

都市型 森林浴場의 環境, 浴場植物의 探索과 溫度 및 光週期 反應^{1*}

洪性珪² · 姜秉根³ · 任炳卓⁴ · 孫堯丸⁵ · 金鍾眞²

Studies on the Environmental Condition, the Search and the Response to Temperature and Photoperiod of the Plants for Urban Forest Aromatic Bath^{1*}

Sung Gak Hong², Byoung Keun Kang³, Hyoung Tak Im⁴,
Yo Whan Son⁵ and Jong Jin Kim²

要 約

본 연구는 자연 삼림욕장을 방문하기 어려운 장애인, 환자, 도시근로자들을 위하여 도시내 건물옥상 또는 유휴공간에 자연 삼림욕장의 기능을 대체할 수 있는 도시형 온실 삼림욕장을 개발하기 위하여 수행되었다. 시험용 저에너지 투입 이중비닐 삼림욕장을 축조하여 겨울철, 여름철 욕장환경을 조사하였으며, 이러한 욕장에 적합한 방향성 자생 및 외래 목, 초본식물들을 탐색하였다. 또한 후보식물들의 겨울철 저온, 여름철 고온에 대한 성장반응과 광주기 반응을 관찰하였다. 겨울철 이중비닐 욕장내 조절된 밤 최저온도는 -2℃로써 대부분의 초본류는 동사하지는 않았으나 생장이 정지된 상태로 있다가 4월 초에 생장이 개시되었다. 외래초본 중 Catnip faassen's(*Nepeta x faassenii*)와 Lemon bergamot(*Monarda citriodora*)는 장일조건에서 생장이 촉진되었다. 이른봄 구상나무, 눈썹백나무, 장백소나무와 같은 목본류의 성장율은 주로 밤 최저온도에 영향을 받았으며 광주기조건에는 큰 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 고온비닐온실에서 자생초본, 방아풀, 들깨풀, 배초향, 더덕은 16시간의 장일조건에서 생장이 촉진되었다. 소나무는 여름철 40℃ 이상의 고온에서 수고성장 및 근원경생장이 억제되었다.

ABSTRACT

The studies were carried out to develop an urban forest aromatic bath in the idle space within city area for handicapped persons, patients and city workers, who having less chance to visit the natural forest aromatic bath. The environmental conditions were checked in the experimental double vinyl house where native and exotic aromatic woody and herbaceous plants were growing with minimum energy input in the periods of mid-winter and mid-summer. The growth and photoperiodic responses of the plants to the low and high temperatures were observed during winter and summer respectively. The most of herbaceous plants in the double vinyl house with the controlled minimum night temperature of -2℃ had no winter injury but did not grow and started the growth in April. The exotic herbs such as Catnip faassen's(*Nepeta x faassenii*) and Lemon bergamot(*Monarda citriodora*) grew better in the longer photoperiodic conditions. The growth rates of *Abies koreana*, *Thuja koraiensis* and *Pinus sylvestriformis* in the early spring were affected mainly by the night minimum temperature and less affected by the photoperiodic conditions during winter. The native aromatic herbs such as *Robdosia japonica*, *Molsa*

¹ 接受 1999年 8月 7日 Received on August 7, 1999.

² 建國大學校 山林資源學科 Dept. of Forest Resources, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

³ 建國大學校 建築工學科 Dept. of Architectural Engineering, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

⁴ 全南大學校 生物學科 Dept. of Biology, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

⁵ 高麗大學校 山林資源學科 Dept. of Forest Resources, Korea University, Seoul 136-701, Korea

* 본 연구는 1996년도 교육부 학술연구조성비(농업과학 96-13-0006)에 의하여 연구되었음

punctulata, *Agastache rugosa* and *Codonopsis lanceolata* showed stimulatory growth at the 16 hours day-length in case of the high temperature vinyl house. The height and root collar diameter growth of pine seedlings were inhibited in maximum temperatures over 40°C during summer.

Key words : urban forest aromatic bath, aromatic plants, minimum energy input, photoperiodic response

緒 論

최근에 도시 환경은 점점 더 나빠지고 있으며 도시인의 정서는 그만큼 더 메달라 가고 있다. 신체적, 정신적 건강과 휴양을 위해 자연휴양림이나 삼림욕장의 방문에 대한 관심이 점차 높아지고 있으며 실제 방문 회수도 증가하고 있다. 주말 도시 외곽도로에 필사적으로 도시를 탈출하려는 장사진의 자동차 행렬이 도시인들의 기본 생활환경에 대한 원초적 욕구를 잘 표현해 주고 있다. 그것은 푸른 숲, 맑은 물, 맑은 공기에 대한 욕구이며 도시 환경개선에 대한 간절한 바람이다. 최근에 도시 환경개선을 위하여 거론되고 있는 생태도시 또는 도시 생태공원은 도시 전체가 삼림욕장이 되는 이상도시의 표본일 것이다.

식물이 도시 인간환경에 미치는 영향이 지대함에도 불구하고 그 생태적 기능을 발휘할 대단위의 공간은 협소한 것이 대부분 도시의 실정이다. 시간이 갈수록 증가하는 인구에 비례하여 인간과 식물의 만남을 위한 공간은 좁아지고 있다. 그러나 도시 내에는 아직도 여분의 공간이 있으며 식물생장에 불리한 환경조건 속에서도 농업, 임업의 생산기술을 활용한다면, 식물의 생태적 기능을 이용하여 도시 생활환경을 개선하는 방안을 모색할 수 있을 것이다.

도시형 삼림욕장은 그 개념부터 생소한 연구제 목이지만 본 연구는 협소한 도시 공간을 다목적으로 활용하여 인간과 식물의 만남을 위한 공간으로 창출하려는 환경 보존형 도시농업의 큰 테두리에 본 연구의 초점을 맞추고 있다.

원래 삼림욕은 광활한 면적의 삼림을 전제로 한다. 삼림욕의 특성은 삼림내 여러 가지 식물 특히 침엽수가 발산하는 terpene류의 정유성분이 상쾌한 향기를 주며 의학적으로 인체건강을 증진시키는 것으로 알려져 있으며(김재광과 황병호, 1992; 신재만, 1990), 지구상 모든 식물이 생산하는 휘발물질은 연간 438×10^6 ton인 것으로 알려져 있다(Kramer and Kozlowski, 1979). 도시형 삼림욕장에서 생산될 정유량은 울창한 삼림

이 발산하는 terpene의 량에 비교하여 아주 미미하지만, 대부분의 삼림 terpene이 대기 중으로 확산되는 것과 달리 도시형 삼림욕장의 정유성분은 상당부분을 이용할 수 있는 점에서, 또한 자연삼림욕은 주로 식물 생장기 동안에 즐길 수 있는 반면에 도시형 삼림욕장은 일년내 이용할 수 있다는 점에서 유리하다.

따라서 본 연구의 목적은 자연휴양림 또는 자연 삼림욕장을 방문하기 어려운 장애인, 환자, 도시 근로자들의 정신적, 신체적 휴양을 위하여 도시내 건물옥상 또는 유휴공간에 자연 삼림욕장의 기능을 대체할 수 있는 도시형 온실삼림욕장을 개발하는데 있다. 이러한 목적의 삼림욕장에 적합한 식물의 탐색, 번식 및 재배법 연구를 위하여, 또한 생육환경이 자생지와는 아주 다른 옥상환경의 여름철 고온, 겨울철 저온에 대한 생장반응, 연중내내 운영해야 할 경우와 주간 야간에 계속 운영해야 할 경우 등에 따른 옥상식물의 광주기 반응에 대한 탐구를 하고자 본 실험을 설계하였다.

材料 및 方法

도시형 삼림욕장 대상 후보식물로 선정된 목본 식물 중 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)는 임업연구원으로부터 종자를 제공받았으며, 구상나무(*Abies koreana* Wilson), 눈썹백나무(*Thuja koraiensis* Nakai)는 강원도 태백산, 제주도에서 수집되었고 장백소나무(*Pinus sylvestrifomis* (Takenuchi) Chien.)는 시중에서 묘목을 구입하였다. 자생 초본식물로서 배초향(*Agastache rugosa* (F. et M.) O. Kuntze), 들개풀(*Molsa punctulata* (Gmel.) Nakai), 방아풀(*Robdosia japonica* (Burm) Hara) 등의 종자는 전남 지리산, 입암산, 병풍산, 가지산, 보길도, 강원도 자병산 등지에서 채취하였고, 더덕(*Codonopsis lanceolata* (S. et Z.) Trautv.)과 생강(*Zingiber officinale* Roscoe)은 재배농가로부터 종자 또는 종근을 분양받았다. 한편, 외국산 초본식물 Catnip faassen's(*Nepeta*

x faassenii), Clove pink (*Dianthus caryophyllus* L.), Lemon balm (*Melissa officinalis* L.), Lemon bergamot (*Monarda citriodora*), Celery leaf (*Apium graveolens*)의 종자를 도입하였다.

선정된 식물의 번식은 주로 종자로 하였으며, 구상나무, 눈썹백나무, 더덕의 경우에는 삼목시험을 하였는데 삽수를(더덕은 열병) 5~20cm로 절단하고 절단부에 IBA 4,000ppm과 benomyl 4% talc분제를 처리한 후 피트모스 : 버미큐라이트 : 펠라이트(1 : 1 : 1, v/v) 배양토에 삼목하였다. 1시간마다 3분씩 미스트처리하여 4개월 후에 발근율을 조사하였다.

시험용 도시형 온실삼림육장으로 두겹비닐온실 2동을 축조하였으며 2개의 시험온실을 연결하는 이층형 비닐온실(7×7m)을 축조하였다(총 50평). 육장식물의 번식을 위하여 별도로 겨울철 고온비닐온실을 이용하였다. 겨울~여름철 동안 삼림육장내 두겹비닐과 한겹비닐로 된 장소와 고온비닐온실 및 야외의 일 최저 최고온도를 측정하였다. 삼림육장의 겨울철 온도 관리에는 상당한 경비가 소요되므로 육장내 식물들이 주간에는 자연일광에 의하여 육장내 온도가 높아졌을 때 휴양기능을 발휘할 수 있도록 하고, 야간에는 생존할 수 있는 최저온도 유지를 위한 최소한의 에너지를 투입하여 이중비닐온실 1월 중 일일 최저 밤 온도를 자연 온도에 따라 자동온도 조절기를 이용하여 -2~8℃로 조절하였다. 여름철에는 송풍 및 살수로 삼림육장내 고온을 자동 조절하였다.

여름철 비닐온실 상부에 차광막 또는 칩덩굴로 광도를 차단하여 그 효과를 측정하였다.

육장식물의 겨울철 저온과 광주기에 대한 생장반응 실험은 구상나무, 눈썹백나무, 장백소나무와 외래초종 Catnip faassen's, Lemon balm, Clove pink, Lemon bergamot, Celery leaf를 대상으로 실시하였다. 특히, 3 수종들은 휴면에 들어간 상태에서 겨울철 내부온도와 광주기가 각각 다른 장소에서 휴면타파 시기 및 생장율을 관찰하였다. 외래초본식물은 1997년 12월 26일에 위 삼목시험에서와 같은 배양토를 담은 상부직경 7cm, 하부직경 5cm, 높이 7cm의 종이포트에 파종하여 자연일광의 대조구와 일장이 20시간으로 조절된 시험용 비닐 삼림육장에 배치하였다. 구상나무와 눈썹백나무는 1996년도 삼목시험을 통하여 번식되어 약 1년동안 삼림육장에서 생육한 묘목 중 육안으로 비슷한 개체를 선발하여 1997년

11월 20일 삼림육장내 자연일광의 대조구와 20시간 일장으로 조절된 한겹비닐 및 두겹비닐로 된 장소에 배치하였다. 또한 16시간의 일장과 겨울철 야간최저 온도가 15℃로 조절된 비닐온실 및 야외에도 배치하였다. 장백소나무는 시중에서 구입한 3년생 묘목을 포트에 심어 약 8개월간 삼림육장에서 생육시킨 후 구상나무와 같은 방법으로 선발 및 배치하였다.

자생초종의 광주기 반응 실험은 고온비닐온실에서 방아풀, 들깨풀, 배초향, 더덕을 대상으로 자연일광과 12, 16시간의 일장조건에서 위 외래초종 시험과 같은 배양토, 포트를 사용하여 실시하였다.

고온에 대한 생장반응 실험은 소나무, 더덕, 생강을 대상으로 낮 최고온도가 30~35℃, 35~40℃, 40~45℃로 조절된 고온재배온실에서 소나무는 25×25×120mm 크기의 포트에, 더덕은 13cm(상부직경)×10cm(하부직경)×15.5cm 크기의 포트에 파종한 후 발아한 묘목을 대상으로 실시하였으며, 생강은 육안으로 균일한 종근을 선발하여 19cm(상부직경)×13cm(하부직경)×17.5cm 크기의 포트에 심은 후 생장을 관찰하였다.

모든 재배 시험에서 배양토로 피트모스, 펠라이트, 질석을 1 : 1 : 1(v/v) 비율로 혼합하여 사용하였고 관수는 온실상부에 설치된 미스트 장치로 1일 1~2회 살수처리하였다. 시비는 하이포텍스 2,000배액을 주 2회 처리하였다.

結果 및 考察

1. 도시형 삼림육장 식물의 탐색 및 번식

목본식물들은 종자 또는 삼목으로 번식되었다. 대부분의 초본류 종자는 종자발아 촉진처리없이 쉽게 발아되었으며 더덕종자는 15~30일간의 저온처리가 필요하였다. 가을에 채집한 생강은 종근을 왕겨와 함께 2~4개월간 약 10~13℃에서 저온저장하여 발아시키는 것이 발아율이 높았다.

육장내에 큰 나무를 식재하는 것은 실행상 어려움이 많다. 작은 묘목은 대량생산이 가능할 뿐만 아니라 총 바이오매스 중 잎의 바이오매스 비율이 높기 때문에 수목하중 당 정유 발산량도 많다는 점에서 유리할 것으로 판단된다.

소나무는 환경변화에 대하여 적응성이 크고 구상나무와 눈썹백나무는 특유의 향(산림청, 1987)을 발산하고 내음성이 비교적 강하고 삼목번식이

용이하여(Table 1) 삼림육장수목으로 적당한 것으로 사료된다.

초본식물들은 여름철동안에 육장식물로서 휴양 기능을 발휘하지만 겨울동안에는 고사하기 때문에 매년 초봄에 양묘하여 사용하여야 하는 번거로움이 있으며, 자생초본류 중 더덕, 생강은 다년생 식물로서 저장성 뿌리로부터 그 다음해 생장을 시작하므로 매년 식재하지 않아도 되는 이점이 있다.

2. 삼목시험

구상나무의 삼목번식은 모수의 나이가 어릴수록 삼수 발근율이 높았다. 10년생 구상나무에서 삼수의 나이가 2년생일 때 삼수 발근율이 높았다(Table 1). 구상나무의 10년생 모수에서 1년생지 삼수가 2년생지보다 발근율이 더 낮았던 것은 1년생지 삼수의 길이와 직경이 작기 때문에 나타난 결과라고 판단된다. 5년생 1년생지의 발근율이 10년생 1년생지 보다 높았던 것도 삼수의 길이와 직경이 크고 유성(juvenility)이 크기 때문이

라고 판단된다. 눈썯나무 50년생에서 유도된 삼목묘로부터 얻어진 삼수의 발근율은 모수에서 얻은 삼수보다 더 높았다. 50년생 모수에서 얻어진 삼목묘는 모수보다 생리적으로 유령화되었기 때문에 삼목묘 삼수의 삼목 발근율이 모수보다 높아진 것으로 해석된다.

더덕의 경우 엽병삼목시 발근율이 90% 정도로 높았던 것은 특이한 결과이다(Table 1).

3. 육장내외의 온도, 습도 및 광환경

1) 육장내외의 겨울철 온도범위

1997년 12월부터 1998년 5월까지 시험용 2중비닐 삼림육장내 광주기 실험장소의 월별 최고, 최저 온도범위는 Table 2와 같으며 1997년과 1998년도 1~2월의 주야간 최저, 최고 온도범위는 Table 3과 같다.

겨울철 일일 밤 최저온도는 한결비닐온실에 의하여 야외보다 97년에는 최저 0℃에서 최고 5℃ 만큼 98년에는 2℃에서 4℃ 만큼 높아졌고, 두겹 비닐온실에 의하여 97년에는 최저 2℃에서 최고

Table 1. Rooting percentage of cuttings of *Abies koreana*, *Thuja koraiensis* and *Codonopsis lanceolata*.

Species	Age of mother plant	Age of cutting	Rooting(%)
<i>Abies koreana</i>	5	1	95±5*
		10	70±5
	20	2	90±4
		3	85±5
		1	65±5
<i>Thuja koraiensis</i>	50	1	51±4
		<i>Thuja koraiensis</i> from rooted cuttings	2
<i>Codonopsis lanceolata</i> .	1	1	90±3

* Means±SE of 100 cuttings are presented and were measured 4 months after rooting of the cuttings.

Table 2. Temperature(℃) range in urban forest aromatic bath in 1997~1998.

Month	Field		High temperature greenhouse		Long-day condition				Short-day condition			
			temperature greenhouse		Single vinyl house		Double vinyl house		Single vinyl house		Double vinyl house	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Dec. 97	4~16	-7~7	16~24	11~18	12~23	3~9	12~28	3~9	12~24	-2~9	12~25	4~10
Jan. 98	-2~10	-13~1	16~30	10~14	9~23	-9~4	12~29	-2~8	10~25	-8~5	11~24	-1~5
Feb.	0~16	-7~5	20~36	13~18	7~32	-4~7	10~33	0~12	10~34	-5~9	10~33	1~9
Mar.	10~28	-1~10	21~40	14~17	17~32	1~7	21~33	4~7	22~31	1~6	25~32	5~6
Apr.	8~33	0~14	18~41	14~19	30~34	10~12	33~36	10~12	31~34	8~12	30~38	10~14
May	28~34	10~15	30~35	14~18	30~36	11~12	30~36	11~13	30~33	11~13	30~34	10~13

Table 3. Temperature(°C) range in urban forest aromatic bath on Jan. and Feb. of 1997, and of 1998.

Site	Max. temperature(°C) in the daytime		Min. temperature(°C) at night*	
	1997	1998	1997	1998
	Field	-4 ~ 14	-2 ~ 16	-13 ~ 5
Single vinyl house	-4 ~ 32	7 ~ 32	-10 ~ 9	-9 ~ 9
Double vinyl house	16 ~ 39	10 ~ 33	1 ~ 12	-2 ~ 12

* The temperature of double vinyl house was controlled above 1°C in 1997, and -2°C in 1998.

11°C 만큼 98년에는 7°C에서 12°C 만큼 높아졌다. 밤 외부최저온도 -13°C의 조건에서 최소한의 에너지를 투입하여 두겹비닐온실의 최저온도를 -2°C 이상으로 유지시킬 수 있었다.

겨울철 낮 최고온도는 야외보다 한겹비닐온실에 의하여 97년에는 최저 11°C에서 최고 24°C 만큼 98년에는 13°C에서 18°C 만큼, 두겹비닐온실에 의하여 야외보다 97년에는 최저 11°C에서 최고 35°C 만큼 98년에는 17°C에서 19°C 만큼 높아졌다.

삼림욕장 겨울철 야간 온도관리에는 상당한 경비가 소요되므로 삼림욕장내 식물들이 밤 최저온도에서 생존하면서 주간에는 인위적인 가온이 없이 자연일광에 의하여 욕장내 온도가 다시 높아졌을 때 휴양기능을 발휘할 수 있다면 생존 최저온도가 낮을수록 겨울철 삼림욕장 온도관리비용이 적게 소요될 것이다.

2) 여름철 온도

여름철 비닐온실내 낮 최고기온은 욕장식물의 생장제한 요인이다. 외부기온이 39°C일 경우 여름철 밀폐된 비닐온실의 내부 최고온도는 50~55°C이다. 대부분 식물의 최고 내열성 온도는 수체 온도 52°C인 것으로 알려져 있다(Levitt, 1980).

일광에너지가 계속 투입되는 밀폐된 비닐하우스내의 온도를 에어컨이나 수막처리로 하강시키려면 많은 에너지가 소요된다. 여름철 비닐온실내 최고기온을 조절하는 가장 실용적인 방법은 비닐온실 측면을 개방하여 외부 공기를 유입시키고 상부의 고온공기를 외부로 유출시키는 방법이다(Nelson, 1991). 97년 여름철 한낮 외부 기온이 38°C일 때 측면이 열려진 두겹비닐온실내 낮 최고온도는 45~47°C이었으며 비닐온실 상부의 고온공기를 송풍기로 배출시키고, 비닐온실 상부를 외부에서 미스트로 살수처리함으로써 두겹비닐온실내 온도를 39~40°C로 하강시킬 수 있었다(Table 4). 98년 여름 동안에도 비슷한 결과를

Table 4. Effect of mist and ventilation on the day-time temperature of urban forest aromatic bath in the summer of 1997.

Treatment	Temperature(°C)	
	Field	Double vinyl house*
Control	38	45~47
Mist & ventilation		39~40

* Sides of the house are open.

Table 5. Relative humidity of urban forest aromatic bath in the summer(July & Aug.) and the winter(Jan. & Feb.) of 1997.

Time	Relative humidity(%)	
	Winter	Summer
Night & morning	80~95	75~95
Daytime	60~70	30~45

얻었다. 추가하여 온실내부에 미스트처리하고 온실로 들어오는 태양에너지를 차광막에 의하여 차단하는 것이 효과적이다.

여름에 설치한 차광막은 겨울에 걷어주어야 하는 불편함이 있고 미관상 좋지 않기 때문에 본 연구에서는 화분에 심은 칠펽굴을 온실외부 상부에 올려 차광시켰는데 차광효과는 70%이었고, 칠펽굴로 차광된 비닐온실 내부온도는 측면이 개방된 경우 외부온도와 비슷하였으며 비닐온실의 외부 미관도 좋았다. 칠펽굴 차광의 문제점으로는 과도하게 차광된 경우 온실내부의 식물들의 광선부족으로 인한 생장의 감소이다. 이 경우에는 과도한 칠펽굴을 부분적으로 제거하거나 온실내부에 내음성 식물을 재배함으로써 해결될 수 있을 것으로 생각된다.

3) 습도와 광도

겨울철·여름철 욕장온실의 밤과 아침 및 한낮의 상대습도는 Table 5와 같다. 한편, 한겹비닐

온실의 한낮의 광도는 전광도의 68~71% 수준이었고, 두겹비닐온실의 비닐막에 의한 광도는 전광도의 55~57% 수준이었다. 두겹비닐온실내의 광도는 비닐막과 상부식물의 피음효과가 복합적으로 작용하여 전광도의 약 40% 수준이었다.

4. 온도범위와 광주기에 따른 육장식물의 성장 반응

삼림육장을 야간에도 운영할 경우 방문객의 육장이용을 위하여 육장내 조명이 필요하며 따라서 겨울철 광주기 조건은 단일조건에서 장일조건으로 변화한다. 이에 따라 변화된 밤 최저온도조건과 광주기 조건에서 식물들의 성장반응을 조사하였으며, 1998년 시험기간 동안의 자연 일장은 Fig. 1과 같았다(기상청자료).

1997~98년 겨울철 한겹비닐온실내의 밤 최저온도는 -8~9℃로써 대부분의 초본류는 동사하였다. 두겹비닐온실내의 밤 최저온도는 -2℃로써 대부분의 초본류가 동사하지는 않았으나 1~3월 동안 생장이 정지된 상태로 있다가 4월 초순에 밤 최저온도가 10℃이상 되었을 때 생장이 개시되어 5월에는 정상적인 성장을 하였다(Fig. 2). 하지만 *Catnip faassen's*는 장일조건에서 최저온도가 4~7℃인 3월부터 지속적인 성장을 보였으며 단일조건에서는 다른 초종들과 마찬가지로 4월부터 생장이 빠르게 나타났었다(Fig. 2). 장일조건에 따른 성장촉진반응은 *Catnip faassen's*와 함께 *Lemon bergamot*에서도 관찰되었는데 생장이 시작된 4월 이후부터 시험기간 내내 성장차이가 뚜렷하였다. *Celery leaf*, *Lemon balm*, *Clove pink*에서는 장일처리에 따른 성장차이가 나타나지 않았다.

1996~97년과 1997~98년 겨울철 한겹비닐온실

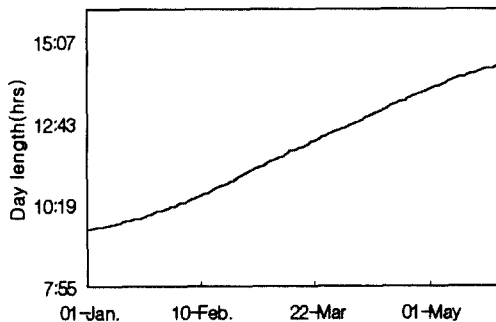


Fig. 1. Changes in day length from Jan. to May of 1998.

밤 최저온도 -8~-10℃의 조건에서 대부분의 수목은 동해를 입지 않았다. 온대지역의 침엽수들은 대부분 10℃ 이하의 겨울철에는 성장을 하지 않지만 광합성이나 호흡 같은 기본적인 생명 활동은 낮은 온도에서도 느린 속도로 지속시키고 있다. 이후 봄철 기온 상승에 의해 생장이 개시되지만 15℃까지는 느린 속도로 자라다가 18~30℃의 적정 생육온도에서 빠른 성장 증가가 나타난다(Kramer and Kozlowski, 1979). 본 실험에서 구상나무는 생장이 빠르게 시작된 고온재배온실을 제외하고는 처리구 사이에서 성장개시 시기가 비슷하였으나 초기 1개월간의 생장은 20시간 일장의 두겹비닐온실에서 높았다(Fig. 3). 눈썹백나무는 처리구에 관계없이 3월 말부터 생장이 시작되었으며 야외와 고온재배온실을 제외하고는 처리구간에 큰 성장차이가 없었다. 장백소나무는 일장에 관계없이 3월부터 지속적인 성장을 보였다. 이러한 결과는 초본 목본류의 생장은 주로 밤 최저온도에 영향을 받았으며 광주기 조건에는 큰 영향을 받지 않은 것을 의미한다. 1년 동안 4계절 계속해서 장일처리(일장 20시간)를 받은 장백소나무는 늦여름~늦가을 동안 2차생장이 관찰되었고 초겨울부터는 성장을 정지하였다.

이상의 결과로 볼 때 겨울철 온도관리를 위하여 두겹비닐온실의 밤 최저온도를 -2℃로 유지할 경우 육장식물의 생존과 휴양기능 발휘에는 큰 지장이 없을 것으로 판단되었다.

5. 광주기에 따른 자생초종의 성장반응

고온비닐온실(Table 2)에서 자생 4초종 모두 16시간의 장일조건에서 생장이 촉진되었으며 방아풀과 더덕의 경우에는 자연일장(Fig. 1)이 길어짐에 따라 생장이 단일조건(12시간)에 비하여 높은 성장을 보였다(Fig. 4). 들깨풀과 배초향의 경우에는 자연일장이 길어짐에도 불구하고 그 효과가 나타나지 않았다. 들깨풀의 경우 단일조건에서 개화 촉진이 관찰되었다.

6. 고온에 대한 초본과 목본식물의 성장반응

여름철 낮 최고온도의 범위를 30~35℃, 35~40℃, 40~45℃로 하여 생장과 더덕을 재배한 결과 더덕의 경우 낮 최고온도 범위가 40~45℃일 때 뚜렷한 성장차이는 나타나지 않았으나 생장이 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 5). 같은 온도에서 성장을 저하현상이 생장의 경우는 더덕에

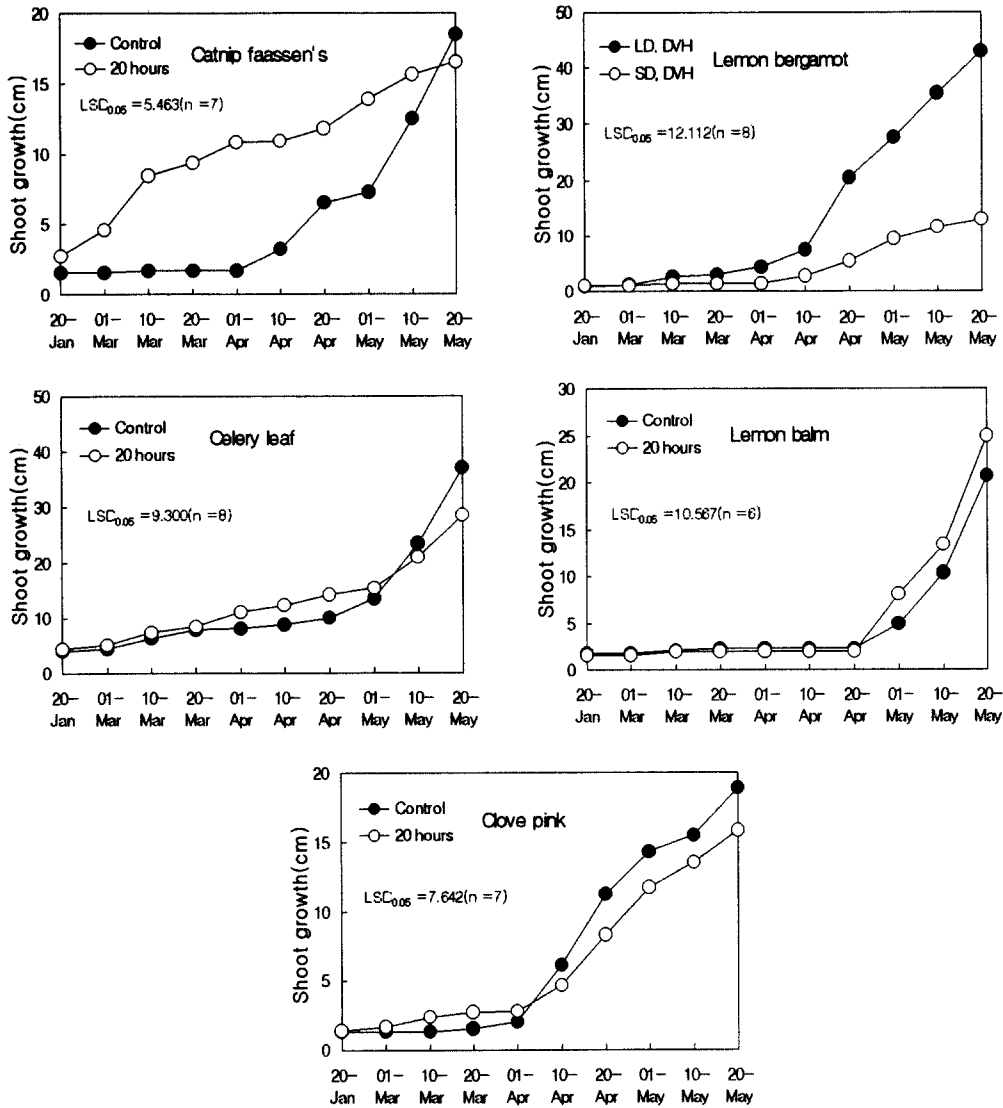


Fig. 2. Effects of long-day treatment(20 hours) on the shoot growth of several exotic herbs in the double vinyl urban forest aromatic bath. Temperatures of the vinyl house are described in Table 2. $LSD_{0.05}$ in each figure indicates least significant difference at 95% level and was obtained from the mean of final measurements.

비하여 다소 늦게 나타났으며 3처리구 중 35~40℃에서 가장 생장이 좋았다. 이와 같이 생장은 열대성 식물이기 때문에 여름철 고온에는 별 문제가 없으나 삼림육장 겨울철 저온상태에서 종근은 월동할 수 없었다.

소나무 1년생 묘목에서도 여름철 낮 최고온도가 높아질수록 묘고생장은 감소하였으며 근원경 생장에 있어서도 최고온도 상승에 따른 성장차이

가 관찰되었는데 생장기간이 지날수록 근원경 성장 차이는 더욱 현저하였다(Fig. 6). Hamerlynck와 Knapp(1996)의 보고를 보면 *Quercus macrocarpa*와 *Q. muehlenbergii*를 47℃에 45분간 노출시켰을 때 순광합성량이 45% 감소하였으며 이는 고온에 의한 증기압차에 따른 기공폐쇄에 기인한다고 설명하고 있다(Roessler and Monson, 1985). 이와 같이 고온은 수목의 성장과 여러 생

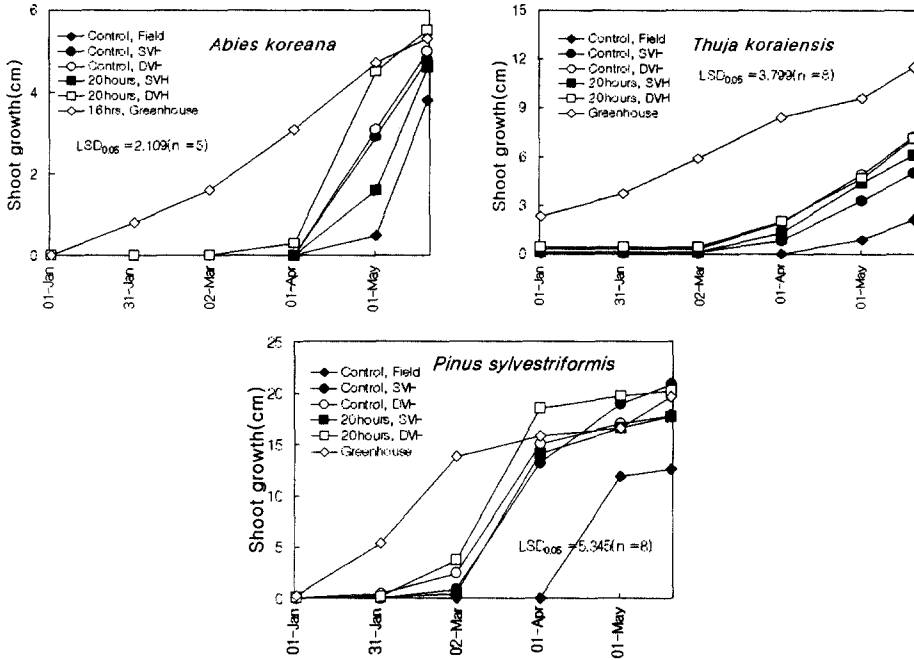


Fig. 3. Effects of long-day treatment(20 hours) on the shoot growth of *Abies koreana*, *Thuja koraiensis* and *Pinus sylvestris* at several sites in the urban forest aromatic bath. Temperatures of the growing places are described in Table 2. LSD_{0.05} in each figure indicates least significant difference at 95% level and was obtained from the mean of final measurements.

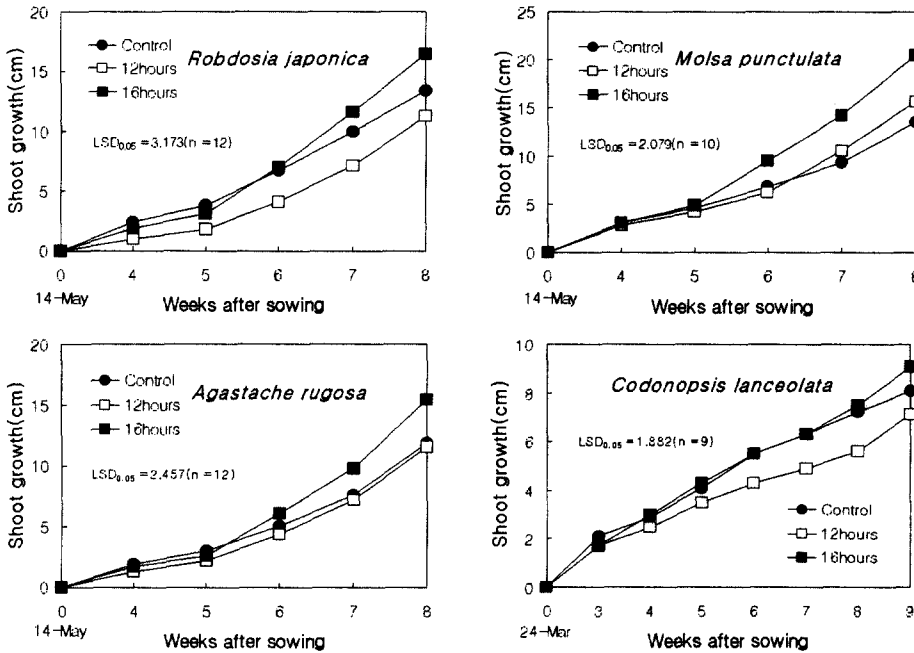


Fig. 4. Effects of long-day treatment on the shoot growth of domestic herbs in the greenhouse. LSD_{0.05} in each figure indicates least significant difference at 95% level and was obtained from the mean of final measurements.

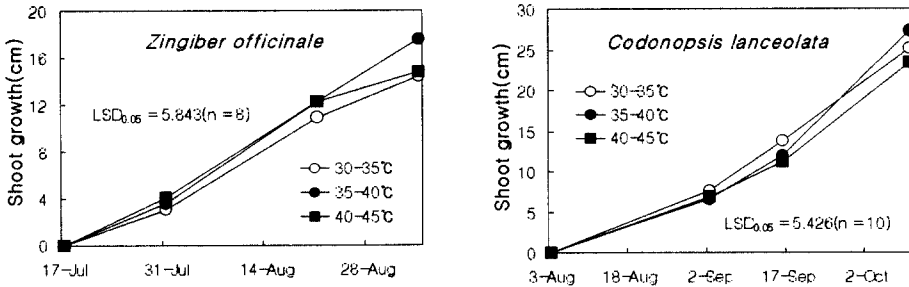


Fig. 5. Shoot growth of *Zingiber officinale* and *Codonopsis lanceolata* seedlings to relatively high temperature. Temperatures mean the maximum temperature in the daytime. $LSD_{0.05}$ in each figure indicates least significant difference at 95% level and was obtained from the mean of final measurements.

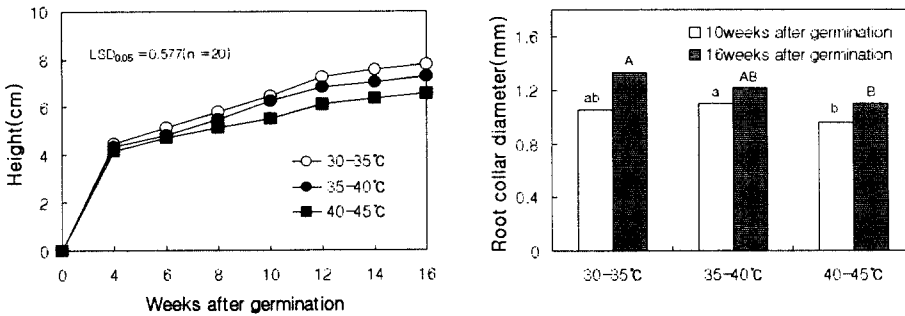


Fig. 6. Height and root collar diameter growth of *Pinus densiflora* seedlings to relatively high temperature. Temperatures means the maximum temperature in the daytime. $LSD_{0.05}$ in figure(left) indicates least significant difference at 95% level and was obtained from the mean of final measurements. Different letters in each bar indicate significant differences according to Duncan's multiple range test($p=0.05$)

리적 대사에 영향을 미치고 있다(Berry and Bjorkman, 1980 ; Bassow 등, 1994).

시형 삼림육장을 조성할 수 있을 것으로 예측되었다.

結 論

引用文獻

1996~97년도와 1997~98년도에 이중비닐온실에 여러 가지 방향성 수종 및 초종을 재배 시험한 결과 저에너지 투입 도시형 삼림육장의 겨울철 저온, 여름철 고온, 최소량의 토양, 광주기의 교란, 광선부족 등의 극한 환경조건을 최소한의 에너지로 조절할 때 자생 방향성 수목 및 초본류들과 몇몇 외래 방향성 식물들은 생존 또는 성장할 수 있으며 생태적 기능과 휴양적 기능을 발휘할 수 있을 것으로 사료된다. 앞으로 지피식물과 음식식물에 대하여도 목본류 및 초본류를 대상으로 시행한 시험과 비슷한 실험을 실시하여 육장 환경에 적합한 식생을 도입한다면 보다 나은 도

1. 김재광·황병호. 1992. 주요 수목으로부터 방출되는 테르펜 성분. 임업연구원 연구보고 45 : 1-8.
2. 산림청. 1987. 한국수목도감. 산림청 임업시험장, p.496.
3. 신재만. 1990. 삼림육. 강원대학교 출판부, pp.87-102.
4. Bassow, S.L., D.M. McConaughay, and Bazzaz, F.A. 1994. The response of temperate tree seedlings grown in elevated CO₂ to extreme temperature events. Ecol. Appl. 4 : 593-603.

5. Berry, J.A. and O. Bjorkman. 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiology* 31 : 491-543.
6. Hamerlynck, E. and A.K. Knapp. 1996. Photosynthetic and stomatal responses to high temperature and light in two oaks at the western limit of their range. *Tree Physiology* 16 : 557-565.
7. Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1979. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, Inc., New York, p.811.
8. Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Vol.1. Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses, 2nd ed., Academic Press, New York, pp.347-352.
9. Nelson, P.V. 1991. *Greenhouse Operation and Management*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
10. Roessler, P.G. and R.K. Monson. 1985. Midday depression in net photosynthesis and stomatal conductance in *Yucca glauca*. *Oecologia* 67 : 380-387.