0<br>(0.5)  | 9.7♣<br>(1.3)  | 8.1<br>(0.9)   | 7.3<br>(0.7)  | 8.0<br>(0.7)  | 8.2<br>(0.8)  | 8.6<br>(1.0)   | 8.6<br>(0.6)  | 9.0<br>(1.5)  | 10.2<br>(0.7) | 15.2<br>(1.9) | 21.7<br>(3.5) |
| <i>Juniperus chinensis</i>   |      | 25.5<br>(5.2) | 17.1<br>(2.7)  | 16.9<br>(2.0)  | 16.7<br>(2.3) | 14.3★<br>(1.5) | 12.8<br>(2.4)  | 12.1<br>(0.7)  | 13.1♣<br>(1.9) | 11.4<br>(0.7)  | 10.7<br>(1.1) | 11.1<br>(1.4) | 11.7<br>(1.4) | 12.5<br>(1.9)  | 13.8<br>(1.5) | 14.4<br>(2.1) | 17.8<br>(2.1) | 21.3<br>(2.1) | 40.9<br>(3.7) |
|  |      | 8.6<br>(0.3)  | 4.9★<br>(0.2)  | 6.7<br>(0.2)   | 5.7<br>(0.3)  | 6.0<br>(0.3)   | 5.5<br>(0.5)   | 5.9♣<br>(0.6)  | 4.4<br>(0.6)   | 4.2<br>(0.5)   | 3.5<br>(0.4)  | 3.0<br>(0.2)  | 2.5<br>(0.4)  | 2.7<br>(0.2)   | 2.8<br>(0.2)  | 3.6<br>(0.2)  | 5.3<br>(0.6)  | 8.6<br>(1.5)  | 15.7<br>(3.4) |
| $(r^2; P > F = 0.0001)$  |      |               |                |                |               |                |                |                |                |                |               |               |               |                |               |               |               |               |               |
| ( ) : standard deviation, ♣ : bud opening time, ★ : flowering time |      |               |                |                |               |                |                |                |                |                |               |               |               |                |               |               |               |               |               |

본 조사에서 일반적으로 활엽수는 침엽수보다 계절간에 변화가 크게 나타난 반면 침엽수는 생육기와 생장 정지기간에 변화폭이 적었다. 침엽수는 대개 상록수이며 겨울철에도 미약하나마 대사활동이 진행중이며, 증산작용을 하기때문에 겨울철에 측정하지는 않았지만 전기저항치가 활엽수보다 적게 상승할 것으로 추측된다.

낙엽수와 상록수를 비교할 때 특이한 경우도 관찰되었다. 메타세코이아는 조사된 침엽수 중에서 유일한 낙엽수이었는데, 겨울철에도 전기저항치가 낮게 나타나서 겨울철 높은 수치를 가진 낙엽활엽수와 다르며 예외적인 경우라고 할 수 있다.

본 연구에서 약간 예외적인 경우는 양버즘나무에서 찾아볼 수 있었다. 여기에서 사용된 양버즘나무는 흉고직경이 40cm이상 되는 개체였으며, 사계절 모두 다른 수종보다 높은 전기저항치를 보여주었는데, 버즘나무 고유의 특성이라고 추측되지만 Shigometer를 사용할 때 수피가 비교적 딱딱해서 전극의 삽입이 어려웠던 것을 감안하면 측정오차일 가능성도 있다.

Carter와 Blanchard(1978)는 단풍나무의 전기저항치는 흉고직경이 증가함에 따라 감소한다고 보고하였으며, 차병진과 나용준(1993)은 은행나무와 버드나무의 흉고직경과 형성층 전기저항간에 부의 상관관계를 가진다고 보고하였는데, 이러한 결과는 본 조사에서 나타난 각 수종 간의 변화폭이 컸다는 점을 고려한다면 동일 수종내에서 흉고직경, 수관폭, 수고 등이 형성층 전기저항치의 변화폭에 영향을 줄 수 있음을 보여준다. 따라서 Shigometer를 수목의 활력도 측정에 이용할 경우 이러한 생장 특성을 고려하여 신중히 적용되어야 한다.

引用文獻

1. 이경준. 1996. 조경수 생산현황과 생산기술의 발전 전망. 조경수 30년사. 한국조경수협

회. 425-459pp.  
 2. 차병진·나용준. 1993. Shigometer를 이용한 서울과 수원 가로수의 전기저항 비교. 충북대학교농업과학연구. 11(1) : 49-56.  
 3. Blanchard, R.O., and J.K. Carter. 1980. Electrical resistance measurements to detect Dutch elm disease prior to symptom expression. Can. J. For. Res. 10 : 111-114.  
 4. Carter, J.K., and R.O. Blanchard. 1978. Electrical resistance related to phloem width in red maple. Can. J. For. Res. 8 : 90-93.  
 5. Davis, W., A. Shigo, and R. Weyrick. 1979. Seasonal changes in electrical resistance of inner bark in red oak, red maple, and eastern white pine. Forest Science. 25(2) : 282-286.  
 6. Dixon, M.A., R.G. Thompson, and D.S. Fensom. 1978. Electrical resistance measurements of water potential in avocado and white spruce. Can. J. For. Res. 8 : 73-80.  
 7. Kozlowski, T.T and S.G. Pallardy. 1997. Physiology of woody plants(2nd ed.) Academic press. N.Y. 411p.  
 8. Shigo, A.L. 1984. Tree decay and pruning. Arboric. J. 8 : 1-12.  
 9. Shigo. A.L. 1991. Modern Arboriculture. Shigo and Trees Assoc. Durham. New Hampshire. 424p.  
 10. Skutt, H.R. A.L. Shigo and R.A. Lessard. 1972. Detection of discolored and decayed wood in living trees using a pulsed electric current. Can J. For. Res. 2 : 54-56.  
 11. Tattar, T.A., R.O. Blanchard, and G.C. Sauffley. 1974. Relationship between electrical resistance and capacitance of wood in progressive stage of discoloration and decay. J. Exp. Bot. 25 : 658-662.