

## 외래주목의 Taxol 및 관련화합물의 분석<sup>\*1</sup>

최 명 석<sup>\*2</sup> · 백 기 현<sup>\*3</sup> · 과 상 수<sup>\*2</sup>

# Analysis of Taxol and the Related Compound in Exotic Yew (*Taxus* spp.)<sup>\*1</sup>

Myung Suk Choi<sup>\*2</sup> · Ki Hyon Paik<sup>\*3</sup> · Sang Soo Kwak<sup>\*2</sup>

### ABSTRACT

The content of taxol and related compounds in needle and stem tissues of exotic yews growing in the Chollipo Arboretum which located in the West Sea of Korea were determined by HPLC. A considerable variation in contents of taxol and the related compounds within species and among cultivars were observed. The content of taxol was much higher in the needles than those in the young stem tissues except *T. X media* cv. Vermuleun, *T. baccata* cv. Washingtonii, and *T. X cuspidata* cv. Nana, and the content of 10-deacetyl baccatin III(10-DAB III) was also slightly higher in the needle. The needle of *T. cuspidata* cv. Nigra collected from April was contained the high amount of taxol(1,027 µg per g dry weight) and also contained high quantity in 10-DAB III(267 µg per g dry weight). Concentration of taxol in needle was significantly greater than those of meristemic and ovary tissues. Exotic yews growing at the Chollipo Arboretum containing *T. cuspidata* cv. Nigra could be suitable materials as a source for the tissue and cell cultures for production of taxol.

**Keywords** : exotic yew, taxane, taxol, Chollipo Arboretum

### - 요약 -

우리나라에 식재된 외래주목의 taxol 및 전구체인 10-deacetyl baccatin III(10-DAB III)의 함량을 조사하기 위해 천리포수목원에 식재된 외래주목의 잎과 줄기로부터 추출하여 HPLC로 정량분석하였다. 외래주목의 잎과 줄기의 taxol 함량은 종간 및 종내, 그리고 부위에 따라 상당한 변이를 보였다. Taxol 함량은 *T. X media* cv. Vermuleun, *T. baccata* cv. Washingtonii, *T. X cuspidata* cv. Nana를 제외하고 잎에서 높았으며, 전구체인 10-deacetyl baccatin III(10-DAB III)는 모든 종의 잎에서 높았다. 그 중 4월에 채집한 *T. cuspidata* cv. Nigra의 잎의 taxol 함량은 건물중 당 1,027 µg, 10-DAB III의 함량은 건물중 당 267 µg로 보고된 태평양주목의 함량보다 월등히 높았다. 이종의 부위별 taxol 함량은 생장점 및 자방 조직보다 잎에서 높았으며, 이 결과들은 조직 및 세포배양의 재료로 널리 이용될 수 있을 것이다.

\*1 접수 1999년 9월 15일. Received September, 15, 1999

\*2 생명공학연구소 식물생화학연구유닛, Plant Biochemistry Research Unit, Korean Research Institute of Bioscience and Biotechnology

\*3 고려대 산림자원학과, Dept. of Forest Resources, Korea University, Seoul, Korea

## 1. 서론

Taxol은 1971년 태평양주목(*Taxus brevifolia*)의 수피로부터 분리된 diterpene계 taxane으로 난소암 등에 탁월한 치료효과가 있는 항암물질이다(Wani *et al.*, 1971). 이 화합물(Fig. 1)들은 tubuline polymerization을 안정 또는 촉진시키지만, 반대로 depolymerization을 억제하는 것으로 지금까지의 세포분열 억제제와는 다른 특이한 작용기작을 가지고 있다(Schiff *et al.*, 1979). 그러나 공급부족으로 난소암 치료 뿐 아니라 유방암 등 다양한 임상시험에 많은 어려움이 있는 실정이다(Cragg *et al.*, 1993). 현재 taxol의 공급은 주목 수피로부터 직접 추출하는 방법에 의존하고 있으나 생태계 파괴 등 문제점이 있어 반합성, 전합성 및 세포배양 등 대체생산 방법이 활발히 연구되고 있다. Choi 등(1995)은 한국산 자생 주목의 taxol 및 관련화합물 분석에서 해안가에 자생하는 주목의 재생가능한 잎으로부터 taxol 생산 가능성을 보고한 바 있다.

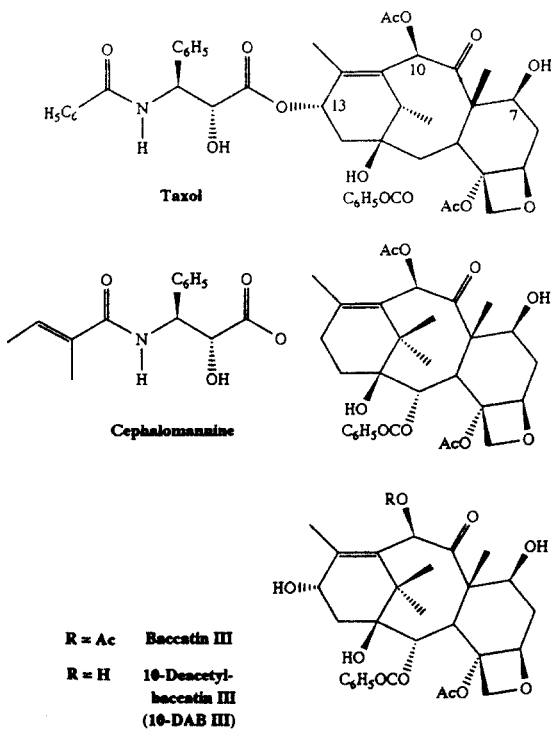


Fig. 1. Structures of taxol and related compounds.

재생가능한 잎으로부터 taxol 및 관련화합물 생산을 위해서는 함량이 높은 주목 개체를 선발하여 삼목 및 조직배양 방법으로 증식하는 것이 효율적이다(Kingston, 1991). 미국의 Weyhauser사와 한국의 한국신약과 같은 제약회사에서는 주목의 가지치기 산물로부터 taxol을 추출하는 공정을 개발하여 현재 대량생산하고 있기도 하다. 주목의 taxol 및 관련화합물의 함량은 종간 또는 종내에서 매우 다양하다고 알려져 있는데, 이러한 함량변이는 생장이 좋고, 물질생산량이 많은 우량개체의 선발육종에 이용할 수 있을 것이다(Wheeler *et al.*, 1992).

외래종의 육종은 우량한 개체를 도입하여 식물의 유전형질을 향상시키기 위해 행하여지는데, 기후, 토양 및 도입된 수종의 환경 적응력 등에 의해 매우 많은 영향을 받는다(Zobel and Tavert, 1988). 그간 우리나라에는 많은 외래종이 도입되었지만 몇 수종을 제외하고는 성공적으로 적응된 것이 없는 실정이다. 고부가가치를 지닌 주목의 도입을 위해서는 우리나라 기후, 토양, 그리고 taxol 함량 등 수종선정에 관한 사전지식은 매우 중요하다. 특히, 주목은 종자내의 휴면물질 때문에 발아에 1.5년에서 3년이 소요되는 등 번식이 매우 힘들며(Flores and Sgringnoli, 1991), 생장이 매우 느리고, 관상용 및 항암제로의 이용가치 때문에 무분별한 유묘 채취가 행하여지고 있기 때문에 천연갱신이 이루어지지 않는 실정이다. 따라서 현재의 주목이 쇠퇴한 후의 산림조성은 전적으로 주목의 인공식재에 의존할 수 밖에 없을 것이다. 이 시점에서 우리나라에 식재된 외래주목의 taxol 및 관련화합물 분석자료는 적정 수종 선정에 매우 중요하다. 한편, 국내 자생 주목에 대한 taxol 및 관련화합물 분석은 변 등(1994)과 Choi 등(1994)에 의해 행하여진 바 있으나 외래주목을 대상으로 행한 연구는 아직 보고된 바 없다.

주목은 교목성의 상록활엽수로 유럽, 북미, 서남아시아에 자생하는 *T. baccata*, 히말라야 산맥에 자생하는 *T. wallichiana*, 한국, 일본, 러시아에 자생하는 *T. cuspidata*, 미국 및 캐나다에 자생하는 *T. brevifolia*, 플로리다 해안에 자생하는 *T. florida*, 멕시코에 자생하는 *T. globosa*, 인도네시아의 수마트라에 자생하는 *T. sumatra* 등 세계적으로 8종이 있다. 천리포 수목원은 태안반도 연안에 위치하고 있으며, 7,200여종의 초본 및 목본식물 중 주목은 10여종이 식재되어 있어 한국 기후와 토질에 적합한 수종 선발과 아울러 taxol 및 관련화합물 함량이 많은

수종을 선별하는데 매우 용이할 것이다. 본 연구는 천리포수목원에 식재된 10여종의 외래주목의 taxol 및 관련화합물 함량을 분석하여 차후 외래주목 도입을 위한 기초자료와 삼목 및 조직배양의 재료로서의 타당성을 조사하기 위해 행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 실험재료

충청남도 서산군 천리포에 위치한 천리포수목원에 식재되어 있는 10여종의 외래주목의 taxol 및 관련물질의 함량을 조사하기 위해 1.0 m 높이의 결가지를 1992년 11월과 1993년 4월에 채취하여 잎과 신초줄기를 분리하였다. 분리한 각 부위를 50°C에서 24시간 건조시킨 후, 0.1 mm 메쉬를 통과하도록 유발에서 분말을 만들어 -70°C(액체 질소)에서 보관하여 분석에 사용하였다.

### 2.2 Taxol 및 관련물질의 추출

Taxol 및 관련물질의 추출 및 분석은 Vidensek 등(1990)의 방법을 변형하여 실시하였다. 건조분말 1.5g을 100ml 삼각플라스크에 넣고 n-hexane 20ml로 12시간 추출하여 n-hexane 가용부분을 여과하여 제거하였다. 여기에 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>-MeOH(1:1) 혼합액 20ml을 넣고 12시간 추출하여(이 과정을 2회 반복) 얻어진 추출액을 40°C에서 감압여과하였다. 농축액을 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O의 혼합용액(각 20ml)으로 2회 반복하여 분획한 후, 원심분리하여 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 가용부분을 감압 농축하였다. 농축액을 소량의 MeOH에 녹인 후, 분취용 TLC plate(Silica gel 60 F<sub>254</sub>, 1.0×20×20cm, Merck)에 올리고 전개용액으로 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>-MeOH(98:2)을 사용하여 화합물을 분리하였다.

R<sub>f</sub>값 0.32 - 0.49와 0.17 - 0.29부분에 taxol 및 10 DABIII이 존재하므로 각각의 분획을 TLC plate로부터 분리하였다. 그리고 이들은 MeOH로 taxane류를 추출한 후 농축하였다. 농축액을 소량의 MeOH에 녹여 0.45 μm FH-type Millipore filter로 여과한 후 HPLC로 정량분석하였다.

### 2.3 Taxol 및 관련물질의 정량분석

HPLC(Spectra Physics SP8800) 분석은 Curosil-G column(250 x 4.6 mm, 6μm)을 이용하여 표준 taxane 화합물과 비교하여 정량분석 하였다. 용출액

(10mM ammonium acetate, pH 4.0: acetonitrile, 55:45)의 유속은 1.5 ml/min로 하였으며, UV 228 nm에서 각 화합물을 검출하였다.

### 2.4 Taxol 및 관련물질의 MS분석

Taxol의 정성분석은 electrospray mass spectroscopy(VG Quatro Triple Quatropole mass spectrometer, Fision Instruments, UK)에 의해 표준품의 spectrum과 비교 분석하였으며, MeOH-H<sub>2</sub>O

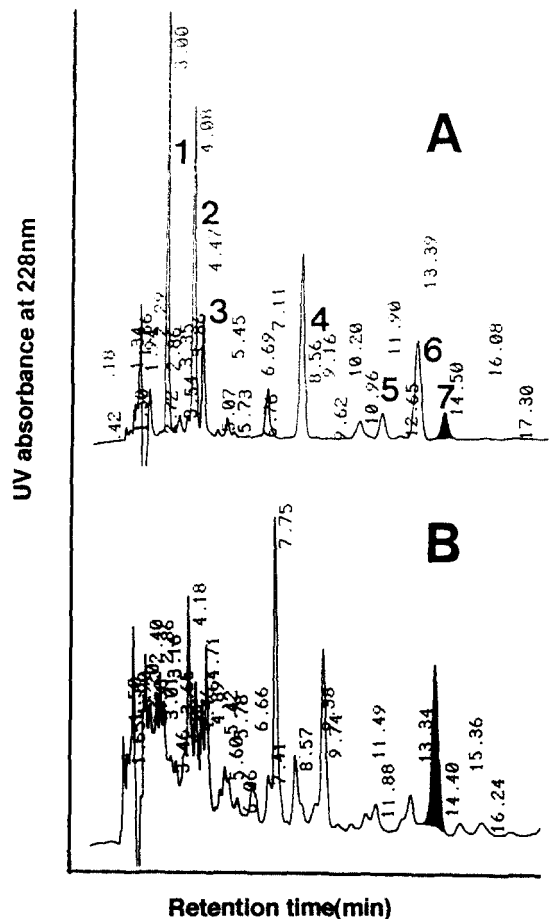


Fig. 2. HPLC spectrums from exotic yew extracts of *Taxus*.

A: authentic taxane compounds (1:10- deacetyl baccatin III, 2:7-epi-deacetyl baccatin III, 3:baccatin III, 4:10-deacetyl taxol, 5:cephalomannine, 6:7-epi-10-deacetyl taxol, 7:taxol, B: *Taxus cupidata* cv. Nigra extracts.

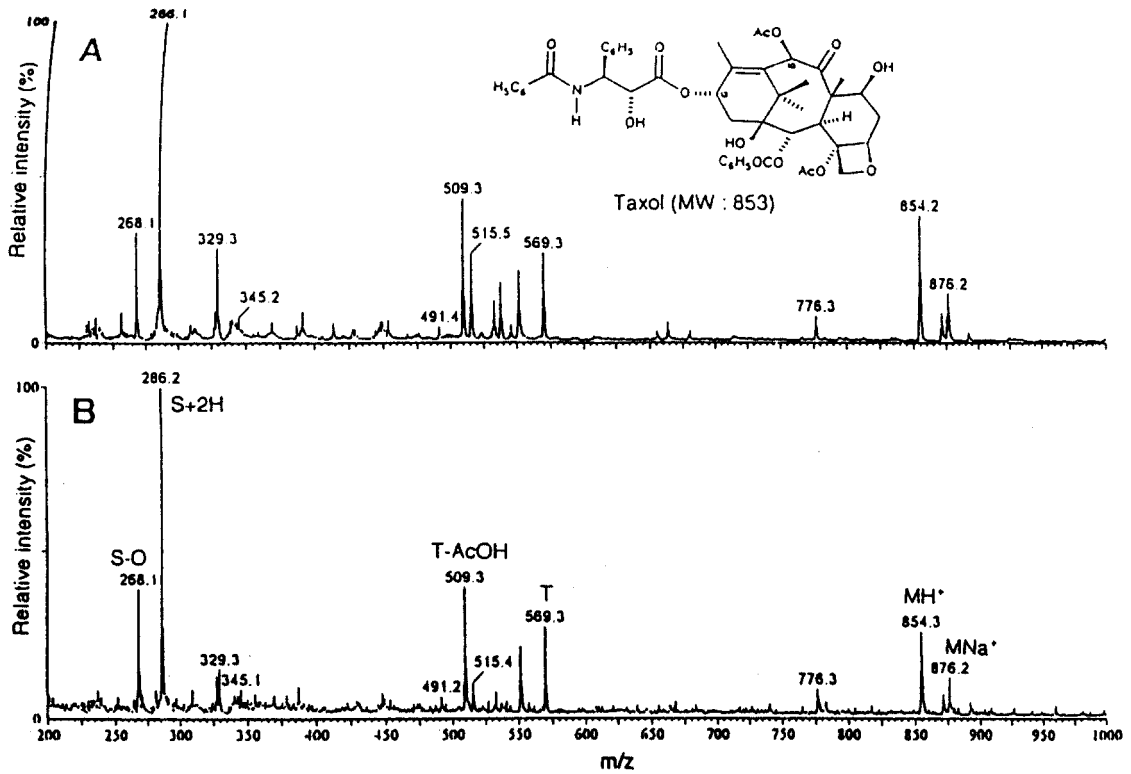


Fig. 3. Electro-spray mass spectra of authentic taxol(A) and *Taxus cuspidata* cv. Nigra needle sample(B). Conditions; Methanol:Water(70:30), flow rate:10 ul/min, capillary voltage:3.0kV, source temperature:70 °C.

(68:32), 10 μl/min, 3kV capillary voltage, source 온도로 70 °C의 조건으로 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 Taxol 및 관련물질의 분석

외래주목의 잎과 줄기에서의 taxol 및 관련 물질의 분석은 분리효율을 높이기 위해 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>-MeOH (98:2)혼합용매를 사용하여 화합물을 TLC분리하고, 10-DABIII fraction과 taxol fraction을 모아 HPLC 분석을 행하였다. 그 결과 사용된 7가지 표품 물질 (A)들과 본 실험의 시료(B) 모두 양호한 분리능을 얻었으며, 각 물질의 retention time은 10-DABIII 3.0, 7-epi-deacetyl baccatin III 4.08, baccatin III 4.47, 10-deacetyl taxol 8.56, cephalomannin

11.90, 7-epi-10-deacetyl taxol 13.39, taxol 14.50분이었다(Fig. 2). taxol관련물질을 순수분리하여 Electro-spray MS 분석 결과 표품 taxol과 유사한 ion spectrum을 얻어 taxol 물질임을 확인하였다(Fig. 3).

#### 3.2 잎과 신초줄기에서의 taxol 및 관련물질의 함량

천리포수목원에 재식된 10여종의 주목잎과 신초줄기에는 국내자생 주목과 보고된 태평양 주목잎의 taxol 함량에 필적하는 taxol 및 관련물질이 함유되어 있었다(Table 1, 2). 천리포수목원에 식재된 외래주목의 잎에서 taxol함량은 *T. X media* cv. Vermuleun, *T. baccata* cv. Washingtonii와 *T. X cuspidata* cv. Nana를 제외한 나머지 주목의 신초줄기 조직에서의 taxol함량보다 높았다. 잎에서 taxol 함량이 가장 높았던 종으로는 *T. cuspidata* cv. Nigra로서 잎에서 g 건물 중 기준으로 0.103%의

외래주목의 Taxol 및 관련화합물의 분석

Table 1. Contents of taxol and related compounds from needles of exotic yews collected at Chollipo Arboretum ( $\mu\text{g/g}$  dryweight)

Species	10-DaBIII		BaccatinIII		Cephalomannine		Taxol	
	April	Nov.	April	Nov.	April	Nov.	April	Nov.
<i>T. x media</i> cv. Kelseyi	112.5	181.8	297.5	45.2	147.7	361.0	111.1	452.4
<i>T. x media</i> cv. Vermeulen	96.3	312.9	206.4	UD**	103.1	80.1	20.7	45.8
<i>T. x media</i> cv. Hunnewelliana	102.3	88.8	78.5	UD	82.4	297.3	10.8	149.4
<i>T. cuspidata</i> cv. Densiformis	204.3	412.3	143.3	UD	22.1	79.7	16.7	22.5
<i>T. baccata</i> cv. Washingtonii	211.3	163.4	123.5	UD	29.4	183.1	15.4	37.4
<i>T. cuspidata</i> cv. Nigra	513.7	847.2	267.7	228.4	317.9	984.0	778.8	1,027.5
<i>T. x media</i> cv. Andersonii	255.6	291.5	143.5	223.7	37.4	50.3	107.8	107.8
<i>T. canadensis</i>	288.5	335.5	115.4	311.2	74.3	107.1	340.5	344.9
<i>T. cuspidata</i> cv. Nana	199.2	221.5	200.5	222.1	20.4	20.5	306.3	319.4
<i>T. x media</i> cv. Grandifolia	312.4	332.4	121.3	134.7	12.5	14.9	136.7	190.4
<i>T. x media</i> cv. Robusta	390.0	382.3	190.5	193.6	15.5	19.3	290.3	239.7
<i>T. x media</i>	290.5	222.5	190.3	120.4	UD	UD	291.5	170.6

\* All samples collected November 1992, April 1993, and then analyzed.

\*\* Not detected.

taxol함량으로 이미 발표된(Choi 등, 1994) 태평양주목 수피의 함량(0.02%), 소백산 주목 수피 함량(0.017%), 지리산 주목 수피의 함량(0.021%)에 비해 거의 3-4배 높은 함량을 보였다. 다음으로 *T. X media* cv. Kelsey 잎의 taxol함량도 0.045%로 매우 높게 나타났다.

천리포수목원에 식재된 주목 잎의 taxol함량은 Witherup(1992)이 보고한 *T. X media* cv. Densiformis(0.002%), *T. X media* cv. Hicksii(0.01%), *T. canadensis*(0.009%)보다 함량이 높다. 잎에서 taxol함량이 신초줄기 및 수피보다 높은 것은 한국산

자생주목, 울릉도와 제주도 등 도서지방에 자생하는 주목에서 보고된 바 있으며(Choi 등, 1994), 미국 Pennsylvania주 및 Maryland주에 자생 또는 식재된 6종 주목의 taxol 함량을 분석한 결과 관상용 주목인 *T. X media* cv. Hicksii의 잎에서도 함량이 높음을 보고한 바 있다(Kelsey *et al.*, 1992). 잎에서 taxol 함량이 높으면 그 개체를 선발하여 실생묘 및 삼목 번식에 의해 연중 taxol을 공급할 수 있으며, 세포배양 및 생합성 재료로도 이용될 수 있다.

한편, taxol 및 관련물질의 함량은 종간 또는 종내에서 매우 큰 차이를 보였다(Table 1). *T. X media*

**Table 2.** Contents of taxol and related compounds from young stem of exotic yews collected at Chollipo Arboretum\* ( $\mu\text{g/g}$  dryweight)

Species	10-DaBIII		BaccatinIII		Cephalomannine		Taxol	
	April	Nov.	April	Nov.	April	Nov.	April	Nov.
<i>T. x media</i> cv. Kelseyi	133.1	175.8	87.2	59.0	18.4	90.0	24.0	111.0
<i>T. x media</i> cv. Vermeulen	234.1	157.5	208.9	126.5	138.9	58.7	46.7	38.3
<i>T. x media</i> cv. Hunnewelliana	360.4	251.1	176.8	UD**	99.1	64.0	6.7	49.2
<i>T. cuspidata</i> cv. Densiformis	396.5	59.3	143.3	80.3	24.2	68.5	11.1	11.2
<i>T. baccata</i> cv. Washingtonii	198.9	295.2	123.5	305.0	12.1	56.1	17.9	165.0
<i>T. cuspidata</i> cv. Nigra	465.4	965.9	267.7	291.7	31.0	331.7	10.5	309.4
<i>T. x media</i> cv. Andersonii	351.7	211.0	143.5	181.4	13.3	22.7	100.4	13.6
<i>T. canadensis</i>	548.0	215.7	115.4	169.0	56.3	92.0	123.9	123.9
<i>T. cuspidata</i> cv. Nana	177.5	133.8	90.9	123.3	30.6	33.9	111.7	129.5
<i>T. x media</i> cv. Grandifolia	321.0	319.7	20.8	39.0	69.8	88.9	90.8	55.9
<i>T. x media</i> cv. Robusta	246.7	287.6	190.7	190.3	18.9	79.4	112.2	109.6
<i>T. x media</i>	122.9	389.7	332.8	120.8	-	-	45.9	69.9

\* All samples collected November 1992, April 1993, and then analyzed.

\*\* Not detected.

의 품종인 Kelsayi종의 taxol함량은 4월에 0.011%인데 반해 cv. Vermureon은 0.002%, cv. Andersonii의 경우 0.011%, cv. Hunnewelliana의 경우 0.002%로 큰 함량차이가 발견되었다. 또한 *T. cuspidata*의 taxol 함량도 cv. Nigra(0.107%), cv. Densiformis(0.002%)로 큰 함량차이를 보였다.

종간 및 종내에서 나타나는 taxol 및 관련화합물함량차이는 유전적인 요인과 환경적인 요인에 의해 나타날 수가 있다(Wheeler *et al.*, 1992). 천리포수목원에 식재된 10여종의 주목들간의 커다란 함량차이 역시 앞서 언급한 유전적 요인과 환경적 요인에 의

해 생겨날 수 있다고 사료된다. 환경적인 요인에 의한 함량차이는 시료 채집지인 천리포수목원의 연평균 기온이 12℃로 주목이 주로 자생하는 산간 내륙지방보다는 일교차 및 연교차가 심하지 않으며, 강수량이 비교적 풍부하며, 해안가에 위치하는 지리적 특징에 기인한다고 본다. Choi 등(1994)은 한국산 자생 주목 함량분석에서 제주도 및 울릉도에 자생하는 주목의 taxol함량이 내륙지방의 주목에 비해 taxol함량이 높게 나타난 것이 해양성 기후를 포함한 환경에 의한 영향이라고 보고한 바 있다. 환경에 의한 변이는 토양, 기후, 수분상태, 온도 등과 같은 물리적, 화

## 외래주목의 Taxol 및 관련화합물의 분석

학적 요인에 의해 일어날 수 있을 것이다.

한편, 유전적인 요인에 의해서도 함량변이가 생길 수 있다고 사료된다. 한국산 자생주목은 random primer를 이용한 RAPD분석한 결과 지역간, 개체간 유전적변이가 관찰되었다(Choi, 1999). 특히, 같은 환경하에 있는 주목개체로부터 개체간 polymorphism의 차이는 주목 개체의 유전적 형질차이 뿐만 아니라 taxol과 같은 물질생산의 차이도 있을 수 있다고 판단된다. 한편, *T. cuspidata* cv. Nigra의 잎에서 taxol함량 0.1%와 10-DAB III의 함량 0.08% 이상을 보이는 것은 이 지역의 기후가 taxol생합성에 적합해서인지, 유전적으로 뛰어난 개체인지는 분석한 개체가 1-2개체여서 자세히 구명할 수는 없다.

### 3.3 계절에 따른 taxol 및 관련물질의 함량

외래주목의 잎, 신초줄기의 taxol 및 관련물질의 함량은 채집계절에 따라 차이를 보였다(Table 1, 2). 전체적으로 생장기인 4월에 채집한 외래종들의 taxol 및 관련물질의 함량은 11월에 채집한 시료에 비해 10 DAB III의 함량이 높았지만, taxol함량은 낮았다. 4월에 채집한 *T. cuspidata* cv. Nigra의 잎의 taxane함량은 11월에 비해 taxol은 0.103%에서 0.073%로, 10 DAB III의 함량은 0.085%에서 0.051%로, baccatin III는 0.023%에서 0.027%로, cephalomannine은 0.088%에서 0.032%로 함량이 감소하였거나 비슷한 경향을 보였다. 신초줄기의 경우도 10-deacetyl baccatin III는 0.087%에서 0.046%로, Baccatin III는 0.028%에서 0.027%로, cephalomannine은 0.033%에서 0.003%로, taxol은 0.031%에서 0.031%로 대부분 함량이 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 taxol의 생합성이 기온, 대기 중 수분 등 환경적인 요인과 매우 밀접한 관련이 있는 것으로 보인다(Kelsey and Vance, 1992). 이러한 결과는 Strobel 등(1992)이 taxol의 생합성은 기온이

높은 하절기에 보다 왕성히 이루어진다고 한 결과와는 상이한 결과를 보여주는데 이러한 이유는 현재로서는 명확하게 설명할 수 없다.

### 3.4 부위에 따른 taxol 및 관련물질의 함량

조직배양 및 삽목묘로의 사용유무를 판별하기 위해 외래주목 중 taxol 및 관련화합물 함량이 가장 높았던 *T. cuspidata* cv. Nigra의 각 부위별 taxol함량을 조사하였다(Table 3). 그 결과 잎은 자방, 생장점에 비해 taxol을 비롯한 관련화합물의 함량이 매우 높았다. 잎 중에서는 1년 이상된 잎과 당해 새롭게 자란 신엽의 taxol과 cephalomannine의 함량은 거의 유사하였으나, 전구체인 10 DAB III와 baccatin III의 함량은 1년 이상된 잎에서 함량이 매우 높았다.

조직배양의 재료로 매우 중요한 생장점 조직에서도 taxol 및 cephalomannine의 함량은 상당히 높았으나, 10 DAB III와 baccatin III의 함량은 매우 낮았다. 또한 자방조직의 taxol을 비롯한 taxane의 함량은 다른 조직에 비해 매우 낮았다. 1년이상된 잎의 taxane 함량이 신엽에 비해 높은 것은 Kelsayi 등(1992)의 보고와 일치하는 것이다. 이 종은 자방조직으로부터 체세포배발생, 생장점 조직으로부터 기내대량증식, 그리고 잎이나 신초줄기로부터 세포배양 등의 재료로 매우 유망한 것으로 보인다.

이상의 결과로 보아 국내수목원에 식재되어 있는 10여종의 외래주목에도 태평양 주목 및 한국산 자생주목의 수피와 잎에 함유되어 있는 taxol 및 관련화합물 함량에 상응하는 양이 함유되어 있었으며, 0.1%로 매우 높은 함량은 가진 종들도 있었다. Taxol 및 관련화합물의 함량이 높은 개체를 선발하여 삽목 및 조직배양에 의한 방법으로 증식한 후, 주목의 생장에 적합한 환경조건 하에 재배하여 재생산 가능한 조직으로부터 taxol을 대량생산할 수 있을 것이다. 본 연구의 결과는 우리나라의 환경 등에 적합한

**Table 3.** Taxane content in various tissues of *T. cuspidata* cv. Nigra grown in Chollipo Arboretum( $\mu\text{g/g}$  dryweight)

Tissues	Taxol	Cephalomannine	Baccatin III	10-DAB III
Meristem	511.0	327.1	2.5	9.6
Ovary	305.9	2.5	2.5	503.5
Young needle	1,046.4	952.3	64.8	339.3
Old needle	1,082.6	976.2	237.9	709.8

수종을 선택하는 기초자료를 제공해 주며, 함량이 높은 개체를 선발하여 실생, 삽목, 조직배양 등을 통해 대량증식하는데 기여할 수 있을 할 것으로 기대된다.

#### 4. 적 요

천리포수목원에 재식되어 있는 10여종의 외래주목의 잎과 줄기의 taxol 및 관련화합물의 함량을 HPLC로 분석하였다. 외래주목의 부위별 taxol함량은 종간 및 종내에서 매우 다양한 함량차이를 보였으며, 잎 중의 함량이 신초줄기 중의 함량보다 높았다. 또한 Taxol 및 관련화합물의 함량은 외래주목 종들간에 심한 차이를 보였다. 4월에 채집된 *T. cuspidata* cv. Nigra의 taxol 함량이 0.1%였으며, *T. x media* cv. Kelsayi도 건물중 당 0.04%로 함량이 매우 높았다. 잎에서 taxol함량이 가장 높았던 *T. cuspidata* cv. Nigra의 자방, 1년생 잎, 1년 이상된 잎 등 부위별 taxol함량은 1년생 잎에서 함량이 가장 높았다.

#### 감사의 말씀

본 논문은 과학기술처 선도기술개발사업의 연구결과(N81160W)이다. 본 연구를 위해 시료채집과 주목의 자세한 고증을 해준 천리포 수목원의 관계자 여러분에게 감사드리며, 표준 화합물을 제공하여 준 미국 국립보건원 국립암연구소(NIH-NCI)와 Virginia Polytechnic Institute and State University of Kingston, D.G.I. 교수에게도 감사한다.

#### 參 考 文 獻

1. Byun, S.Y., I.S. Kang, and K.H. Kim. 1993. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 8: 122
2. Choi MS, Kwak SS, Park YG, Liu JY. 1994. Analysis of Taxol and related compounds in Ullung Island yew (*Taxus cuspidata* var. *latifolia*). Korean J. Biotechnol Bioeng 9(2): 431-439
3. Choi, M.S., M.K. Lee, S.S. Kwak, Y.G. Park, Y.H. Ahn and J.R. Liu. 1995. Taxol and related compounds in Korean native yew(*Taxus cuspidata*). Planta Medica 61: 264-266
4. Choi, M.S. Lee, S.S. Kwak, Y.P. Lim and J.R. Liu. 1999. Characterization of the Ullung island yew(*Taxus cuspidata* vaar. *latifolia*) using RAPD Markers. Kor. J. Medicinal Crop Sci. In Press.
5. Cragg, G.M., S.A. Schepartz, M. Suffness and M.R. Grever. 1993. The taxol supply crisis. New NCI policies for handling the large-scale production of novel natural product anticancer and anti-HIV agent. J. Nat. Prod. 56: 1657-1663
6. Flores, H.E. and P.J. Sgringnoli. 1991. In vitro culture and precocious germination of *Taxus* embryos. In Vitro Cell Dev Biol 27P: 139-142
7. Kelsey, R..G. and N.C. Vance. 1992. Taxol and cephalomannin concentrtrations in the foliage and bark of shade grown and sun-exposed *Taxus brevifolia* tree. J. Nat. Prod. 55: 912
8. Kingston, D.G.I. 1991. The chemistry of taxol. Pharc. Ther. 52: 1-34
9. Schiff, P.B., J. Fant and S.B. Horwitz. 1979. Promotion of microtubule assembly in vitro by taxol. Nature 277: 665-668
10. Strobel, G.A., A. Stiele and F.J.G.M. Kujik. 1992. Factors influencing the in vitro production of radiolabeled taxol by Pacific yew, *Taxus brevifolia*. Plant Sci. 84: 65-74
11. Vidensek, N., P. Lim, A. Campbell and C. Carlson. 1990. Taxol content in bark, wood, root, leaf, twig, and seedling from several *Taxus brevifolia*. J. Nat. Prod. 53:1609
12. Wani, M.C., H.L. Taylor, M.E. Wall, P. Coggon and A.T. McPhail. 1971. Plant antitumor agent. VI. The Isolation and structure of taxol, a novel antineukemic and antitumor agent from *Taxus brevifolia*. J. Am. Chem. Soc., 93: 2325-2341
13. Wheeler, N.C., K. Jech, S. Master, S.W. Brobst, A.B. Alvarado, A.J. Hoover and K.M. Snader. 1992. Effects of genetic epigenetic and environmental factors on taxol content in *Taxus brevifolia* and related species. J. Nat. Prod. 55: 432
14. Zobel, B. and J. Tavert. 1988. Provence, seed source, and exotics. In: Applied Forest Tree Improvement.. John Wiley & Sons. pp. 75-116