

돼지풀 잎의 성장기 동안 Monoterpenes 조성과 계절적 변이

김종희·김해수

경남대학교 자연과학대학 생명과학부

적 요: 돼지풀 잎의 성장이 plastochron index(PI)에 의해 계산되었으며 돼지풀 잎의 monoterpenes 함량과 조성이 PI에 따라 조사되었다. 돼지풀은 PI 2.0부터 monoterpene의 총합량이 계속적으로 증가하였으며, PI 11.89때 최고의 양을 지닌 것으로 나타났다. 돼지풀에서 동정된 monoterpene들은 약 29개의 화학물질들로서, 그 가운데 No. 2, octene, α -pinene, β -myrcene, 1,3,6-octatriene, endo-borneol, (-)-bornyl acetate가 대표적으로 많이 함유된 monoterpene들이었다.

검색어: 돼지풀, Monoterpenes, Plastochron index

서론

돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior*)은 외국에서 들어 온 귀화식물로서 현재 우리 나라에 널리 분포한다. 돼지풀이라고 하는 이름은 영국의 Hogweed에서 온 이름으로서 화분병을 일으키며, 초식자들이 전혀 먹지 않는 종으로 이런 종들이 쉽게 도입되어 우리 나라 전체에 걸쳐 분포하게 된 이유는 무엇일까? 또 인근의 식물에 비해서 어떤 기작이 있어 타 식물들과의 경쟁에서 우위를 차지할 수 있는가?

이 같은 문제에 대한 최근의 식물생태학적 해결은 식물의 2차 대사물질을 이용한 화학적 생태학에 대한 연구들(Fischer and Quijano 1985, Harborne 1988)로서 식물의 생태적 적응과 경쟁적 우세종으로서의 기작과 매우 밀접한 관계가 있음이 알려졌다. 즉 식물 독성물질과 allelopathic 효과로서의 terpenes에 관한 연구들(Baldwin and Colleham 1993, Rice 1984, Thompson 1985, Dey and Harborne 1997)이 1980년대 이후에 이르러 활발하게 연구되기 시작하였다.

특히 monoterpenes와 essential oils(정유)에 관한 연구들이(Charlwood and Charlwood 1991) 기초연구분야로부터 응용의 연구분야에 이르기까지 다양하게 연구되어 왔다. 즉 식물이 함유한 화학물질의 분석과 동정에 관한 연구로서 식물내의 분포의 차이(Ateeque and Misra 1994), 지리적 분포의 차이와 같은 기초연구분야로부터 allelopathic 화합물로서의 역할(Chapman and Lynch 1983, Weaver and Klarich 1977), 식물 제초제로서의 역할(Duke and Lydon 1987), 곤충이나 초식동물들의 성장을 방해하는 해충제로서의 역할, 또 미생물의 성장을 방해하여 의약품의 원료로서의 역할 등에 이르는 응용의 연구분야까지 그 연구가 다양하게 이루어져 왔다.

Monoterpenes와 정유들이 식물의 성장과 발아를 강하게 저해한다는 사실은 잘 알려진 사실이다(Fischer and Quij-

ano 1985, Elakovich 1988). Fischer(1986)는 allelopathic agents로서 14개의 monoterpenes를 제시하였는데, 그 가운데 알려진 것으로는 α -와 β -pinene, camphene, limonene, α -phellandrene, p -cymene, 1,8-cineole, borneol, pulegone, camphor 등이다. 이들 화합물들은 인근 식물의 발아에 영향을 미치거나 식물의 성장속도를 감소시키고, 또는 토양속의 Actinomycetes의 성장(Fischer 1991)과 밀접한 영향이 있는 것으로 알려져 있다.

이처럼 돼지풀이 우리 나라에 적응하게 된 기작이 이 식물이 함유하고 있는 화학물질, 특히 terpene과 밀접한 관계가 있을 것으로 판단된다. 왜냐하면 휘발성, 방향성 terpene인 monoterpene은 식물에서 독특한 냄새를 내게 하는데 이 식물은 고약한 냄새를 풍긴다. 따라서 다양한 종류의 monoterpene과 그 함량이 많을 것으로 여겨진다. 특히 국화과 식물이 지니고 있는 휘발성 유기물질에 대한 많은 증거가 있으며(Bicchi *et al.* 1985, Halligan 1975, Brown 1994, Kim 1996, 1997, 길 등 1991, 1994), 대부분의 monoterpene의 동정이 유용하기 때문이다. 더욱이 돼지풀은 우리 나라 전역에 걸쳐 확산되어 있는 이용가치가 전혀 없는 종인 점을 감안한다면 돼지풀에서의 monoterpene분석과 그 연구를 통해 본 식물의 자원화를 유도할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 목적은 우선 외국으로부터 귀화된 종의 적응 기작을 식물이 함유하고 있는 monoterpenes의 조성과 함량의 계절적 변이를 연구함으로써 식물생화학적 방법으로 밝히고, 그 화학물질들의 자원화를 위한 기초적 자료를 제공함에 있다.

재료 및 방법

채집 및 monoterpenes의 분석

표본의 장소는 무학산(해발 900 m) 지역의 돼지풀 서식지를 선정하였다. Plastochron age를 얻기 위하여 돼지풀이 돋아나는 3월말로부터 시작하여 매 24시간마다 식물의 잎

본 연구는 1997년 학술진흥재단 지방대 육성연구비의 지원에 의해 이루어졌음.

의 기부로부터 센 번호(counting number)와 그의 길이를 측정하였다. 계속해서 9월말까지 2주일 간격으로 돼지풀의 지상부를 채집, 밀봉하여 실험실로 가져와 즉시 pentane에 추출시켰다. Monoterpenene의 분석은 다음과 같은 방법으로 실시하였다.

3g의 생엽을 pentane에 추출시켰다. 이때 0.1% tetradecane(1ml)을 internal standard로 사용하였다. solvent의 불순물 여부를 확인하여 최소한 2회 이상의 분별 증류된 시약을 사용하였다. Pentane추출액은 sodium sulfate로 여과시켜 1ml가 될 때까지 질소가스로 농축시킨 후 GC-MS (Hewlett Packard 5890-II)로 분석하였으며, GC-MS의 분석 조건은 Kim and Langenheim(1994)의 방법에 따라 분석하였다.

Monoterpenene의 분석에 이용된 GC-MS기종의 GC는 내경 0.25mm, 길이 30m의 HP-5MS capillary column과 FID detector를 사용하였고, MS는 내경 0.20mm, 길이 50m의 HP-5MS capillary column이 사용되었다. 분석되어 나오는 monoterpenene의 retention time과 mass spectrum으로 동정하였다. 모든 자료의 통계처리는 Excel ver. 7.0 program을 이용하였다.

Plastochron index(PI)

식물체내의 monoterpenene의 양은 계절에 따라 변하고 같은 과라 할지라도 종에 따라 다르며(Von Rudloff 1975), 똑 같은 개체내에서도 식물 잎의 연령에 따라서도 다른 것으로(Espinosa-Garcia and Langenheim 1991) 보고된 바 있다. 따라서 돼지풀의 monoterpenene의 계절적 변이와 잎의 연령에 따른 monoterpenene의 분석이 뒤따라야 하므로 본 연구에서는 초본 식물 잎에 대한 연령을 객관화 시킨 PI에 의해서 monoterpenene 함량과 조성을 분석하였다.

Erickson과 Michellini(1957)는 연속적으로 출현하는 두 개의 잎 사이의 시간 간격을 plastochron이라고 정의하고, 이것을 나타내기 위해서 PI를 제안하였다. Plastochron은 개체군에서, 또는 보다 넓은 의미에서는 여러 식생 단계별로, 계속적으로 출현하는 두 잎의 성장과 관련된 시간 간격이라고 정의할 수 있으며(Maksymowych 1973) 널리 생리적 연구에 응용되어 왔다 (Lamoreaux et al. 1978, Freeman and Kliever 1984, Cordero et al. 1985, 박과 김 1986, 김 1992). PI는 식물의 초기 성장단계에서 linear model을 적용하는 것이므로 다음과 같이 계산한다.

$$PI = n + (\ln Ln - \ln LR) / (\ln Ln - \ln Ln_{+1})$$

- 여기서, PI: Plastochron index
- n: 기부로부터 센 잎의 번호
- Ln: n번째 잎의 길이
- Ln₊₁: n+1번째 잎의 길이
- LR: Reference length

결과 및 고찰

Fig. 1은 시간에 따른 돼지풀 잎의 길이를 측정한 것이다. 전형적인 성장곡선의 형태를 보이는 것으로 잎의 초기에는 기하급수적 양상을 보이다가 한계점에 도달하는 logistic형태를 보였다. Plastochron index는 다음 세가지의 가정 하에서 index를 계산하는데, 돼지풀의 결과가 이를 만족하였다. 즉 ①잎의 초기성장(그림에서는 점선 이하의 부분, 이를 Reference length라 함) 단계는 기하급수적이다. 따라서 이를 대수적합수로 고치면 직선화된다. ② 잎의 출현 시간간격은 동일한 간격을 갖는다. ③ 그리고 그들 직선은 평행하다. 따라서 Erickson과 Michellini(1957)가 제안한 Plastochron index의 linear model(Maksymowych 1973)의 적용이 가능하였다. 돼지풀 잎에서의 reference length는 10mm로 결정하였다.

Fig. 2는 돼지풀로부터 계산된 PI와 시간과의 관계를 보여주는 것으로서 매우 높은 상관을 지니고 있다. 즉 그것은 시간의 개념을 식물의 상대적 연령을 추정할 수 있는 PI로 대체할 수 있음을 의미한다. 그림에서 5월 25일쯤에 돼지풀은 PI 6.0정도에 이르는 성장을 보이는데, 이것은 Reference length보다 큰 잎이 6개가 출현되었음을 의미한다. 이렇듯이 시간에 따른 식물의 생리적 변화나 식물의 성장변화등과 같은 연구에는 단순히 인간이 사용하고 있는 날짜를 사용하는 것보다는 식물의 연령에 따른 상대적 시간개념을 사용하는 것이 '올바르다'고 본다. 왜냐하면 식물의 발생시기는 식물종에 따라 다르고, 또 지역에 따라 다를 수 있는데, 같은 날짜에서의 생리적 현상을 논한다거나, 호르몬의 양을 논한다는 것은 의미 없는 일이다.

Lamoreaux 등(1978)에 의하면, 식물성장에 대한 호르몬의 조절과 농작물의 성장과정에 영향을 주는 여러 환경요인의 효과분석에 PI를 적용한 결과, 대단히 유용하다고 보고하였다. 마찬가지로 Isebrands 등(1976)은 LPI(leaf plastochron index)를 사용하여 여러 성장단계의 목화 잎에

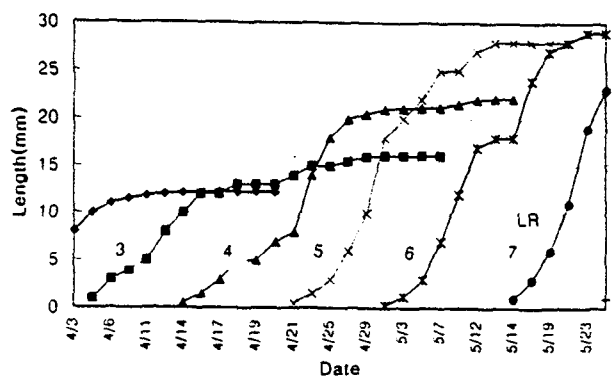


Fig. 1. Lengths of successive leaves of *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior* plotted logarithmically against time. No. means leaf serial number counting from the base.

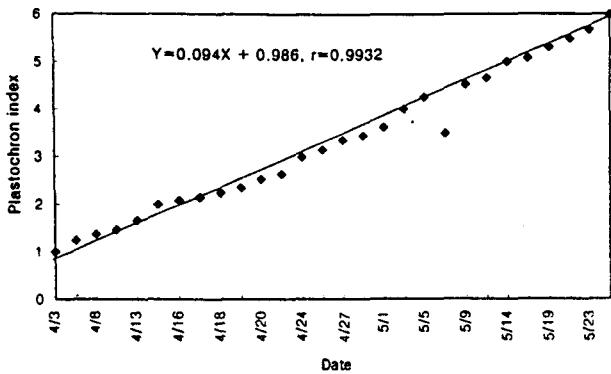


Fig. 2. The relations between plastochron index (PI) and time for the leaf of *Ambrosia artemisiifolia* var. *elator*. There is a high correlation between them.

서, 각 세포층의 세포분열에 적용하여 그 index를 발전시켰고, Maksymowch와 Erickson(1960, 1977), Kriedemann 등(1970), Park과 Kim(1985), 박과 김(1986)은 생리적 성장연구에 PI를 사용하였다. 또한 PI는 생태적 연구에도 적용이 되어 왔는데, Silk(1980)는 cantalope의 성장을 관개수로와 관련지은 연구에서 PI를 사용하였고, Freeman과 Kliever(1984)은 potassium농도와 포도 잎의 성장을 논하였다.

Fig. 3은 돼지풀 잎에서의 monoterpene 총합량을 잎의 성장단계별로 본 것이다. 돼지풀 잎에서의 monoterpene 총합량은 PI 2.09~6.29 까지의 초봄에는 일정한 값을 보이다가 점차로 증가하는 양상을 보였으며, PI 11.89에서 최고를 나타내고 그 이후로는 다시 감소하는 경향을 보였다. 이 같은 양상은 속속 식물의 경우(Kim 1996, 1997, 김 1998)와 *Umbellularia californica*(Goralka et al. 1996)와는 달리 어린잎에서 그 함량이 적었다가 점차로 성장기의 잎에서 많아지는 특이한 결과를 나타내었다. 그러나 어렸든 monoterpene 함유 식물들은 성장시기에 따라 총합량의 변이가 심하게 나타나는데 그 이유는 초식자들에 대한 방어기작으로서, 또는 타 식물들과의 경쟁기작으로서 식물들은 2차 화학물질의 분비를 조절하는 것으로 알려져 있다 (Fischer 1991). 따라서 돼지풀의 경우를 살펴본다면 PI 12정도 이후로부터 돼지풀은 결가지가 나타나기 시작한다거나, 꽃을 피우기 시작하는데, 생리적으로 영양물질의 분배를 생식기관으로 집중시키기 때문에 점차 감소된 것으로 판단된다.

돼지풀 잎에서 분석된 monoterpenes는 약 29개로 조사되었다 (Table 1). 29개의 monoterpenes 가운데 octene(15.67%), 1,3,6-octatriene(15.00%), β -myrcene(12.98%), endo-borneol(10.30%)등이 10% 이상을 차지하는 주요한 monoterpene들로 확인되었으며, 특히 octene과 1,3,6-octatriene은 항상 존재하는(R.F.=100%) 화학물질로 밝혀졌으며, 비록 10% 이상의 양을 차지하지는 않지만 (-)-bornyl-acetate 역시 100% 빈도를 나타내는 중요한 화학물질임을 알 수 있었다. 또한 19개의 monoterpene들이 F-testing 결과 계절적으로 유의적 차가 있는 것으로 나타났다.

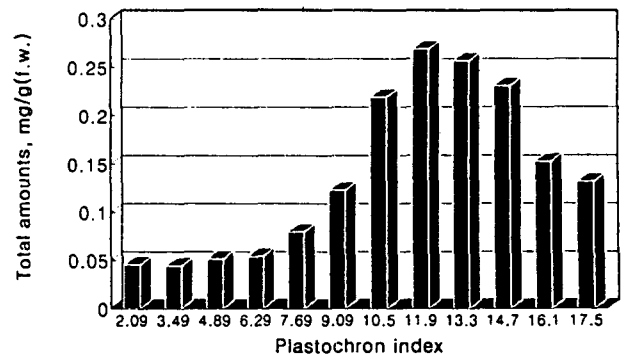


Fig. 3. The total amounts of monoterpenoids in the leaf of *Ambrosia artemisiifolia* var. *elator*. There is a significant difference ($F=17.502$, $p<0.00000001$).

Table 1. The seasonal variation and frequency of major monoterpenes (%) in the leaf of *Ambrosia artemisiifolia* var. *elator*

No.	Compound	R. T.	Amounts (%)	R. F. (%)	F-testing
1		4.069	5.12	66.67	***
2		4.300	3.75	91.67	***
3		4.565	0.47	33.33	-
4	octene	4.769	15.67	100.00	***
5		5.654	0.91	16.67	*
6		6.501	1.00	50.00	***
7		7.662	6.99	83.33	***
8	α -pinene	8.412	3.21	91.67	***
9	camphene	8.798	1.40	58.33	***
10		9.834	2.34	83.33	-
11	β -myrcene	10.541	12.98	91.67	*
12		10.706	0.31	8.33	-
13		11.354	2.84	58.33	-
14	dl-limonene	11.615	0.73	33.33	***
15	1,8-cineole	11.912	3.80	58.33	-
16	1,3,6-octatriene	12.296	15.00	100.00	-
17		12.645	0.13	16.67	-
18		14.190	0.14	8.33	-
19		15.081	0.30	25.00	***
20		15.679	0.44	25.00	-
21	endo-borneol	15.798	10.30	91.67	***
22	(-)-bornyl-acetate	19.421	6.20	100.00	*
23		21.056	0.17	16.67	***
24		21.412	0.29	33.33	*
25		21.556	0.63	25.00	***
26		21.715	1.33	66.67	-
27		22.044	1.80	50.00	***
28		22.300	1.18	41.67	***
29		22.419	0.50	33.33	***
30	tetradecane (standard)	22.536			

R.F. : Relative Frequency

R.T. : Retention Time

* : $p<0.01$, ** : $p<0.001$, *** : $p<0.0001$

특히 7개의 주요한 monoterpene들(91.7%이상의 R.F.를 갖는 화합물질들이 모든 성장기 동안 거의 70%(PI 17.49 예외)에 가까운 함량 비를 차지하고 있음을 알 수 있었다 (Fig. 4). 즉 No. 2, octene, α -pinene, β -myrcene, 1,3,6-octatriene, endo-borneol, bornyl-acetate들로서 돼지풀의 monoterpene을 대표하는 compound들이라고 판단된다.

Fig. 5는 각 monoterpene들의 계절에 따른 조성의 차이를 나타낸 것이다. 각 compound마다 약간의 변이들이 있으나 특징적인 것은 endo-borneol(No. 21)의 경우 성장함에 따라 계속적인 증가를 하는 것으로 밝혀졌으며, Table 1에서의 결과와 같이 octene(No. 4, ★표시), No. 7, β -myrcene(No. 11, ★표시), 그리고 1,3,6-octatriene(No. 16, ★표시)등이 주요한 monoterpene임을 다시 확인할 수 있었다. 한편 시간이 지남에 따라 특정 monoterpene의 함량의 비는 적어지고, 점차로 다양한 종류의 monoterpene들로 구성되어있음을 알 수 있다. 즉 4월과 7, 8월의 조성의 비를 비교해보면 4월의 경우 13개의 monoterpene들이 검출되었고, 그 가운데 3개의 monoterpene들(octene, β -myrcene, 1,

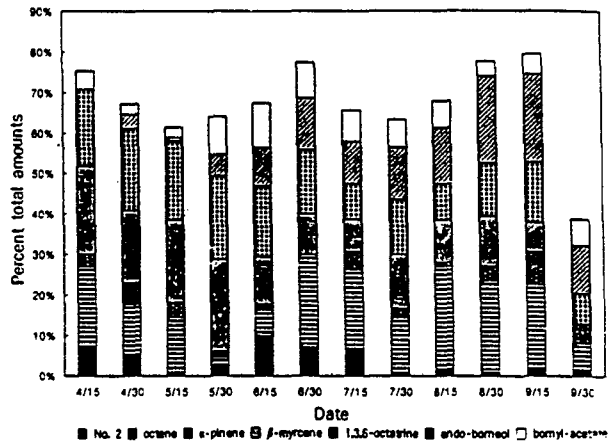


Fig. 4. Composition of seven major monoterpeneoids in the leaf of *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior*. Seven major monoterpeneoids are characterized by 91.7% more frequency of seasonal occurrence.

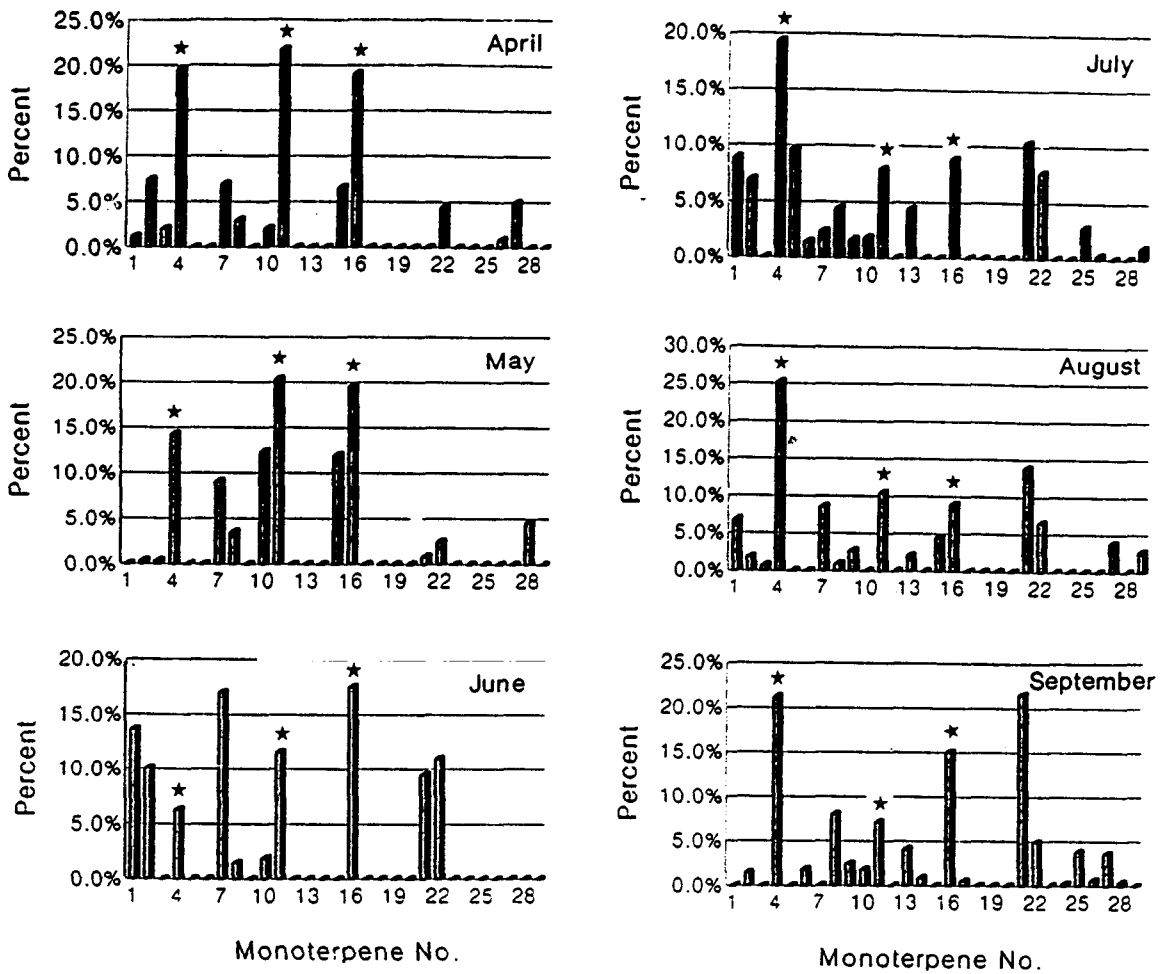


Fig. 5. Seasonal variation of each compounds in the leaf of *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior*. Number means monoterpene compound with the same No. in Table 1.

3,6-octatriene)이 거의 20%씩을 차지하는데 반해 7, 8월의 경우는 19개의 compound가 검출되었으며, 총 함량이 높음에도 불구하고(Fig. 3) 20%정도의 비를 차지하는 compound는 octene 하나였다. 이 같은 이유는 본 연구자들이 야외에서 감각적으로 느끼는 냄새와 동일한 결과를 제시하였는데, 돼지풀의 경우 봄에 몹시 심한 냄새를 내다가 성장기로 갈수록 그 냄새가 감소하는 경향이 있었다. 따라서 봄에는 특정의 compound들이 많은 양을 차지함으로써 돼지풀 특유의 냄새를 내고, 성장기로 갈수록 다양한 compound들로 구성됨으로써 봄과는 다른 경향을 보이는 것으로 여겨진다.

일반적으로 monoterpene에 대한 계절적 변이에 대한 연구(Hall and Langenheim 1986, Langenheim 1994)로부터 retention time이 적은 화합물들, 즉 분자량이 적은 화합물질들은 휘발되기 쉽기 때문에 온도의 변화에 더욱 민감하다. 즉 높은 온도에서 더욱 많이 휘발되므로 7, 8월의 더운 기온하에서 많은 종류의 monoterpene류가 휘발되어 높은 비를 차지하는 monoterpene이 적었을 가능성도 배제할 수는 없을 것이다. 본 연구의 모든 결과로부터 돼지풀은 특유의 monoterpene을 함유하고 있기 때문에 초식자들로부터 공격을 피할 수 있는 기작이 발달했을 것으로 판단된다(Hans-Walter 1997). 따라서 인근의 타 식물과의 경쟁에서 우위를 차지할 수 있는 기회가 풍부해짐에 따라 돼지풀은 군락을 형성할 수 있었고, 외래종임에도 불구하고 쉽게 적응할 수 있었을 것이다. 또한 돼지풀은 항상 octene, β -myrcene, 1,3,6-octatriene을 많이 함유하고 있으므로 이 식물들로부터 이들 화합물질들을 분리 정제하여 그들 화합물질들을 이용하는 분야, 이를 테면 해충제, 제초제 또는 방제(Pickett 1991)로서의 역할에 대한 연구가 추후에 진행이 된다면 쓸모없는 돼지풀의 자원화를 유도할 수 있을 것이다.

인용문헌

- 김중희. 1992. *Glycine max* 잎의 성장분석을 위한 plastochron에 관한 연구. 한국생태학회지 15: 1-7.
- 김중희. 1998. 제비쑥(*Artemisia japonica*) 잎에서의 monoterpenes의 계절적 변이. 한국생태학회지 21: 263-268.
- 길봉섭, 김영식, 윤경원. 1991. 쑥에 들어 있는 생장 억제물질의 작용. 한국생태학회지 14: 121-135.
- 길봉섭, 윤경원, 이승엽, 한동민. 1994. 황해쪽에 함유된 화합물질이 다른 식물과 미생물의 생장에 미치는 영향. 한국생태학회지 17: 23-35.
- 박봉규, 김중희. 1986. 털비름(*Amaranthus retroflexus*), 명아주(*Chenopodium album* var. *centrorubrum*) 및 콩(*Glycine max*)의 질산환원효소 측정을 위한 plastochron index. 한국생태학회지 9: 1-7.
- Ateeque, Ahmad and Laxmi N. Misra. 1994. Terpenoids from *Artemisia annua* and constituents of its essential oil. *Phytochemistry* 37: 183-186.
- Baldwin, I.T., and P. Colleham. 1993. Autotoxicity and chemical defense : nicotine accumulation and carbon gain in solanaceous plants. *Oecologia* 94: 534-541.
- Bicchi, C., C. Frattini and T. Sacco. 1985. Essential oils of three Asiatic *Artemisia* species. *Phytochemistry* 24: 2440-2442.
- Brown G.D. 1994. Phytene-1, 2-Diol from *Artemisia annua*. *Phytochemistry* 36: 1553-1554.
- Chapman, S.J., and J.M. Lynch. 1983. The relative roles of micro-organisms and their metabolites in the phytotoxicity of decomposing plant residues. *Plant and Soil* 74: 457-459.
- Charlwood, B.V. and K.A. Charlwood. 1991. Monoterpenoids. In P.M. Dey and J.B. Harborne (ed.), *Methods in Plant Biochemistry*. Academic press, London. pp. 43-98.
- Cordero, R.E., J.R. Murry and W.P. Hackett. 1985. Plastochron indices for juvenile and mature forms of *Hedera helix* L. (Araliaceae). *Amer. J. Bot.* 72: 324-327.
- Dey, P.M. and J.B. Harborne. 1997. *Plant Biochemistry*. Academic press, New York. pp. 503-516.
- Duke, S.O. and J. Lydon. 1987. Herbicides from natural compounds. *Weed Technol.* 1: 122-128.
- Elakovich, S.D. 1988. Terpenoids as models for new agrochemicals. *Am. Chem. Soc. Symp. Ser.* 380: 250-261.
- Erickson, R.O. and F.J. Michelini. 1957. The plastochron index. *Amer. J. Bot.* 44: 297-305.
- Espinosa-Garcia and J.H. Langenheim. 1991. Effect of some leaf essential oil phenotypes from coastal redwood on growth of its predominant endophytic fungus, *Pleuroplaconema* sp. *J. of Chemical Ecology* 17: 1837-1857.
- Fischer, N.H. and L. Quijano. 1985. Allelopathic agents from common weeds. *Amaranthus palmeri*, *Ambrosia artemisiifolia*, and related weeds. *Am. Chem. Soc. Symp. Ser.* 268: 133-147.
- Fischer, N.H. 1986. The function of mono and sesquiterpenes as plant germination and growth regulators. In A.R. Putnam and C.S. Tang (eds.), *The Science of Allelopathy*. Wiley-Interscience, New York. pp. 203-218.
- Fischer, N.H. 1991. Plant terpenoids as allelopathic agents. In J.B. Harborne and F.A. Tomas-Barberan (ed.), *Ecological Chemistry and Biochemistry of Plant Terpenoids*. Clarendon press, Oxford. pp. 377-398.
- Freeman, B.M. and W.M. Kliever. 1984. Grapevine leaf development in relationship to potassium concentration and leaf dry weight and density. *Amer. J.*

- Bot. 71: 294-300.
- Goralka, R.J.L., M.A. Schumaker and J.H. Langenheim. 1996. Variation in chemical and physical properties during leaf development in California Bay Tree (*Umbellularia californica*): Predictions regarding palatability for deer. *Biochem. Syst. Ecol.* 24: 93-103.
- Hall, G.D. and J.H. Langenheim. 1986. Temporal changes in the leaf monoterpenes of *Sequoia sempervirens*. *Biochem. Syst. Ecol.* 14: 61-69.
- Halligan, J.P. 1975. Toxic terpenes from *Artemisia californica*. *Ecology* 56: 999-1003.
- Hans-Walter Heldt. 1997. Plant biochemistry and molecular biology. Oxford university press, Oxford. pp. 352-376.
- Harbone, J.P. 1988. Introduction to ecological biochemistry. 3rd ed. Academic prees, London.
- Isebrands, J.G., R.E. Dickson and P.R. Carson. 1976. Translocation and incorporation of C into the petiole from different regions within developing cottonwood leaves. *Plant* 128: 185-193.
- Kim, Jong-Hee and J.H. Langenheim. 1994. The effects of *Pseudotsuga menziesii* monoterpenoids on nitrification. *Kor. J. Ecol.* 17: 251-260.
- Kim, Jong-Hee. 1996. Seasonal variation in concentration and composition of monoterpenes from *Artemisia princeps* var. *orientalis*. *Kor. J. Ecol.* 19: 321-328.
- Kim, Jong-Hee. 1997. Variation of terpenes in *Chrysanthemum boreale*. *Kor. J. Ecol.* 20: 397-405.
- Kriedemann, P.E., W.M. Kliewer and J.M. Harris. 1970. Leaf age and photosynthesis in *Vitis vinifera*. *L. Vitis* 9: 97-104.
- Lamoreaux, R.J., R.C. William and K.M. Brown. 1978. The plastochron index: A review after two decades of use. *Amer. J. Bot.* 65: 586-593.
- Langenheim J.H. 1994. Higher plant terpenoids: A phytocentric overview of their ecological roles. *J. of Chemical Ecology* 20: 1223-1280.
- Maksymowych, R. 1973. Analysis of leaf development. Cambridge univ. press, Cambridge. pp. 1-7.
- Maksymowych, R. and R.O. Erickson. 1960. Development of the lamina in *Xanthium italicum* represented by the plastochron index. *Amer. J. Bot.* 47: 451-459.
- Maksymowych, R. and R. O. Erickson. 1977. Phyllotactic change induced by giberellic acid in *Xanthium italicum* shoot apices. *Amer. J. Bot.* 64: 33-44.
- Park, Bong Kyu and Jong Hee Kim. 1985. The development of leaves in *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album* represented by the plastochron. *Kor. J. Ecol.* 8: 127-132.
- Pickett John A. 1991. Lower terpenoids as natural insect control agents. In J.B. Harborne and F.A. Tomas-Barberan (ed.), *Ecological Chemistry and Biochemistry of Plant Terpenoids*. Clarendon press, Oxford. pp. 297-313.
- Rice, E.L. 1984. Allelopathy. 2nd ed. Academic press, London. pp. 292-308.
- Silk, W.K. 1980. Plastochron indices in cantaloupe grown on an irrigation line source. *Bot. Gaz.* 141: 73-78.
- Thompson, A. C. 1985. The chemistry of allelopathy, biochemical interactions among plants. *Am. Chem. Soc. Symp. Ser.* 268.
- Von Rudloff. 1975. Volatile leaf oil analysis in chemosystematic studies of North American Conifers. *Biochemical Systematics and Ecology* 2: 131-167.
- Weaver, T.W. and D. Klarich. 1977. Allelopathic effects of volatile substances from *Artemisia tridentata*. *Nutt. Am. Midl. Nat.* 97: 508-512.

(1999년 2월 23일 접수)

Variation Monoterpenes during Leaf Development in *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatio*r

Kim, Jong-Hee and Hae-Su Kim

Division of Life Sciences, KyungNam University, 631-701, Masan, Korea

ABSTRACT: The plastochron index (PI) according to leaf development of *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatio*r were estimated. The amount and composition of monoterpenes in the leaves of *A. artemisiifolia* var. *elatio*r were determined, and the seasonal monoterpene variations in representative of plastochron index were investigated. The total amount of monoterpenes in *A. artemisiifolia* var. *elatio*r was increased continuously from PI 2.0, the highest amount was in PI 11.89. The major monoterpenes in *A. artemisiifolia* var. *elatio*r consisted of 29 compounds. The leaf monoterpene fraction of *A. artemisiifolia* var. *elatio*r were dominated by No. 2, octene, α -pinene, β -myrcene, 1,3,6-octatriene, endo-borneol and (-)-bornyl acetate.

Key words: *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatio*r, Monoterpenes, Plastochron index
