

국내산 소나무, 잣나무, 낙엽송, 분비나무 정유의 제초활성

윤미선¹ · 조해미¹ · 연보람¹ · 최정섭² · 김성문^{1,3*}

¹강원대학교 바이오자원환경학과, ²한국화학연구원 친환경신물질연구그룹, ³강원퍼퓸알케미

Herbicidal Activities of Essential Oils from Pine, Nut Pine, Larch and Khingan Fir in Korea

Mi Sun Yun¹, Hae Me Cho¹, Bo-Ram Yeon¹, Jung Sup Choi², and Songmun Kim^{1,3*}

¹Department of Biological Environment, Kangwon National University, Chuncheon, Gangwon-do, 200-701 Korea

²Eco-friendly New Materials Research Group, Korea Research Institute of Chemical Technology, Yuseong, Daejeon, 305-600 Korea

³Gangwon Perfume Alchemy Co. Ltd., Chuncheon, Gangwon-do, 200-701 Korea

(Received on February 22, 2013; Revised on March 8, 2013; Accepted on March 11, 2013)

ABSTRACT. The objective of this research was to understand herbicidal activity of essential oils isolated from leaves of pine (*Pinus densiflora*), nut pine (*Pinus koraiensis*), larch (*Larix kaempferi*) and khingan fir (*Abies nephrolepsis*) in Korea. In a seed bioassay, essential oils of nut pine, larch and khingan fir inhibited the growth of rapeseed (*Brassica napus*) seedlings by 50% at 4,766, 1,865, 5,934 $\mu\text{g ml}^{-1}$, respectively, however, that of pine did not show any herbicidal effect. In a green house experiment, fall panicum, Southern crabgrass, sorghum, barnyardgrass, quackgrass, black nightshade, Indian jointvetch, velvet leaf, and Japanese morningglory were controlled in 24 hours by the foliar application of 10% essential oils from pine, nut pine, larch and khingan fir. The treated plant parts showed burndown effect, however, new shoots appeared 3 days after treatment. Results of GC-MS analysis showed that essential oils from pine, nut pine, larch and khingan fir contained 16, 25, 25, and 16 compounds, respectively, with hydrocarbons, alcohols, ketones, and esters. The major compounds of the essential oils were 3-carene, bornyl acetate, camphene, limonene, α -pinene, β -pinene and β -phellandrene.

Key words: Burndown, Essential oil, Herbicidal activity, Southern crabgrass

서 론

국내 산림면적은 총 6,368,843 ha로 그 중 침엽수는 41.8%로 가장 넓게 분포하고 있으며, 활엽수와 혼효림은 각각 29.9%와 30.3%를 차지하고 있다(Korea Forest Research Institute, 2011). 국내에 서식하고 있는 4과 10속 30종의 침엽수(Kong, 2004) 중 소나무, 잣나무, 분비나무, 낙엽송은 1960년대 이래 장기수 용재림 조성을 위하여 많이 식재되어 전국의 산에서 쉽게 발견되는데, 정부에서는 산림을 효과적으로 관리하기 위하여 가지치기 등의 숲가꾸기 사업을 하고 있으며 이를 통해 발생되는 폐산림자원은 바이오매스를 위한 자원으로 활용되고 있으나 부가가치는 매우 낮은 편이다.

식물 정유(essential oil)는 의약품, 가정용품, 보안용품, 환경 및 위생용품, 공업용품, 사료용품 뿐만 아니라 농업용품으로의 활용이 가능하여(Batish et al., 2008) 산림자원의 부가가치를 높일 수 있다. 예를 들어 침엽수에 함유되어 있는 정유는 항염증성, 살균성, 식욕증진, 건위강장성, 순환촉진성, 탈취성, 거담성, 살충성, 신경안정성 등의 생물학적인 특성을 가지고 있는 것으로 보고되어 있어서(Mishra and Dubey, 1994) 의약품 개발에 활용이 가능하며, 진달래(*Rhododendron mucronulatum*) 정유는 balsamic, coniferous, woody한 향취를 가지고 있어서(Park and Kim., 2008) 향장품 제조를 위한 원료로 활용이 가능하다.

제초활성 식물의 정유는(Salamci et al., 2007) 농업용품 특히 제초제를 대용할 수 있는 친환경 농업자재로 개발이 가능할 뿐만 아니라 정유에 함유되어 있는 성분들은 신규 제초제 개발을 위한 좋은 모화합물이 될 수 있다는 제안이 이루어진 바 있다. 예를 들어 긴병꽃풀 정유(Kim et

*Corresponding author.

Phone) +82-33-250-6447, FAX) +82-33-241-6640

E-mail) perfume@kangwon.ac.kr

al., 2008)와 카जू뿔 정유(Lee et al., 2010)는 다양한 광엽 잡초와 화분과잡초를 방제하는 것으로 보고되었고, 식물 정유에 함유되어 있는 1,4-cineole은 광엽잡초와 화분과잡초를 방제하는 제초제인 cinmethyline으로 개발된 바가 있다.

제조활성 식물로부터 정유를 얻고 상용화를 위해서는 시기별, 기후변화에 따른 정유함량의 변화와 같은 변수도 중요하지만(Batish et al., 2007) 무엇보다도 재료의 대량 확보가 필요하며 이를 위한 가장 유망한 재료가 산림자원이라고 판단된다. 본 연구는 우리나라 산림자원 중 쉽게 대량으로 구할 수 있는 소나무, 잣나무, 분비나무, 낙엽송으로부터 정유를 확보하고, 정유의 살초활성을 검증하였으며, 정유에 함유되어 있는 화합물 분석을 수행하였다.

재료 및 방법

식물시료

본 연구에서 사용된 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus koraiensis*), 낙엽송(*Larix kaempferi*), 분비나무(*Abies nephrolepsis*)는 2012년 9월 강원도 홍천군 소재 강원대학교 학술림에서 채취하였으며 채취된 식물시료는 강원대학교 식물분류학 실험실의 유기억 교수로부터 분류번호를 부여 받았다. 각각의 식물로부터 잎이 붙어 있는 잔가지를 전정가위로 자른 후 가지 부분을 제거한 잎 부위를 정유추출에 사용하였다.

정유 추출 및 회수율 결정

식물시료로부터 정유추출은 Choi et al. (2008)의 방법에 따라 수증기증류법으로 추출하였다. 수증기증류장치(Hanil LabTech, Korea)의 수증기 발생부위에 증류수 5 L, 시료 적재 부위에 소나무, 잣나무, 분비나무, 낙엽송 시료 각각 2 kg씩을 넣은 다음 냉각관에는 4°C의 냉각수가 지속적으로 흐르도록 하였다. 수증기 발생부위의 온도를 100°C로 1시간 유지시키면서 발생된 수증기가 식물시료가 담겨 있는 시료적재부위를 통과하며 정유가 추출되도록 하였다. 추출된 정유는 냉각관에서 응축된 후 정유포집기에 포집되었으며, 무수황산나트륨(anhydrous sodium sulfate)이 담겨있는 삼각깔데기를 통과시켜 수분을 제거한 후 정유 함량을 측정하여 회수율을 구하였다. 각각의 식물로부터 얻은 정유는 4°C의 냉각고에 보관하면서 제조활성실험 및 정유성분분석에 사용하였다.

제초 활성 검증

실내실험

각 well 당 모래 1g씩 담겨있는 24-well tissue culture test plate에 유채(*Brassica napus* L.) 종자 5립을 치상하였

다. 그리고 소나무, 잣나무, 분비나무, 낙엽송 정유를 0, 2,000, 4,000, 6,000, 8,000, 10,000 $\mu\text{L L}^{-1}$ 이 되게 제조한 후 각 well당 1 mL씩 첨가하였다(0.01% Tween 80 함유). Test plates를 26°C / 23°C (day/night), 습도 60%, 광도 250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 조건의 식물생장상에서 5일간 넣고, 식물을 생장시켰다. 정유처리 5일 후 유채 유묘의 생체중을 측정하였으며, 이를 바탕으로 식물의 생장이 50% 저해되는 GR₅₀값을 구하였다. 실내실험은 5회 반복되었다.

온실실험

국내 대표 침엽수 4종으로부터 추출된 정유의 경엽처리 제조효과를 검증하기 위하여 온실조건에서 실험을 수행하였다. 원예용 상토((주)부농)가 충전되어 있는 사각 플라스틱 포트(350 cm²)에 화분과잡초 5종 {미국개기장(*Panicum dichotomiflorum*), 바랭이(*Digiraria sanguinalis*), 수수(*Sorghum bicolor*), 들피(*Echinochloa crus-galli*), 개밀(*Agropyron smüthi*)}과 광엽잡초 5종 {까마중(*Solanum nigrum*), 자귀풀(*Aeschynomene indica*), 어저귀(*Abutilon avicennae*), 도꼬마리(*Xanthium strumarium*), 메꽃(*Calystegia japonica*)}을 파종한 후 온실조건에서 10일간 생육시켰다. 4종 정유를 약제조제액(acetone 50%, Tween-20 0.1%)으로 0, 0.01, 0.1, 1, 5, 10%되도록 희석조제한 후 CO₂ sprayer(R&D Sprayers Inc., Opelousas, U.S.A)를 이용하여 경엽처리하였으며, 처리 7일 후 제조활성 정도를 약효/약해 기준표에 의해 달관조사(0, 약효 전혀 없음; 100, 완전조사)하였다.

정유성분의 기기분석

국내 대표 침엽수 4종 정유의 화학성분을 구명하기 위하여 침엽수 4종의 정유를 gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)로 분석하였다. GC 분석조건은 50°C에서 5분간 유지하고, 분당 4°C씩 250°C까지 승온시킨 후 10분간 유지하였으며, 운반기체는 헬륨(He)을 사용하였고, 유속은 1 ml min⁻¹ 이었다.

화학성분의 분석에 사용한 GC는 HP-5MS fused-silica capillary column (30 m×0.32 mm, 0.25 μm)이 장착되어 있는 Agilent 7890A이었고, MS는 5975C MSD이었다. MS의 분석조건은 ionization voltage가 70 eV, 이온소스온도는 280°C이었고, splitless mode를 사용하였다. GC와 MS의 분석조건은 Table 1에 나타내었으며, MS의 결과 성분분석은 Wiley 275와 NIST library의 mass spectrum data를 이용하여 확인하였다.

결과 및 고찰

우리나라에 서식하고 있는 침엽수종 중 많이 서식하고

Table 1. Analytical conditions of GC/MS for organic chemicals in the essential oil from pine, nut pine, larch and khingan fir.

GC	Agilent 7890A
Column	HP-5MS (30×0.32 mm, 0.25 μm)
Column flow	1 ml min ⁻¹ , He
Injection volume	1 μl
Injection mode	Split (20:1)
Temperature	250°C
Oven	50°C (5 min) - 4°C/min - 250°C (10 min)
Interface temperature	280°C
MS	Agilent 5975C
Ion source	EI, 70 eV
Ion source temperature	280°C
Scan range	50 - 550 m/z
Solvent delay time	3 min

있어서 향후 친환경자재로서 정유를 가장 많이 확보할 수 있는 것으로 소나무, 잣나무, 낙엽송, 분비나무를 선정하였다(Personal Communication Dr. Sangsup Han at Chonbuk National University). 강원대학교 학술림에서 2012년 9월에 식물을 채집하였고, 강원대학교 유기억 교수로부터 소나무, 잣나무, 낙엽송, 분비나무의 식물분류번호를 각각 KWNU 77488, 77259, 71082, 75961로 부여 받았다.

채집된 소나무, 잣나무, 낙엽송, 분비나무의 정유 함량은 각각 0.12, 0.20, 0.06, 0.17%이었다(Table 2). 본 연구의 결과 잣나무의 정유함량은 Kim et al. (2008)이 보고한 국내 향료식물 긴병꽃풀(*Glechoma hederacea*)의 정유함량(0.10~0.18%)보다는 높았으나 Park et al. (2007)이 보고한 망초(*Erigeron canadensis*: 0.33%)와 더위지기(*Artemisia gmelini*: 0.50%, not published data)의 정유 함량보다는 낮았다.

식물정유 4종의 제조효과를 알아보기 위하여 24-well

Table 2. Yield of pine, nut pine, larch and khingan fir essential oils.

Plant	Yield of essential oil (%)
Pine (<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc.)	0.12±0.01
Nut pine (<i>Pinus koraiensis</i> Siebold & Zucc.)	0.20±0.02
Larch (<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carriere)	0.06±0.02
Khingan fir (<i>Abies nephrolepsis</i> (Trautv.) Maxim.)	0.17±0.05

Means and standard errors are based on data from three replicates.

tissue culture test plates에서 유채(*Brassica napus*)를 대상으로 기내실험을 수행한 결과, 가장 제조활성이 높았던 것은 낙엽송 정유로 GR₅₀값은 1,865 μg mL⁻¹이었으며(Table 3), 국내에 서식하는 정유식물인 긴병꽃풀 정유의 GR₅₀값과 비교해서도 높았다(640 μg g⁻¹). 낙엽송 정유의 GR₅₀값은 제조력이 매우 높았던 죽도리풀 추출물(*Asarum sieboldii*: 242 μg g⁻¹), 가시박 추출물(*Sicyos angulatus*: 328 μg g⁻¹), 두릅나무 추출물(*Aralia elata*: 362 μg g⁻¹), 삼치구엽초 추출물(*Epimedium koreanum*: 381 μg g⁻¹)의 GR₅₀값과 비교하였을 때 매우 높았기에(Kim, 2005) 제조효과는 비교적 낮다고 판단되었다. 잣나무와 분비나무 정유의 GR₅₀값은 각각 4,766 μg mL⁻¹과 5,934 μg mL⁻¹으로 제조활성은 비교적 낮았으며, 소나무 정유의 기내 종자발아 제조활성에 대한 GR₅₀값은 구할 수 없었기에 제조활성은 거의 없다고 추론되었다.

식물 4종 정유의 제조활성을 온실에서 검증하기 위하여 화분과잡초 5종(미국개기장, 바랭이, 수수, 돌피, 개밀)과 광엽잡초 5종(까마중, 자귀풀, 어저귀, 도꼬마리, 메꽃)을 대상으로 실험을 수행하였다. 식물정유 1%를 경엽에 처리시 제조효과는 전혀 나타나지 않았으며, 5% 처리시 몇몇 초종에서 제조효과가 발현되었는데 특히 바랭이와 수수는 대단히 민감하게 반응한 것으로 나타났다(Table 4). 식물정유 10% 경엽처리 시 도꼬마리를 제외한 모든 식물들이 고사되었는데, 처리 12시간 후부터 약효가 발현되기 시작하여 24시간 후에는 거의 모든 식물의 잎이 타는 듯한 화염상(burn-down) 증상을 나타내었고, 3일 후에는 최고 높은 제조활성을 보였다가 이후에는 재생되는 것으로 나타났다. 특히 미국개기장은 종자의 특성상 토양 표면 위로 늦게 출현되었기 때문에 검증일에는 기 고사된 개체 이외에 새롭게 지상부로 출현한 개체를 확인할 수 있었다. 많

Table 3. Growth inhibition activity of essential oils from pine, nut pine, larch and khingan fir

Plant	Herbicidal activity (GR ₅₀ value) μg mL ⁻¹
Pine (<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc.)	- ^{a)}
Nut pine (<i>Pinus koraiensis</i> Siebold & Zucc.)	4,766
Larch (<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carriere)	1,865
Khingan fir (<i>Abies nephrolepsis</i> (Trautv.) Maxim.)	5,934

^a Not determined.

The GR₅₀ value is a concentration to inhibit the growth of rapeseed (*Brassica napus*) seedlings by fifty percent. Means are based on data from three replicates.

Table 4. Herbicidal activity of pine, nut pine, larch and Khingan fir essential oils with post-emergence treatment on 10 weed species in a greenhouse.

Plant	Conc. ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Herbicidal activity (%) ^a									
		PANDI ^b	DIGSA	SORBI	ECHCG	AGRSM	SOLNI	AESIN	ABUTH	XANSI	CAGEH
Pine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	20	10	10	0	10	0	0	0	0
	5	20	90	100	70	20	30	50	0	0	0
	10	100	100	100	100	100	100	100	100	20	100
Nut pine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	20	100	30	30	10	10	30	0	0	0
	10	100	100	90	100	100	100	80	100	30	100
Larch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0
	5	0	90	70	80	30	50	40	0	0	0
	10	100	100	100	100	100	100	100	100	10	100
Khingan fir	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	90	100	80	80	0	30	50	0	10	10
	10	100	100	100	100	100	100	100	100	80	100

Means are based on data from three replicates.

^a The herbicidal activity was determined by visual injury 7 days after the application of the essential oil.

^b Abbreviations; PANDI: *Panicum dichotomiflorum*; DIGSA: *Digiraria sanguinalis*; SORBI: *Sorghum bicolor*; ECHCG: *Echinochloa crus-galli*; AGRSM: *Agropyron smithi*; SOLNI: *Solanum nigrum*; AESIN: *Aeschynomene indica*; ABUTH: *Abutilon avicennae*; XANSI: *Xanthium strumarium*; CAGEH: *Calystegia japonica*.

은 연구자들에 의해 식물정유의 특성이 속효성, 비선택성, 비이행성이라는 것이 보고되었는데(Bainard and Isman, 2006; Kim et al., 2008; Tworkoski, 2002; Yun et al., 2012) 본 연구에서도 동일한 결과를 보여주고 있다.

본 연구에서 식물정유(10%) 처리로 모든 식물이 고사되었음에도 불구하고, 도꼬마리는 그 약해가 미약하였는데 그 이유로는 정유처리 시기에 도꼬마리의 생육상태가 다른 식물보다도 훨씬 좋았거나 혹은 도꼬마리 잎 표면 구조가 정유의 흡수를 저해하였을 것이라 추론되었다.

소나무 정유에 함유된 유기화합물을 GC-MS로 분석한 결과 총 16종의 화합물이 검출되었는데(Table 5) 소나무 정유에 함유된 화합물들을 화학구조 별로 분류하면 탄화수소류(hydrocarbons) 13종, 알코올(alcohol) 1종, 케톤(ketone) 1종, 그리고 에스테르(ester) 1종이었으며, 화학구조 별 함량은 탄화수소류가 87.50%, 에스테르가 10.6%, 케톤이 1.61%, 그리고 알코올이 0.33% 순이었다. 소나무 정유에 함유된 주된 화합물로는 α -pinene (24.69%), β -phellandrene (22.21%), β -pinene (20.55%), bornyl acetate

(10.56%), camphene (5.47%), (+)-4-carene (3.14%), longifolene (2.72%), caryophyllene (2.43%) 등 이었다(Table 5).

잣나무 정유에 함유되어 있는 유기화합물을 GC-MS로 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다. 잣나무 정유에는 총 25종의 화합물이 검출되었는데 탄화수소류 20종, 알코올류 2종, 케톤류 2종, 그리고 에스테르 1종이 함유되어 있었다. 잣나무 정유에 함유된 화합물의 화학구조 별 함량은 탄화수소류가 89.21%, 알코올류가 0.67%, 케톤류가 0.64%, 그리고 에스테르가 9.47%이었으며, 주된 화합물은 α -pinene (33.22%), limonene (11.54%), camphene (10.10%), bornyl acetate (9.47%), (+)-4-carene (9.48%), β -pinene (8.99%), caryophyllene (2.65%), longifolene (2.59%)등 이었다(Table 6).

낙엽송 정유에 함유되어 있는 유기화합물을 구명하기 위하여 GC-MS로 정유를 분석한 결과 총 25종의 화합물이 검출되었다(Table 7). 낙엽송 정유에서 검출된 유기화합물로는 탄화수소류 20종, 알코올류 2종, 케톤류 2종, 그리고 에스테르 1종을 들 수 있으며, 정유에 함유된 주된 화합물로는 α -pinene (19.86%), β -pinene (17.35%), bornyl acetate

Table 5. Chemical composition of pine essential oil.

R.T. (min)	Compound	Area (%)	CAS No.	Formula	Classification
9.24	Tricyclene	1.53	508-32-7	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
9.77	1R- α -Pinene	24.69	7785-70-8	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
10.40	Camphene	5.47	79-92-5	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
11.58	L- β -pinene	20.55	18172-67-3	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
13.88	β -Phellandrene	22.31	555-10-2	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
16.02	(+)-4-Carene	3.14	29050-33-7	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
20.35	α -Terpineol	0.33	98-55-5	C ₁₀ H ₁₈ O	Alcohol
21.51	o-Methylthymol	1.61	1076-56-8	C ₁₁ H ₁₆ O	Ketone
23.47	L-bornyl acetate	10.56	5655-61-8	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	Ester
26.53	α -Copaene	1.09	3856-25-5	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
27.69	Longifolene	2.72	475-20-7	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
27.99	Caryophyllene	2.43	87-44-5	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
29.13	α -Caryophyllene	0.44	6753-98-6	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
29.93	β -Cubebene	1.36	13744-15-5	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
30.45	α -Muurolene	1.05	10208-80-7	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
31.05	β -cadinene	0.72	523-47-7	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon

The volatile chemicals were analyzed by GC-MS.

Table 6. Chemical composition of nut pine essential oil.

R.T.(min)	Compound	Area (%)	CAS No.	Formula	Classification
7.66	Santene	0.22	529-16-8	C ₉ H ₁₄	Hydrocarbon
9.27	β -Cubebene	1.97	13744-15-5	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
9.81	1R- α -Pinene	33.22	7785-70-8	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
10.45	Camphene	10.10	79-92-5	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
11.38	β -Phellandrene	0.24	555-10-2	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
11.58	L- β -Pinene	8.99	18172-67-3	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
12.77	α -Phellandrene	0.24	99-83-2	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
12.86	3-Carene	0.28	13466-78-9	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
13.21	β -Thugene	1.49	28634-89-1	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
13.57	o-Cymene	1.35	527-84-4	C ₁₀ H ₁₄	Hydrocarbon
13.78	D-Limonene	11.54	5989-27-5	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
13.83	Tricyclene	1.76	508-32-7	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
16.04	L-bornyl acetate	9.47	5655-61-8	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	Ester
16.26	p-Cymenene	0.27	1195-32-0	C ₁₀ H ₁₂	Hydrocarbon
16.54	Decane, 2,6,8-trimethyl-	0.28	62108-26-3	C ₁₃ H ₂₈	Hydrocarbon
18.47	Camphor	0.43	21368-68-3	C ₁₀ H ₁₆ O	Ketone
19.51	Borneol	0.24	507-70-0	C ₁₀ H ₁₈ O	Alcohol
20.36	α -Terpineol	0.43	98-55-5	C ₁₀ H ₁₈ O	Alcohol
21.51	o-Methylthymol	0.21	1076-56-8	C ₁₁ H ₁₆ O	ketone
26.53	α -Copaene	0.62	3856-25-5	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
27.69	Caryophyllene	2.65	87-44-5	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
27.99	(+)-4-Carene	9.48	29050-33-7	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
29.93	Longifolene	2.59	475-20-7	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
30.92	γ -Muurolene	0.60	39029-41-9	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
31.05	β -cadinene	1.35	523-47-7	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon

The volatile chemicals were analyzed by GC-MS.

Table 7. Chemical composition of larch essential oil.

R.T. (min)	Compound	Area (%)	CAS No.	Formula	Classification
7.17	Tricyclene	0.21	508-32-7	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
7.53	1R- α -Pinene	19.86	7785-70-8	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
8.03	Camphene	5.20	79-92-5	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
8.95	L- β -pinene	17.35	18172-67-3	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
9.85	α -Phellandrene	0.33	99-83-2	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
9.93	3-Carene	3.37	13466-78-9	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
10.49	o-Cymene	0.61	527-84-4	C ₁₀ H ₁₄	Hydrocarbon
10.67	D-Limonene	7.56	5989-27-5	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
10.74	β -Phellandrene	7.38	555-10-2	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
11.64	γ -Terpinene	0.21	99-85-4	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
12.60	(+)-4-Carene	1.04	29050-33-7	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
17.70	o-Methylthymol	0.24	1076-56-8	C ₁₁ H ₁₆ O	Ketone
19.62	L-bornyl acetate	15.29	5655-61-8	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	Ester
22.61	α -Cedrene	1.54	469-61-4	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
23.76	Longifolene	1.01	475-20-7	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
24.97	cis- β -Farnesene	0.65	28973-97-9	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
25.98	β -cubebene	2.33	13744-15-5	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
26.50	α -Muurolene	1.64	10208-80-7	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
26.60	α -Farnesene	4.95	502-61-4	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
26.96	γ -Muurolene	0.47	39029-41-9	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
27.10	β -cadinene	2.73	523-47-7	C ₁₅ H ₂₄	Hydrocarbon
30.83	τ -Muurolol	2.11	19912-62-0	C ₁₅ H ₂₆ O	Alcohol
31.18	α -Cadinol	2.22	481-34-5	C ₁₅ H ₂₆ O	Alcohol
32.64	Pentadecanal-	0.54	2765-11-09	C ₁₅ H ₃₀ O	Ketone
38.07	Thunbergen	1.15	1898-13-1	C ₂₀ H ₃₂	Hydrocarbon

The volatile chemicals were analyzed by GC-MS.

(15.29%), limonene (7.56%), β -pellandrene (7.38%), camphenex (5.20%), α -farnesene (4.95%), 3-carene (3.37%)등 이었다 (Table 7).

분비나무 정유에는 총 16종의 유기화합물이 검출되었으며 탄화수소류 12종, 케톤류 2종, 알코올과 에스테르가 각각 1종씩 검출되었다(Table 8). 분비나무 정유에 함유된 화합물의 화학구조 별 함량은 탄화수소류가 85.59%, 에스테르가 12.54%, 케톤류가 1.23%, 그리고 알코올류가 0.64%이었으며, 정유에 함유된 주된 화합물로는 3-carene (21.52%), α -pinene (18.23%), β -pinene (14.98%), camphene (14.28%), bornyl acetate (12.54%), limonene (7.99%)등 이었다(Table 8).

본 연구에서 사용된 4종 침엽수의 정유는 실내실험과 온실실험을 통해 제조활성이 검정되었으며, 4종 정유에는 공통적으로 3-carene, bornyl acetate, camphene, limonene,

α -pinene, β -pinene, β -phellandrene이 주 화합물로 함유되어 있었다. 이들 공통 화합물이 정유의 제조활성에 기여했을 것이라 추론되지만 현재까지 각 화합물의 살초활성에 대한 연구 결과가 보고되어 있지 않기 때문에 얼마만큼 또 어떻게 기여했는지에 대해서는 알 수 없다.

본 연구를 통하여 잡초 유식물의 생장을 억제하는 활성을 나타낸 소나무, 잣나무, 낙엽송, 분비나무 정유는 잡초 종합 방제 프로그램(Integrated Weed Management Program)에서 화학제초제를 대신하는 bioherbicide로 활용될 수 있을 것이라 판단된다(Dudai et al., 1999). 선행연구(Yun et al., 2012)에서 제안한 바와 같이 소나무, 잣나무, 낙엽송, 분비나무 정유는 국내 경작자들이 일부 비선택성 제초제를 햇골에 발생한 잡초를 방제하는 것처럼 비산방지캡을 장착하여 사용할 경우 비선택적으로 잡초를 방제하는데

Table 8. Chemical composition of Khingan fir essential oil.

R.T. (min)	Compound	Area (%)	CAS No.	Formula	Classification
9.26	Tricyclene	1.65	508-32-7	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
9.42	β-Thugene	0.46	28634-89-1	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
9.81	1R-α-Pinene	18.23	7785-70-8	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
10.51	Camphene	14.28	79-92-5	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
12.21	L-β-Pinene	14.98	18172-67-3	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
13.03	3-Carene	21.52	13466-78-9	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
13.25	(+)-4-Carene	0.24	29050-33-7	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
13.86	D-Limonene	7.99	5989-27-5	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
13.91	β-Phellandrene	1.00	555-10-2	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
14.93	γ-Terpinene	0.34	99-85-4	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
16.06	α-Terpinolen	2.22	586-62-9	C ₁₀ H ₁₆	Hydrocarbon
21.53	o-Methylthymol	0.65	1076-56-8	C ₁₁ H ₁₆ O	ketone
23.67	L-bornyl acetate	12.54	5655-61-8	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	Ester
36.03	α-Bisabolol	0.64	515-69-5	C ₁₅ H ₂₆ O	Alcohol
43.83	Manool oxide	0.58	596-84-9	C ₂₀ H ₃₄ O	ketone
46.01	Thunbergen	2.68	1898-13-1	C ₂₀ H ₃₂	Hydrocarbon

The volatile chemicals were analyzed by GC-MS.

활용할 수 있을 것이라 판단된다.

요 약

본 연구의 목적은 국내의 대표적인 침엽수인 소나무, 잣나무, 낙엽송, 분비나무로부터 추출된 정유의 제조활성을 이해하는데 있었다. 소나무, 잣나무, 낙엽송, 분비나무 정유의 기내 종자발아 제조활성 검정 결과, 유체에 대한 GR₅₀ 값은 각각 0, 4,766, 1,865, 5,934 μg ml⁻¹으로 소나무를 제외하고는 제조활성을 나타내었다. 온실조건에서 소나무, 잣나무, 낙엽송, 분비나무 정유 10%를 5종의 화분과 잡초와 5종의 광엽잡초에 처리한 결과 도꼬마리를 제외하고는 24시간 내에 완전 고사되었으며, 처리 식물의 부위는 타는 듯한 화염상 증상을 나타내었고, 처리 3일 이후에는 신초가 재생하여 4종 식물 정유는 속효성, 비선택성, 비이행성 특성을 나타내었다. 소나무, 잣나무, 낙엽송, 분비나무의 정유를 GC-MS로 분석한 결과 각각 16종, 25종, 25종, 16종의 유기화합물이 검출되었으며, 이들 정유에는 탄화수소, 알코올, 케톤, 에스테르가 공통적으로 함유되어 있었다. 그리고 정유 4종의 주 화합물은 3-carene, bornyl acetate, camphene, limonene, α-pinene, β-pinene, β-phellandrene 이었다.

주요어 : 낙엽송, 분비나무, 소나무, 잣나무, 정유, 제조활성

Acknowledgement

This study was financially supported by the Rural Development Administration, Republic of Korea (PJ00682 01002).

References

- Bainard, L.D. and Isman, M.B. 2006. Phytotoxicity of clove oil and its primary constituent eugenol and the role of leaf epicuticular wax in the susceptibility to these essential oils. *Weed Sci.* 54(5):833-837.
- Batish, D.R., Singh, H.P., Setia, N., Kohli, R.K., Kaur, S. and Yadav, S.S. 2007. Alternative control of littleseed canary grass using eucalypt oil. *Agron. Sust. Dev.* 27:171-177.
- Batish, D.R., Sing, H.P., Kohli, R.K. and Kaur, S. 2008. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecol. Management* 256:2166-2174.
- Choi, H.J., Wang, H.Y., Kim, Y.N., Heo, S.J., Kim, N.K. et al. 2008. Composition and cytotoxicity of essential oil extracted by steam distillation from horseweed (*Erigeron canadensis* L.) in Korea. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 51(1):55-59. (In Korean)
- Dudai, N., Poljakoff-Mayber, A., Mayer, A.M., Putievsky, E. and Lerner, H.R. 1999. Essential oils as allelochemicals and their

- potential use as bioherbicides. *J. Chem. Ecol.* 25:1079-1089.
- Kim, S. 2005. Search for Korean native plants with herbicidal composition. *Kor. J. Weed Sci.* 26(3):225-245. (In Korean)
- Kim, S., Kim, H.Y., Hwang, K.H. and Chun, I.J. 2008. Herbicidal activity of essential oil from *Glenchoma hederacea*. *Kor. J. Weed Sci.* 28(2):152-160. (In Korean)
- Kong, W.S. 2004. Species composition and distribution of native Korean conifers. *J. Kor. Geographical Soc.* 39(4):528-543.
- Korea Forest Research Institute. 2011. The 5th national forest inventory report. p. 54-55. (In Korean)
- Lee, S.E., Yun, M.S., Yeon, B.R., Choi, J.S., Cho, N.K. et al. 2010. Herbicidal activity of benzaldehyde in cajuput (*Melaleuca cajuputi*) essential oil. *Kor. J. Weed Sci.* 30(3):183-190. (In Korean)
- Mishra, A.K. and Dubey, N.K. 1994. Evaluation of some essential oils for their toxicity against fungi causing deterioration of stored food commodities. *Appl. Environ. Microbiol.* 60(4): 1101-1105.
- Park, Y.H. and Kim, S. 2008. Composition and cytotoxicity of essential oil from Korean rhododendron (*Rhododendron mucromulatum* Turcz. var. *ciliatum* Nakai). *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 51(3):233-237. (In Korean)
- Park, Y.H., Choi, H.J., Wang, H.Y., Kim, H.Y., Heo, S.J. et al. 2007. Volatile components of *Erigeron canadensis* L. in Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 27(3):268-274. (In Korean)
- Salamci, E., Kordali, S., Kotan, R., Cakir, A. and Kaya, Y. 2007. Chemical compositions, antimicrobial and herbicidal effects of essential oils isolated from Turkish *Tanacetum aucheranum* and *Tanacetum chiliophyllum* var. *chiliophyllum*. *Biochem. System. Ecol.* 35:569-581.
- Tworcoski, T. 2002. Herbicidal effects of essential oils. *Weed Sci.* 50:425-431.
- Yun, M.S., Yeon, B.R., Cho, H.M., Choi, J.S. and Kim, S. 2012. Herbicidal activity of essential oil from amyris (*Amyris balsamifera*). *Weed Turf. Sci. J.* 1(4):44-49. (In Korean)