

발간등록번호

11-1543000-000189-01

**한국 민들레속의 생태·유전특성 및
기능성 식이식품 개발 연구**

Eco-Genetic Traits and Functional Dietary Food
Development of Korean Dandelion Genus

순천대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “한국 민들레속의 생태·유전특성 및 기능성 식이식품 개발 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

2013년 6월 30일

주관연구기관명 : 순천대학교

주관연구책임자 : 배 창 휴

세부1연구책임자 : 배 창 휴

연 구 원 : 최 갑 립, 류 재 혁

연 구 원 : 소 현 수, 김 윤 숙

연 구 원 : 이 태 훈, 박 주 언

연 구 원 : 이 성 혜, 김 지 형

연 구 원 : 윤 지 원, 김 은 환

세부2연구책임자 : 이 성 춘

연 구 원 : 신 나 리, 정 순 목

연 구 원 : 이 선 화, 장 은 수

연 구 원 : 조 영 동, 이 두 현

연 구 원 : 임 창 수, 최 경 민

연 구 원 : 김 지 수

협동연구기관명 : (주)이파리넷

협동연구책임자 : 천 상 옥

연 구 원 : 박 정 선, 류 재 희

연 구 원 : 김 정 환, 윤 승 섭

연 구 원 : 박 혜 리, 백 인 자

연 구 원 : 정 보 영, 김 수 관

연 구 원 : 윤 병 관, 김 지 연

연 구 원 : 송 다 인

요 약 문

I. 제 목

한국 민들레속의 생태·유전특성 및 기능성 식이식품 개발 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

미래 자원식물의 활용과 기후변화 대응을 위해 항산화 활성, 항암성, 항균활성, 항염증, 체내 지질대사 개선효과, 간기능 개선효과가 높은 것으로 보고된 한국의 평야지, 산간지, 연안지 및 도서지역에서 서식하고 있는 민들레를 소재로 하여 1) 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구에서는 기내 대량 증식 및 번식법을 개발하고, 국내 유전자원의 수집에 따른 지역별 수집종간의 유전적 변이와 유연관계를 밝히고, 민들레의 기능성 개선을 위한 형질인자의 개선에 대한 탐색과 기능성 계통의 선발에 관해 연구한다. 2) 수집종의 생리생태 및 생물학적 환경모니터링 특성 연구를 통해 재배지에서 생육 및 토양특성을 파악하고, 이를 시설 내로 재배하기 위해 온도, 광 및 계절 변화에 따른 생육 및 수량 특성 파악은 물론 환경오염지의 생물학적 monitoring indicator plant로서 개발 가능성을 타진하며, 생산성이 높은 시설재배로 전환시켜 연간 연중 대량생산시스템을 구축한다. 3) 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구를 통해 지역간, 수집종간의 민들레의 생리활성물질 함량과 기능성 차이를 구명하고, 환경변이에 따른 생리활성물질 함량과 기능성 변이를 정성화 및 정량화하고, 전통적인 발효기술을 접목한 자생 민들레 발효음료를 개발하여 상품화함으로써 소비층의 저변확대에 따른 농가의 신소득원 창출과 소득증대를 통해 지역 활력화를 목표로 한다.

2. 연구개발의 필요성

가. 민들레屬의 지역간, 수집종간의 생육특성, 유연관계 및 기능성의 차이 구명

우리나라에서 서식하고 있는 민들레屬으로 민들레(*Taraxacum mongolicum*), 흰민들레(*T. coreanum*), 서양민들레(*T. officinale*) 및 붉은씨서양민들레(*T. laevigatum*)로 알려지고 있다. 하지만, 우리나라의 평야지, 산간지, 연안지 및 섬지역의 수집종간의 생육특성, 유전적 특성 및 기능성의 차이에 대한 연구는 미진한 실정이다.

나. 미래 자원식물의 기후변화에 따른 환경반응 및 환경 monitoring 특성 연구 미진

기후변화의 영향으로 한반도에서 재배하는 농작물의 종류가 바뀌고 아열대화되고 있다. 기상

청에 따르면 우리나라의 연평균 기온은 1973~1980년 12.2도였으나 2001~2007년 12.9도로 0.7도 올랐으며 강수량은 1255.0mm에서 1469.3mm로 214.3mm 증가했다고 한다. <동아일보 2009.01.28> 따라서, 환경변이에 따른 식물레이션 모델로 민들레를 대상으로 재배지에서 온도, 광 및 계절 변화에 따른 생육 및 수량 특성은 물론 생태환경반응, 오염제거용 환경변화 indicator로서 특성연구가 필요하다고 본다.

다. 민들레 속의 항산화, 항암성, 항동맥경화능 및 항염증 효과 탁월

민들레의 주요성분으로는 고미성분인 taraxin, inulin이 많고, carotenoid 성분인 taraxathin과, triterpene인 taraxerol, taraxasterol, β -sitosterol, 그리고 caffeic acid, taraxacine 등과 vitamin A, vitamin C, tocopherol, Ca, Fe 및 K 등이 풍부한 것으로 보고되었다. 민들레의 생리활성으로는 항산화 활성, hydroxyl radical 소거 활성, 항균활성, 항염증, 항암활성 및 체내 지질대사의 개선효과, 간기능 개선효과가 보고된 바 있다. 특히 민들레는 독성 등급에 있어서도 미국에서 GRAS(generally recognized as safe) 10등급으로 인정받고 있어 그 이용에는 문제가 없는 것으로 알려져 있다.

라. 시설재배로 연중 대량생산 재배시스템 개발로 생산성 및 농가소득 증대 기여

아직 양액 시설재배에 대한 적절한 배지 및 시설조건이 개발되어 있지 않지만 본 연구 과제를 통해 최적 양액재배 조건을 구명하고 이를 활용한 연중 대량생산 및 증식 시스템을 개발하여 농가에 보급하여 기존의 재배양식보다 높은 생산성 및 농가소득에 기여하고자 한다. 따라서 최적 양액재배 환경을 구명하여 사계절 전천후적 식물공장형 대량생산 기술을 개발한다.

마. 기능성 소재 민들레를 가미한 발효식품 개발

민들레는 부위별로 다양한 이용성을 갖고 있는데 잎의 성분은 저 칼륨 혈증을 일으키지 않는 이노성분을 갖고 있으며, 고미성분의 소화기능 향상, 타우린의 간기능 향상, 담즙분비 촉진, 지방소화 증진시키는 소재로 사용된다. 한방에서는 해열, 해독, 이뇨, 최유, 울결을 풀어주고 염증을 삭히며, 간염에 사용된다고 하였고, 구미/유럽에서는 잎을 샐러드로, 꽃을 술로 사용되기도 하였다. 따라서 wellbeing tea, skin care, 및 간기능 개선을 위한 발효주, 민들레 함유 발효식품 등의 개발 가능성을 갖고 있다.

지역적으로 재배 또는 자생하고 있고 원료 확보가 용이한 민들레를 소재로 하여 가공(건조, 분말, 엑기스화)하여 손쉽게 식이 할 수 있는 발효차를 개발한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 연구개발 내용

가. 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구

수집 유전자원의 대량증식법 개발 연구를 위해 유전자원 수집 및 육성, 기내 대량증식 기술 연구, 기내 배양식물체의 특성연구가 DNA 추출과 RAPD 분석 등이 이루어졌다. 수집 유전자원의 유전 변이 연구를 위해 생육지별 세포학적 변이 연구 등에 의해 수집종의 생육지별 유전적 변이 연구, RAPD 분석과 ISSR 분석 등에 의한 유전적 다양성 분석, 5.88S rDNA, cp gene 을 이용한 분석과 cluster 분석으로 수집종간 유연관계 분석 연구가 이루어지고, 기능성 형질인자 개선 연구에서는 기능성 계통 선발 및 기능성 형질인자 개선 연구가 이루어질 것이다.

나. 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구

지역별 민들레속의 생육 및 생태연구, 주변 기상 및 토양환경 분석, 환경오염(토양, 식물체) 제거능 연구로 구성되어 있다. 토양의 물리화학적 특성은 가밀도, 경도, 토성(비중계법), pH(초자전극법), 유기물 함량(Tyurin법), T-N, T-P₂O₅(Lancaster법), SO₂, NH₄⁺, NO₃⁻, K, Na, Ca, Mg 등을 분석하고, 토양의 환경오염원인 중금속(As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb 및 Zn) 함량을 ICP를 이용하여 측정하고 미생물 밀도조사를 한다. 환경변이에 따른 종자발아, 생육 및 수량특성 연구를 위해 차광, 온도 및 토양 변이가 처리되고, 연중 대량생산 시스템 구축 연구를 위해 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법을 개발하고 고품질 다수확 양액재배 시스템을 개발하고자 한다.

다. 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구

입지별 수집 민들레의 메탄올 조추출물과 용매별 분획물 획득을 통해 일반성분(조지방, 조단백질, 탄수화물, 조회분), 무기질 및 아미노산 등의 영양성분, 페놀, 플라보노이드, 알칼로이드와 Luteolin, terpenoid, taraxalisin과 같은 생리활성물질 함량을 측정/비교하고, 항산화성, 항암성, 항염증, 항동맥경화, 항숙취성, 간기능 개선효과 등의 기능성을 비교한다. 또한 민들레 원료의 건조, 분말화, 배합기술 및 제품화 기술을 개발하고, 자생 민들레를 원료로 한 기능성 발효차 또는 드링크제품을 개발하여 시제품을 제작하고 관능평가를 실시한다.

2. 연구개발의 범위

가. 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구

(1) 수집 유전자원의 대량증식법 개발 연구

- (가) 유전자원 수집 및 육성
- (나) 기내 대량증식 기술 연구
- (다) 기내 배양식물체의 특성 연구

(2) 수집 유전자원의 유전 변이 연구

- (가) 생육특성
- (나) 형태학적 특성으로 국내 5종 수집종 파일럿 search
- (다) 유전적 다양성 분석

(라) 수집종간 유연관계 분석

(3) 기능성 형질인자 개선 연구

(가) 기능성 계통 선발

(나) 기능성 형질인자 개선 연구

나. 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구

(1) 민들레 수집종의 생리·생태 연구

(가) 수집종 민들레의 일반성분 및 무기질 함량 분석

(나) 수집종 민들레의 주변 토양환경 분석

(다) 제주지역 서양민들레 서식지 토양환경

(라) 서양민들레의 환경오염 제거능(phytoremediation) 연구

(2) 시설 재배환경에 따른 민들레의 생육 및 수량 변이특성

(가) 시설재배지 환경 분석

(나) 차광 및 배지조성에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

(다) 온도변이에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

(라) 계절변이(정식시기)에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

(3) 민들레 연중 대량생산 시스템 구축

(가) 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법 개발

(나) 고품질 다수확 양액재배 시스템 개발

다. 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구

(1) 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(가) 민들레 수집종의 생리활성물질

(나) 민들레 수집종의 기능성

(다) 입지별 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(라) 제주지역 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(2) 시설 재배환경에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(가) 배지조성에 따른 생리활성물질 및 기능성 변이

(나) 차광정도에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(다) 온도변이에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(라) 생육단계별 민들레의 기능성 변이

(3) 민들레 원료의 건조 및 가공법 개발

(가) 발효균주에 의한 민들레 시료 발효기술

- (나) 건조 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화
- (다) 추출 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화

- (4) 기능성 식이 발효식품 개발
 - (가) 비발효 차 음료 개발
 - (나) 발효 차 음료 개발
 - (다) 민들레꽃 식혜 개발

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구

(1) 생육 특성과 LED 조사 효과

(가) 개화 특성 및 종자생산

개화 특성으로 자생종(*T. mongolicum*, *T. coreanum*, *T. coreanum* var. *flavescens*)은 연 2회 개화하였고, 귀화종(*T. officinale*, *T. laevigatum*)은 봄부터 초겨울까지 다회 개화하였다. 개체당 화경 수와 연간 종자 생산량은 귀화종이 자생종에 비해 5 ~ 11배 많았고, 자생종 민들레 중 다른 개체보다 많은 종자를 생산하는 수집종을 선발하였다.

(나) 형태학적 유연관계 분석

5종 민들레 40 수집 개체간의 형태학적 유연관계를 분석한 결과 7개 그룹으로 나뉘었고, 민들레(*T. mongolicum*)는 독립적으로 유집되었으나 흰민들레(*T. coreanum*), 흰노랑민들레(*T. coreanum* var. *flavescens*), 서양민들레(*T. officinale*), 붉은씨서양민들레(*T. laevigatum*)는 구분되지 않았다.

(다) LED 처리 시험

서양민들레(*T. officinale* cv. Goldenboll)에 LED를 조사한 결과, LED 조사구의 초기발아 속도가 지연되었고, 발아율은 대조구, 적색광, 혼합광, 청색광 순으로 높았다. 엽수를 제외한 초장, 엽수, 근장, 생체중 등의 성장 특성은 LED 조사로 증가되었고, 적색광의 성장 촉진 효과가 가장 크게 나타났다.

항산화 활성과 기능성 성분 분석 결과 DPPH free radical scavenging과 SOD 활성은 적색 LED 시험구에서 가장 높았으며, 대조구와 청색 LED 시험구는 상대적으로 소거능이 약했다. 총 페놀 함량은 적색 LED 시험구와 적색+청색 LED 시험구에서 대조구에 비하여 15 ~ 20 mg%가 증가하였고, anthocyan 함량은 적색 LED 시험구와 적색+청색 LED 시험구에서 대조구보다 12 ~ 16 mg%의 증가를 나타내었다. 총 아미노산 함량은 지상부와 지하부 모두 적색 LED 시험구에서 가장 높은 함량을 보였으며, 적색+청색 LED 시험구도 청색 LED 시험구와 대조구에 비하여 높은 함량을 나타내었다. 적색광과 혼합광 LED 처리시 항산화 활성 및 기능성 성분 함량이 대조구에 비하여 증가하여 고기능성 민들레 소재 생산의 가능성을 확인하였다.

(2) 유전적 다양성 및 유연관계 분석

(가) 배수성 분석

배수성을 분석한 결과 자생종인 민들레와 귀화종인 서양민들레와 붉은씨서양민들레가 3배체, 자생종인 흰민들레와 흰노랑민들레는 4배체였다.

(나) 유전적 다형성

ISSR 마커를 이용하여 서양민들레와 흰민들레 30개체를 분석한 결과, 서양민들레와 흰민들레는 유전적 다형성(polymorphism)이 96.0%로 높았으며, 귀화종인 서양민들레가 자생종인 흰민들레보다 높은 종내 유전적 변이를 나타내었다. 유전적 유사도 지수는 최저 0.179에서 최고 0.922 사이로 유전적으로 매우 다양한 것으로 나타났다. 군집분석결과 서양민들레와 흰민들레가 분리되어 군집되었으며, 조계산에서 수집한 개체는 노지와 해안 지역에서 수집한 개체와 유전적으로 차이를 나타내어 독립적인 그룹으로 유집되었다.

(다) 유전적 유사도

국내 노지, 산지, 도서, 해안에서 수집한 5종의 민들레속 32 개체를 분석한 결과, 민들레속 5 종간에 100% 다형성을 나타내었고, 자생종간 유전적 다형성과 귀화종간 유전적 다형성은 유사한 수준이었으며, 총 32 수집 개체간의 유전적 유사도 지수는 최저 0.025에서 최고 0.860 사이로 32개 개체간 전체 유전적 유사도 지수 평균은 0.303이었다. 군집분석 결과 각각 자생종 4개 그룹, 귀화종 3개 그룹과 유집되지 않고 독립적으로 존재하는 2개체로 나뉘었다. 조계산에서 수집한 흰민들레는 ISSR 분석에서 모두 독립적으로 존재하여 유전적으로 상이한 개체로 평가되었다.

(3) 핵 리보솜 DNA 영역의 유전적 다양성

생육특성과 ISSR 분석을 기초로 선발한 민들레속 유전자원 5종 22개체의 ITS 영역을 증폭하여 염기서열을 분석한 결과, 염기의 길이는 최소 456 bp에서 최대 460 bp 사이로 22 수집 개체의 평균 염기의 길이는 457.45 bp였다. <G+C> 함량 평균은 최소 51.54%에서 최대 52.86% 사이로 전체 유전자원의 평균 GC 함량은 52.22%였다. 염기서열의 유사도는 최저 0.950에서 최고 0.997 사이로, 22개 전체 염기서열의 유사도 평균은 0.974였다.

(4) 엽록체 DNA 영역의 유전적 다양성

(가) cpDNA 변이성 분석

생육특성과 ISSR 군집 분석을 기초로 선발한 민들레속 유전자원 5종 23개체의 cpDNA 변이성을 분석한 결과 *trnL-trnF* 영역의 염기서열의 길이는 자생종은 929 bp에서 930 bp, 귀화종은 910 bp에서 975 bp로 자생종과 귀화종간 차이를 보였다. GC 함량은 36.78%에서 38.25% 사이로 평균 37.02%였다. 개체 및 종간에 나타난 삽입, 결실 및 치환의 변이는 총 47개 영역에서 발생하였고, 이 중 11개 영역에서 귀화종과 자생종간 차이를 나타내었다. 개체별 transition이

15개 영역, transversion은 7개 영역에서 발생하여 transition이 transversion에 비하여 2배 이상 검출되었다. 삽입 및 결실 변이는 4개 영역에서 119개의 염기 변이가 검출되었다. 염기서열 유사도 지수는 최소 0.864에서 최대 1.000 사이로 염기서열 유사도 지수 평균은 0.963이었다.

(나) *rps16-trnK* 영역 분석

민들레속 5종 21 개체의 *rps16-trnK* 영역을 분석한 결과, 염기서열의 길이는 847 bp에서 883 bp 사이로 종간 및 개체간 차이를 나타내었다. GC 함량은 27.65%에서 29.05% 사이로 평균 28.12%였다. 전체 염기서열에서 개체 및 종간 나타난 삽입, 결실 및 치환의 변이는 총 33개 영역에서 발생하였고, 이 중 2개 영역에서 귀화종과 자생종간 차이를 나타내었다. 종래의 개체별 치환된 염기 중 transition이 17개 영역, transversion은 7개 영역에서 발생하여 transition이 transversion에 비하여 2.4배 이상 발생하였다. 염기의 삽입 및 결손은 5개 영역에서 47개의 염기 영역에서 발생하였다. 염기서열 유사도 지수는 최소 0.938에서 최대 0.998 사이로 염기서열 유사도 지수 평균은 0.978이었다.

(5) 양성자빔 처리와 생장 및 변이성

(가) 양성자빔 처리 시험

새로운 민들레의 유전자원 개발에 기초자료를 제공하고자 양성자빔을 10 Gy에서 1,500 Gy 사이에 다양한 선량으로 민들레(*T. officinale* cv. Goldenboll) 건조종자에 조사하여 발아율과 생존율 및 생장에 미치는 영향을 조사한 결과 발아율과 초장, 엽수, 근장 모두 선량의 증가에 따라서 감소하였으며, 선량의 증가에 따른 상관은 발아, 초장, 생체중, 생존율, 엽수 순으로 높은 상관관계를 나타내었고, 발아를 기초로 한 LD₅₀ 선량은 100 Gy에서 250 Gy 사이였다.

(나) ISSR 분석

왜성, 색소체변이, 생육변이, 엽형변이 등 다양한 변이체를 선발하여 ISSR 분석을 실시한 결과 대조구는 총 33개 밴드 중 8개의 다형성 밴드가 검출되어 24.2%의 다형성을 나타내었고, 양성빔 조사구는 총 33개 밴드 중 21개의 다형성 밴드가 검출되어 다형성 비율은 63.6%로 양성자빔 처리에 의해 민들레의 변이성이 증대되었다.

(다) 고바이오매스 유전자원 육성

생육이 왕성한 고바이오매스 유전자원을 육성하고자 2011년에 서양민들레 종자에 양성자빔 50 Gy를 조사하여 얻은 돌연변이 개체에서 종자를 채종하여 M₁ 세대를 육성하였다. 육성된 400여 M₁ 개체 중 생육이 왕성하여 초장이 크고, 엽수가 많은 22 개체를 선발 후 포장에 이식하여 2012년 6월부터 2013년 4월까지 생육특성을 조사하고, 생육이 가장 왕성한 시기인 8월에 지상부를 수확하여 기능성 성분 함량을 분석하였다. 선발계통별 초장은 원품종 골든볼에 비하여 3 ~ 5월 사이에는 9 ~ 24 cm, 6 ~ 8월에는 최대 28 cm까지 길었다. 엽수는 모든 계통에서 원품종보다 3배 이상 많았다. M₂세대 성장조사 결과를 바탕으로 초장이 길고 엽수가 많은 8계통의 고바이오매스 유전자원의 총 페놀 함량(클로로젠산, 탄닌산, 카테킨)과 총 플라보노이드 함량을 분석한 결과, 3 계통은 클로로젠산이 7 ~ 31%, 탄닌산이 6 ~ 27%, 카테킨이 6 ~ 28%, 그리고 총 플라보노이드가 4 ~ 48% 정도 다른 계통보다 높게 나타났다.

이와 같이 본 연구에서는 다양한 지역에서 수집한 국내 민들레속 식물자원의 생육과 외부 형태학적 특성, LED 조사 효과, 유전적 다양성, 유전적 변이의 다양성을 구명하여 민들레 식물 자원화를 위한 개체 선발과 고부가가치 민들레 소재 개발의 가능성을 제시하였다.

나. 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구

(1) 민들레 수집종의 생리·생태 연구

(가) 수집종 민들레의 일반성분 및 무기질 함량 분석

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레의 일반성분을 분석한 결과 지역적으로 달리 나타났으며 지하부보다는 지상부가 높은 함량을 보였고 조회분이 평균 21.18%로 가장 높았고, 조단백질과 조섬유 및 조지방 순으로 높게 나타났다.

지역별 서양민들레의 일반성분은 뿌리보다는 지상부가 높은 함량을 보였고 그 중 조회분이 가장 높게 나타났다. 칼슘, 마그네슘, 철, 알루미늄, 및 몰리브덴 함량은 잎에서, 칼륨, 나트륨과 망간은 뿌리에서 더 많이 함유되었다.

한편, 중금속 카드뮴, 니켈 및 납은 공단지역인 삼일과 상암에서, 뿌리보다 지상부에서 더 높게 검출되었다.

(나) 수집종 민들레의 주변 토양환경 분석

지역별 토양의 유기물 함량, 전탄소, 전질소 및 전인산 함량은 민들레 토양이 비민들레 토양보다 훨씬 높게 나타났다. 한편, pH와 EC, K를 제외한 Ca, Mg 및 Na를 포함한 양이온 함량 및 CEC는 민들레 토양이 비민들레 토양보다 낮게 나타났다.

지역별 토양의 중금속 함량은 크롬을 제외한 철, 비소, 카드뮴, 구리, 니켈, 납, 아연은 민들레 토양이 비민들레 토양보다 낮은 함량을 보였고, 수은은 검출되지 않았다.

토양의 생물성 연구에서 방선균(actinomycetes), 세균류(bacteria), 곰팡이류(fungi)의 밀도는 전반적으로 민들레 토양이 비민들레 토양보다 높은 경향을 보였다.

(다) 제주지역 서양민들레 서식지 토양환경

① 서양민들레 수집 토양의 화학성

제주도 내 지역별로 수집된 서양민들레가 자라고 있는 뿌리 주변 토양(약어: 민들레 토양)과 민들레가 자라지 않는 인근 주변 토양(약어: 비민들레 토양)의 산도(pH)는 차이가 없었고, 민들레 토양의 EC는 비민들레 토양에 비해 높게 나타났다.

총 질소 함량, 총 인산 함량 칼륨 함량은 비민들레 토양에서 더 높게 나타났고, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 함량은 민들레 토양에서 더 높은 수준을 보였다. 한편, 양이온 치환 용량(CEC)은 민들레 토양에서 더 높은 함량을 보였다.

② 토양의 중금속 함량

지역간 중금속 함량은 일정한 경향이 없었으며 철분과 구리 함량은 민들레 토양과 비민들레

토양 간에 차이가 없었다. 니켈, 크롬, 납 함량은 민들레 토양에서, 알루미늄과 아연 함량은 비 민들레 토양에서 더 높게 나타났고, 비소, 카드뮴, 수은 함량은 미량이거나 미검출되었다.

(라) 서양민들레의 환경오염 제거능(phytoremediation) 연구

오염지 토양에서 재배된 민들레 생육은 대체적으로 오염물질에 의해서 영향을 받지 않고 정상적인 생육을 하는 것으로 나타났다.

오염토양에서 서양민들레가 재배된 후 토양의 화학성에 있어서 pH와 유효인산 함량은 증가하는 경향이 뚜렷하였으나, EC, OM, TP 함량은 경시적으로 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 오염 토양에서 서양민들레가 재배된 후 토양에 있어서 칼륨만이 감소하였고 칼슘, 마그네슘, 나트륨 및 CEC는 증가하는 경향이 뚜렷하였다.

오염토양에서 서양민들레를 재배한 후 10개월 쯤 토양의 중금속 함량에 있어서 알루미늄, 철, 망간, 몰리브덴, 아연, 비소, 구리, 니켈, 납, 크롬 모두에서 감소하는 경향을 보였다. 하지만 비소, 카드뮴, 수은은 미량으로 검출되었고 일정한 경향을 보이지 않은 것으로 나타났다.

(2) 차광 및 배지조성에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

(가) 시설재배지 환경 분석

시험기간의 각 재배지별 기상환경 특성 중 평균 광량은 하우스 안의 무차광, 50%차광 및 70%차광에서 각각 88.6, 39.6 및 22.9 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 나타났다. 재배기간 중 특히 5월부터 10월의 광 강도는 내부의 플라스틱하우스 무차광, 50%와 70%차광에서 각각 4.8 ~ 341.4, 1.8 ~ 146.8, 1.4 ~ 59.0 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 범위를 보였다. 재배기간 중 5월부터 10월의 주간 온도는 하우스 외부는 13.8 ~ 27.2°C인데 비해 하우스 내의 무차광, 50%차광, 70%차광에서 각각 16.5 ~ 28.3°C, 16.5 ~ 27.9°C, 16.3 ~ 27.5°C 범위를 보여 외부에 비해 1.1 ~ 2.5°C 정도 높은 것으로 나타났다. 재배기간 중 5월부터 10월의 상대습도는 52.5 ~ 95.3%의 범위로 평균 상대습도 80.3%를 나타냈다. 재배시험 기간 중 시설하우스 외부의 일조시간은 조사일 중 9월 1일에 최대 10.5시간으로 가장 높은 수치를 보인 것으로 나타났다. 따라서 시설하우스 내외부의 기상환경은 광, 온도, 습도에 있어서 뚜렷한 차이를 보임으로써 이에 따른 재배작물의 생육과 수량 및 생리활성에 적지 않은 영향을 미칠 것으로 예상된다.

재배지 및 배지별 토양환경 특성은 하우스 안의 pH, EC, 유효인산 함량, 치환성 양이온 및 CEC가 외부 포장에 비해 매우 높게 나타났다. 이는 하우스 안이 외부 포장에 비해 잔류 비효 성분은 많은 것으로서 비옥도가 높음을 알 수 있었다. 한편 각 고품배지 조합에 따른 토양의 화학성의 차이는 coco-peat 함유비율이 높을수록 pH를 제외한 EC, 유기물 함량, 유효인산 함량, 치환성 양이온 및 CEC가 높게 나타났고 perlite가 많을수록 낮게 나타났다.

(나) 차광 및 배지조성에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

민들레 지상부의 주당 생체중은 무차광에서 12.3 ~ 36.6 g으로 가장 높았고, 50%차광과 70%차광에서 각각 0.9 ~ 3.9 g과 1.0 ~ 3.2 g으로 낮게 나타나 차광에 의한 지상부 생육의 감소가 뚜렷한 것으로 나타났다.

배지 간에는 무차광에서 코코피트와 펄라이트 두 혼합배지와 펄라이트 단독배지에서는 높았으나 코코피트 단독배지에서는 유의적으로 낮게 나타났고, 50%차광에서는 코코피트와 펄라이

트 50:50 혼합배지가 가장 높았고 퍼라이트 단독배지가 가장 낮았다. 한편, 70%차광에서는 배지 간의 차이는 일정한 경향이 없이 유의성이 인정되지 않았다.

민들레 지하부의 주당 생체중은 무차광에서 1.6 ~ 14.2 g으로 가장 높았고, 50%차광과 70%차광에서 각각 0.07 ~ 0.4 g과 0.04 ~ 0.2 g으로 낮게 나타나 차광에 의한 지하부 생육 역시 크게 감소되었다.

배지 간에는 무차광에서 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지에서 가장 높았고, 그 다음이 코코피트와 퍼라이트 70:30 혼합배지, 퍼라이트 단독, 코코피트 단독배지 순으로 코코피트 단독배지에서 유의적으로 가장 낮게 나타났고, 50%차광에서는 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지가 가장 높았고 코코피트 단독배지가 가장 낮았다. 한편, 70%차광에서는 배지 간의 차이는 일정한 경향이 없이 유의성이 인정되지 않았다.

이상의 결과를 종합해 보면 민들레에서 배지조성간의 차이는 무차광에서 지상부는 코코피트와 퍼라이트 두 혼합배지와 퍼라이트 단독배지에서 가장 높은 생육과 수량을 보였으나 코코피트 단독배지에서 가장 낮았고, 50%와 70%의 차광에서는 무차광에 비해 현저한 감소를 보였다. 한편, 지하부 생육은 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지에서 가장 높게 나타났고 코코피트 단독배지에서 가장 낮았다. 50%와 70%의 차광에서는 무차광에 비해 현저한 감소를 보였다. 따라서 민들레의 시설재배지에서 생육과 수량 특성은 차광에 의해서 유의적인 영향을 받는 것으로 나타났으며 배지조성의 경우 코코피트와 퍼라이트 혼합배지가 단독배지보다 더 높은 수량을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

(다) 온도변이에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

온도변화에 따른 민들레의 생육반응을 조사한 결과 25℃에서 가장 높은 생육을 보였고 20과 30℃에서 생육이 감소하였으나 통계적인 유의성은 없는 것으로 나타났다. 특히, 엽록소 함량, 엽면적, 근장, 근직경, 지상부중은 25℃에서 유의적으로 가장 높았으나 초장, 엽수와 지하부중에 있어서는 온도간 유의성을 보이지 않았다.

결과적으로 온도간의 민들레의 생육과 수량은 25℃에서 가장 높았고 다음이 20℃와 30℃로 나타나 시설재배지 민들레의 원료 생산을 위해 25℃ 온도가 가장 적절한 것으로 나타났다.

(라) 계절변이(정식시기)에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

계절별로 정식시기를 달리하여 60일간 재배된 민들레의 생육특성을 파악한 결과 초장은 5월에 정식한 것이 높았으나 정식시기 간의 유의성은 인정되지 않았으나 엽수와 엽면적은 3월과 5월에 정식한 것이 각각 19.9 ~ 23.3개와 1,380.5 ~ 1,426.5 cm²로서 7월에 정식한 것 960.4 cm²보다 유의적으로 높게 나타났다. 지상부 생체중은 3월과 5월에 정식한 것이 각각 40.4와 42.5 g으로 7월에 정식한 35.5 g에 유의적으로 높게 나타났다. 따라서 7월에 정식했을 때 민들레의 지상부 생육에 부정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 예상된다. 한편, 지하부 생육에서는 근장, 근직경과 엽록소 함량은 3월과 5월에 정식한 것이 7월에 정식한 것보다 높게 나타났고 지하부 생체중은 5월에 정식한 것이 18.8 g으로 가장 높았고, 3월과 7월에 정식한 것은 11.9와 8.6 g으로 나타나 정식시기에 따라 유의적으로 뚜렷한 차이를 보였다. 따라서 민들레 재배시 적절한 정식시기는 5월 이전에 이루어져야 할 것으로 예측되었다.

(3) 민들레 연중 대량생산 시스템 구축

(가) 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법 개발

① 온도별 발아특성

광도별로 본 민들레의 발아는 30℃ 온도에서 5,000과 10,000 lux 광도에서 52% 정도로 가장 높은 발아율을 보인 것으로 나타났다.

② 휴면타파제 처리에 따른 발아특성

휴면타파제 처리에 따른 민들레의 발아는 KNO₃가 파종 후 10일째 발아율은 69%로 가장 높게 나타나 증류수(DW) 48%보다 21% 증가되었고, GA₃가 58%로 증류수(DW)보다 10% 증가한 것으로 나타났다. 그러나 BA는 발아율은 20%에 그쳐 휴면타파에 영향이 없는 것으로 나타났다.

③ 증식방법별 생육특성

종자로 파종된 것과 20일 정도 된 묘를 정식한 후 90일째 민들레의 생육특성을 조사한 결과, 정식한 민들레의 초장과 근장이 각각 22.3과 13.8 cm로 파종한 민들레 각각 18.5와 10.1 cm 보다 높았으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한 엽수와 엽록소 함량에 있어서도 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 한편, 지상부 및 지하부 생체중은 정식한 것이 각각 2.9 g과 241.3 mg으로 파종된 것 각각 1.2 g과 82.1 mg보다 높게 나타나 민들레 시설재배 시 정식하는 것이 파종하는 것 보다 바람직할 것으로 예상되었다.

(나) 고품질 다수확 양액재배 시스템 개발

① 표준 시설재배 수량분석

배지별 서양민들레의 10a당 지상부 생체중은 코코피트와 퍼라이트가 70:30으로 혼합된 배지에서 1,976 kg으로 가장 높은 수량을 보였고 노지토경 356 kg에 비해 5.5배 이상의 증수를 보였고 코코피트와 퍼라이트가 50:50은 1,873 kg으로 노지토경보다 5.3배, 퍼라이트 단일 배지는 1,760 kg으로 나타나 노지토경의 4.9배 증수된 것으로 나타났다. 한편, 코코피트 단일배지는 가장 낮아 664 kg을 보였으나 노지토경보다 1.9배 높은 수량을 보였다. 이는 코코피트와 퍼라이트를 혼합한 배지에서 그들의 단일 배지보다 높은 수량을 보임으로써 민들레의 지상부 시설생산에서 최적배지인 것으로 나타났다.

한편, 재배지별 서양민들레의 10a당 지하부 생체중은 코코피트와 퍼라이트가 50:50으로 혼합된 배지에서 767 kg을 보여 가장 높은 수량을 보였고 노지토경 205 kg에 비해 3.7배 이상의 증수를 보였고, 그 다음이 코코피트와 퍼라이트가 70:30은 567 kg으로 노지토경보다 2.8배, 퍼라이트 단일 배지는 491 kg으로 나타나 노지토경의 2.4배 증수된 것으로 나타났다. 그러나 코코피트 단일배지는 가장 낮아 86 kg을 보였고 노지토경의 42% 수준의 낮은 수량을 보였다. 이는 코코피트와 퍼라이트를 혼합한 배지에서 그들의 단일 배지보다 높은 수량을 보임으로써 민들레의 지하부 시설생산에서 최적배지인 것으로 나타났고, 코코피트 단일배지는 적당하지 않는 것으로 나타났다.

② 표준 시설재배법 개발

민들레의 시설재배지에서 생육과 수량 특성은 차광에 의해서 유의적인 영향을 받는 것으로 나타나 적절한 광을 필요로 하며, 배지조성의 경우 코코피트와 퍼라이트 혼합배지가 단독배지보다 더 높은 수량을 기대할 수 있을 것으로 판단되었다. 시설재배지 민들레의 원료 생산을 위

해서는 25°C 온도가 가장 적절한 것으로 나타났다. 온도별 발아는 30°C의 높은 온도에서 낮은 온도보다 높게 나타났다. 종자의 휴면 타파를 위해 KNO₃ 처리를 할 경우 발아율 향상을 기대할 수 있었고 민들레 시설재배시 정식하는 것이 파종할 경우보다 높은 생육과 수량을 기대할 수 있을 것으로 예상되며 적절한 정식시기는 5월 이전에 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

양액은 일본원시(Ikeda, 1986) 균형배양액을 사용하여 생육초기에는 1/2배액(EC 1.1dS · m⁻¹), 생육중반 이후부터는 표준농도(EC 2.2dS · m⁻¹)로 조정하여 급액하였으며, 파종 및 정식 후 1주일간은 물만 공급하였고, 2주째부터는 양액을 공급하였고 타이머를 이용하여 오전 10시부터 오후 4시까지 시간당 각각 15분간 비순환식으로 각 식물체당 100 ml씩 공급하는 것이 적절한 것으로 나타났다.

다. 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구

(1) 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(가) 민들레 수집종의 생리활성물질

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레로 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 지역마다 달리 나타났고 지상부의 메탄올 추출물이 지하부보다 높은 함량을 보였다.

(나) 민들레 수집종의 기능성

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레의 지상부와 지하부의 DPPH radical-scavenging activity, Nitrite 소거능, 폐암 세포주(CALU-6)와 위암 세포주(SNU-601)에 대한 항암활성 역시 수집 지역마다 달리 나타났고 지상부의 메탄올 추출물이 지하부보다 높은 활성을 보였다.

(다) 입지별 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

Folin-Denis방법에 따라 표준물질 chlorogenic acid를 근거로 분석된 민들레 부위별 추출물 농도 1,000 mg kg⁻¹에 대한 총 페놀 함량은 꽃 추출물이 73.0 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났으며, 그 다음이 잎 추출물로 51.4 mg kg⁻¹이었고 뿌리와 꽃대는 각각 20.6과 20.4 mg kg⁻¹로 가장 낮은 함량을 보였다. Naringin을 표준물질로 분석한 총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량 보다는 낮은 함량을 보였으나 민들레 부위별 함량 차이 같은 경향을 보였다.

민들레 부위별 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 HPLC로 분석한 결과 메탄올 추출물 2,000 mg kg⁻¹에서 DPPH 라디칼 소거능은 꽃 추출물이 89%로 가장 높았고 다음이 잎, 뿌리, 꽃대 순으로 각각 62.1, 54.7, 37.2%로 나타났다.

민들레 부위별 지상부의 폐암 세포주(CALU-6)에 대한 세포 생존율은 꽃 추출물에서 가장 낮았고(IC₅₀ 값 = 85.7 mg kg⁻¹), 그 다음으로 잎(IC₅₀ 값 = 251.3 mg kg⁻¹), 꽃대(IC₅₀ 값 = 284.5 mg kg⁻¹), 뿌리 추출물(IC₅₀ 값 = 775.4 mg kg⁻¹) 순으로 뿌리 추출물이 가장 높은 생존율을 보였다.

서양민들레 서식장소의 지형에 따른 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical-scavenging activity 및 Nitrite 소거능은 지형 간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

오염지별 서양민들레의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical-scavenging activity 및 Nitrite 소거능은 차이가 없는 것으로 나타났다.

서양민들레 종류별 1,000 mg kg⁻¹ 농도의 메탄올 추출물에 대한 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 민들레가 흰민들레와 서양민들레에 비해 지상부 및 뿌리 추출물에서 각각 76.8와 40.0 mg kg⁻¹을 보여 다른 종보다 유의적으로 높게 나타났다. 서양민들레의 지상부 및 지하부 추출물에서 DPPH 라디칼 소거능은 민들레, 서양민들레, 흰민들레 순으로 높은 활성을 보였다. 민들레 종류별 지상부와 뿌리의 폐암 세포주(CALU-6)에 대한 항암활성은 민들레 추출물에서 가장 낮았고, 그 다음으로 흰민들레, 서양민들레 순으로 높은 생존율을 보였다.

민들레 종류별 지상부와 뿌리의 위암 세포주(SNU-601)에 대한 항암활성은 폐암 세포주에 비해 상대적으로 낮은 항암활성을 나타냈다. 서양민들레 지상부 추출물에서 가장 낮은 세포 생존율(IC₅₀값 = 179.6 mg kg⁻¹)을 보였고, 뿌리는 민들레 추출물에서 가장 낮은 세포 생존율(IC₅₀값 = 201.6 mg kg⁻¹)을 보였다.

수집시기에 따른 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 지상부는 3월에 수집한 것이 가장 높은 함량을 보였으나 지하부는 수집시기 간에 유의성은 없는 것으로 나타났다. 수집시기에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 2,000 mg kg⁻¹ 추출물 농도에서 지상부와 지하부 모두 3월에 수집한 것이 각각 91.5와 88.4%로 6월과 9월에 수집한 것보다 높은 활성을 보였다.

용매분획에 따른 총 페놀 함량을 catechin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지상부는 핵산층이 78.8 mg kg⁻¹, 지하부는 에틸아세테이트층이 76.6 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다. 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지상부는 메탄올 추출물이 37.6 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 용매분획 중에서는 핵산층이 27.7 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다. 용매분획에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 핵산층(30.4 ~ 36.3 mg kg⁻¹)이 다른 용매분획에 비해 낮은 활성을 보였다.

(라) 제주지역 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

제주 지역에서 수집된 서양민들레로 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 지역마다 달리 나타났고 지상부의 메탄올 추출물이 지하부보다 높은 함량을 보였다. 제주 지역에서 수집된 서양민들레의 지상부와 지하부의 DPPH radical-scavenging activity, Nitrite 소거능, 폐암 세포주(CALU-6)와 위암 세포주(SNU-601)에 대한 항암활성 역시 수집 지역마다 달리 나타났고 지상부의 메탄올 추출물이 지하부보다 높은 활성을 보였다.

제주 지역에서 지형에 따른 총 페놀 함량은 지상부와 지하부 모두에서 섬의 민들레가 각각 59.9와 36.1 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다. 서식장소의 지형에 따른 총 플라보노이드 함량은 지상부에서 중산간지역의 민들레가 28.9 mg kg⁻¹, 지하부에서는 산간지역에서 8.7 mg kg⁻¹로 각각 높은 함량을 보였다. 서식장소의 지형에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 섬 지역의 민들레가 89.2%, 지하부에서는 섬과 산간지역에서 각각 90.5와 91.8%로 가장 높은 활성을 보였다.

제주 지역에서 채취한 민들레의 추출물 폐암 세포주(CALU-6)와 위암 세포주(SNU-601)에 대해 세포독성을 MTT assay로 측정한 결과 지상부보다는 지하부 추출물이, 위암 세포주(SNU-601)보다는 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 더 높은 항암활성이 있는 것으로 나타났다. 폐암 세포주(CALU-6)의 지상부와 지하부 추출물 800 mg kg⁻¹에서 세포생존율은 각각 89.7과 63.5%를 보였고, 위암 세포주(SNU-601)에서는 각각 101.4와 92.9%를 보여 높은 세포생존율을 보임으로써 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 더 높은 항암활성을 보인 것으로 나타났다.

(2) 시설 재배환경에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(가) 배지조성에 따른 생리활성물질 및 기능성 변이

배지조성에 따른 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 지하부(2.2 ~ 3.3 mg kg⁻¹)보다는 지상부(16.1 ~ 21.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고 지하부는 배지간 유의적인 차이를 보이지 않았으나 지상부는 코코피트와 퍼라이트 70:30 혼합배지와 퍼라이트 단독배지에서 가장 높은 함량을 보였다. 배지조성에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 2,000 mg kg⁻¹ 추출물 농도에서 지상부(26.8 ~ 48.4%)보다는 지하부(29.6 ~ 49.3%)에서 약간 더 높은 활성을 보였고, 지상부에서는 코코피트 단독배지가 48.4%로 가장 높았고, 지하부에서는 코코피트와 퍼라이트 70:30 혼합배지에서 49.3%로 가장 높은 활성을 보였다. 따라서 민들레 재배시 배지조성별 항산화성은 코코피트가 높을수록 높은 경향을 보였다.

배지조성별 민들레의 APX 활성은 지상부(273.2 ~ 379.0 unit)보다는 지하부(540.6 ~ 934.2 unit)가 뚜렷하게 높았으나 각 배지 간의 활성차이는 없는 것으로 나타났다. 배지조성별 민들레 CAT 활성은 지하부(18.9 ~ 21.4 unit)보다는 지상부(31.9 ~ 47.2 unit)가 뚜렷하게 높았으나 배지조성 간의 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 배지조성별 민들레 POX 활성은 지상부(14.5 ~ 22.0 unit)보다는 지하부(52.4 ~ 79.9 unit)가 뚜렷하게 높았으나 지상부는 배지조성 간의 차이는 없는 것으로 나타났고, 지하부는 코코피트와 퍼라이트 단독 배지에서 코코피트와 퍼라이트 혼합배지보다 높은 활성을 보였다. 배지조성별 민들레의 SOD 활성은 지상부(78.2 ~ 90.6 unit)보다는 지하부(83.5 ~ 92.6 unit)가 약간 높았으나 지상부와 지하부 모두 각 배지별 활성차이는 없는 것으로 나타났다.

(나) 차광정도에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 지하부보다는 지상부에서 높게 나타났으며 총 페놀 함량은 무차광에서 차광보다 높게 검출되었고, 총 플라보노이드 함량은 50%차광에서 가장 높았고 그 다음이 무차광과 70%차광 순으로 높았다.

차광별 민들레의 APX 활성은 지상부는 무차광보다는 차광조건에서, 지하부에서는 50%차광에서 가장 높게 나타났다. 차광별 민들레CAT 활성은 지상부와 지하부 모두 차광이 높을수록 높은 활성을 보였고 지상부(5.8 ~ 25.4 unit)보다는 지하부(9.3 ~ 73.8 unit)가 더 높게 나타났다. 지상부에서는 70%차광에서 25.4 unit으로 가장 높은 활성을 보였고, 지하부에서는 역시 70%차광에서 73.8 unit으로 가장 높은 활성을 보였다. 차광별 민들레 POX 활성은 역시 지상부와 지하부 모두 차광조건에서 높은 활성을 보였고 지상부(3.2 ~ 11.3 unit)보다는 지하부(14.3 ~ 19.8 unit)가 더 높게 나타났다. 지상부에서는 70%차광에서 11.3 unit으로 가장 높은 활성을 보였고, 지하부에서는 50%차광에서 19.8 unit으로 가장 높은 활성을 보였다. 차광별 민들레의 SOD 활성도 지상부와 지하부 모두 차광이 높을수록 높은 활성을 보였고 지하부(45.1 ~ 71.1 unit)보다는 지상부(40.6 ~ 77.6 unit)가 높게 나타났다.

차광별 민들레의 MTT assay에 의한 세포독성은 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 지상부보다는 지하부가 더 높은 항암활성을 보였으나 차광정도에 따른 항암활성 차이는 없는 것으로 나타났다. 위암 세포주(SNU-601)에 대한 항암활성은 무차광보다는 차광조건에서 재배된 민들레 추출물이 더 높은 활성을 보인 것으로 나타났다.

(다) 온도변이에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

온도변이에 따른 재배 민들레의 지상부 및 지하부의 총 페놀 함량은 30℃에서 75.7와 44.2 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 온도 간에 유의성은 없는 것으로 나타났다. 온도변이에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 지상부보다는 지하부에서, 적정 재배온도인 25℃에서 보다는 20℃와 30℃ 온도에서 더 높은 활성을 보였다.

재배온도별 민들레의 APX 활성은 지상부에서는 30℃에서 지하부는 25℃에서 각각 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다. Catalase(CAT) 활성은 지상부와 지하부 모두에서 25℃에서 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다. POX 활성은 지상부에서는 30℃에서, 지하부는 25℃에서 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없었다. SOD 활성은 각 온도별 활성차이는 없는 것으로 나타났다.

재배온도별 민들레의 MTT assay에 의한 세포독성은 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 지상부와 지하부 모두 30℃에서 각각 9.4와 21.3%로 가장 낮은 세포생존율을 보여 높은 항암활성을 보였다. 한편, 위암 세포주(SNU-601)에 대한 항암활성은 지상부의 경우 30℃에서 높은 항암활성을 보였고 지하부는 20℃에서 가장 높은 항암활성을 보였다.

(라) 생육단계별 민들레의 기능성 변이

배지별 생육단계별 민들레의 APX 활성은 지상부와 지하부 모두 생육초기가 생육후기보다 높게 나타났으나, 각 배지별로는 활성차이는 없는 것으로 나타났다. Catalase(CAT) 활성은 지상부는 생육초기가 생육후기보다 높게 나타났고, 각 배지별 활성차이를 보면 생육초기는 cocopeat50 : perlite50 혼합배지가 가장 높았으며, 생육후기는 perlite 단독배지가 가장 높게 나타났다. POX 활성은 지상부와 지하부 모두 생육초기가 생육후기보다 높게 나타났고, 생육초기는 각 배지별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 cocopeat50 : perlite50 혼합배지가 가장 높게 나타났다. SOD 활성은 지상부와 지하부 모두 생육초기가 생육후기보다 높게 나타났고, 생육초기는 각 배지별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 perlite 단독배지가 71.1 unit으로 가장 높게 나타났다.

차광별 생육단계별 민들레의 APX 활성은 지상부는 생육초기(309.7 ~ 329.8 unit)가 생육후기(115.4 ~ 150.4 unit)보다 높게 나타났으나, 생육초기는 차광별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 70%차광이 150.4 unit으로 가장 높게 나타났다. CAT 활성은 지상부는 생육초기(28.4 ~ 49.8 unit)가 생육후기(5.8 ~ 25.4 unit)보다 높게 나타났고, 차광별 활성은 생육초기와 생육후기가 70%차광에서 각각 49.8과 25.4 unit으로 가장 높았다. POX 활성은 지상부와 지하부 모두 생육초기가 생육후기보다 높게 나타났고, 차광별 활성은 생육초기와 생육후기가 70%차광에서 가장 높았다. SOD 활성은 지상부와 지하부 모두 생육초기가 생육후기보다 높게 나타났고, 생육초기는 차광별 활성차이가 없었고, 생육후기가 70%차광에서 가장 높았다.

(3) 민들레 원료의 건조 및 가공법 개발

(가) 발효균주에 의한 민들레 시료 발효기술

Bacillus subtilis(BAS)를 처리한 것과 그렇지 않은 것(control)의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical scavenging activity 및 nitrite scavenging activity를 12일 동안 비교한 결과, 민들레 잎과 뿌리에서의 성분 함량과 활성은 큰 변화가 없거나 오히려 처음보다 감소하

는 경향이였다. 민들레에 *Bacillus subtilis*(BAS)를 처리하여 발효시키는 경우 지상부 잎보다는 지하부에 있어서 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량에 있어서 증가가 있는 것으로 나타났다. 민들레에 *Bacillus subtilis*(BAS)를 처리하여 발효시키는 경우 DPPH법에 의한 항산화성 측정 은 경시적으로 발효가 진행됨에 따라 그 효능에 있어서 다소 낮아지는 경향을 보였다.

Yeast를 처리한 것과 그렇지 않은 것의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical scavenging activity 및 nitrite scavenging activity를 12일 동안 비교한 결과, 민들레 잎과 뿌리에서의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량과 DPPH radical 소거활성은 큰 변화가 없거나 오히려 처음보다 감소하는 경향이였다.

(나) 건조 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화

민들레의 건조방법에 따른 총 페놀 함량은 지상부와 지하부에서는 자연건조법이 각각 96.9와 24.6 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다. 한편, 총 플라보노이드 함량은 지상부에서는 동결건조법이 64.2 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고 지하부에서는 상온건조법이 8.8 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다.

민들레의 건조방법에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 지상부는 고온건조(89.1%), 자연건조, 동결건조 순으로, 지하부는 자연건조(51.5%), 고온건조, 동결건조 순으로 각각 높은 활성을 보였다.

(다) 추출 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 회수율은 지상부와 지하부 모두에서 증류수와 에탄올 100:0과 75:25의 추출 조합이 가장 높은 회수율을 보였다. 한편, 추출온도와 시간에 따른 회수율은 지상부와 지하부 모두에서 온도가 높을수록 회수율이 높았으나 같은 온도에서 추출시간에 따른 회수율은 유의성이 없었다. 따라서 회수율은 추출시간보다는 추출온도가 영향을 미치며 추출온도가 높을수록 회수율이 높은 것으로 나타났다.

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 총 페놀 함량을 지상부는 증류수와 에탄올 25:75의 추출 조합이, 지하부는 증류수와 에탄올 25:75 조합이 가장 높게 나타났다. 추출온도와 시간에 따른 총 페놀 함량은 지상부와 지하부 모두에서 온도가 높을수록 회수율이 높았으나 같은 온도에서 추출시간에 따른 유의성은 없는 것으로 나타났다.

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 총 플라보노이드 함량을 지상부는 증류수와 에탄올 25:75의 추출 조합이, 지하부는 증류수와 에탄올 50:50 조합이 가장 높게 나타났다. 추출온도와 시간에 따른 총 플라보노이드 함량은 지상부와 지하부 모두에서 온도가 높을수록 회수율이 높았으나 같은 온도에서 추출시간에 따른 유의성은 없는 것으로 나타났다.

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도 5,000 mg kg⁻¹에서 지상부가 메탄올 100%, 증류수와 에탄올 25:75 조합, 50:50 조합, 75:25 조합 순으로 높았고, 지하부는 증류수와 에탄올 25:75 조합, 50:50 조합, 메탄올 100%, 75:25 조합 순으로 높았다. 추출온도와 시간에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 지상부와 지하부 모두에서는 온도가 높을수록, 추출시간이 길수록 활성이 높음을 알 수 있었다.

(4) 기능성 식이 발효식품 개발

(가) 비발효 차 음료 개발

민들레가 가지고 있는 특유의 쓴맛을 최소화하고 함유된 유효성분의 물질인 페놀화합물 량을 다량 함유하면서 DPPH radical 소거능 및 아질산염 소거능이 우수하도록 민들레를 이용한 차 음료를 개발하였다. 제조공정은 민들레를 증기처리 시키는 단계, 증기 처리된 민들레를 건조시킨 후에 볶아주는 단계, 볶아진 민들레를 일정한 비율로 물과 혼합한 후에 일정한 온도와 시간에서 추출시키는 단계로 구성되었다. 민들레 차 음료는 물에 장시간 우려내는 전통적인 방법이 아닌 가공과정에서 증기 처리함으로써 쓴맛을 최소화시키는 동시에 가공비용과 시간이 절감될 수 있고, 또한 다량의 페놀화합물을 함유하고 DPPH radical 소거능 및 아질산염 소거능이 우수하여 노화를 최소화시키고 인체 건강을 증진시키는 효과가 있다.

민들레 차 음료가 대조 음료에 비하여 페놀화합물 함량, DPPH radical 소거능 및 아질산염 소거능이 증가됨을 확인할 수 있었다.

민들레 차 음료는 대조 음료에 비하여 맛, 향, 기호도에 있어서 월등히 우수함을 확인할 수가 있었다.

(나) 발효 차 음료 개발

당화 발효음료를 조제하기 위해 민들레 10 kg과 사과 2 kg을 2 ~ 4 cm 크기로 절단하여 동시에 황설탕 7 kg과 혼합하여 항아리에 치상한 후 60일 정도 발효시킨 후 즙액을 여과하여 거른 즙액을 다시 60일간 항아리에 숙성시 보관한다.

민들레 당화발효음료가 다른 두 가공 음료에 비하여 페놀 화합물을 많이 함유함을 확인할 수 있었다. 민들레 당화발효음료가 다른 두 가공 음료에 비하여 총 플라보노이드가 유의적으로 높게 함유되어 있음을 확인할 수 있었다. 민들레 당화발효음료가 다른 두 가공 음료에 비하여 DPPH radical 소거능에 있어 활성이 유의적으로 높음을 확인할 수 있었다. 민들레 당화발효음료가 다른 두 가공 음료에 비하여 아질산염 소거능에 있어 활성이 비교적 높으나 유의성이 없음을 확인할 수 있었다.

민들레 발효음료는 색, 향, 맛의 경우 4.7 이상이었고 기호도에 있어서도 4.8로 다른 두 음료에 비해 월등히 우수함을 확인할 수 있어 본 발명에 의해 제조된 민들레 발효음료의 상품성은 높다고 할 수 있다.

(다) 민들레꽃 식혜 개발

민들레꽃 식혜는 분말상 엿기름 가루를 5 ~ 10배의 따뜻한 물에 풀어 3 ~ 4시간 두어 엿기름 물을 얻는 단계, 민들레 꽃에 3 ~ 5배의 물을 붓고 50 ~ 60℃에서 2 ~ 3 시간 범위로 열수 추출하여 민들레 꽃 성분을 추출시킨 후 이를 여과기로 여과시켜 얻은 여과액을 50 ~ 60℃의 저온 분위기 하에서 50±5% 범위로 진공농축시켜 민들레 꽃 엑기스 추출물을 얻는 단계, 찹쌀이나 현미로 밥을 해서 먼저 제1단계에서 얻는 엿기름 물을 붓되 밥 10 kg 기준에 10 ~ 20 ℓ의 엿기름 물을 붓고 30 ~ 45℃ 범위에서 5 ~ 7시간 숙성시키는 단계 및 상기 공정이 완료된 후 민들레 꽃 엑기스추출물을 2 ~ 3 kg 추가하여 90 ~ 100℃에서 30 ~ 60분 열탕시키는 단계를 포함하는 공정을 통하여 민들레꽃이 포함된 식혜의 독특한 풍미, 외관, 담백한 맛 등을 훼손시키지 않는 민들레꽃 식혜를 제조하였다.

민들레 식물체 부위별로 총 페놀 함량을 분석한 결과, 꽃, 잎, 뿌리, 꽃대 순으로 높은 함량을 보여 각각 73.0, 51.4, 20.6, 20.4 mg kg⁻¹로 나타났다. 민들레 식물체 부위별로 총 플라보노

이드 함량을 분석한 결과, 꽃, 잎, 꽃대, 뿌리 순으로 높은 함량을 보여 각각 21.4, 16.2, 8.0, 5.5 mg kg⁻¹로 나타났다. 민들레 식물체 부위별로 DPPH 라디칼 소거능은 꽃, 잎, 뿌리, 꽃대 순으로 높은 활성을 보여 추출물 2,000 mg kg⁻¹에서 각각 89, 62, 55, 37%로 나타났다. 이는 총 페놀 함량의 결과와 유사한 경향을 보여 항산화 활성에 폴리페놀이 기여한 것으로 해석된다.

관능평가에 있어서 향은 꽃, 뿌리, 잎, 꽃대 식혜 순으로 높았고, 색향과 맛향은 꽃, 잎, 뿌리, 꽃대 순으로 높아 꽃이 가장 높게 나타났다.

2. 연구개발 결과의 활용방안

- 민들레屬의 친환경적 재배기술 및 시설재배기술 개발로 농가 및 업체에 기술 활용 및 이전
- 기후변화 대응 민들레의 기능성 변이탐색을 통해 미래 농식품 자원의 변이성 연구에 기초 자료 제공
- 친환경적 재배지에서 생산된 고안전성 및 고기능성 민들레 제품 출시로 산업화
- 야생 민들레屬의 주요 발생지(노지)에서 시설재배로 전환, 자원화 및 대량화(식물공장) 가능
- 민들레의 다양한 기능성(항산화성, 항암성, 항염증, 항동맥경화, 항숙취성) 이용 식품 개발 가속화
- 민들레 원료로 한 발효차 또는 드링크 가공 식료품 개발
- 연구결과를 논문화 및 특허화는 물론, 협력업체에 기술이전하고, 제품 생산화 및 실용화 추진
- 소비자가 신뢰 가능한 친환경농산물 및 HACCP 인증을 통해 안전성 확보 가능
- 한국 자생 민들레속의 유전자원을 포함한 결과자료의 국가기관 기탁에 따른 관련 연구 증진

SUMMARY

I. TITLE

Eco-Genetic Traits and Functional Dietary Food Development of Korean Dandelion Genus

II. OBJECTIVE AND JUSTIFICATION

1. Purpose

Dandelion plants, which have various functionalities including antioxidant activity, anticancer activity, antibacterial activity, anti-inflammatory activity, improvement of lipid metabolism, and liver protective effect, were collected from different regions, plain, mountainous, costal, and island areas in Korea for utilization of future resources plant and adaptation of climate change. Our research focused on a) Propagation and Genetic Relationship Analysis of *Taraxacum* Accessions: This research contained development of mass propagation method for dandelion accessions, genetic variation analysis of *Taraxacum* accessions, and Improvement of functional characters, b) Ecology and Metal Pollution Monitoring Characteristics of *Taraxacum* Accessions Collected from Various Regions in Korea: The research focused eco-physiological study on *Taraxacum* accessions in Korea, variation in growth and yield of dandelion under plastic house condition, and establishment of yearly mass production system of dandelion c) Analysis of Biological Activity and Development of Functional Dietary Fermented Foods from Dandelion Accessions: The study was conducted to achieve discovery of biologically-active substances and their biological activity from dandelion accessions, development on drying method and processing of dandelion raw materials and development of functional dietary fermented Foods.

2. Justification

A. Propagation and Genetic Relationship Analysis of *Taraxacum* Accessions

Dandelion plants was divided into 2 groups, Korean native species (*T. mongolicum*, *T. coreanum*, *T. coreanum* var. *flavescens*) and Korean naturalized species (*T. officinale*, *T. laevigatum*). More detail researches were needed for difference in growth characteristics, genetic variation, and biological activity of accessions grown in plain, mountainous areas, costal areas, and islands in Korea.

B. Researches on Ecological Plant Response against Climate Change and Metal Pollution Monitoring Characteristics of *Taraxacum* Accessions were needed

Climate change affects negatively production and kinds of agricultural crops in Korean peninsula and getting changed into subtropical weather. According to recent reports of Korean Meteorological Administration, For the last 100 years, the earth has become hot faster than before. For the last 10,000 years, the temperature of the earth has changed by less than 1°C, but for the recent 100 years, it increased by 0.6°C, which is surprising. And flowers bloom early in spring. The iceberg of the Northern Hemisphere has become reduced and the sea level has increased by 10~25cm. Rainy days have become short, but heavy rain has been increasing more and more. Therefore, dandelion species as a biological indicator or monitor for environmental change or environmental metal contamination were introduced to our research. Our research was conducted to determine change in growth and yield characteristics, environmental responses and pollution monitoring activity of dandelion plants.

C. Dandelion genus with excellent antioxidant activity, anticancer activity, anti-angiogenic activity and anti-inflammatory activity

Some plants of the genus *Taraxacum*, known as dandelion, have long been used in folk medicine to treat hepatic disorders and some women's diseases, such as breast and uterus cancers, and as lactating, choleric, diuretic, and anti-inflammatory remedies. Different tissues of the plant reportedly contain flavonoids, coumarins, phenolic acids and their derivatives, triterpenoids, steroids and sesquiterpene lactones.

D. Contribution to higher farmer's incomes by development of optimum yearly mass-production system for dandelion in plastic house conditions

The objective of this research section is to develop an optimum yearly mass production system and its environments using horticultural hydroponic system equipped with different substrates as medium and light sources (shade degree) under plastic house conditions.

E. Development of fermented foods added with functional dandelion

To develop functional food added with dandelion, contents of proximate components, total phenolics content, total flavonoids level, organic acids, amino acids, DPPH free radical scavenging activity, nitrite scavenging activity, antioxidant enzyme activity, and anticancer activity of the extracts from plants to final products are instigated. Final product was manufactured with sensory test.

III. Research Contents and Scope

1. Research Contents

A. Propagation and Genetic Relationship Analysis of *Taraxacum* Accessions

To determine propagation and genetic relationship analysis of *Taraxacum* accessions, mass propagation method for dandelion accessions was designed through collection and cultivation of gene resources, *In vitro* mass propagation technology, and characterization of *In vitro* plant culture. Genetic variation of *Taraxacum* accessions was analyzed investigating growth characteristics, pilot search on 5 domestic species with differential morphological traits, genetic diversity and genetic relationship among accessions. For Improvement of functional characters present in accessions, functional lines was selected and developed using various methods.

B. Ecology and Metal Pollution Monitoring Characteristics of *Taraxacum* Accessions Collected from Various Regions in Korea

For eco-physiological study on *Taraxacum* accessions proximate composition and mineral elements from dandelion accession plants were investigated. Soil environments in dandelion growing areas and their vicinity were analyzed for monitoring metal pollution by dandelion planting (phytoremediation). Growth and yield of dandelion under plastic house condition was investigated to determine variations in environmental conditions under plastic house, shade treatment and substrate component, culture temperature and planting timing. Yearly mass production system of dandelion was established through development of mass propagation technology using seeds and seedling and hydroponic culture method for high-qualification and high yield of dandelion.

C. Analysis of Biological Activity and Development of Functional Dietary Fermented Foods from Dandelion Accessions

We characterized variation in biologically-active substances and their activity of dandelion plants grown under different plastic house conditions under different substrate components, shade treatments, temperature and growth stage. Optimum processing technologies of dandelion raw materials through various experiments including fermentation technology by microbes, extraction method and drying method were developed. Finally, functional dietary fermented foods such as non-fermented and fermented beverages and "Sikhae" (a sweet drink made from fermented rice) with dandelion flower were manufactured.

2. Project Scope

A. Propagation and Genetic Relationship Analysis of *Taraxacum* Accessions

- (1) Development of mass propagation method for dandelion accessions
 - (a) Collection and cultivation of gene resources
 - (b) *In vitro* mass propagation technology
 - (c) Characteristics of plants *In vitro* cultured

- (2) **Genetic variation analysis of *Taraxacum* accessions**
 - (a) Growth characteristics
 - (b) Pilot search on 5 domestic species with differential morphological traits
 - (c) Genetic diversity(variation) analysis
 - (d) Genetic relationship among accessions

- (3) Improvement of functional characters
 - (a) Selection of functional lines
 - (b) Improvement of functional characters

B. Ecology and Metal Pollution Monitoring Characteristics of *Taraxacum* Accessions Collected from Various Regions in Korea

- (1) Eco-physiological Study on *Taraxacum* Accessions in Korea
 - (a) Determination of proximate composition and mineral elements from dandelion accession plants
 - (b) Analysis of soil environments in dandelion growing areas and their vicinity
 - (c) Analysis of dandelion soil environments in Jeju island
 - (d) Monitoring metal pollution by dandelion planting (phytoremediation)

- (2) Variation in growth and yield of dandelion under plastic house condition
 - (a) Environmental conditions under plastic house
 - (b) Effects of shade treatment and substrate component on growth and yield of dandelion
 - (c) Effect of culture temperature on growth and yield of dandelion
 - (d) Effect of planting timing on growth and yield of dandelion

- (3) Establishment of yearly mass production system of dandelion
 - (a) Development of mass propagation technology using seeds and seedling
 - (b) Hydroponics for high-qualification and high yield of dandelion

C. Analysis of Biological Activity and Development of Functional Dietary Fermented Foods from Dandelion Accessions

- (1) Discovery of Biologically-Active Substances and Their Biological Activity from Dandelion Accessions
 - (a) Content of biologically-active substances in dandelion accessions
 - (b) Biological activity in dandelion accessions
 - (c) Variation in biologically-active substances and their biological activity from dandelion accessions under different conditions
 - (d) Biologically-active substances and their biological activity from dandelion accessions in Jeju island

- (2) Variation in Biologically-Active Substances and Their Biological Activity of Dandelion Plants Grown under Different Plastic House Conditions
 - (a) Effects of substrate components on biologically-active substances and their biological activity of dandelion plants
 - (b) Effect of shade treatment on biologically-active substances and their biological activity of dandelion plants
 - (c) Effect of temperature on biologically-active substances and their biological activity of dandelion plants
 - (d) Effects of growth stage on biologically-active substances and their biological activity of dandelion plants

- (3) Development on Drying Method and Processing of Dandelion Raw Materials
 - (a) Fermentation technology of dandelion raw materials by microbes
 - (b) Effect of drying method of raw materials on biologically-active substances and their biological activity of dandelion product
 - (c) Effect of extraction method of raw materials on biologically-active substances and their biological activity of dandelion product

- (4) Development of Functional Dietary Fermented Foods
 - (a) Non-fermented beverage
 - (b) Fermented beverage
 - (c) Manufacturing method "Sikhae" (a sweet drink made from fermented rice) with dandelion flower

IV. Project Results and Their Applications

1. Results of the Project

A. Propagation and Genetic Relationship Analysis of *Taraxacum* Accessions

(1) Growth · development and morphological characteristics, and LED irradiation effect of *Taraxacum* accessions

(a) Flowering traits and seed production

Flowering was twice per year in Korean native species (*T. mongolicum*, *T. coreanum*, *T. coreanum* var. *flavescens*), mean while, it was many times from spring to early winter in Korean naturalized species (*T. officinale*, *T. laevigatum*). The number of peduncle and the annual seed yield of naturalized species were 5 to 11 times higher than that of the native dandelion. In addition, high-yielding seed accessions were selected among the native dandelion accessions.

(b) Analysis of morphological relationships

According to the analysis of morphological relationships with 40 accessions of five species (*T. mongolicum*, *T. coreanum*, *T. coreanum* var. *flavescens*, *T. officinale* and *T. laevigatum*), all the accessions could be classified into 7 categories, but only *T. mongolicum* was divided into independent group except the other four species.

(c) LED irradiation test

By LED irradiation to *T. officinale* cv. Goldenboll, an early seed germination speed was delayed, and germination rate was the highest in the control (fluorescent light) and the next was the red (660 nm), the mixed (red and green, 6:4) and the green (450 nm) LED irradiation. The growth (plant height, number of leaves, root length and fresh weight) except leaf number was increased under the LED treatments compared with the control and the growth promotion was the most effective in the red LED irradiation. The antioxidant activity of the dandelion leaf was the highest under the red LED irradiation and the total polyphenol content was increased by 15 to 20 mg% under the red and the mixed light conditions compared with the control. Furthermore, the anthocyan content was increased by 12 ~ 16 mg% under the red LED and the mixed light conditions compared with the control.

(2) Genetic diversity and genetic relationships of *Taraxacum* accessions

(a) Ploidy level

Ploidy level by flow cytometry of *T. mongolicum*, *T. officinale* and *T. laevigatum* was

triploid, and that of *T. coreanum*, *T. coreanum* var. *flavescens* was tetraploid.

(b) Genetic diversity by ISSR markers

The genetic diversity and the genetic relationships among 30 accessions of *T. coreanum* and *T. officinale* were evaluated by ISSR markers. Out of 127 loci detected overall, 122 were identified to be polymorphic with a rate of 96.0%. The genetic similarity matrix (GSM) among 30 accessions ranged from 0.179 to 0.922. According to the clustering analysis, the two different species were divided into independent groups and all the accessions could be classified into 7 categories. Especially, all the mountain collected accessions belonged to independent groups.

(c) Clustering analysis

The genetic diversity and the genetic relationship by using 32 accessions of five *Taraxacum* species (*T. mongolicum*, *T. coreanum*, *T. coreanum* var. *flavescens*, *T. officinale* and *T. laevigatum*) which collected in field, mountain, island and seaside were evaluated by using ISSR markers. A total of 142 ISSR loci detected overall which all polymorphic loci (100%) were among five species of *Taraxacum*. Polymorphic rate of the Korean native species and the naturalized species were similar level. The genetic similarity matrix (GSM) among 32 accessions ranged from 0.025 to 0.860 with an average of 0.303. According to the clustering analysis, the three native species were divided into 4 independent groups and the two naturalized species were classified into 3 independent groups except 2 accessions. Furthermore, all the mountain collected accessions belonged to independent groups.

(3) Genetic variation analysis of *Taraxacum* accessions based on nuclear ribosomal DNA sequences

Nucleotide lengths of the ITS (5.8s rDNA) region that cloned and sequenced in 22 accessions of the five *Taraxacum* species ranged from 456 bp to 460 bp, and the average length was 457.45 bp. GC contents of the region ranged from 51.54 to 52.86% with an average of 52.22%. Sequence similarity matrix (SSM) of the ITS (5.8s rDNA) region ranged from 0.950 to 0.997 with an average of 0.974.

(4) Genetic variation analysis of *Taraxacum* accessions based on chloroplast DNA sequences

(a) *trnL-trnF* region

The genetic variations of *trnL-trnF* region were evaluated by using 23 accessions were evaluated of the five *Taraxacum* species. Nucleotide lengths of the *trnL-trnF* region in the native dandelions (*T. mongolicum*, *T. coreanum* and *T. coreanum* var. *flavescens*) ranged from 929 to 930 bp and those of the naturalized dandelions ranged from 910 bp (*T. officinale*) to 975 bp (*T. laevigatum*). GC contents of the *trnL-trnF* region ranged from 36.78 to 38.25% with an average of 37.02%. Insertion, deletion and transposition of DNA sequence of the *trnL-trnF* region were occurred in 47 sites among individuals, showing 11 classification sites of DNA sequence between the native and the naturalized dandelions and the transition and the transversion of the *trnL-trnF* region were occurred 15 and 7. Sequence similarity matrix (SSM) of the *trnL-trnF* region ranged from 0.864 to 1.00 with an average of 0.963.

(b) *rps16-trnK* region

Genetic variations of *rps16-trnK* region were evaluated by using 21 accessions were evaluated of the five *Taraxacum* species. Nucleotide lengths of the *rps16-trnK* region ranged from 847 bp to 883 bp. GC contents of the *rps16-trnK* region ranged from 27.65 to 29.05% with an average 28.12%. Insertion, deletion and transposition of DNA sequence of the *trnL-trnF* region were occurred in 33 sites among individuals, showing 2 classification sites of DNA sequence between the native and the naturalized dandelions. And the transition and the transversion of the *trnL-trnF* region were occurred 17 and 7, respectively. And that of the *rps16-trnK* region ranged from 0.938 to 0.998 bp with an average 0.978. The transition was two times higher than that of the transversion both of the 2 cp DNAs.

(5) Diversity of growth and genetic variation of *Taraxacum* by proton beam irradiation

(a) Proton beam irradiation

To obtain fundamental data needed for development of new varieties of dandelion, proton beam was irradiated with dry seed of *T. officinale* cv. Goldenboll, with various dose of beam intensity (0 to 1500 Gy). Percentage germination was about 93.7% in control and more than 90% at low intensity of the beam irradiation (from 10 to 100 Gy). However, the rate was drastically decreased over 500 Gy. The lethal dose 50 (LD₅₀) of germination was estimated as approximately between 250 Gy to 500 Gy. In addition, plant height, number of leaf and fresh weight at early stage were significantly decreased as the irradiation dose was increased. According to the correlation analysis between dosage and growth factors, the orders of compactness of correlation were germination, plant height, fresh weight and number of leaf, respectively.

(b) SSR analysis

As a result of ISSR analysis by using 12 individual variants such as, dwarf, color, plastid, growth and leaf shape, out of 33 bands detected overall, 8 bands was identified to be polymorphic with a rate of 24.2% at the control group, while 33 bands detected overall, 21 bands were identified to be polymorphic with a rate of 63.6% at the proton beam irradiation. The result indicates that the dandelion with proton beam treatment might be promoted variation at DNA level.

(c) Development of gene resources with high-biomass

To rear gene resources with high-biomass, dandelion mutant seeds, irradiated by proton beam (50 Gy), were planted to obtain mutant plant as a M₁ generation at harvest time in 2011. Of the reared 400 M₁ individuals 22 plants with excellent growth were selected and transplanted in the fields. Growth characteristics were investigated from June in 2012 to April in 2013 and harvested to determine content of functional substances on August in 2013. Plant height and leaf number of selected lines in M₁ generation was higher than conventional cultivar "Goldenball" Basis on the results of growth investigation of M₂ generation, total phenolics content and total flavonoids level from 8 lines of gene resources with high-biomass were determined, and the result showed that total phenolics and total flavonoids levels in the 3 lines were more increased by 7~31% and 4~48%, respectively than in other lines.

Conclusionally, this study demonstrated the characteristics of the growth and development, morphology, LED irradiation, the genetic diversity and relationships, genetic variation in *Taraxacum* accessions collected from various regions of Korea. And the results suggest that possibility to develop useful accessions and to produce high-value plant resources by using the *Taraxacum*.

B. Ecology and Metal Pollution Monitoring Characteristics of *Taraxacum* Accessions Collected from Various Regions in Korea

(1) Eco-physiological Study on *Taraxacum* Accessions in Korea

(a) Determination of proximate composition and mineral elements from dandelion accession plants

Taraxacum officinale (dandelion) is a perennial herb, native throughout the northern hemisphere with many varieties and microspecies, found growing wild in meadows, pastures and waste ground in Korea. In medicine, the dandelion root or the entire plant gathered while or before flowering, from both wild and cultivated plants, is used.

Greenhouse and laboratory experiments were conducted to determine differential chemical

properties of 7 *Taraxacum officinale* (dandelion) accessions and their soils in Korea. General proximate compositions including crude protein, fat, ash and fiber were more present in shoot than root part in 7 *T. officinale* accessions. Crude ash among components was the highest in *T. officinale* shoot of Sangam accession and crude protein of Yanggu accession. Especially, Cd, Ni, Pb contents in leaf and roots of 7 *T. officinale* accessions was highest in Sangam region, specially industrial areas showing higher content in shoot than root.

(b) Analysis of soil environments in dandelion growing areas and their vicinity

Chemical properties, heavy metal content and microorganism population were measured and compared from different soils growing *T. officinale* accessions (TO soil) and its vicinity (Non-TOP soil). In 7 regions, pH, organic matter, total carbon, total nitrogen, and total phosphorous levels in TO soils were much higher than Non-TO soils. However, EC, cation content and CEC in TO soils were much lower than Non-TO soils. Contents of heavy metals, Fe, As, Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn in TO soils was lower than Non-TO soils. Specially, Hg was not detected. Populations of actinomyces, bacteria and fungi in TO soils were higher than Non-TO soils.

(c) Analysis of dandelion soil environments in Jeju island

Chemical properties of soil samples in Jeju island were as following. EC and CEC values, Ca, Mg and Na contents in TO soils were higher than Non-TO soils. However, total nitrogen, and total phosphorous levels in TO soils were lower than Non-TO soils.

Content in heavy metals of soil samples in Jeju island was not constant according to region. No difference in content of Fe and Cu was observed in two soil types. Ni, Cr, Pb contents were more present in TO soils than Non-TO soils, Al and Zn contents in Non-TO soils. However, As, Cd, and Hg were not detected in two soil types.

(d) Monitoring metal pollution by dandelion planting (phytoremediation)

Dandelion cultured in contaminated soils was not affected by metal pollution and showed normal growth and development. After dandelion cultivation, pH and available phosphorous level in the soil samples were clearly increased, while EC, OM, total phosphorous level was decreased with the lapse time. Especially, Ca, Mg, Na, and CEC values were increased and K, Al, Fe, Mo, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb contents were decreased 10 month after dandelion planting. However, As, Cd, and Hg were not detected in the soil.

(2) Variation in growth and yield of dandelion under plastic house condition

(a) Environmental conditions under plastic house

During experiment from May to October, averaged light intensity under plastic house was 88.6, 39.6 and 22.9 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ for no shade, 50%shade and 70%shade, respectively, ranging 4.8 to 341.4, 1.8 to 146.8, 1.4 to 59.0 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ for no shade, 50%shade and 70%shade, respectively. Temperature ranges were 16.5 ~ 28.3°C, 16.5 ~ 27.9°C, 16.3 ~ 27.5°C for no shade, 50%shade and 70%shade, respectively, showing 1.1 ~ 2.5°C higher than outdoor. Relative humidity was ranged from 52.5 to 95.3% and averaged by 80.3%. Photoperiod was 10.5 hrs.

In chemical properties of substrate components, EC, OM, available phosphorous level, exchangeable cation's content, and CEC value were increased with increase of coco-peat amount and decreased with increase of perlite amount.

(b) Effects of shade treatment and substrate component on growth and yield of dandelion

Greenhouse and laboratory experiments were conducted to determine the effects of shade treatment and substrate components on plant growth and yield of *Taraxacum officinale*. The horticulture media are filled with substrates mixed with different combination ratios of coco peat and perlite, 100 : 0, 70 : 30, 50 : 50 and 0 : 100. Substrates combined with coco peat and perlite (ratio 70:30 and 50:50, v/v) showed higher growth and yield than their single substrates ($p < 0.05$). Shade treatment also significantly reduced plant height, root length, root diameter, leaf areas, chlorophyll content, and fresh weight ($p < 0.05$), compared with no shade.

Shade treatment significantly reduced shoot and root fresh weight of dandelion, compared with no shade which showed highest weight. Substrates combined with coco peat and perlite (ratio 70:30 or 50:50, v/v) under no shade or 50% shade condition showed higher fresh weight than their single substrates ($p < 0.05$). However, no difference in fresh weight among substrate combinations was observed. Therefore, the experiments demonstrated that shade treatment affects shoot and root growth of dandelion, and that optimum substrate combination for dandelion hydroponics would be mixture with coco peat and perlite for maximized production.

(c) Effect of culture temperature on growth and yield of dandelion

Optimum temperature for dandelion production was 25°C, showing higher plant height, root length, root diameter, leaf areas, chlorophyll content, and fresh weight of dandelion than 20 or 30°C.

(d) Effect of planting timing on growth and yield of dandelion

Optimum planting timing for better growth and yield of dandelion was before May, and higher plant height, root length, root diameter, leaf areas, chlorophyll content, and fresh weight of dandelion showed when planted on March and May than July.

(3) Establishment of yearly mass production system of dandelion

(a) Development of mass propagation technology using seeds and seedling

Temperature and light conditions for better seed germination of dandelion were 30°C and 5,000 and 10,000 lux showing higher germination rate (52%) than 20 or 25°C and 15,000 lux. For chemical treatment for dormancy breaking, KNO₃ stimulated seed germination of dandelion by 69%. To determine optimum propagation method for better growth and development of dandelion, dandelion seeds and seedlings were planted and grown for 60 days, harvested, and compared. Transplanting method showed higher shoot and root fresh weight of dandelion 2.9 g and 241.3 mg, respectively than seeding method (1.2 g and 82.1 mg, respectively).

(b) Hydroponics for high-qualification and high yield of dandelion

① Standardization for yield maximization

Substrates combined with coco peat and perlite (ratio 70:30 and 50:50, v/v) showed higher growth and yield than their single substrates ($p < 0.05$). Especially, substrates combined with coco peat and perlite (ratio 70:30 or 50:50, v/v) under no shade or 50% shade condition showed higher fresh weight than their single substrates ($p < 0.05$). Therefore, the experiments demonstrated that optimum substrate combination would be mixture with coco peat and perlite for maximized dandelion hydroponical production.

② Standardization for greenhouse culture technology and hydroponics

Shade treatment affected shoot and root growth of dandelion, and optimum substrate combination for dandelion hydroponics was mixture with coco peat and perlite for maximized production.

Temperature and light conditions for better seed germination of dandelion were 30°C and 5,000 and 10,000 lux. KNO₃ stimulated seed germination of dandelion by 69%. Propagation by transplanting showed higher dandelion growth than seeding method.

For the hydroponic experiment, nutrient solutions modified from Ikeda (1984) method were supplied when necessary using drop irrigation, and adjusted with 2 different solution concentrations, one was half-strength nutrient solution (EC = 1.1 dS · m⁻¹) at early growth stage and the second was standard nutrient solution (EC = 2.2 dS · m⁻¹) at late growth stage.

C. Analysis of Biological Activity and Development of Functional Dietary Fermented Foods from Dandelion Accessions

(1) Discovery of Biologically-Active Substances and Their Biological Activity from Dandelion Accessions

(a) Content of biologically-active substances in dandelion accessions

Dandelion has long been used in folk medicine to treat hepatic disorders and some women's diseases, such as breast and uterus cancers, and as lactating, choleric, diuretic, and anti-inflammatory remedies in Asian countries. Pharmacological activities of *Taraxacum* plants, especially *T. officinale* F. Weber ex Wiggers (Asteraceae), have been in part evaluated so far. *T. officinale* was assessed to contain acute anti-inflammatory activity by showing its protective effect against cholecystokinin induced acute pancreatitis in rats.

Greenhouse and laboratory experiments were conducted to determine differential chemical properties of 7 dandelion accessions and cultivated plants under plastic house condition. Total phenolics content and flavonoids level, DPPH radical scavenging activity, nitrite scavenging and anticancer activity of dandelion samples collected or cultivated were analyzed through *in Vitro* assay. Contents of total phenolics [mg tannic acid equivalents kg^{-1} dry wt.] and total flavonoids [mg naringin equivalents kg^{-1} dry wt.] showed the higher amount in shoot than root part of *T. officinale* accessions. In shoot part, total phenolics and total flavonoids were present as the highest amount in Osan and Yanggu accessions, and lowest amount in Sangam and Samil accessions. However, total phenolic and total flavonoid contents in root part showed the highest amount in Beopseong and Sangam accessions, respectively, and lowest amount in Haeryong accession.

(b) Biological activity in dandelion accessions

The antioxidant potential of the methanol extracts from the plants dose-dependently increased 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH) free radical scavenging activity, and the activity of root extracts was higher than that of shoot part, showing highest activity in Yanggu and Sangam accessions. By means of MTT (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) assay, anticancer activity of methanol extracts was more sensitive against CALU-6 for human pulmonary carcinoma than against SNU 601 for human gastric carcinoma. Anticancer activity against two cancer cell lines was higher in shoot (leaves) and in root part. And anticancer activity of shoot extracts from Samil and Sora accessions was the highest, and followed by Yanggu, Haeryong, Sangam, Osan and Beopseong (lowest). Root extracts, however, showed the highest activity of root extracts from Sangam and Yanggu accessions and lowest activity from Haeryong accession.

Anticancer activity of shoot extracts against SNU 601 was highest in shoot part of Haeryong accession and in root part of Beopseong accession.

(c) Variation in biologically-active substances and their biological activity from dandelion accessions under different conditions

Total phenolics [mg chlorogenic acid equivalents (FAE) kg^{-1} DW] was highest in flower extracts (72.0 mg kg^{-1}), followed by leaf, root, and stalk extracts of *T. officinale* ($p < 0.05$). The result of total flavonoid level [mg naringin equivalents kg^{-1} DW] had same tendency to differential total phenolics contents among plant parts, but showed lower ranges of amount. The antioxidant activity of the methanol extracts from all the plant parts dose-dependently increased. DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity was highest in flower extracts (IC_{50} value = 624.3 mg kg^{-1}), and followed by leaf, root, and stalk extracts of *T. officinale* ($p < 0.05$). By means of MTT (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) assay, cell viability of CALU-6 for human pulmonary carcinoma and SNU-601 for human gastric carcinoma showed the lowest IC_{50} value in the flower extracts (IC_{50} value = 85.7 and 311.4 mg kg^{-1} , respectively), indicating the highest cytotoxicity. The results suggested that total phenolics content and total flavonoids level in different plant parts of *T. officinale* were highly correlated with antioxidative ($r^2=0.7280$ to 0.9971) or with cytotoxic activities ($r^2=0.5795$ to 0.9515).

No significant difference in contents of phenolics and flavonoids, and antioxidant activity was observed according to geographical trait or degree of contamination.

Contents of phenolics and flavonoids, antioxidant activity and cytotoxicity were investigated in the methanol extracts of three different *Taraxacum* species, *Taraxacum coreanum*, *Taraxacum mongolicum*, and *Taraxacum officinale*. Total phenolics content at 1000 mg kg^{-1} was more present in shoot parts than in roots, and was highest in *T. mongolicum* shoot and root extracts (76.8 and 40.0 mg kg^{-1} , respectively), followed by *T. coreanum* and *T. officinale* ($p < 0.05$). Total flavonoid level had same tendency to total phenolics among *Taraxacum* species, showing lower amounts ($6.5 \sim 36.4 \text{ mg kg}^{-1}$) than total phenolics. The antioxidant activity of the methanol extracts from all the species dose-dependently increased. DPPH free radical scavenging activity at $1,000 \text{ mg kg}^{-1}$ was highest in shoot and root extracts from *T. mongolicum* by 89.6 and 83.4% , respectively. According to MTT assay, cell viability of CALU-6 (human pulmonary carcinoma) was lowest in the *T. mongolicum* shoot and root extracts (IC_{50} values= 83.4 and 66.4 mg kg^{-1} , respectively), and followed by *T. coreanum* and *T. officinale* (lowest). CALU-6 was more sensitive to the extracts than SNU-601 (human gastric carcinoma). Antioxidative and anticancer activities in three different *Taraxacum* species was more correlated with total phenolics content ($r^2=0.0097$ to 0.6213) than with total flavonoids level ($r^2=0.0027$ to 0.4627). The results showed total phenolics content and total flavonoids level were highly correlated with anticancer activity and antioxidant activity, and their content and activities were different depending on species.

Effect of sampling time on contents of total phenolics and total flavonoids and DPPH free radical scavenging activity in dandelion was the highest on March, followed by June and September. However, no significant difference in the contents of root parts among sampling times.

Contents of total phenolics and total flavonoids in dandelion shoot were highest in hexane fraction and in dandelion root ethylacetate fraction. DPPH free radical scavenging activity in leaves was highest at ethylacetate fraction, followed by butanol, water fraction, and methanol extracts. Butanol fraction, on the other hand, in root parts had highest activity among fractions.

(d) Biologically-active substances and their biological activity from dandelion accessions in Jeju island

Total phenolics content and flavonoids level, DPPH radical scavenging activity, nitrite scavenging and anticancer activity of dandelion samples collected in Jeju region were analyzed through *in Vitro* assay. Contents of total phenolics [mg tannic acid equivalents kg⁻¹ dry wt.] and total flavonoids [mg naringin equivalents kg⁻¹ dry wt.] showed the higher amount in shoot than root part of *T. officinale* accessions, showing different amount by region. Total phenolics and total flavonoids of dandelion were highest in samples from island and from mountain areas, respectively. DPPH radical scavenging activity of dandelion leaves was highest in samples from island and that of dandelion roots was highest in samples from mountain areas.

According to MTT assay, no difference in anticancer activity of shoot and root parts of dandelion among regions was shown. However, extracts from shoot and root parts of dandelion in Jeju showed higher activity against CALU-6 (human pulmonary carcinoma) than against SNU-601 (human gastric carcinoma) under shading condition than no shade.

(2) Variation in Biologically-Active Substances and Their Biological Activity of Dandelion Plants Grown under Different Plastic House Conditions

(a) Effects of substrate components on biologically-active substances and their biological activity of dandelion plants

Greenhouse and laboratory experiments were conducted to determine the effects of substrate components on physiological activity of dandelion. Substrates combined with coco peat and perlite (ratio 70:30, v/v) and perlite single showed higher amounts of total phenolics and total flavonoids than other substrates ($p < 0.05$).

Contents of total phenolics and total flavonoids showed higher amounts in shoot parts than root parts of *T. officinale*. The antioxidant potential of the methanol extracts from the plants dose-dependently increased. DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical

scavenging activity was higher in leaf parts than in root parts of the plants, and under no shade than under shade condition.

APX, CAT and SOD activities in dandelion shoot and root parts was not affected by substrate component. POX activity in dandelion shoot was not affected by substrate component, and in dandelion root part was increased by coco peat or perlite single.

(b) Effect of shade treatment on biologically-active substances and their biological activity of dandelion plants

Shade treatment increased total phenolics content in shoot and root parts of dandelion, compared with no shade. Total flavonoids level showed highest amounts in shoot parts than root parts of *T. officinale* under 50% shade.

The antioxidant potential of the methanol extracts from the plants dose-dependently increased. DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity in shoot and root parts of dandelion was higher under shading condition than under no shade. APX activity in dandelion shoot and root parts was higher under shading condition than under no shade. CAT, POX and SOD activities were increased with increasing of shading degree.

According to MTT assay, no difference in anticancer activity of shoot and root parts of dandelion against CALU-6 (human pulmonary carcinoma) among shading degrees was shown. However, shoot and root parts of dandelion showed higher activity against SNU-601 (human gastric carcinoma) under shading condition than no shade.

(c) Effect of temperature on biologically-active substances and their biological activity of dandelion plants

Contents of total phenolics and total flavonoids in shoot and root parts of dandelion were highest at 30°C, and were higher in shoot parts than root parts. Therefore, total phenolics and total flavonoids level from dandelion shoot and roots were affected by temperature. The antioxidant potential of the methanol extracts from the plants dose-dependently increased DPPH free radical scavenging activity. DPPH free radical scavenging activity was higher in roots than in shoots. Methanol extracts from shoot and root parts showed higher activity at 30°C and 20°C than at 25°C.

Antioxidant enzyme APX activity in dandelion shoot part was higher at 30°C and in dandelion root part at 25°C than other temperature. Antioxidant enzyme CAT activity was highest at 25°C in both shoot and root parts. POX activity in dandelion shoot part was higher at 30°C, and in dandelion root part at 25°C than other temperature. SOD activity was not affected by any temperature in both shoot and root parts.

By way of MTT assay, shoot and root parts of dandelion grown at 30°C showed highest anticancer activity against CALU-6 (human pulmonary carcinoma). Shoot and root parts of

dandelion grown at 30°C and 20°C, respectively, showed highest activity against SNU-601 (human gastric carcinoma).

(d) Effects of growth stage on biologically-active substances and their biological activity of dandelion plants

Antioxidant enzyme APX activity in dandelion shoot and root parts was higher early growth stage than late one. However, no difference in APX activity among substrate components was observed. Antioxidant enzyme CAT activity in dandelion shoot and root parts was higher early growth stage than late one. POX activity in dandelion shoot and root parts was higher early growth stage than late one. At late growth stage POX activity was highest in substrates combined with coco peat and perlite (ratio 50:30, v/v). SOD activity was not affected by any temperature in both shoot and root parts. At late growth stage SOD activity was highest in perlite single.

APX activity in dandelion shoot and root parts was higher early growth stage than late one, regardless of shading degree. However, no difference in APX activity among shading degrees was observed. Antioxidant enzyme CAT activity in dandelion shoot and root parts was higher early growth stage than late one. At both two growth stages, CAT activity in dandelion shoot and root parts was highest at 70% shade. POX activity in dandelion shoot and root parts was higher early growth stage than late one. At both two growth stages, POX activity in dandelion shoot and root parts was highest at 70% shade. SOD activity in dandelion shoot and root parts was higher early growth stage than late growth stage. At late growth stage SOD activity was highest at 70% shade.

(3) Development on Drying Method and Processing of Dandelion Raw Materials

(a) Fermentation technology of dandelion raw materials by microbes

Total phenolics content was investigated for mixture of dandelion powders fermented by *Bacillus subtilis* by fermentation time. Total phenolics content of dandelion leaves was not affected by fermentation time. However, total phenolics content and total flavonoids level of dandelion roots were increased. DPPH free radical scavenging activity of dandelion samples was little decreased from 8 days after fermentation.

Total phenolics content was investigated for mixture of dandelion powders fermented by yeast (*Saccharomyces carlsbergensis*) for 12 days. Total phenolics content, total flavonoids level and DPPH free radical scavenging activity of dandelion leaf and root samples was decreased from 12 days after fermentation.

(b) Effect of drying method of raw materials on biologically-active substances and their biological activity of dandelion product

Total phenolics level of dandelion shoot and root was highest by 96.9 and 24.6 mg kg⁻¹, respectively, when natural dried. and lowest when freeze-dried. However, total flavonoids content of dandelion leaves was highest at freeze-dryness (64.2 mg kg⁻¹), and of roots at oven-dryness (8.8 mg kg⁻¹). DPPH free radical scavenging activity of dandelion leaves was highest at oven dry (89.1%), followed by natural dry and freeze-dry, and of dandelion roots was highest at natural dry (51.5%), followed by oven dry and freeze-dry. However, no significant difference in nitrite scavenging activities among dry methods of samples was observed in both leaves and roots.

(c) Effect of extraction method of raw materials on biologically-active substances and their biological activity of dandelion product

Extraction yield from leaves and roots of dandelion was the highest when extracted with 100% distilled water and when mixed with 75% distilled water and 25% ethanol.

Extraction yield from leaves and roots of dandelion was increased with increasing of extraction temperature. However, extraction yield was not affected by extraction time (duration) under the same temperature.

Total phenolics content of dandelion leaves and roots was highest when mixed with 25% distilled water and 75% ethanol. Total phenolics content from leaves and roots of dandelion was increased with increasing of extraction temperature. However, the content was not affected by extraction time (duration). No significant difference in the content of dandelion leaves and roots among extraction time was observed.

Total flavonoids level of dandelion leaves was highest when mixed with 25% distilled water and 75% ethanol, while the content of dandelion roots was highest when mixed with 50% distilled water and 50% ethanol. Total flavonoids content from leaves and roots of dandelion was increased with increasing of extraction temperature. However, the content also was not affected by extraction time (duration). No significant difference in the content of dandelion leaves and roots among extraction time was observed.

DPPH free radical scavenging activity of dandelion leaves was the highest when extracted with ethanol 100%, followed by 25% distilled water and 75% ethanol, 50% distilled water and 50% ethanol, 75% distilled water and 25% ethanol. The activity of dandelion roots, on the other hand, was the highest when extracted with 25% distilled water and 75% ethanol, followed by 50% distilled water and 50% ethanol, ethanol 100%, 75% distilled water and 25% ethanol. However, the activity from leaves and roots of dandelion was increased with increasing of extraction temperature and duration.

(4) Development of Functional Dietary Fermented Foods

(a) Non-fermented beverage

Non-fermented beverage was designed to minimize bitter taste of dandelion and to maximize the content of biologically-active substances through optimum processing. Manufacturing procedure was as following; a) steaming, b) roasting after drying, and c) extraction. Total phenolics content, DPPH free radical scavenging activity, and nitrite scavenging activity from non-fermented beverage of dandelion leaves were more increased than other beverage. Non-fermented beverage extracted with dandelion leaves had higher values in taste, scent and acceptability than other beverage.

(b) Fermented beverage

To manufacture fermented dandelion beverage, dandelion, apple and sugar were cut in small size, mixed with sugar, and stored in an earthenware pot for 60 days for fermentation. After fermentation, the materials were filtered to separate the extract from solution and ripened for another 60 days. Total phenolics content, DPPH free radical scavenging activity, and nitrite scavenging activity from fermented beverage of dandelion leaves were more increased than other beverage. The beverage fermented with dandelion leaves had higher values in taste, scent and acceptability, showing above 4.7 than other beverage.

(c) Manufacturing method "Sikhae" (a sweet drink made from fermented rice) with dandelion flower

"Sikhae" as a Korean sweet drink was made from fermented rice mixed with water extracts of dandelion flower and maltose from barley sprouts according to following procedures; a) Water extracts from barley sprouts, b) Water extracts from dandelion flower, c) Mixing with barley sprout extract and steamed rice, d) Ripening the mixture, e) Adding aqueous dandelion flower extracts into the ripened mixture.

Dandelion flower "Sikhae" was compared in biologically-active substance and their activity with "Sikhae" made from leaf, root or stalk. Total phenolics [mg chlorogenic acid equivalents (FAE) kg^{-1} DW] was highest in flower "Sikhae", followed by leaf, root, and stalk "Sikhae" ($p < 0.05$). The result of total flavonoid level [mg naringin equivalents kg^{-1} DW] had same tendency to differential total phenolics contents among different "Sikhae" types from plant parts, but showed lower ranges of amount. The antioxidant activity of "Sikhae" from all the plant parts dose-dependently increased. DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) free radical scavenging activity was highest in flower "Sikhae" , and followed by leaf, root, and stalk "Sikhae" ($p < 0.05$). "Sikhae" made with dandelion flowers had higher values in taste, scent and acceptability than "Sikhae" with other plant parts.

2. Applications of Project Outcomes

- Providing precious technologies on eco-friendly culture and specific greenhouse production for dandelion.
- For adaptation of climate change, effects of environmental variations on functionality of medicinal resources plants are investigated to provide fundamental information of future agro-food resources.
- Health-based products with high security and high quality are produced from eco-friendly cultural sites.
- Establishment of profit model for farmers through mass production and plant factory by transition from outdoor to greenhouse production.
- Providing lifestyles of well-being, LOHAS and eco-friendly agro-product by using dandelion with high anticancer, anti-inflammatory and antioxidative activities.
- High income of farmers and related companies by development of fusion technology for processed foods combined with traditional foods or soy sauce.
- Publication including paper and patent work, and technology transition and utilization to other institution.
- Credible certification of eco-friendly agro-product from culture to marketing of resources plant.
- Increase of productivity through introduction of green house mass production system in medicinal plants using roots.
- Improvement technology in production, functionality, processing, and commercialization by eco-friendly culture of dandelion.
- Providing standard criteria of investigation on variation in plant growth, its yield, physiological substances level, and functionality of resource plants as of climate change.
- Results of the project play a key benchmarking role in processing, powdering, and quality preservation of other institution's.
- Increase of employment and farmer's income through production of eco-friendly agro-product.
- Utilization, industrialization, and green-tourism using dandelion as a regional special food.
- Utilization and contribution of dandelion as an alternate crop.

CONTENTS

Chapter 1. Project Overview	45
Section 1. Purpose	45
Section 2. Justification	46
Section 3. Limitation	47
Chapter 2. Current Status in Technology Development of Related Project in Domestic and Overseas	49
Section 1. Current Status in Technology Development of Related Project	49
Section 2. Position of the Present Research Result in Technology Development of Domestic and Overseas	55
Chapter 3. Contents and Results of the Project	56
Section 1. Propagation and Genetic Relationship Analysis of <i>Taraxacum</i> Accessions	56
1. Introduction	56
2. Materials and Methods	57
3. Results and Discussion	67
4. Summary	114
Section 2. Ecology and Metal Pollution Monitoring Characteristics of <i>Taraxacum</i> Accessions Collected from Various Regions in Korea	119
1. Introduction	119
2. Materials and Methods	120
3. Results and Discussion	129
4. Summary	168
Section 3. Analysis of Biological Activity and Development of Functional Dietary Fermented Foods from Dandelion Accessions	180
1. Introduction	180
2. Materials and Methods	181
3. Results and Discussion	196
4. Summary	290
Chapter 4. Project Achievements and Contributions to Related Fields	313
Section 1. Project Achievements by Year	313
Section 2. Contributions to Related Fields	316
Chapter 5. Project Outcomes and Their Applications	317
Section 1. Plans for Utilization and Industrialization	317

Section 2. Plan for Technology Dissemination (Education, Instruction and Publicity)	318
Section 3. Presentation Plan (Patent and Publication)	319
Section 4. Additional Research and Benchmarking Point for Other Projects	321
Chapter 6. New Science and Technology Information Collected for Project	322
Chapter 7. References	330

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	45
제1절	연구개발의 목적	45
제2절	연구개발의 필요성	46
제3절	연구개발의 범위	47
제 2 장	국내외 기술개발 현황	49
제1절	국내·외 관련분야 기술개발 현황	49
제2절	연구결과가 국내외 기술개발에서 차지하는 위치	55
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	56
제1절	민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구	56
1.	서언	56
2.	재료 및 방법	57
3.	결과 및 고찰	67
4.	결과요약 및 종합결론	114
제2절	민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구	119
1.	서언	119
2.	재료 및 방법	120
3.	결과 및 고찰	129
4.	결과요약 및 종합결론	168
제3절	민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구	180
1.	서언	180
2.	재료 및 방법	181
3.	결과 및 고찰	196
4.	결과요약 및 종합결론	290
제 4 장	연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	313
제1절	연도별 연구개발목표의 달성도	313
제2절	연구결과가 관련분야에의 기여도	316
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획	317
제1절	실용화·산업화 계획(기술 실시)	317
제2절	교육·지도·홍보 등 기술 확산 계획	318
제3절	특허, 품종 및 논문 발표계획	319
제4절	추가연구, 타연구에 활용계획	321

제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	322
제 7 장	참고문헌	330

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

미래 자원식물의 활용과 기후변화 대응을 위해 항산화 활성, 항암성, 항균활성, 항염증, 체내 지질대사 개선효과, 간기능 개선효과가 높은 것으로 보고된 한국의 평야지, 산간지, 연안지 및 도서지역에서 서식하고 있는 민들레를 소재로 하여 1) 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구에서는 기내 대량 증식 및 번식법을 개발하고, 국내 유전자원의 수집에 따른 지역별 수집종간의 유전적 변이와 유연관계를 밝히고, 민들레의 기능성 개선을 위한 형질인자의 개선에 대한 탐색과 기능성 계통의 선발에 관해 연구한다. 2) 수집종의 생리생태 및 생물학적 환경모니터링 특성 연구를 통해 재배지에서 생육 및 토양특성을 파악하고, 이를 시설내로 재배하기 위해 온도, 광 및 계절 변화에 따른 생육 및 수량 특성 파악은 물론 환경오염지의 생물학적 monitoring indicator plant로서 개발 가능성을 타진하며, 생산성이 높은 시설재배로 전환시켜 연간 연중 대량생산시스템을 구축한다. 3) 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구를 통해 지역간, 수집종간의 민들레의 생리활성물질 함량과 기능성 차이를 구명하고, 환경변이에 따른 생리활성물질 함량과 기능성 변이를 정성화 및 정량화하고, 전통적인 발효기술을 접목한 자생 민들레 발효음료를 개발하여 상품화함으로써 소비층의 저변확대에 따른 농가의 신소득원 창출과 소득증대를 통해 지역 활력화를 목표로 한다.

1. 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구

수집 유전자원의 대량증식법 개발 연구를 위해 유전자원 수집 및 육성, 기내 대량증식 기술 연구, 기내 배양식물체의 특성연구가 DNA 추출과 RAPD 분석 등이 이루어졌다. 수집 유전자원의 유전 변이 연구를 위해 생육지별 세포학적 변이 연구 등에 의해 수집종의 생육지별 유전적 변이 연구, RAPD 분석과 ISSR 분석 등에 의한 유전적 다양성 분석, 5.8S rDNA, cp gene 을 이용한 분석과 cluster 분석으로 수집종간 유연관계 분석 연구가 이루어지고, 기능성 형질인자 개선 연구에서는 기능성 계통 선발 및 기능성 형질인자 개선 연구가 이루어질 것이다.

2. 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구

지역별 민들레속의 생육 및 생태연구, 주변 기상 및 토양환경 분석, 환경오염(토양, 식물체) 제거능 연구로 구성되어 있다. 토양의 물리화학적 성분은 가밀도, 경도, 토성(비중계법), pH(초자전극법), 유기물 함량(Tyurin법), T-N, T-P₂O₅(Lancaster법), SO₂, NH₄⁺, NO₃⁻, K, Na, Ca, Mg 등을 분석하고, 토양의 환경오염원인 중금속(As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb 및 Zn) 함량을 ICP를 이용하여 측정하고 미생물 밀도조사를 한다. 환경변이에 따른 종자발아, 생육 및 수량특성 연구를 위해 차광, 온도 및 토양 변이가 처리되고, 연중 대량생산 시스템 구축 연구를 위해 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법을 개발하고 고품질 다수확 양액재배 시스템을 개발하고자 한다.

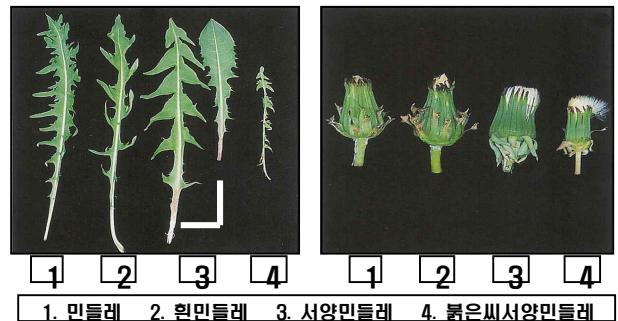
3. 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구

입지별 수집 민들레의 메탄올 조추출물과 용매별 분획물 획득을 통해 일반성분(조지방, 조단백질, 탄수화물, 조회분), 무기질 및 아미노산 등의 영양성분, 페놀, 플라보노이드, 알칼로이드와 Luteolin, terpenoid, taraxalisin과 같은 생리활성물질 함량을 측정/비교하고, 항산화성, 항암성, 항염증, 항동맥경화, 항숙취성, 간기능 개선효과 등의 기능성을 비교한다. 또한 민들레 원료의 건조, 분말화, 배합기술 및 제품화 기술을 개발하고, 자생 민들레를 원료로 한 기능성 발효차 또는 드링크제품을 개발하여 시제품을 제작하고 관능평가를 실시한다.

제2절 연구개발의 필요성

1. 민들레屬의 지역간, 수집종간의 생육특성, 유연관계 및 기능성의 차이 구명

우리나라에서 서식하고 있는 민들레屬으로 민들레(*Taraxacum mongolicum*), 흰민들레(*T. coreanum*), 서양민들레(*T. officinale*) 및 붉은씨서양민들레(*T. laevigatum*)로 알려지고 있다. 하지만, 우리나라의 평야지, 산간지, 연안지 및 섬지역의 수집종간의 생육특성, 유전적 특성 및 기능성의 차이에 대한 연구는 미진한 실정이다.



2. 미래 자원식물의 기후변화에 따른 환경반응 및 환경 monitoring 특성 연구 미진

기후변화의 영향으로 한반도에서 재배하는 농작물의 종류가 바뀌고 아열대화되고 있다. 기상청에 따르면 우리나라의 연평균 기온은 1973 ~ 1980년 12.2도였으나 2001 ~ 2007년 12.9도로 0.7도 올랐으며 강수량은 1,255.0 mm에서 1,469.3 mm로 214.3 mm 증가했다고 한다. <동아일보 2009.01.28> 따라서, 환경변이에 따른 시뮬레이션 모델로 민들레를 대상으로 재배지에서 온도, 광 및 계절 변화에 따른 생육 및 수량 특성은 물론 생태환경반응, 오염제거용 환경변화 indicator로서 특성연구가 필요하다고 본다.

3. 민들레 속의 항산화, 항암성, 항동맥경화능 및 항염증 효과 탁월

민들레의 주요성분으로는 고미성분인 taraxin, inulin이 많고, carotenoid 성분인 taraxathin과, triterpene인 taraxerol, taraxasterol, β -sitosterol, 그리고 caffeic acid, taraxacine 등과 vitamin A, vitamin C, tocopherol, Ca, Fe 및 K 등이 풍부한 것으로 보고됨. 민들레의 생리활성으로는 항산화 활성, hydroxyl radical 소거 활성, 항균활성, 항염증, 항암활성 및 체내 지질대사의 개선효과, 간기능 개선효과가 보고된 바 있다. 특히 민들레는 독성 등급에 있어서도 미국에서

GRAS(generally recognized as safe) 10등급으로 인정받고 있어 그 이용에는 문제가 없는 것으로 알려져 있다.

4. 시설재배로 연중 대량생산 재배시스템 개발로 생산성 및 농가소득 증대 기여

아직 양액 시설재배에 대한 적절한 배지 및 시설조건이 개발되어 있지 않지만 본 연구 과제를 통해 최적 양액재배 조건을 구명하고 이를 활용한 연중 대량생산 및 증식 시스템을 개발하여 농가에 보급하여 기존의 재배양식보다 높은 생산성 및 농가소득에 기여하고자 한다. 따라서 최적 양액재배 환경을 구명하여 사계절 전천후적 식물공장형 대량생산 기술을 개발한다.

5. 기능성 소재 민들레를 가미한 발효식품 개발

민들레는 부위별로 다양한 이용성을 갖고 있는데 잎의 성분은 저 칼륨 혈증을 일으키지 않는 이노성분을 갖고 있으며, 고미성분의 소화기능 향상, 타우린의 간기능 향상, 담즙분비 촉진, 지방소화 증진시키는 소재로 사용된다. 한방에서는 해열, 해독, 이뇨, 최유, 울결을 풀어주고 염증을 삭히며, 간염에 사용된다고 하였고, 구미 /유럽에서는 잎을 샐러드로, 꽃을 술로 사용되기도 하였음. 따라서 wellbeing tea, skin care, 및 간기능 개선을 위한 발효주, 민들레 함유 발효식품 등을 개발 가능성 갖고 있다.

지역적으로 재배 또는 자생하고 있고 원료 확보가 용이한 민들레를 소재로 하여 가공(건조, 분말, 엑기스화)하여 손쉽게 식이 할 수 있는 발효차를 개발한다.

제3절 연구개발의 범위

1. 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구

가. 수집 유전자원의 대량증식법 개발 연구

- (1) 유전자원 수집 및 육성
- (2) 기내 대량증식 기술 연구
- (3) 기내 배양식물체의 특성 연구

나. 수집 유전자원의 유전 변이 연구

- (1) 생육특성
- (2) 형태학적 특성으로 국내 5종 수집종 파일럿 search
- (3) 유전적 다양성 분석
- (4) 수집종간 유연관계 분석

다. 기능성 형질인자 개선 연구

- (1) 기능성 계통 선발
- (2) 기능성 형질인자 개선 연구

2. 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구

가. 민들레 수집종의 생리·생태 연구

- (1) 수집종 민들레의 일반성분 및 무기질 함량 분석
- (2) 수집종 민들레의 주변 토양환경 분석
- (3) 제주지역 서양민들레 서식지 토양환경
- (4) 서양민들레의 환경오염 제거능(phytoremediation) 연구

나. 시설 재배환경에 따른 민들레의 생육 및 수량 변이특성

- (1) 시설재배지 환경 분석
- (2) 차광 및 배지조성에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구
- (3) 온도변이에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구
- (4) 계절변이(정식시기)에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

다. 민들레 연중 대량생산 시스템 구축

- (1) 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법 개발
- (2) 고품질 다수확 양액재배 시스템 개발

3. 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구

가. 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

- (1) 민들레 수집종의 생리활성물질
- (2) 민들레 수집종의 기능성
- (2) 입지별 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성
- (3) 제주지역 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

나. 시설 재배환경에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

- (1) 배지조성에 따른 생리활성물질 및 기능성 변이
- (2) 차광정도에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이
- (3) 온도변이에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이
- (4) 생육단계별 민들레의 기능성 변이

다. 민들레 원료의 건조 및 가공법 개발

- (1) 발효균주에 의한 민들레 시료 발효기술
- (2) 건조 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화
- (3) 추출 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화

라. 기능성 식이 발효식품 개발

- (1) 비발효 차 음료 개발
- (2) 발효 차 음료 개발
- (3) 민들레꽃 식혜 개발

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

제1절 국내·외 관련분야 기술개발 현황

1. 민들레 일반적 특성

가. 민들레 일반적 특성

민들레는 생약명으로는 포공영(蒲公英, *Taraxacum coreanum*, Compositae)으로 국화과의 다년생 초본이다. 국내에는 주로 민들레(*Taraxacum mongolicum*), 좀민들레(*T. hallaisanense*), 산민들레(*T. ohwianum*), 흰민들레(*T. coreanum*)를 비롯한 자생 4종과 서양민들레(*T. officinale*)와 붉은씨서양민들레(*T. laevigatum*) 귀화 2종으로 구분하고 있다(이, 1980; 박, 1995).

나. 민들레의 생육 및 형태학적 특성

민들레(*Taraxacum platycarpum*)는 국화과(Compositae)에 속하는 다년생 초본 식물로 전 세계적으로 2000여 종이 분포하고 있으며, 주로 북반구를 중심으로 온대지역에서 한대지역에 걸쳐 광범위하게 분포 한다(Battjes 등, 1992).

민들레의 속명인 *Taraxacum*은 라틴어로 '불안'이란 뜻의 *taraxis*와 '치료한다'는 뜻의 *aceomai*에서 나온 합성어이다. 구약성서에 나오는 5가지의 약초 중 하나로 서양에서는 노이로제와 복통, 항산화, 항균, 이뇨에 사용되어 왔다(민, 2011; 윤과 김, 2010; Jeon 등, 2010; Lee와 Lee, 2008).

한방(대한약전외한약규격집, 2011)에서는 포공영(蒲公英)으로 민들레 또는 기타 동속식물의 전초를 개화 전·후 (봄, 여름)에 채취하여 건조한 것을 말하며, 新修本草에는 “捕公草味甘, 平, 無毒, 主婦人乳癰腫, 水煮汁飲之, 及封之, 立消.”라고 하여 처음 수재된 이래 임상에서 清熱解毒, 利尿散結 등의 효능으로 解熱, 利尿, 健胃, 祛痰, 解毒 등에 사용되어 왔다. 약리작용으로는 항세균, 항진균작용, 면역증강작용, 항암작용이 있으며, 영양 성분으로는 비타민과 무기질이 풍부하고, 지방함량과 칼로리가 낮아 현대인들에게 좋은 식품이다(Grieve, 1994). 잎에는 고미성분인 glycoside류와 칼륨, 칼슘, 철분, carotenoid가 함유되어 있고, 뿌리에는 고미(苦味) 성분인 taraxacin과 inulin의 함량이 높으며, carotenoid 성분인 taraxathin, triterpene 성분인 taraxol 등이 함유되어 있다(윤과 김, 2010; Williams 등, 1996).

최근 민들레는 칼로리가 낮고 비타민이 풍부하며 현대인들에게 적합한 식품으로 쌈채소와 나물, 국거리, 커피대용, 주스, 민속주 등 다양하게 활용되고 있는 등 그 효용성이 날로 증대되고 있어 가장 주목받고 있는 웰빙 작물이다(Lee와 Lee, 2008; 강 등, 2000; 이 등, 1994).

우리나라에 자생하는 민들레속 식물종은 학자에 따라서 3종(정, 1957) 또는 11종(Nakai, 1952)까지 다양하며, 2종의 귀화종 민들레(*T. officinale*, *T. laevigatum*)가 보고되고 있다. 국내에서 식하는 민들레 중 귀화종은 연중 개화하는 반면 자생종은 봄철 한번 개화하는 것으로 알려져 있으며, 귀화종의 개체당 화경 수와 화경당 종자수가 자생종에 비해 많아 번식에 유리하다

(Lee 등, 2004; 이, 1999; 이, 1997). 따라서 자생종 민들레 유전자원 중 종자생산량이 많은 개체를 선발한다면 대량생산을 위한 유전자원으로 활용될 가능성이 높다.

다. 민들레의 이용성 연구

일반명으로는 dandelion 이라고 하며 백수의 왕이라는 뜻으로부터 효과를 알 수 있고 뿌리, 잎, 꽃, 꽃줄기 등 식물의 전체를 약용으로 사용하며, 학명에서 보듯이 Taraxam은 taraxis(불안)과 aceomi(치료)의 합성으로 되어 있어 간, 담낭, 신장에 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (Grieve, 1994). 우리나라를 비롯하여 전 세계에 2,000여 종이 분포하고 있으며, 한방에서 해열, 발한, 건위, 강장, 타장, 최유, 해독, 임파선염, 급성기관지염, 위염, 간염, 담낭염 등에 사용되고 있다. 민들레는 유럽, 호주, 뉴질랜드 등에서 재배되는 작물로 유럽에서는 만병통치약으로 사용될 정도로 각종 질병 예방에 필수적인 허브로 인식되고 있으며, 국내에서도 경남 의령, 전북 임실 등에서 재배되고 있으며 지역 특화작물로 지정되어 그 재배면적이 확대되고 있다(김, 2007).

2. 민들레 연구개발 현황

가. 민들레의 생리활성 연구

주요성분으로는 비타민과 무기질이 풍부하고, 지방함량과 칼로리가 낮아(Racz-Kotilla 등, 1974) wellbeing 식품으로 적당하며, 고미성분인 taraxin, inulin이 많고, carotenoid 성분인 taraxathin, triterpene인 taraxerol, taraxasterol, β -sitosterol, 그리고 caffeic acid, taraxacine 등과 vitamin A, vitamin C, tocopherol, Ca, Fe, K 등이 풍부하다(Williams 등, 1996; Kang 등, 2000). 잎의 성분은 저 칼륨 혈증을 일으키지 않는 이노성분을 갖고 있으며, 고미성분은 소화산을 자극하여 소화를 도우며 타우린의 간기능 향상, 담즙분비를 촉진시켜 지방의 소화를 증진시킨다(Grieve, 1994). 그리고 한방에서는 열을 내리고, 해독, 이노, 최유(젖을 잘나오게 함), 울결을 풀어주고 염증을 삭히며, 간염에 사용된다고 하였고(黃度淵原, 1989), 구미 / 유럽에서는 잎을 샐러드로 이용하며, 꽃은 술을 담그는데도 사용하였다(Grieve, 1994). 그리고 민들레의 생리활성은 민들레의 열수 및 에탄올 추출물이 항산화 활성(Shahidi 등, 1992), hydroxyl radical 소거 활성(Kang, 2001)을 가지고 있고, 또한 식중독 균에 대한 항균활성(Lee와 Shin, 1991), 염증을 일으키는 포도상 구균에 대한 항균활성, 피부 진균에 대한 억제 작용(생약학교재편찬위원회, 2001)은 있으나 김치 발효균주에 대해서는 그 영향력이 없다(Kim 등, 2000)고 보고된 바 있다. 그리고 열수 추출물이 항종양 효과(Baba 등, 1981)가 뛰어나며, sarcoma 180 고형암에 대해서도 강력한 항암활성을 지닌다(Kim, 1995)고 알려져 있다. 또한 체내 지질대사의 개선효과(Cho 등, 2000), 항염증효과(Kim, 1991)도 아울러 가지고 있는 것으로 알려져 민들레를 이용하여 wellbeing tea를 개발, skin care, 간기능 개선을 위한 발효주 등을 개발하는데 중요한 원료로 사용함에 부족함이 없다는 것을 알 수 있다(김, 2008). 또한 기존의 민들레 추출물에 대한 약리적 연구로서 Lee 등(1993)은 민들레의 물 분획물을 이용하여 이 항위염 효과가 있음을 보고하였고, Ho 등(1998)은 ethanol 분획층의 desacetylmaticarin 성분이 항알레르기 활성이 있음을 보였다. 그리고, Hu와 David(2003)는 민들레 추출물이 항산화 활성이 있어 프리라디칼을 소거

하며, Mascolo 등(1987)은 동물에서 항염활성이, Kotobuki 등(1965)은 항종양 활성이, Takasaki 등(1999a, 1999b)은 항암활성이 있음을 보고한 바 있다.

나. LED 조사에 따른 생육과 기능성 관련 물질 증진

유전자원의 활용가치는 기능성물질의 종류와 양에 따라 좌우되는데, 식물의 기능성 물질의 함량을 높이기 위한 효과적인 방법 중의 하나는 광을 제어하는 방법이다(Keppler와 Humpf, 2005; Fankhauser와 Chory, 1997; Chory 등, 1996). 광 제어 방법 중 LED(발광다이오드)는 작물 재배에서 목적에 따라 맞춤형 광으로 제어할 수 있고(이 등, 2010), 연중생산이 가능하다는 장점(Brown 등, 1995)이 있으며, 다양한 식물의 생육과 항산화 활성 및 기능성 성분을 증가시킨다고 보고(이 등, 2010; 손, 2009; 김 등, 2009; 조 등, 2008)도 있다.

다. 유전적 다양성 분석

유전자원의 분류는 형태적, 유전자 분석 등이 있다. 민들레속 식물의 외관상의 형태학적 차이는 총포편이 젖혀지면 귀화종, 곧추서면 자생종으로 구분되고 있으나 형태학적 분류로만으로는 중간에 구체적인 분류가 어렵기 때문에 분자생물학적 기법의 이용이 필요하다(Lee 등, 2004; 금, 1995; 이, 1979; Morita, 1976). 이런 점에서 근연한 종이나 집단의 유전적 다양성과 검출시 단순 반복 서열에 의한 ISSR 마커가 유용성이 입증되어 최근까지 사용되고 있다(Esselman 등, 1999; Godwin 등, 1997; Russel 등, 1997). 또한 염기서열에 의한 유연관계 분석을 할 때 핵 리보솜 DNA의 영역과 엽록체 DNA 영역이 중간 또는 속간의 유연관계와 유전적 변이양상을 파악하는데 중요한 자료로서(Marianne 등, 1996; Soltis 등, 1992; Taberlet 등, 1991) 핵 리보솜과 엽록체 DNA의 염기서열을 통합하여 비교하면 보다 정확한 유전적 다양성에 관한 정보를 얻을 수 있다(Eriksson 등, 2003; Suh 등, 1993).

라. 방사선을 이용한 돌연변이 유도

물리적 돌연변이 유발원 중의 하나인 양성자빔은 특정 유전자의 돌연변이 빈도가 높게 나타나고, 역위나 결실 등 DNA 구조의 큰 변화에 의한 돌연변이율이 높게 나타나 낮은 선량에 의해서도 많은 돌연변이체를 얻을 수 있다(Atsushi 등, 2010; Bae 등, 2005a'; Bae 등, 2005b'; Abe 등, 2000; Bae 등, 2001; Bae 등, 2000a; Bae 등, 2000b; Tanaka 등, 1997; Laitano 등, 1996). 따라서 민들레에 양성자빔을 조사하여 유도된 변이체의 변이성을 파악하여 자원화 소재로서 가능성을 살펴볼 필요가 있다.

3. 민들레 제품생산 및 시장 현황

가. 국내 제품생산 및 시장 현황

민들레 관련 국내 제품생산 및 시장현황은 아직 통계화되어 있지 않고 있으나 일부 지역에서는 생산 및 가공제품 판매가 소규모로 이루어지고 있다. 양구민들레영농조합법인이 지난

2006년부터 생산하고 있는 민들레 건강식품의 판매량이 해를 거듭할수록 급증하면서 재배 면적과 농가도 크게 늘어나는 등 농업인들의 새로운 소득 작목으로 각광받고 있다. 2006년 7농가가 5.7ha에 민들레 재배를 시작으로 올해는 34농가가 19.3ha에 민들레를 재배, 녹즙 엑기스 차분말 환 티백차 음료수 비누 등으로 만들어 판매하고 있다. 이로 인해 2007년 14억 8200만원이던 가공제품의 매출액이 지난해 17억 4200만원으로 증가했으며 2009년에는 판매량이 크게 늘어 67억 5000여 만원 매출을 예상하고 있다.

2005년 국내 전체 차음료 시장은 2004년의 768억원보다 30%정도 증가한 986억 원대 규모를 기록했다. 이중 녹차가 500억 원 규모로 절반이상을 차지했으며, 홍차는 330억원, 우롱차 30억 원, 기타 칩 자스민 및 혼합차 126억 원을 구성했다.

녹차시장은 2006년도 20~30%의 성장률로 600~700억 규모를 형성할 것으로 전망된다. 업계 관계자는 “녹차시장은 1000억 원대까지 확대될 가능성이 있다”면서 향후 성장세가 지속될 것임을 시사했다.

그 동안 차 음료 시장의 절대강자로 군림해오던 홍차시장은 녹차에 밀려 다소 주춤하고 있으며, 일부 홍차음료 소비층이 점차 녹차음료로 옮겨가는 추세여서 올해는 더욱 위축될 전망이다. 하지만 업계에서는 홍차음료의 특성상 마니아층이 두터워 당분간 300억 원대 규모는 유지될 것으로 보고 있다.

현재 녹차음료시장의 점유율을 살펴보면 동원이 35%로 가장 큰 비중을 차지하고 있고, 롯데칠성 21%, 동아오츠카 15%, 해태음료 11%, 남양유업 9%, 동서식품 5%, 매일유업 1.7%, 한국야쿠르트 1.5%, 기타 0.8% 순이다. 하지만 성장세의 녹차음료 시장에 편승하기 위한 후발 브랜드가 속출하고 있고, 코카콜라가 지난해 주스시장 진출에 한데 이어 올해는 녹차 신제품을 통해 차 음료 시장에 본격적으로 뛰어 들 채비를 서두르고 있어 선발업체들이 바짝 긴장하고 있다. 홍차시장은 롯데칠성이 85%를 장악하고 있으며, 코카콜라(9%)와 동아오츠카(6%)가 근소한 차이로 분할하고 있다.

국내에서 시판되고 있는 민들레 관련 제품들은 민들레 추출물인 진액, 환, 생즙 또는 엑기스, 비누 및 음료 등으로 제품화 되어 판매되고 있다.



민들레진액



민들레환

양구토종민들레영농조합법인 (<http://www.ygmin.net>)



민들레녹즙(생즙)



민들레엑기스



민들레비누



민들레환

양구민들레영농조합법인 (<http://www.ygmindeulrae.com>)

나. 국외 제품생산 및 시장 현황

- 민들레 관련 국외 제품생산 및 시장현황은 일부 국가에서는 생산 및 가공제품 판매가 소 규모로 이루어지고 있다.
- 미국의 차 시장은 Hot, Iced and RTD(ready-to-drink) Tea의 3가지로 분류되며, 2001년 차의 미국 내 판매량은 24억 5,100만 달러로 1996년의 17 억8,200만 달러에 비해 38% 증가하였으며, 2000년의 23억 6,800만 달러에 비해 3.5% 증가한 것으로 나타나고 있다. 미국은 차 문화가 발달한 나라는 아니지만, 온차와 냉차 시장은 동 기간 동안 37.4% 증가한 것으로 나타나고 있다. 냉차 특히 RTD 냉차가 계속해서 인기를 얻고 있으며, 차 시장에서 가장 큰 판매 증대를 기록한 것으로 나타났다. 반면 loose tea(차 잎으로 판매)와 티백의 판매는 아직 확실한 기반을 얻지 못하고 있으며, 커피 시장에서 뜨거운 커피의 시장점유율이 점점 하락하고 있는 것과 마찬가지로 온차(hot tea)의 판매율도 점점 하락하고 있다. 그러나 점점 많은 성인 인구가 건강을 의식하여 건강에 도움이 되는 음료를 선호하게 되면서 허브 차와 블랙 차 및 녹차의 소비를 부추길 것으로 예상하고 있다.
- 영국의 차는 여러 가지 다양한 종류의 과일 및 허브 차의 도전으로 그 시장이 점차 축소되고 있다. 2002년에 약 6억 6천만 파운드에서 2004년에는 6억 2천3백만 파운드로 감소하였고 2009년까지 9% 더 축소되어 그 시장이 6억 파운드까지 내려갈 것으로 전망하고 있다. 하지만 프리미엄급 차는 2002 ~ 2004년까지 50% 성장하여 1억 파운드 이상의 시장이 되었으며 과일 및 허브 차 또한 동기간에 약 30% 시장성장을 보여 약 6천4백만 파운드에 이르고 있다. 이러한 프리미엄급 차와 과일 및 허브 차시장의 성장은 소비자의 고급제품 구매경향과 더불어 웰빙 붐으로 인한 건강위주로 바뀐 생활스타일의 변화에서 그 동인을 찾아 볼 수 있다. 특히 녹차나 카페인 함유량이 낮은 차들이 웰빙제품이라고 소비자들에게 널리 인식되어 있어 비교적 높은 가격에도 불구하고 꾸준히 시장이 성장하고 있다.
- 이탈리아는 최근 웰빙에 대한 관심의 증가로 과일, 허브차와 특히 녹차에 대한 수요는 크게 증가하여 2005년도 판매량 기준 전년대비 4% 성장하는 등 최근 5년간 건설한 성장세를 유지해오고 있는데, 이는 소비자들의 건강에 대한 관심과 다양한 효능에 대한 지식이 증가했기 때문으로 분석된다. 특히 녹차의 경우 항산화작용이 알려지면서 이탈리아 소비자들로부터 큰 인기를 얻고 있는데 2005년도 판매량 기준 전년대비 15% 성장했다.

- 독일 허브차와 과일차 시장은 2004년 3.2% 증가했으며, 특히 향이 부가된 혼합차의 경우 매출이 10%나 증가했다. 홍차와 녹차의 소비는 전반적인 소비침체 등으로 내년에도 크게 회복되지 못할 것으로 전망하나, 허브차와 과일차의 경우 향후 전망이 밝다고 했다. 이유는 국민의 건강의식이 높아지고 있으며, 최근 한창인 웰빙 바람이 긍정적인 영향을 미치고 있기 때문이다.
- 홍콩 차 시장의 경우 아시아에서 가장 경쟁이 치열하고 저가의 제품보다는 고가의 프리미엄 품질의 제품이 시장의 주종을 이루는 곳으로 시장에서 널리 소비되고 있는 제품은 녹차 종류이며 근래에 들어서 건강에 대한 관심 고조로 과일 차와 허브차도 많이 유통되고 있다. 2003년 홍콩 음료 시장의 통계를 보면 차 소비의 비중은 43%인데 비해서 커피 소비는 그보다 1%p 높은 44%에 달하고 커피가 2002년에 처음으로 차보다 더 많이 소비되었으며 2003년에는 전년보다 3%나 증가한 견고한 성장세를 보이고 있다.
- 국외에서 시판되고 있는 민들레 관련 제품들은 다음과 같다. 대부분이 뿌리차, 보습제 및 뿌리추출물 등으로 판매되고 있는 실정이다.



Dandelion Root Tea

<http://www.vitadigest.com>



Dandelion Moisturizer

<http://www.vitadigest.com>



Dandelion Root

<http://www.iherb.com>



Dandelion Essence

<http://www.webvitamins.com>



Dandelion Root

<http://www.vitadigest.com>



Dandelion Root Extract

<http://www.vitadigest.com>

제2절 연구결과가 국내외 기술개발에서 차지하는 위치

1. 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구

- 유전자원 수집 및 육성, 기내 대량증식 기술 및 기내 배양 식물체의 특성 연구를 통한 대량증식법 관련 정보 확보
- 한국 자생 민들레 유전자원의 생육 및 형태학적 특성 파악, 유전적 다양성 분석 및 수집종간 유연관계 분석을 통한 유전변이 정보 확보
- 야생 또는 자생 민들레를 기능성 계통 선발 및 기능성 형질인자 개선 연구를 통한 기능강화 기술 확보

2. 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구

- 수집종 민들레의 일반성분, 무기질 함량 및 주변 토양환경 분석을 통해 생리생태적 다양성을 예측하고 서양민들레의 환경오염 제거능(phytoremediation) 검토
- 시설재배지 환경 분석하여 외부와 차이점을 파악하고 야생적용 식물을 시설재배할 경우 여러 가지 차광, 배지조성, 온도 및 계절변이에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 파악
- 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법 및 고품질 민들레 다수확 양액재배 시스템 개발로 농가에 기술이전 가능
- 유사한 작물을 시설 재배할 경우 적절한 배지, 양분 및 재배기술에 관련된 실증적 정보 제공
- 친환경적 재배기술의 개발로 연중대량생산 기술 확보

3. 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구

- 민들레 수집종과 입지별 특성에 따른 생리활성물질 및 기능성 변이 추적
- 배지조성, 차광정도, 온도변이 및 생육단계별 생리활성물질 및 기능성 변이 분석
- 기후변화에 따른 민들레의 생육, 품질 및 기능성 변화에 대한 탐구
- 기후변화 영향평가와 취약성 평가에 품질 및 기능성 기초자료로 제공
- 발효균주에 의한 민들레 시료 발효기술과 건조 및 추출 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화 정도 파악
- 비발효 및 발효차 음료와 민들레꽃 식혜 개발
- 민들레를 작물 및 채소화 할 수 있는 과학적 정보 탐색 및 제품 개발
- 전통 발효식품과의 퓨전화, 현대화 및 양산화 기대

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구

1. 서언

민들레(*Taraxacum platycarpum*)는 국화과(Compositae)에 속하는 다년생 초본 식물로 전 세계적으로 2000여 종이 분포하고 있으며, 주로 북반구를 중심으로 온대지역에서 한대지역에 걸쳐 광범위하게 분포 한다(Battjes 등, 1992).

민들레의 속명인 *Taraxacum*은 라틴어로 '불안'이란 뜻의 taraxis와 '치료한다'는 뜻의 aceomai에서 나온 합성어이다. 구약성서에 나오는 5가지의 약초 중 하나로 서양에서는 노이로제와 복통, 항산화, 항균, 이뇨에 사용되어 왔다(민, 2011; 윤과 김, 2010; Jeon 등, 2010; Lee와 Lee, 2008).

한방(대한약전외한약규격집, 2011)에서는 포공영(蒲公英)으로 민들레 또는 기타 동속식물의 전초를 개화 전·후 (봄, 여름)에 채취하여 건조한 것을 말하며, 新修本草에는 “捕公草 味甘, 平, 無毒, 主婦人乳 癰腫, 水煮汁飲之, 及 封之, 立消.”라고 하여 처음 수재된 이래 임상에서 清熱解毒, 利尿散結 등의 효능으로 解熱, 利尿, 健胃, 祛痰, 解毒 등에 사용되어 왔다. 약리작용으로는 항세균, 항진균작용, 면역증강작용, 항암작용이 있으며, 영양 성분으로는 비타민과 무기질이 풍부하고, 지방함량과 칼로리가 낮아 현대인들에게 좋은 식품이다(Grieve, 1994). 앞에는 고미성분인 glycoside류와 칼륨, 칼슘, 철분, carotenoid가 함유되어 있고, 뿌리에는 고미(苦味) 성분인 taraxacin과 inulin의 함량이 높으며, carotenoid 성분인 taraxathin, triterpene 성분인 taraxol 등이 함유되어 있다(윤과 김, 2010; Williams 등, 1996).

최근 민들레는 칼로리가 낮고 비타민이 풍부하며 현대인들에게 적합한 식품으로 쌈채소와 나물, 국거리, 커피대용, 주스, 민속주 등 다양하게 활용되고 있는 등 그 효용성이 날로 증대되고 있어 가장 주목받고 있는 웰빙 작물이다(Lee와 Lee, 2008; 강 등, 2000; 이 등, 1994).

우리나라에 자생하는 민들레속 식물종은 학자에 따라서 3종(정, 1957) 또는 11종(Nakai, 1952)까지 다양하며, 2종의 귀화종 민들레(*T. officinale*, *T. laevigatum*)가 보고되고 있다. 국내에 서식하는 민들레 중 귀화종은 연중 개화하는 반면 자생종은 봄철 한번 개화하는 것으로 알려져 있으며, 귀화종의 개체당 화경 수와 화경당 종자수가 자생종에 비해 많아 번식에 유리하다(Lee 등, 2004; 이, 1999; 이, 1997). 따라서 자생종 민들레 유전자원 중 종자생산량이 많은 개체를 선발한다면 대량생산을 위한 유전자원으로 활용될 가능성이 높다.

유전자원의 분류는 형태적, 유전자 분석 등이 있다. 민들레속 식물의 외관상의 형태학적 차이는 총포편이 젖혀지면 귀화종, 곧추서면 자생종으로 구분되고 있으나 형태학적 분류로만으로는 중간에 구체적인 분류가 어렵기 때문에 분자생물학적 기법의 이용이 필요하다(Lee 등, 2004; 금, 1995; 이, 1979; Morita, 1976). 이런 점에서 근연한 종이나 집단 유전적 다양성과 검출시 단순 반복 서열에 의한 ISSR 마커가 유용성이 입증되어 최근까지 사용되고 있다(Esselman 등, 1999; Godwin 등, 1997; Russel 등, 1997). 또한 염기서열에 의한 유연관계 분석을 할 때 핵 리보솜 DNA의 영역과 엽록체 DNA 영역이 중간 또는 속간의 유연관계와 유전적

변이양상을 파악하는데 중요한 자료로서(Marianne 등, 1996; Soltis 등, 1992; Taberlet 등, 1991) 핵 리보솜과 엽록체 DNA의 염기서열을 통합하여 비교하면 보다 정확한 유전적 다양성에 관한 정보를 얻을 수 있다(Eriksson 등, 2003; Suh 등, 1993).

물리적 돌연변이 유발원중의 하나인 양성자빔은 특정 유전자의 돌연변이 빈도가 높게 나타나고, 역위나 결실 등 DNA 구조의 큰 변화에 의한 돌연변이율이 높게 나타나 낮은 선량에 의해서도 많은 돌연변이체를 얻을 수 있다(Atsushi 등, 2010; Bae 등, 2005a'; Bae 등, 2005b'; Abe 등, 2000; Bae 등, 2001; Bae 등, 2000a; Bae 등, 2000b; Tanaka 등, 1997; Laitano 등, 1996). 따라서 민들레에 양성자빔을 조사하여 유도된 변이체의 변이성을 파악하여 자원화 소재로서 가능성을 살펴볼 필요가 있다.

유전자원의 활용가치는 기능성물질의 종류와 양에 따라 좌우되는데, 식물의 기능성 물질의 함량을 높이기 위한 효과적인 방법 중의 하나는 광을 제어하는 방법이다(Keppler와 Humpf, 2005; Fankhauser와 Chory, 1997; Chory 등, 1996). 광 제어 방법 중 LED(발광다이오드)는 작물 재배에서 목적에 따라 맞춤형 광으로 제어할 수 있고(이 등, 2010), 연중생산이 가능하다는 장점(Brown 등, 1995)이 있으며, 다양한 식물의 생육과 항산화 활성 및 기능성 성분을 증가시킨다고 보고(이 등, 2010; 손, 2009; 김 등, 2009; 조 등, 2008)도 있다.

민들레는 2배체(2X)부터 8배체(8X)까지 다양하게 존재하는 배수체 복합종으로서 2배체는 유성생식을 하고, 배수체는 무수정 종자형성(apomixis)을 하며, 배수성의 차이에 따른 다양한 형태형질의 차이가 보고되었다(Lee 등, 2004; 금, 1995). 배수성은 근단 세포의 염색체수를 확인하는 것이 가장 일반적이며(Morita, 1976; Yesun, 2004), 기공의 크기나 수, 화분립의 크기, 공변 세포의 엽록체 수를 조사해 확인할 수 있지만, 최근에는 배수성 판정기(flowcytometry)를 이용하여 빠르고 간편하게 판정하고 있다(Yesun, 2004; 금, 1995).

민들레의 배수성에 관한 연구로 화분과 체세포 염색체를 이용하여 좁민들레가 $2n=16(2X)$, 민들레, 서양민들레, 붉은씨서양민들레, 산민들레, 복녘민들레 $2n=24(3X)$, 흰민들레 $2n=32(4X)$ 로 보고한 바 있다(금, 1995; Morita, 1976).

배수성에 따른 민들레의 분포는 무수정 결실(apomixis)로 번식하는 배수체들이 우세하고 지리적으로 넓게 분포한다(이 등, 2004; Morita, 1976). 유성생식을 하는 2배체는 중앙아시아, 지중해연안, 그린란드, 포클랜드 섬 등 제한된 지역에 서식하여, 전 세계적으로 2배체가 차지하는 비율은 14%이다(Richards, 1973). 동아시아의 배수체 분포로 일본은 민들레속의 51%가 2배체이며, 한국에는 제주도와 함경도의 제한된 지역에 2배체가 서식한다(Morita, 1976).

본 연구는 다양한 지역에서 수집한 국내 민들레속 식물자원의 생육과 외부 형태학적 특성, 유전적 다양성을 분석하여 국내 민들레속 유전자원의 유연관계를 분석하고 양성자빔을 이용한 유전적 변이의 다양성 분석과 LED 조사에 따른 기능성물질의 함량을 조사하여 민들레 식물자원화를 위한 개체 선발 및 고부가가치 민들레 소재개발의 가능성을 파악하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 수집유전자원의 대량증식법 개발 연구

(1) 유전자원 수집 및 육성

국내 지역별 민들레 수집종간의 특성을 구명하고자 전국 64개 지역에서 전체 103개 유전자

원을 수집 후 유전자원 포장에 식재하였다(표 1, 2).

유전자원 포장으로 순천대학교 교내에 20평 규모 및, 교내농장(순천시 서면 소재)에 100평을 확보하여 포장을 조성하였다.

Table 1. Collection data of genus *Taraxacum* in 2010.

Collected region	Species	Latitude	Longitude	Habitat environment	The number of accession
Chungju	<i>Taraxacum coreanum</i>	37°06' 10"	127°45' 32"	Field	1
Namwon		35°25' 83"	127°25' 02"	Field	3
Geumsan		36°13' 41"	127°30' 81"	Field	2
Jangsu		35°30' 14"	127°31' 97"	Field	3
Suncheon		34°97' 07"	127°48' 28"	Field	1
		34°53' 50"	127°31' 40"	Seaside	1
Jogyesan (Suncheon)		34°59' 32"	127°19' 39"	Mt. 256 M	1
		34°59' 29"	127°19' 33"	Mt. 290 M	1
		34°58' 51"	127°17' 12"	Mt. 553 M	1
Ulsan		35°57' 26"	129°19' 03"	Mt. 207 M	2
Cheongsong		36°28' 89"	129°13' 75"	Field	3
Cheongwon		36°32' 11"	127°30' 35"	Field	1
Hongseong		36°33' 54"	126°35' 57"	Field	1
Naju		36°96' 67"	126°77' 79"	Field	2
Gwangyang	34°97' 24"	127°73' 25"	Field	4	
Seosan	36°51' 24"	126°24' 38"	Field	1	
Gwangyang	<i>Taraxacum mongolicum</i>	34°97' 67"	127°73'		5
Chungju	<i>Taraxacum officinale</i>	37°06' 10"	127°45' 32"	Field	1
Boryeong		36°18' 39"	126°30' 50"	Seaside	3
		36°16' 22"	126°32' 25"	Field	1
		36°14' 24"	126°32' 53"	Field	1
		36°19' 17"	126°30' 29"	Seaside	2
		Seosan	36°51' 24"	126°24' 38"	Field
36°51' 32"			126°24' 48"	Field	2
Jecheon		37°10' 58"	128°01' 25"	Field	1
		37°11' 02"	128°01' 35"	Field	1
		37°08' 09"	128°05' 61"	Field	2
		37°08' 18"	128°06' 50"	Field	1
Geumsan		36°10' 18"	127°28' 27"	Field	2
Muju		35°58' 51"	127°39' 19"	Field	1
Namwon		35°25' 88"	127°25' 06"	Field	1
		35°25' 87"	127°25' 05"	Field	2
Jangsu		35°30' 14"	127°31' 97"	Field	1
Icheon		37°03' 50"	127°32' 95"	Field	1
Yeosu		34°51' 34"	127°45' 26"	Polluted Area	2
		34°51' 34"	127°45' 26"	Polluted Area	1

Table 1. (continued).

Collected region	Species	Latitude	Longitude	Habitat environment	The number of accession
Yeosu		34°45 ' 01 "	127°37 ' 39 "	Field	1
Jogyesan (Suncheon)	<i>Taraxacum officinale</i>	34°59 ' 29 "	127°19 ' 33 "	Mt. 290 M	1
Suncheon		34°59 ' 07 "	127°18 ' 19 "	Mt. 509 M	1
		34°53 ' 76 "	127°31 ' 38 "	Field	2
		34°97 ' 07 "	127°48 ' 28 "	Field	2
Jangseong		35°39 ' 39 "	126°80 ' 58 "	Field	1
Daejeon		36°37 ' 72 "	127°35 ' 86 "	Field	1
Mungyeong		36°69 ' 86 "	128°14 ' 87 "	Field	2
Hapcheon		35°54 ' 88 "	128°17 ' 57 "	Field	2
Cheongwon		36°38 ' 69 "	127°19 ' 06 "	Field	1
		36°32 ' 11 "	127°30 ' 35 "	Field	1
		36°32 ' 11 "	127°30 ' 35 "	Field	1
		36°37 ' 31 "	127°21 ' 09 "	Field	1
		36°37 ' 68 "	127°21 ' 09 "	Field	1
Jinan		35°78 ' 21 "	127°38 ' 37 "	Field	3
Boseong		34°46 ' 53 "	127°08 ' 93 "	Field	1
Hwasun		35°07 ' 17 "	127°13 ' 28 "	Field	1
Suncheon	<i>Taraxacum laevigatum</i>	34°97 ' 07 "	127°48 ' 28 "	Field	1
Total					84

Table 2. Collection data of genus *Taraxacum* in 2011.

No.	Species	Latitude	Longitude	Type of site	Sampling region	The number of accession
1		34°71 ' 93 "	127°72 ' 21 "	Island	Daegyaung-do	3
2		34°70 ' 83 "	127°70 ' 71 "	Island	Sogyung-do	2
3		34°60 ' 77 "	127°70 ' 82 "	Island	Song-do	2
4	<i>T. mongolicum</i>	34°56 ' 94 "	127°65 ' 78 "	Island	Caei-do	2
5		34°72 ' 17 "	127°77 ' 26 "	Island	Dolsan-do	4
6		34°71 ' 89 "	127°77 ' 88 "	Island	Dolsan-do	2
7		34°54 ' 00 "	127°75 ' 60 "	Island	Gumo-do	2
8	<i>T. coreanum</i>	34°75 ' 63 "	126°12 ' 65 "	Island	Anjado	1
9	<i>T. hallaisanense</i>	33°42 ' 98 "	126°54 ' 69 "	Island	Jeju-do	1
Total						19

(2) 기내 대량증식 기술 연구

다수의 성장조절제(BA, Zeatin, TDZ, Kinetin, IAA, NAA) 처리 및 농도 조합을 실시하고 민들레 기내 대량증식법을 최적화하였다(표 3).

Table 3. Combination of plant growth regulators used in vitro culture.

Cytokinin	Auxin
BA 2 mg	NAA 0.1 mg
	IAA 0.1 mg
Zeatin 2 mg	NAA 0.1 mg
	IAA 0.1 mg
TDZ 2 mg	NAA 0.1 mg
	IAA 0.1 mg
Kinetin 2 mg	NAA 0.1 mg
	IAA 0.1 mg

(3) 기내 배양식물체의 특성 연구

Chen 등(2008)의 방법을 참고하여 수행하였다. ISSR(UBC primer Set No. 9, University of British Columbia, Canada) primer 사용하여 약 25 ~ 50 ng의 genomic DNA를 증폭시켰다. PCR 반응은 ASTEC PC-818(Astec Biosystem)에서 94℃ 5분 동안 초기 변성 후 94℃ 1분, 35℃ ~ 40℃ 1분, 72℃ 2분, 40 사이클 수행하고 최종적으로 72℃ 10분간 반응시킨 후 반응을 종료하였다. PCR이 완료된 후 loading 후 ethidium bromide로 염색하여 UV transilluminator상에서 증폭단편을 관찰하고 polymorphic marker를 동정하였다.

나. 수집유전자원의 유전 변이 연구

(1) 생육특성

국내 수집 민들레속 유전자원의 종간 개화특성과 번식력의 개체간 차이를 구명하고자 국내 자생하는 민들레속 5종 40 수집 개체를 대상으로 개화시기, 화경 수 및 개체당 종자 생산량을 2년간 조사하였다.

(2) 형태학적 특성으로 국내 5종 수집종 파일럿 search

식물재료는 국내 민들레속 5종(서양민들레, 흰민들레, 흰노랑민들레, 민들레, 붉은씨앗서양민들레)을 사용하였다.

Table 4. Geographical characteristics of the 40 accessions of five species of *Taraxacum* used in this study.

No	Species	Latitude	Longitude	Type of site	Sampling region
1	<i>T. officinale</i>	37° 06' 10"	127° 45' 32"	Field	Chungju
2		36° 33' 54"	126° 35' 57"	Field	Hongseong
3		36° 10' 18"	127° 28' 27"	Field	Geumsan
4		36° 10' 18"	127° 28' 27"	Field	Geumsan
5		36° 32' 11"	127° 30' 35"	Field	Cheongwon
6		35° 30' 14"	127° 31' 97"	Field	Jangsu
7		35° 25' 87"	127° 25' 05"	Field	Namwon
8		35° 25' 87"	127° 25' 05"	Field	Namwon
9		34° 96' 97"	127° 48' 05"	Field	Suncheon
10		34° 59' 07"	127° 18' 19"	Mt.(509 m)*	Jogesan
11		34° 59' 29"	127° 19' 33"	Mt.(290 m)	Jogesan
12		34° 53' 07"	127° 31' 38"	Seaside	Suncheon
13		34° 51' 34"	127° 45' 26"	Field	Yeosu
14		36° 19' 17"	126° 30' 29"	Seaside	Daechonbeach
15		36° 51' 32"	126° 24' 48"	Field	Seosan
16	<i>T. coreanum</i>	37° 06' 10"	127° 45' 32"	Field	Chungju
17		36° 33' 54"	126° 35' 57"	Field	Hongseong
18		36° 13' 41"	127° 30' 81"	Field	Geumsan
19		36° 13' 41"	127° 30' 81"	Field	Geumsan
20		35° 30' 14"	127° 31' 97"	Field	Jangsu
21		35° 30' 14"	127° 31' 97"	Field	Jangsu
22		35° 25' 83"	127° 25' 02"	Field	Namwon
23		34° 96' 97"	127° 48' 05"	Field	Suncheon
24		34° 59' 32"	127° 19' 39"	Mt.(256 m)*	Jogesan
25		34° 59' 29"	127° 19' 33"	Mt.(290 m)	Jogesan
26		34° 59' 29"	127° 19' 33"	Mt.(290 m)	Jogesan
27		34° 53' 05"	127° 31' 40"	Seaside	Suncheon
28		34° 96' 67"	126° 77' 79"	Field	Naju
29		35° 57' 26"	129° 19' 03"	Field	Ulsan
30		37° 36' 84"	128° 70' 35"	Field	Jongson
31	<i>T. axanum</i> var. <i>flavescens</i>	36° 93' 23"	127° 10' 67"	Field	Cheonan
32		36° 32' 11"	127° 30' 35"	Field	Chongon
33		36° 37' 68"	127° 21' 09"	Field	Chongon
34	<i>T. mongolicum</i>	35° 05' 27"	127° 68' 79"	Field	Gwangyang
35		34° 71' 93"	127° 72' 21"	Island	Daekyungdo
36		34° 56' 94"	127° 65' 78"	Island	Gaedo
37		34° 60' 77"	127° 70' 82"	Island	Songdo
38		34° 71' 89"	127° 77' 88"	Island	Dolsando
39	<i>T. laevigatum</i>	34° 59' 29"	127° 19' 33"	Mt.(290 m)	Jogesan
40		34° 96' 97"	127° 48' 05"	Field	Suncheon

*Mt: Mountain

(3) 유전적 다양성 분석

(가) 배수성 분석

식물재료는 국내 민들레속 5종(서양민들레 10개체, 흰민들레 10개체, 흰노랑민들레 3개체, 민들레 10개체, 붉은씨앗서양민들레 2개체) 34개체로 수집 지역별로는 해안 3개, 해발고도 200 ~ 600 m 사이 산 4개 개체, 도서지역 9개체, 노지 14개체로 전국 30개 지역에서 생체로 수집하였다. 수집된 개체를 순천대학교 포장에서 제조와 관수만으로 재배하면서 배수성 측정에 사용하였다.

배수성 측정은 Partec사(Germany)의 매뉴얼에 따라 수행하였다. 식물체 잎 부분을 1 cm 정도 길이로 채취하여 잎 조직을 0.5 cm² 정도로 자른 후 slide glass에 놓고 nuclei extraction buffer(A solution)를 피펫으로 한 두 방울 넣고 예리한 면도칼로 잘게 잘라 A solution을 0.5 ml를 넣고 몇 번 부드럽게 흔들어 현탁 시료를 만들었다. 이 현탁 용액을 필터가 부착된 튜브에 걸러 2ml의 staining buffer(B solution)로 염색한 다음 Flowcytometer(Partec PA-2, Germany)를 이용하여 gain 값 485.9에서 배수성을 측정하였다.

(나) RAPD 분석

식물재료는 국내 20개 지역에서 수집한 서양민들레와 흰민들레 15개체씩 총 30개체를 사용하였다.

RAPD 분석은 Han 등(2007)의 방법을 참고하여 수행하였다. Operon사의 10-mer와 Wako사의 12-merrandom oligonucleotide primer 사용하여 약 25 ~ 50 ng의 genomic DNA를 증폭시켰다. PCR 반응은 Gene Amp[®] 2700(Applied Biosystem)에서 94°C 5분 동안 초기변성 후 94°C 1분, 35°C ~ 40°C 1분, 72°C 2분, 40 사이클 수행 후 최종적으로 72°C 10분 수행한 후 반응을 종료하였다. PCR이 완료된 후 loading후 Ethidium bromide로 염색하여 UV transilluminator 상에서 증폭단편을 관찰하고 polymorphic marker를 동정하였다.

(다) 귀화종과 자생종 수집종의 ISSR 분석

국내 서식하는 서양민들레와 흰민들레의 서식지별 유전적 차이와 다양성을 구명하고자 ISSR 분석하였다.

(라) 국내 5종 ISSR 분석

형태학적 특성으로 파일럿 search한 결과를 바탕으로 선발한 민들레 유전자원 32개체를 대상으로 ISSR 분석하였다.

(마) 핵 리보솜 DNA 영역의 유전적 다양성 (5.8s rDNA 영역을 포함한 ITS 영역)

형태학적 분석 및 ISSR 분석 결과 변이성이 높은 개체를 중심으로 선발한 민들레 8개체, 흰민들레 7개체, 흰노랑민들레 3개체, 서양민들레 3개체, 붉은씨앗서양민들레 2개체를 포함한 총 22개체를 공시(표 5). 수집 지역의 특성은 노지 15개체, 해발 250 m 이상 산에서 수집한 2개체, 해안에서 수집한 2개체, 도서지역에서 수집한 7개체로 순천대학교 포장에서 관수와 제조만으로 재배 관리하여 DNA 추출에 이용하였다.

민들레속의 5.8s rDNA 영역을 포함한 ITS 영역의 분석을 위해 Yuan 등(2009)이 고안한

specific primer(*Tara*-ITS-F: GCTTTCTCTTTTGG GCTATCATGC, *Tara*-ITS-R: AGGGTCTTT ACA ACCACCACTAGC)를 이용하여 증폭(그림 1). PCR 반응액의 조성은 총 50 μ l로 주형 DNA 20 ng/ μ l, *Taq* polymerase 2.5 unit, 10 \times PCR reaction buffer(10 mM Tris-HCl, pH 8.3; 50 mM KCl; 1.5 mM MgCl₂), 0.2 mM dNTP, 20 pmol 프라이머를 혼합하여 사용하였다. PCR 반응은 Gene Amp[®] 2700(Applied Biosystem, UK)을 사용하여 94 $^{\circ}$ C에서 5분간 초기 변성시킨 후 94 $^{\circ}$ C에서 1분간 pre-denaturation, 55 $^{\circ}$ C에서 1분간 annealing, 72 $^{\circ}$ C에서 2분간 extension을 35 회 수행한 후 최종적으로 72 $^{\circ}$ C에서 7분간 반응시킨 후 종료하였다. PCR이 완료된 후의 증폭산물 50 μ l를 agarose gel(1.6%)에 loading하여 전기영동(50 V, 60분간)한 후 EtBr로 염색하여 Gel Doc XR(Bio-rad, USA)을 사용하여 밴드를 확인한 후 젤에서 DNA를 Gel Extraction Kit(Bioneer, Korea)로 추출하였다.

추출된 PCR 산물은 TOPO TA Cloning Kit(Invitrogen, USA)를 사용하여 ligation하였다. 이를 42 $^{\circ}$ C에서 30초간 열충격(heat-shock) 방법을 통해 Top 10F' competent cell에 형질전환 시킨 후, X-gal(50 μ g/ml)과 IPTG(50 μ g/ml) 및 ampicillin(50 μ g/ml)이 포함된 LB 배지에 도말하여 18시간 클로닝하였다. 클로닝 후 선별한 white colony를 ampicillin(50 μ g/ml)이 들어 있는 LB-broth 배지에서 24시간 동안 배양한 후 plasmid DNA를 분리하였다. Plasmid DNA는 1% agarose gel에서 전기영동으로 확인하였다.

Table 5. Geographical characteristics of the 22 accessions of five species of *Taraxacum* used in ITS analysis.

No	Species	Latitude	Longitude	Type of site	Sampling region
1	<i>T. mongolicum</i>	35 $^{\circ}$ 05' 27"	127 $^{\circ}$ 68' 79"	Field	Gwangyang
2		34 $^{\circ}$ 71' 93"	127 $^{\circ}$ 72' 21"	Field	Daegyaung-do
3		34 $^{\circ}$ 70' 83"	127 $^{\circ}$ 70' 71"	Field	Sogyung-do
4		34 $^{\circ}$ 60' 77"	127 $^{\circ}$ 70' 82"	Field	Song-do
5		34 $^{\circ}$ 56' 94"	127 $^{\circ}$ 65' 78"	Field	Gaei-do
6		34 $^{\circ}$ 72' 17"	127 $^{\circ}$ 77' 26"	Island	Dolsan-do
7		34 $^{\circ}$ 54' 00"	127 $^{\circ}$ 75' 60"	Island	Gumo-do
8	<i>T. coreanum</i>	35 $^{\circ}$ 57' 26"	129 $^{\circ}$ 19' 03"	Field	Ulsan
9		35 $^{\circ}$ 25' 83"	127 $^{\circ}$ 25' 02"	Field	Namwon
10		34 $^{\circ}$ 59' 32"	127 $^{\circ}$ 19' 39"	Mt.(256 m)*	Jogesan
11		36 $^{\circ}$ 13' 41"	127 $^{\circ}$ 30' 81"	Field	Geumsan
12		37 $^{\circ}$ 06' 10"	127 $^{\circ}$ 45' 32"	Field	Chungju
13		34 $^{\circ}$ 96' 67"	126 $^{\circ}$ 77' 79"	Field	Naju
14		34 $^{\circ}$ 75' 63"	126 $^{\circ}$ 12' 65"	Island	Anjado
15	<i>T. coreanum</i> var. <i>flavescens</i>	36 $^{\circ}$ 93' 23"	127 $^{\circ}$ 10' 67"	Field	Cheonan
16		36 $^{\circ}$ 32' 11"	127 $^{\circ}$ 30' 35"	Field	Chongone
17		36 $^{\circ}$ 37' 68"	127 $^{\circ}$ 21' 09"	Field	Chongone
18	<i>T. officinale</i>	37 $^{\circ}$ 35' 62"	128 $^{\circ}$ 71' 68"	Field	Jongson
19		36 $^{\circ}$ 19' 17"	126 $^{\circ}$ 30' 29"	Seaside	Daechon
20		34 $^{\circ}$ 59' 07"	127 $^{\circ}$ 18' 19"	Mt.(509 m)	Jogesan
21		<i>T. laevigatum</i>	34 $^{\circ}$ 59' 29"	127 $^{\circ}$ 19' 33"	Mt.(290 m)
22	34 $^{\circ}$ 96' 97"		127 $^{\circ}$ 48' 05"	Field	Suncheon

*Mt: Mauntin

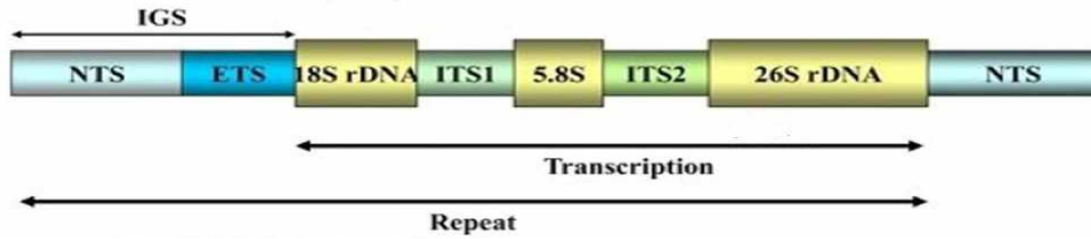


Fig. 1. Structure and directions of primers for amplifying ITS in this study (Yuan 등, 2009).

(바) 엽록체 DNA 영역의 유전적 다양성

외부 형태 및 ISSR marker를 이용한 유연관계에서 선발한 자생종 3종 18개체(민들레 6개체, 흰민들레 6개체, 흰노랑민들레 3개체)와 귀화종 2종 5개체(서양민들레 3개체, 붉은씨앗서양민들레 2개체)를 포함한 총 23개체 및 21개체를 공시하였다. 수집 지역의 특성은 노지 10개체, 해발 250m 이상 산에서 수집한 3개체, 해안에서 수집한 1개체, 도서지역에서 수집한 6개체로 순천대학교 포장에서 관수와 제초만으로 재배 관리하여 DNA 추출에 이용하였다.

엽록체의 *trnL*(UGU) 5'exon-*trnF*(UAA) 부위(그림 2-A)는 수집 5종 23개체를 대상으로 담배 식물체에서 고안(Taberlet 등, 1991)한 범용 프라이머(Foreword: CGAAATCGGTAGACGCTACG Reverse: ATTTG AACTGGTGACACGAG)로 PCR(polymerase chain reaction)를 이용하여 증폭시켰다. PCR 반응액의 조성은 총 50 μ l로 주형 DNA 20 ng/ μ l, *Taq* polymerase 2.5 unit, 10 \times PCR reaction buffer(10 mM Tris-HCl, pH 8.3; 50 mM KCl; 1.5 mM MgCl₂), 0.2 mM dNTP, 20 pmol 프라이머를 혼합하여 사용하였다. PCR 반응은 Gene Amp[®] 2700(Applied Biosystem)을 사용하여 94 $^{\circ}$ C에서 5분간 초기 변성시킨 후 94 $^{\circ}$ C에서 1분간 predenaturation, 55 $^{\circ}$ C에서 1분간 annealing, 72 $^{\circ}$ C에서 2분간 extension을 35회 수행한 후 최종적으로 72 $^{\circ}$ C에서 7분간 반응시킨 후 종료하였다. PCR이 완료된 후의 증폭산물 50 μ l를 agarose gel(1.6%)에 loading하여 전기영동(50 V, 60분간)한 후 EtBr로 염색하여 Gel Doc XR(Bio-rad, USA)을 사용하여 밴드를 확인한 후 젤에서 DNA를 Gel Extraction Kit(Bioneer, Korea)로 추출하였다.

엽록체의 *rps16-trnK* 부위(그림 2-B)는 수집 5종 21 개체를 대상으로 Neuhaus와 Link(1987)가 고안한 프라이머(*rps16F*-AAAGGKGCTCARCC TACARGAA; *trnK5R*-TACTCTACC RTTGAGTTA GCAAC)로 PCR(polymerase chain reaction)을 이용하여 증폭시켰다. PCR 반응액의 조성은 총 50 μ l로 주형 DNA 20 ng/ μ l, *Taq* polymerase 2.5 unit, 10 \times PCR reaction buffer(10 mM Tris-HCl, pH 8.3; 50 mM KCl; 1.5 mM MgCl₂), 0.2 mM dNTP, 20 pmol 프라이머를 혼합하여 사용하였다. PCR 반응은 Gene Amp[®] 2700(Applied Biosystem)을 사용하여 94 $^{\circ}$ C에서 5분간 초기 변성시킨 후 94 $^{\circ}$ C에서 1분간 predenaturation, 55 $^{\circ}$ C에서 1분간 annealing, 72 $^{\circ}$ C에서 2분간 extension을 35회 수행한 후 최종적으로 72 $^{\circ}$ C에서 7분간 반응시킨 후 종료하였다. PCR이 완료된 후의 증폭산물 50 μ l를 agarose gel(1.6%)에 loading하여 전기영동(50 V, 60분간)한 후 EtBr로 염색하여 Gel Doc XR(Bio-rad, USA)을 사용하여 밴드를 확인한 후 젤에서 DNA를 Gel Extraction Kit(Bioneer, Korea)로 추출하였다.

추출된 PCR 산물은 TOPO TA Cloning Kit(Invitrogen, USA)를 사용하여 ligation하였다. 이를 42 $^{\circ}$ C에서 30초간 열충격(heat-shock) 방법을 통해 Top 10F' competent cell에 형질전환 시킨 후, X-gal(50 μ g/ml)과 IPTG(50 μ g/ml) 및 ampicillin(50 μ g/ml)이 포함된 LB 배지에 도말하여

18시간 클로닝하였다. 클로닝 후 선별한 white colony를 ampicillin(50 $\mu\text{g}/\text{ml}$)이 들어 있는 LB-broth 배지에서 24시간 동안 배양한 후 plasmid DNA를 분리하였다. Plasmid DNA는 1% agarose gel에서 전기영동으로 확인하였다.

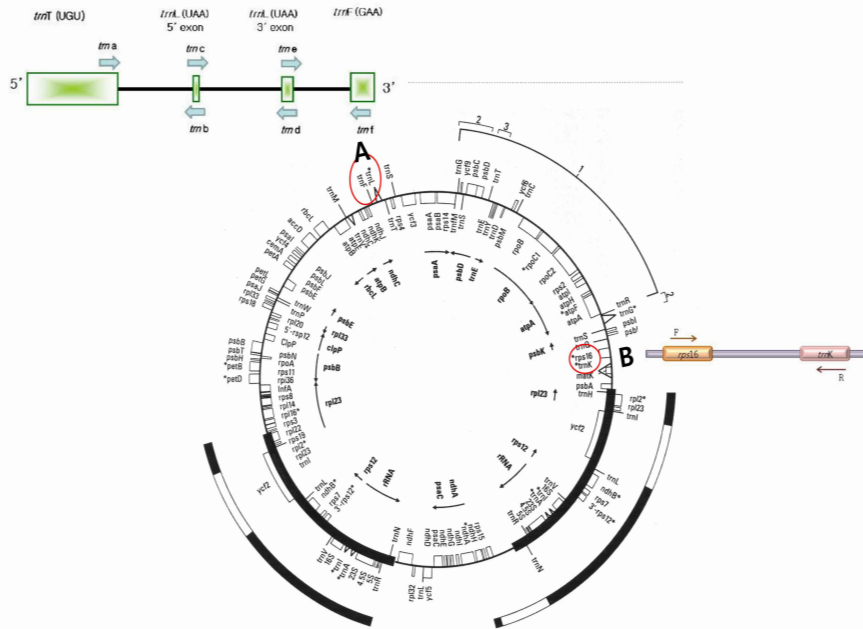


Fig. 2. Structure and directions of primers for amplifying cpDNA in this study(Taberlet 등, 1991; Neuhaus와 Link, 1987).

(4) 수집종간 유연관계 분석

평균연결법(Average Linkage Method)으로 덴드로그램을 작성하여 수집한 40개체를 군집 분석하여, 형태학적 유연관계, RAPD 분석, 자생종과 귀화종 ISSR 분석 그리고 ISSR 분석에 의한 국내 5종 유연관계 분석 결과를 도출하였다.

다. 기능성 형질인자 개선연구

(1) 기능성 계통 선발

(가) 양성자빔 처리와 민들레의 생장

서양민들레 품종(*T. officinale* cv. Goldenboll)의 건조 종자에 양성자빔을 조사한 후 4°C에 냉장보관하면서 실험용 재료로 이용하였다.

양성자빔 조사는 2011년 8월 8일에 원자력의학원(서울)의 MC-50 cyclotron 가속기를 사용하여 실시하였고, 20 MeV 빔에너지와 10 nA의 빔전류 조건에서 10, 25, 50, 100, 250, 500, 750, 1000 Gy의 선량으로 각각 100립씩 3반복으로 조사하였다.

발아 및 생장의 비교는 직경 20 cm pot에 각 선량별로 50개체 6반복(각 과장별 300개체)처리하여 1일 단위로 0.1 cm 이상의 출현 백체를 발아로 간주하여 조사하였다. 각 선량별로 발아된 개체는 육묘 pot에 이식하여 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $20 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}^{-1}$ 광도로 조명(16시간/일)되는 배양실

에서 1주일 단위로 초장, 엽수, 근장, 생체중을 조사하였다.

민들레 종자에 조사한 양성자빔의 선량에 증가와 발아율, 생존율, 초장, 엽수, 생체중의 변화와의 상관관계를 분석하기 위해 조사결과를 통계프로그램[SPSS Ver. 12(SPSS Inc., USA)]에 입력하여 상관도 분석법(Correlation analysis)을 실시하였다.

(나) ISSR maker에 의한 변이성 분석

양성자빔을 조사한 건조 종자를 파종하여 60일간 재배하면서 엽형과 생육, 엽색소체의 변이가 나타난 12개체를 선발하여 ISSR 분석으로 대조구 12개체와 변이성을 비교하였다.

DNA는 CTAB 방법(Fang 등, 1992)에 따라 추출하여 agarose gel(0.8%)에서 전기영동하여 밴드를 확인하고, Nanodrop Spectro-photometer(Thermo Fisher Scientific, Netherlands)를 이용하여 DNA 농도를 측정하였다.

20개의 ISSR 프라이머(UBC primer Set No. 9, University of British Columbia, Canada)로 예비실험을 실시한 후의 밴드가 명확하고 다형성이 우수한 12개의 프라이머를 선택하여 ISSR 분석에 이용하였다. PCR 반응액의 조성은 총 25 μ l로 주형 DNA 20 ng/ μ l, *Taq* polymerase 1 unit, 10 \times PCR reaction buffer(10 mM Tris-HCl pH 8.3; 50 mM KCl; 1.5 mM MgCl₂), 0.2 mM dNTP, 10 pmol 프라이머를 혼합하여 사용하였다. PCR 반응은 Gene Amp[®] 2700(Applied Biosystem)을 사용하여 94 $^{\circ}$ C에서 5분간 초기 변성시킨 후 94 $^{\circ}$ C에서 45초간 pre-denaturation, 50 $^{\circ}$ C 45초간 annealing, 72 $^{\circ}$ C 1분 30초간 extension을 45회 수행하고 최종적으로 72 $^{\circ}$ C 7분간 반응시킨 후 종료하였다. PCR이 완료된 후의 증폭산물 15 μ l를 agarose gel(1.6%)에 loading하여 전기영동(50 V, 60분간)한 후 EtBr로 염색하여 Gel Doc XR(Bio-rad, USA)을 사용하여 주요 밴드를 확인하였다.

ISSR로 분석된 DNA 밴드 양상은 이진수를 이용하여 밴드가 있으면 (1), 없으면 (0)으로 data를 표시하여 통계 프로그램에 입력하였다. 분석에 이용된 통계프로그램은 SPSS Ver. 12(SPSS Inc., USA)로서 단순일치계수(simple-matching coefficient)로 유전적 유사도지수를 산출하였다.

(2) 기능성 형질인자 개선 연구

(가) LED 조사가 발아 및 생육에 미치는 영향

광원별 조사에 따른 민들레의 초장, 엽수, 엽형, 근장 및 생체중의 변화를 확인하기 위하여, 청색광, 적색광, 혼합광 LED 광원별 조사로 60일간 재배한 후 그 결과를 측정하였다.

식물재료: 한미프러그에서 구매한 서양민들레 품종 골든볼을 정선 후 4 $^{\circ}$ C에 냉장 보관하면서 실험용 재료로 이용

광질처리: 청색광(450 nm), 적색광(660 nm), 혼합광(적색광 : 청색광 = 6 : 4)을 처리하여 대조구인 형광등(612 nm)과 비교. 식물재료는 25 \pm 2 $^{\circ}$ C로 유지되는 배양실에서 14시간/일로 조명하면서 재배

발아율 조사: 직경 20 cm pot에 각 파장별로 50개체 6반복(각 파장별 300개체) 처리하여 1일 단위로 0.1 cm 이상을 발아로 간주하여 조사

생장 특성 조사: 발아된 개체를 육묘 pot에 이식하여 1주일 단위로 초장, 엽수, 엽형, 근장, 생체중을 조사

(나) LED 조사가 항산화 활성에 미치는 영향

① 항산화 활성

㉠ DPPH radical-scavenging 활성

Abe 등(2000), Yamachuchi 등(1998) 및 Blois(1958)의 방법에 따라 각 추출물의 DPPH radical-scavenging 효과로 제시하였다.

㉡ SOD 활성: Marklund와 Marklund의 방법(1974)에 따라 SOD 활성을 측정하였다.

② 성분함량의 변화

㉠ 총 페놀성 화합물 함량

시료 10 g을 취해 70% methanol 50 ml로 환류 추출한 후 Folin-Denis법(Joslyn, 1970)에 따라 정량 후 표준물질 tannin(Sigma, USA)을 기준으로 환산하였다.

㉡ Anthocyan

시료 10 g에 추출용매(EtOH/D.W/HCl=20:79:1, v/v) 50 ml를 넣고, 실온에서 12시간 추출 후, 원심분리(3,000 rpm, 30분)하여 상등액을 0.45 μ m membrane filter로 여과한 여액을 HPLC로 분석(김, 1999)하였다.

㉢ 아미노산

Daniel과 Steven(1993) 및 Steven과 Dennis(1993)의 방법에 따라 분해 및 유도체화 과정을 거친 후 HPLC(Agilent Technologies 1200 Series, Agilent., USA)로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 수집유전자원의 대량증식법 개발 연구

(1) 유전자원 수집 및 육성

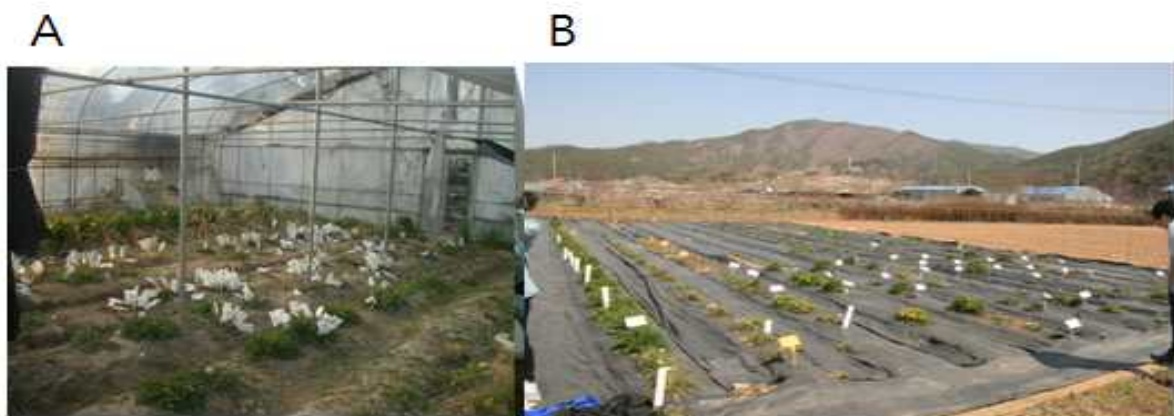


Fig. 3. Experimental farm for dandelion cultivation. A: Plastic house (66m²), B: University farm (330m²)

(2) 기내 대량증식 기술 연구

기내배양 재료를 육성하고자 MS배지에 자가수분된 종자를 치상하여 개체를 대량 증식하였다. 서양민들레 잎을 재료로 다양한 생장조절물질(NAA, BA, 2, 4-D, kinetin)을 MS배지에 단용첨가하여 농도별(0, 1, 2.5, 10 mg/ℓ) 기관분화 조사한 결과 BA와 IAA 혼용처리와 kinetin과 IAA 혼용처리에서 기관분화율이 높게 나타났으며, 특히 kinetin 2 mg + IAA 0.1 mg 혼용처리에서 가장 분화율이 높고 생육이 왕성하였다. 이러한 결과를 적용한다면 민들레의 기내 대량재배가 가능할 것으로 판단된다.

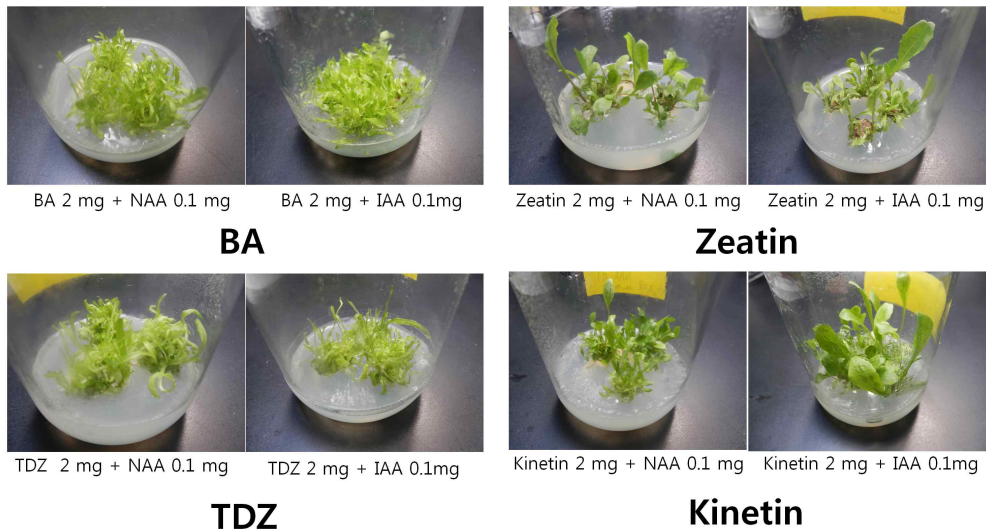


Fig 4. *In vitro* culture for mass propagation of dandelion planted on various media.

(3) 기내 배양식물체의 특성 연구

ISSR 분석으로 기내배양된 개체의 유전적 다양성을 분석한 결과 순화개체와 원개체간 다형성 밴드가 검출되지 않아 매우 안정한 것으로 나타났다(그림 5).

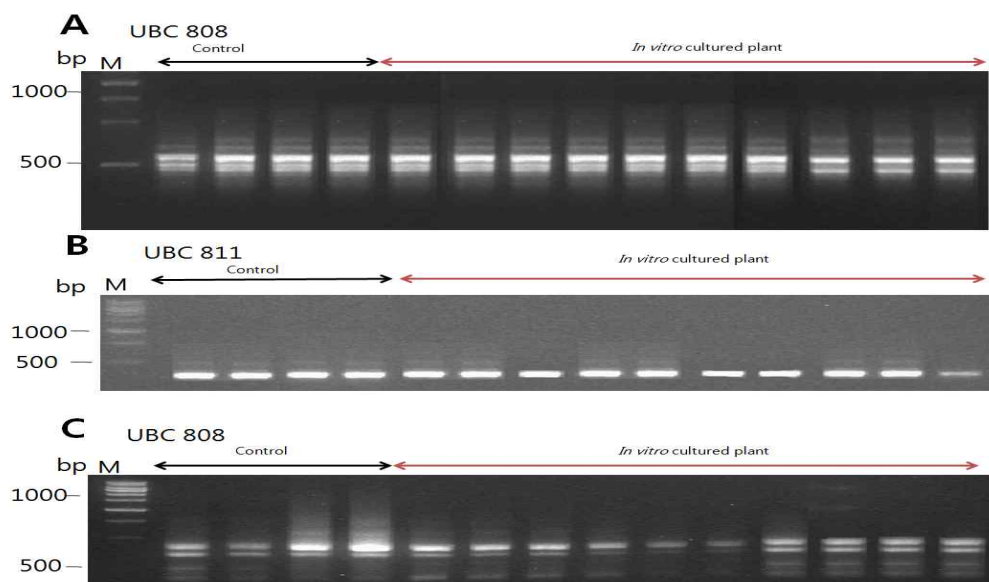


Fig. 5. Genetic diversity of *in vitro* culture plant assessed by ISSR analysis.

나. 수집유전자원의 유전 변이 연구

(1) 생육특성

국내 수집 민들레속 유전자원의 종간 개화특성과 번식력의 개체간 차이를 구명하고자 국내 자생하는 민들레속 5종 40 수집 개체를 대상으로 개화시기, 화경 수 및 개체당 종자 생산량을 2년간 조사한 결과는 표 6과 같다.

개화 특성으로 자생종인 민들레와 흰민들레, 흰노랑민들레 모두 봄과 장마 이후에 2차례 개화한 반면 귀화종인 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레는 대부분 개체들이 3월에서 10월말까지 지속 개화하는 특징을 나타내었다. 자생종 민들레의 개화기는 5월 하순에서 6월초 사이와 9월 말에서 10월 중순 사이였고, 흰민들레와 흰노랑민들레는 5월 ~ 6월 사이와 8월말에서 9월 중순까지 개화하였다. 귀화종의 경우 서양민들레는 3월부터 개화하여 개체에 따라서 9월에서 12월까지, 붉은씨앗서양민들레는 3월에서 10월까지 다회 개화하였다.

Table 6. Flowering period, number of peduncle per plant and seed number per one peduncle in five species of *Taraxacum*

No.	Sampling region	Species	Flowering period	No. of peduncle/ plant	No. of seed /peduncle	Seed yield (ea)
1	Chungju		Apr. 2 - Sep. 25	13	66.00±10.89*	858.00
2	Hongseong		Mar.19- Sep. 30	28	181.33±18.38	5,077.24
3	Geumsan		Mar. 20 - Oct. 28	24	175.82±11.57	4,219.68
4	Geumsan		Apr. 3 - Oct. 30	23	183.53±15.69	4,221.19
5	Cheongwon		Mar. 30 - Oct. 25	28	158.60±16.72	4,440.80
6	Jangsu		Mar. 28 - Nov. 2	37	182.05±32.13	6,735.85
7	Namwon		Apr. 4 - Oct. 18	9	178.96±20.25	1,610.64
8	Namwon	<i>T. officinale</i>	Mar. 30 - Oct. 25	7	147.98±14.21	1,035.86
9	Suncheon		Mar. 17- Dec. 11.	21	185.47±16.77	3,894.87
10	Jogesan		Mar. 28 - Nov. 2	13	185.01±18.46	2,405.13
11	Jogesan		Mar. 27 - Oct. 12	8	169.71±15.52	1,357.68
12	Suncheon		Mar. 13 - Nov. 2	14	171.26±27.99	2,397.64
13	Yeosu		Mar. 14 - Oct. 23	26	181.30±18.83	4,713.80
14	Daechonbeach		Apr. 6 - Oct. 30	28	177.16±25.16	4,960.48
15	Seosan		Mar. 28 - Nov. 1	23	180.72±21.87	4,156.56
Mean				20.13	168.33±18.47	3,472.36

*Values are represented mean±SD(n=3).

Table 6. (continued).

No.	Sampling region	Species	Bloom season	No. of peduncle (per plant)	No. of seeds (per peduncle)	Seeds yield (ea)
16	Chungju		May. 9 ~ May 14 Aug. 26 ~ Sep. 16	13	64.25±8.05 *	835.25
17	Hongseong		May. 13 ~ Jun. 12 Sep. 4 ~ Sep. 11	18	79.50±19.19	1,431.00
18	Geumsan		May. 17 ~ Jun. 10 Aug. 30 ~ Sep. 2	12	67.00±27.16	804.00
19	Geumsan		May. 16 ~ Jun. 14 Sep. 4 ~ Sep 11	16	91.78±30.89	1,468.48
20	Jangsu		May. 14 ~ Jun. 8 Aug. 28 ~ Sep. 2	9	71.44±20.64	642.96
21	Jangsu		Jun. 4 ~ Jun. 7 Aug. 26 ~ Aug. 31	6	70.40±17.04	422.40
22	Namwon		Jun. 4 ~ Jun. 7 Sep. 1 ~ Sep. 5	9	79.22±30.64	712.98
23	Suncheon	<i>T. coreanum</i>	May. 17 ~ Jun. 10 Aug. 30 ~ Sep. 2	13	75.69±20.54	983.97
24	Jogesan		May. 14 ~ Jun. 12 Sep. 2 ~ Sep. 9	10	72.46±19.72	724.60
25	Jogesan		May. 3 ~ May. 9 Sep. 1 ~ Sep. 4	7	68.28±15.29	477.96
26	Jogesan		May. 20 ~ Jun. 7 Sep. 3 ~ Sep. 10	7	73.49±22.17	514.43
27	Suncheon		May. 20 ~ Jun. 7 Sep. 3 ~ Sep. 10	13	62.90±26.90	817.70
28	Naju		Aug. 26 ~ Sep. 2 Sep. 2 ~ Sep. 9	8	75.50±14.86	604.00
29	Ulsan		May. 1 ~ May. 8 Sep. 2 ~ Sep. 7	7	79.28±23.30	554.96
30	Jongson		May. 20 ~ Jun. 7 Sep. 3 ~ Sep. 10	9	74.98±25.64	674.82
Mean				10.33	73.74±21.47	777.97

*Values are represented mean±SD(n=3).

Table 6. (continued).

No.	Sampling region	Species	Bloom season	No. of peduncle (per plant)	No. of seeds (per peduncle)	Seeds yield (ea)
31	Cheonan	<i>T. coreanum</i> var. <i>flavescens</i>	May. 24 ~ Jun. 8	6	74.66±14.64 *	0
			Aug. 22 ~ Sep. 1			
32	Chongon		Jun. 4 ~ Jun. 17	12	69.54±18.25	0
		Aug. 28 ~ Sep. 2				
33	Chongon		May. 17 ~ Jun. 10	7	75.65±12.68	0
			Aug. 30 ~ Sep. 2			
Average				8.33	73.28±15.19	0.00
34	Gwangyang	<i>T. mongolicum</i>	May. 29 ~ Jun. 8	7	46.25±9.30	0
			Oct. 12 ~ Oct. 18			
35	Daekyungdo		May. 26 ~ Jun. 5	5	38.27±7.56	0
		Sep. 30 ~ Oct. 13				
36	Gaedo		May. 25 ~ Jun. 5	6	36.79±6.02	0
			Oct. 5 ~ Oct. 12			
37	Songdo		May. 26 ~ Jun. 6	7	37.21±9.08	0
			Oct. 3 ~ Oct. 10			
38	Dolsando		May. 26 ~ Jun. 6	6	34.24±8.94	0
			Oct. 3 ~ Oct. 10			
Average				6.20	38.55±8.18	0.00
39	Jogesan	<i>T. laevigatum</i>	Mar. 20 - Sep. 25	28	136.9±24.98	0
40	Suncheon		Mar. 29 - Oct. 18	21	132.7±20.55	0
Average				24.50	134.80±20.76	0.00

*Values are represented mean±SD(n=3).



Fig. 6. Profile for number of peduncle of genus *Taraxacum*. A~D: *T. coreanum*, E~F: *T. mongolicum*, G~I: *T. coreanum* var. *flavescens*, J~K: *T. officinale*, L: *T. laevigatum*.



Fig. 7. Profile of seed-yielding of genus *Taraxacum*. A~G: *T. coreanum*, H~I: *T. mongolicum*, J~L: *T. officinale*, L: *T. laevigatum*.

개체당 화경 수는 귀화종인 서양민들레가 최소 7개(조계산 수집종)에서 최대 28개(홍성, 청원, 대천해수욕장 수집종)로 평균 20.13개였고, 붉은씨앗서양민들레가 평균 24.50개였다. 자생종인 민들레는 최소 5개(대경도 수집종)에서 최고 7개(광양, 송도 수집종) 사이로 평균 6.20개였고, 흰민들레는 최소 6개(장수 수집종)에서 최대 18개(홍성 수집종) 사이로 평균 10.33개였으며, 흰노랑민들레는 평균 8.33개로 흰민들레보다 화경 수가 적었다. 따라서 귀화종 민들레의 개체당 평균 화경 수가 자생종 민들레보다 약 2 ~ 3배 정도 많았다.

본 연구에서 번식이 상대적으로 어려운 자생종 중 연간 종자생산량이 2배 정도 많은 개체를 선발하여 후대를 노지 포장에 대량 증식하고 있으며, 민들레의 대량 증식에 유용한 유전자원으로 활용이 가능하다.

화경당 종자수는 귀화종인 서양민들레가 66.00 ± 10.89 개(충주 수집종)에서 185.47 ± 16.77 개(조계산 수집종) 사이로 15개체의 평균 화경당 종자수는 168.33 ± 18.47 개였고, 붉은씨앗서양민들레는 132.7 ± 20.55 개(순천 수집종)에서 136.9 ± 24.98 (조계산 수집종) 사이로 평균 134.80 ± 20.76 개였다. 자생종인 민들레의 화경당 종자수는 내륙에서 수집한 개체(광양)가 46.25 ± 9.30 개로 섬에서 수집한 개체들에 비하여 화경당 평균 종자수가 많았으며, 5개체 평균 화경당 종자수는 38.55 ± 8.18 개로 본 연구에서 조사한 민들레속 5개종 중에서 화경당 종자수가 가장 적었다. 흰민들레의 화경당 종자수는 62.90 ± 26.90 (순천)에서 91.78 개(금산) 사이로 평균 73.74 ± 21.47 개였고, 흰노랑민들레 3개체의 평균 화경당 종자수는 73.28 ± 15.19 로 흰민들레와 유사한 수준이었다.

개체별 화경 수와 화경당 평균 종자수의 곱으로 산출한 연간 종자생산량을 보면 귀화종인 서양민들레는 최소 858개(충주 수집종)에서 최대 6,735.85개(장수 수집종) 사이로 연간 개체당 평균 3,472.36개의 종자를 생산하였고, 붉은씨앗서양민들레는 평균 3,309.95개를 생산하여 서양민들레와 유사한 수준이었다. 자생종의 개체별 연간 종자생산량은 흰민들레가 최소 422.40개(남원 수집종)에서 최대 1,468.48개(금산) 사이로 평균 777.97개의 종자를 개체별로 생산하였다. 흰노랑민들레의 경우 평균 604개였으며, 민들레는 평균 240.35개로 귀화종의 평균 개체별 종자생산량에 10%에도 미치지 못하였다.

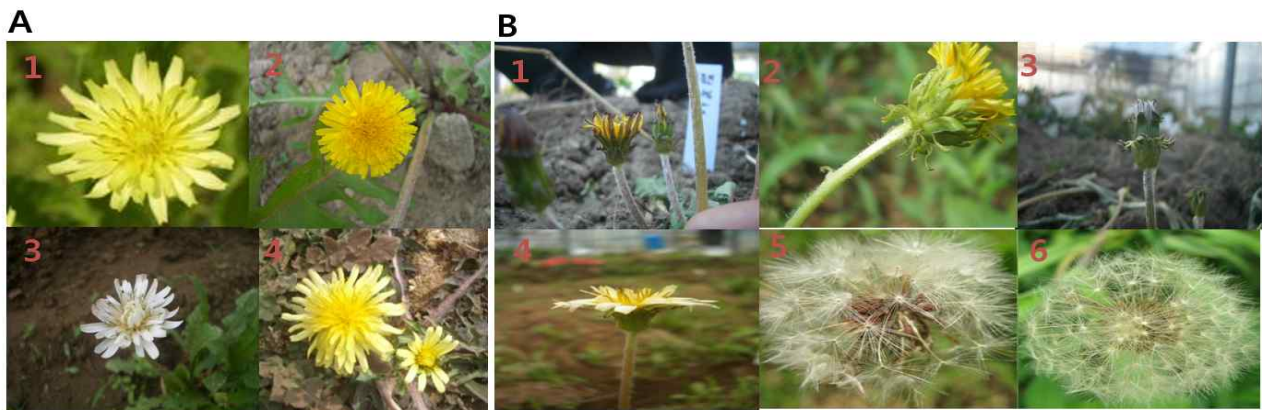


Fig. 8. Profile for flower color (A-1, 2, 3, 4), direction of outer-involucral bract (B-1, 2, 3, 4) and seed color (B-5, 6) of genus *Taraxacum*. A-1, B-1: *T. mongolicum*, A-2, B-2, 5: *T. officinale*, A-3, B-3: *T. coreanum*, A-4: *T. coreanum* var. *flavescens*, B-5: *T. laevigatum*

(2) 형태학적 특성으로 국내 5종 수집종 파일럿 search

민들레속 유전자원의 형태적 특성은 표 7과 같다. 화피의 색은 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레는 노란색으로 화피의 색이 동일하였으며, 자생종 민들레는 귀화종보다 다소 연한 노란색을 띠었다. 흰민들레는 흰색이었고, 흰노랑민들레는 자생종 민들레와 흰민들레의 중간색을 띠었다. 화피의 수는 최소 23.1개(No. 28)에서 최대 96.4개(No. 13) 사이로 40 개체 평균 화피 수는 60.16개였다. 서양민들레는 최소 26.1개(No. 1)에서 최대 96.4(No. 13) 사이로 평균 81.60개의 화피 수를 나타내었고, 흰민들레의 화피 수는 최소 23.1개(No. 28) 최대 92개(No. 20번) 사이로 평균 49.49개였다. 흰노랑민들레는 최소 31개(No. 31)에서 최대 42.5개(No. 33)사이로 평균 37.66개였고, 민들레는 최소 41.6개(No. 34)에서 최대 53.1 개(No. 36) 사이로 평균 47.06개, 붉은씨앗서양민들레는 평균 85개의 화피 수를 나타내어 귀화종이 자생종보다 평균 화피 수가 많았다. 화피의 조(爪)의 색은 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레는 모두 노란색이었고, 흰민들레는 노란색 3개체(No. 23, 24, 28), 보라색 2 개체(No. 16, 30)를 제외한 10개체는 흰색이었다. 흰노랑민들레는 모두 조의 색이 노란색이었다. 자생종과 귀화종을 구별하는 가장 특징적인 형태적 특성인 총포편의 방향은 자생종은 No. 22번을 제외하고 모두 상향이었고, 귀화종은 모두 하향이였다. 흰민들레 남원 수집 개체(No. 22)는 평행하였다. 총포편의 길이는 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레가 각각 평균 0.64 cm와 0.7 cm로 자생종 민들레의 총포편의 길이 평균 민들레 0.46 cm, 흰민들레 0.42 cm, 흰노랑민들레 0.5 cm 보다 길었다. 총포편의 모양은 귀화종은 모두 피침형, 민들레는 장타원형, 흰민들레와 흰노랑민들레는 약간 피침형(No. 19, 26, 27, 28)을 제외한 다른 개체는 장타원형이었다. 화경의 길이의 평균은 서양민들레가 21.27 cm로 가장 길었으며, 다음으로 흰노랑민들레 21.16 cm, 흰민들레 20.70 cm, 민들레 15.3 cm, 붉은씨앗서양민들레 11.8 cm 순으로 화경의 길이가 길었다. 종간 화경의 수의 평균은 개화 횟수와 개화기 화경 수가 많은 귀화종 붉은씨앗서양민들레가 29.5개, 서양민들레가 20.13개로 자생종 민들레인 흰민들레 10.3개, 흰노랑민들레와 민들레 3.6개보다 2배 이상 많은 화경 수를 나타내었다.

Table 7. Summary of morphological features 40 accessions of five species of *Taraxacum*

No.	①*	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
1	1	26.1	1	3	0.7	3	135	13	2	10.9	0.57	0	1
2	1	92.1	1	3	0.8	3	21.5	28	1	10.3	0.54	0	2
3	1	91.5	1	3	0.6	3	24.6	24	1	9.98	0.43	0	1
4	1	86.4	1	3	0.6	3	19.3	23	1	10.2	0.59	0	3
5	1	88.1	1	3	0.5	3	20.4	28	1	10.6	0.58	0	1
6	1	87.5	1	3	0.6	3	22.8	37	1	10.4	0.57	0	1
7	1	89.6	1	3	0.6	3	23.4	9	1	10.5	0.47	0	2
8	1	82.4	1	3	0.5	3	21.5	7	1	10.2	0.45	0	1
9	1	90	1	3	0.6	3	20.4	21	2	10.3	0.58	0	1
10	1	92.5	1	3	0.7	3	23.7	13	1	10.1	0.57	0	5
11	1	82.6	1	3	0.7	3	22.4	8	1	10.6	0.49	0	3
12	1	84.3	1	3	0.6	3	18.9	14	1	10.5	0.51	0	2
13	1	96.4	1	3	0.7	3	22.1	26	2	10.4	0.47	0	5
14	1	48.5	1	3	0.8	3	24.5	28	2	10.1	0.45	0	2
15	1	86.1	1	3	0.7	3	20.1	23	2	10.3	0.48	0	2

*①: Color of Perianth, ②: Number of Perianth, ③: Color of nail, ④: Direction of outer-involucral bract, ⑤: Length of outer-involucral bract, ⑥: Shape of outer-involucral bract, ⑦: Length of peduncle, ⑧: Number of peduncle, ⑨: Seed coat color, ⑩: Length of seed, ⑪: Length of pappus, ⑫: Trichome, ⑬: Leaf blade

종자의 색은 서양민들레가 적갈색 5개체(No. 1, 9, 13, 14, 15)와 붉은씨앗서양민들레를 제외한 다른 개체는 갈색이었다. 종자의 길이의 평균은 자생종 민들레가 12.26 cm로 흰노랑민들레 10.6 cm, 흰민들레 10.42 cm, 서양민들레 10.35 cm, 붉은씨앗서양민들레 10.30 cm 보다 종자의 길이가 길었다. 관모의 길이는 자생종인 민들레, 흰민들레, 흰노랑민들레가 각각 0.75 cm, 0.74 cm, 0.74 cm로 귀화종인 서양민들레 0.58 cm, 붉은씨앗서양민들레 0.51 cm 보다 관모의 길이가 길었다. 옆의 털은 자생종은 잎의 앞/뒤면에 가는 미모가 있었으며, 귀화종에는 없었다. 엽의 형태는 종에 상관없이 깊고 날카로운 심열 12개체(No. 1, 3, 5, 6, 8, 9, 19, 25, 27, 31, 32, 33, 39, 40), 다소 깊고 날카롭지 않은 심열 11개체(No. 2, 7, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 28, 30), 깊은 천열(No. 4, 11, 23, 29, 34, 36, 37, 38), 얇은 천열 3 개체(No. 16, 26, 35), 얇고 날카로운 천열(No. 13)로 구분되었다(표 7).

Table 7. (continued).

No.	①*	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
16	4	56.0	2	1	0.5	1	16.2	13	2	10.5	0.75	1	4
17	4	39.0	1	1	0.6	1	17.2	18	2	10.6	0.7	1	2
18	4	54.5	1	1	0.5	1	25.6	12	2	10.1	0.75	1	2
19	4	78.3	1	1	0.6	2	27.5	14	2	10.3	0.73	1	2
20	4	92.0	1	1	0.5	1	23.4	9	2	10.3	0.75	1	1
21	4	75.2	1	1	0.5	1	21.6	6	2	10.1	0.75	1	2
22	4	35.0	1	2	0.4	2	17.9	9	2	10.5	0.76	1	2
23	4	33.4	3	1	0.5	1	23.1	13	2	10.9	0.79	1	3
24	4	52.1	3	1	0.4	1	19.3	10	2	10.4	0.74	1	2
25	4	37	1	1	0.5	2	16.9	7	2	10.5	0.62	1	1
26	4	37.9	1	1	0.5	1	18.5	7	2	10.6	0.78	1	4
27	4	32.7	1	1	0.5	1	21.5	13	2	10.4	0.75	1	1
28	4	23.1	3	1	0.5	3	22.1	8	2	10.2	0.75	1	2
29	4	25.8	1	1	0.5	1	18.2	7	2	10.6	0.74	1	3
30	4	70.4	2	1	0.5	1	21.6	9	2	10.4	0.74	1	2
31	3	31.0	1	1	0.5	3	21.5	4	2	10.9	0.74	1	1
32	3	39.5	1	1	0.5	3	20.1	3	2	10.4	0.72	1	1
33	3	42.5	1	1	0.5	3	21.9	4	2	10.5	0.78	1	1
34	2	41.6	1	1	0.4	1	11.3	3	2	11.8	0.72	1	3
35	2	49.7	1	1	0.4	1	14.6	3	2	12.4	0.77	1	4
36	2	53.1	1	1	0.4	1	15.9	3	2	12.2	0.75	1	3
37	2	48.5	1	1	0.4	1	17.9	5	2	12.3	0.76	1	3
38	2	42.4	1	1	0.4	1	16.8	4	2	12.6	0.79	1	3
39	1	87.0	1	3	0.7	3	13.2	28	0	10.2	0.59	0	1
40	1	83.0	1	3	0.7	3	10.5	31	0	10.4	0.57	0	1

*①: Color of Perianth, ②: Number of Perianth, ③: Color of nail, ④: Direction of outer-involucral bract, ⑤: Length of outer-involucral bract, ⑥: Shape of outer-involucral bract, ⑦: Length of peduncle, ⑧: Number of peduncle, ⑨: Seed coat color, ⑩: Length of seed, ⑪: Length of pappus, ⑫: Trichome, ⑬: Leaf blade



Fig. 9. Flower profiles of genus *Taraxacum* used in this study. Accession numbers were included in Table 4.

(3) 유전적 다양성 분석

(가) 배수성 분석

국내 30개 지역에서 수집한 민들레속 유전자원 34개체의 배수성을 분석한 결과(그림 10, 표 8), 자생종 민들레인 민들레와 귀화종인 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레가 3배체, 자생종인 흰민들레와 흰노랑민들레는 4배체였다. 이는 민들레가 3배체(이와 오, 1970), 흰민들레 4배체로 보고된 결과(금, 1995; 이와 오, 1970)와 일치하였고, 귀화종인 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레는 모두 3배체로 이 등(2004)과 금(1995)의 결과와도 일치하였다.

Table 8. Collection site data and ploidy levels of 34 accessions of five species of *Taraxacum* collected in Korea.

No	Species	Latitude	Longitude	Type of site	Ploidy
1	<i>T. officinale</i>	37° 06' 10"	127° 45' 32"	Field	3X
2		36° 33' 54"	126° 35' 57"	Field	3X
3		35° 25' 87"	127° 25' 05"	Field	3X
4		35° 25' 87"	127° 25' 05"	Field	3X
5		34° 96' 97"	127° 48' 05"	Field	3X
6		34° 59' 07"	127° 18' 19"	Mt.(509m)*	3X
7		34° 59' 29"	127° 19' 33"	Mt.(290m)	3X
8		34° 53' 07"	127° 31' 38"	Seaside	3X
9		34° 51' 34"	127° 45' 26"	Field	3X
10		36° 19' 17"	126° 30' 29"	Seaside	3X
11	<i>T. coreanum</i>	37° 06' 10"	127° 45' 32"	Field	4X
12		36° 33' 54"	126° 35' 57"	Field	4X
13		35° 25' 83"	127° 25' 02"	Field	4X
14		34° 96' 97"	127° 48' 05"	Field	4X
15		34° 59' 32"	127° 19' 39"	Mt.(256m)	4X
16		34° 59' 29"	127° 19' 33"	Mt.(290m)	4X
17		34° 59' 29"	127° 19' 33"	Mt.(290m)	4X
18		34° 53' 05"	127° 31' 40"	Seaside	4X
19		34° 96' 67"	126° 77' 79"	Field	4X
20		34° 75' 63"	126° 12' 65"	Island	4X
21	<i>T. coreanum</i> var.flavescens	36° 93' 23"	127° 10' 67"	Field	4X
22		36° 32' 11"	127° 30' 35"	Field	4X
23		36° 37' 68"	127° 21' 09"	Field	4X
24	<i>T. mongolicum</i>	35° 05' 27"	127° 68' 79"	Field	3X
25		35° 05' 27"	127° 68' 79"	Field	3X
26		34° 71' 93"	127° 72' 21"	Field	3X
27		34° 71' 93"	127° 72' 21"	Field	3X
28		34° 70' 83"	127° 70' 71"	Field	3X
29		34° 60' 77"	127° 70' 82"	Field	3X
30		34° 56' 94"	127° 65' 78"	Field	3X
31		34° 72' 17"	127° 77' 26"	Island	3X
32		34° 71' 89"	127° 77' 88"	Island	3X
33		34° 54' 00"	127° 75' 60"	Island	3X
34	<i>T. laevigatum</i>	34° 96' 97"	127° 48' 05"	Field	3X

*Mt: Mountain.

민들레속의 염색체는 2배체인 $2n=16$ 과 배수체인 $2n=24(3X)$, $2n=32(4X)$ 를 포함하고 있으며, 무수정 종자형성(apomixis)으로 번식하는 배수체들이 우세하고 지리적으로 넓게 분포한다 (Richards, 1973). 한반도에 서식하는 민들레 유전자원 중 2배체는 제주도, 서울인근, 함흥 부근에 좁은 지역에서만 나타난다는 보고(Morita, 1976)와 제주도 한라산에 자생하는 좀민들레만이 2배수성으로 나타난 보고(금, 1995)가 있다. 섬나라인 일본의 경우 전체 민들레속 유전자원 중 51%가 2배체이며, 형태학적 형질로는 제주도의 좀민들레와 구분되지 않는다(Morita, 1976). 본 연구에서 여수 일대 섬 지역에서 수집한 개체의 배수성을 측정한 결과 모두 3배체로 나타났다 (표 8).

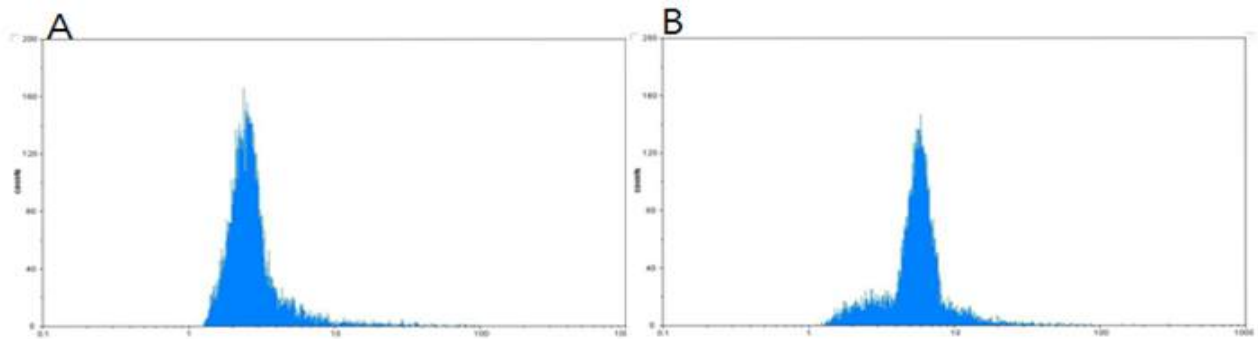


Fig. 10. Example of flowcytometry results. A: *Taraxacum officinale*(diploid), B: *Taraxacum coreanum*(tetraploid).

(나) RAPD 분석

국내 20개 지역에서 수집한 서양민들레와 흰민들레 15개체씩 총 30개체를 7개 RAPD 프라이머로 분석한 결과, 56개의 밴드 중 다형성 54개로 96.4%의 다형성을 나타내었다. 서양민들레와 흰민들레 각 15 계통간의 다형성은 서양민들레가 92.6%로 흰민들레의 87.8% 보다 높은 계통간의 변이가 나타났다(표 9, 그림 11).

Table 9. Sequence of the RAPD primers, number of total bands and number of polymorphic bands amplified by each primer across all 30 accessions.

primer	Sequence	Total			<i>T. officinale</i>			<i>T. coreanum</i>		
		TB ^a	PB ^b	PR ^c	TB ^a	PB ^b	PR ^c	TB ^a	PB ^b	PR ^c
OPA01	CAGGCCCTTC	7	7	100	6	6	100	4	2	50.0
OPB12	CCTTGACGCA	10	10	100	7	6	85.7	7	7	100
OPB16	TTTGCCCGGA	4	3	75.0	3	2	66.6	2	0	0.0
OPC15	GACGGATCAG	11	11	100	7	7	100	10	10	100
OPC16	CACACTCCAG	10	10	100	9	9	100	6	6	100
OPG14	GGATGAGACC	9	9	100	6	6	100	7	7	100
OPG18	GGCTCATGTG	5	4	80.0	3	2	66.6	5	4	80.0
Total		56	54	96.4	41	38	92.6	41	36	87.8

^aTB : No. of total bands, ^bPB : No. of polymorphism bands, ^cPR : polymorphism rate (%).

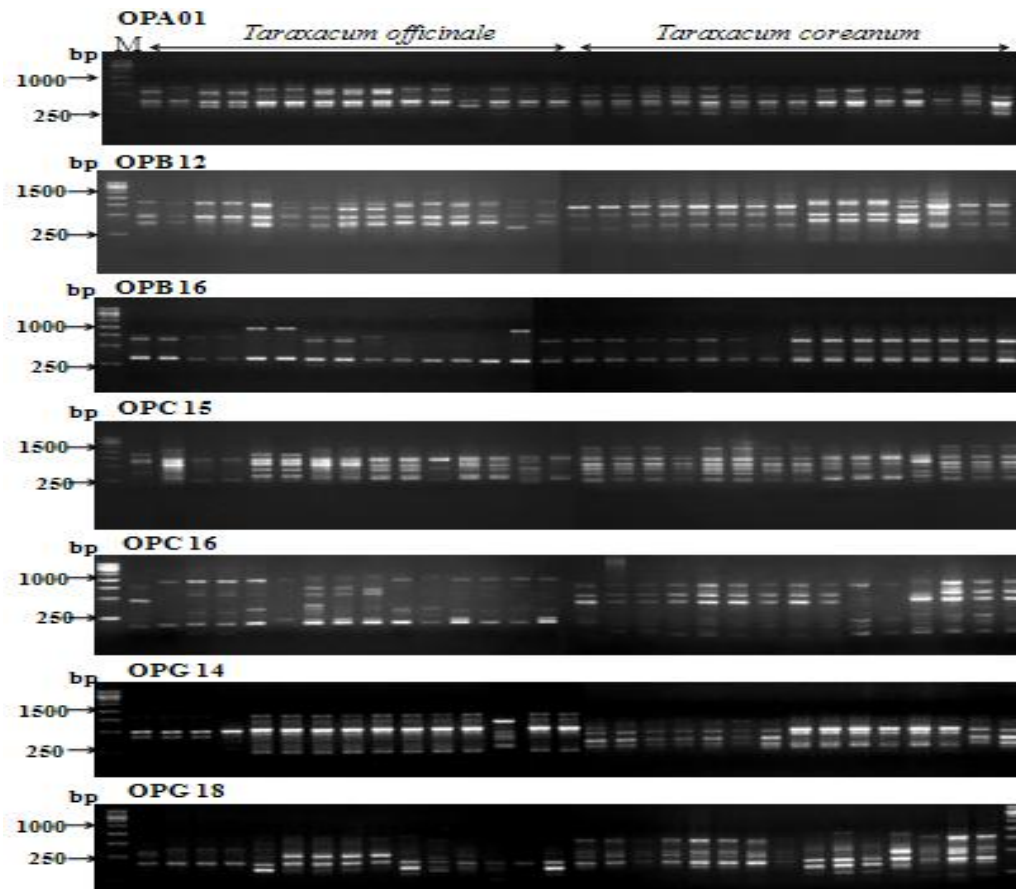


Fig. 11. RAPD electrophoresis profiles for 30 accessions of *Taraxacum officinale* and *Taraxacum coreanum*. Amplification products were separated on agarose gels (1.6%) in 1xTAE buffer and photographed using gel documentation system (Bio-rad, USA). Lane M : 1 Kb ladder marker.

(다) 귀화종과 자생종 수집종의 ISSR 분석

국내 서식하는 서양민들레와 흰민들레의 서식지별 유전적 차이와 다양성을 구명하고자 ISSR 분석한 결과(표 10), 전체 수집 개체간 증폭된 각 프라이머별 총 밴드 수는 5개(UBC 873)에서 12개(UBC 811)로 한 프라이머 조합 당 평균 밴드 수는 8.46개였다. 다형성 밴드 수는 최소 4개(UBC 861, 873)에서 최대 12개(UBC 811)로 평균 8.13개의 다형성 밴드가 검출되었다(표 10, 그림 12). 이는 대만의 민들레 3종을 79개 ISSR로 분석한 결과 UBC 857에서만 다형성밴드 3개가 검출된 결과(Yuan 등, 2009)와 국내 수집 민들레 6 개체와 몽골, 미국, 영국에서 수집한 민들레 3 개체를 대상으로 RAPD 분석한 결과를 통해 얻어진 다형성 밴드 수 평균 4.7개(Ahn 등, 2003) 보다 높은 수준이다.

서양민들레와 흰민들레의 수집종간 밴드의 다형성 비율은 표 10에서와 같이 증폭된 총 127개의 밴드 중 다형성 밴드가 122개로 96.0%의 다형성을 나타내었다. 이러한 결과는 서부 독일의 14개 지역에서 수집한 민들레속 6종(*T. rubicundum*, *T. brachyglossum*, *T. tortilobum*, *T. lacistophyllum*, *T. parnassicum* and *T. scanicum*)의 26개체를 대상으로 RAPD 분석한 다형성 비율인 78.4%(Christoph, 2004)와 단위 생식으로 번식하는 *Cotoneaster*속 19종 26개 수집개체를 RAPD 분석한 다형성 비율 84.6%(Bartish 등, 2001) 보다 높은 수준의 다형성을 나타낸 결과이다.

Table 10. Sequence of the ISSR primers, number of total bands and number of polymorphic bands amplified by each primer across all 30 accessions of *T. officinale* and *T. coreanum*.

Primer	Sequence *	Total			<i>T. officinale</i>			<i>T. coreanum</i>		
		TB**	PB**	PR****	TB	PB	PR	TB	PB	PR
811	(GA) ₈ C	12	12	100	11	11	100	7	7	100
824	(TC) ₈ G	8	8	100	7	6	85.7	7	7	100
827	(AC) ₈ G	10	10	100	9	9	100	7	7	100
835	(AG) ₈ YC	8	8	100	7	7	100	4	4	100
840	(GA) ₈ YT	9	9	100	8	8	100	5	3	75.0
841	(GA) ₈ YC	10	10	100	10	10	100	6	5	83.3
842	(CT) ₈ RA	10	10	100	8	8	100	5	5	100
847	(CA) ₈ RC	9	9	100	7	6	85.7	5	5	100
852	(TC) ₈ RA	9	9	100	6	6	100	7	7	100
861	(ACC) ₅	6	4	66.6	4	2	50.0	4	2	50.0
862	(AGC) ₅	6	6	100	4	3	75.0	5	5	100
866	(CTC) ₅	9	8	88.8	9	8	88.8	3	1	33.3
873	(GACA) ₄	5	4	80.0	5	4	80.0	5	3	60.0
880	(CGAGA) ₃	10	10	100	9	9	100	10	10	100
889	DBD(AC) ₇	6	5	83.3	5	4	80.0	5	4	80.0
Total		127	122	96.0	109	101	92.6	85	75	88.2

*B: C/G/T, D: A/G/T, R: A/G, Y: C/G

**TB: No. of total bands

***PB: No. of polymorphism bands.

****PR: polymorphism rate (%)

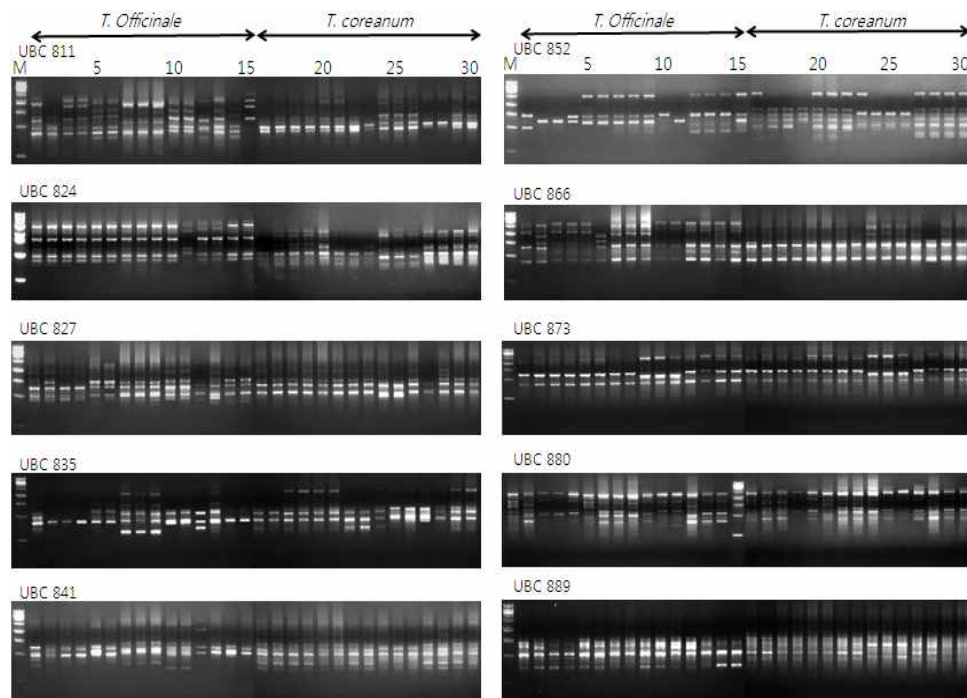


Fig. 12. ISSR electrophoresis profiles for 30 accessions of *T. officinale* and *T. coreanum*. Amplification products were separated on agarose gels (1.6%) in 1xTAE buffer and photographed using gel documentation system (Bio-rad, USA). Lane M: 1 kb ladder marker. Primer names were included in Table 6.

서양민들레의 종내 다형성 비율은 증폭된 총 109개 밴드 중 101개의 다형성 밴드가 검출되어 92.6%의 다형성을 나타내었고, 흰민들레는 총 85개 밴드 중 다형성 밴드는 75개로 88.2%의 다형성을 나타내어 귀화종(naturalized plant)인 서양민들레가 자생종인 흰민들레와 비교하여 높은 종내 유전적 다양성을 나타낸 결과로 Ahn과 Chung(2003)이 자생종인 민들레와 산민들레와 귀화종인 서양민들레의 RAPD 분석 결과 서양민들레의 종내 유전적 다양성이 높게 나타난 결과와 유사하였다. 서양민들레에서 유전적 다양성이 높게 나타난 것은 도시화 및 이산화탄소의 농도, 종간의 경쟁 등 생육 환경의 영향에 따라 귀화종인 서양민들레에서 많은 변이가 보고된 사례들(Kang과 Choi, 1998; Yang, 1995)에 비취볼 때 흰민들레가 상대적으로 제한된 지역에서 유전적으로 안정된 조건에서 생육되고 있음을 간접적으로 시사해 준다.

(라) 국내 5종 ISSR 분석

형태학적 특성으로 파일럿 search한 결과를 바탕으로 선발한 민들레 유전자원 32개체를 대상으로 ISSR 분석한 결과(표 11, 그림 13.), 민들레속 5종간에 모든 프라이머에서 100% 다형성을 나타내었다. 전체 수집 개체간 증폭된 각 프라이머별 총 밴드 수와 다형성 밴드 수는 6개(UBC 810)에서 14개(UBC 808)로 한 프라이머 조합 당 평균 밴드 수는 9.46개였다.

Table 11. Sequence of the ISSR primers, number of total bands and number of polymorphic bands amplified by each primer across all 32 accessions of five species of *Taraxacum*.

Primer	Sequence*	No. of total bands	No. of polymorphism bands	Polymorphism rate(%)
807	(AG) ₈ T	11	11	100
808	(AG) ₈ C	14	14	100
809	(AG) ₈ G	9	9	100
810	(GA) ₈ T	6	6	100
811	(GA) ₈ C	8	8	100
813	(CT) ₈ T	9	9	100
814	(CT) ₈ A	7	7	100
815	(CT) ₈ G	7	7	100
816	(CA) ₈ T	10	10	100
818	(CA) ₈ G	9	9	100
819	(GT) ₈ A	10	10	100
834	(AG) ₈ YT	12	12	100
835	(AG) ₈ YC	7	7	100
838	(TA) ₈ RC	11	11	100
841	(GA) ₈ YC	12	12	100
Total		142	142	100

*B: C/G/T, D: A/G/T, R: A/G, Y: C/G

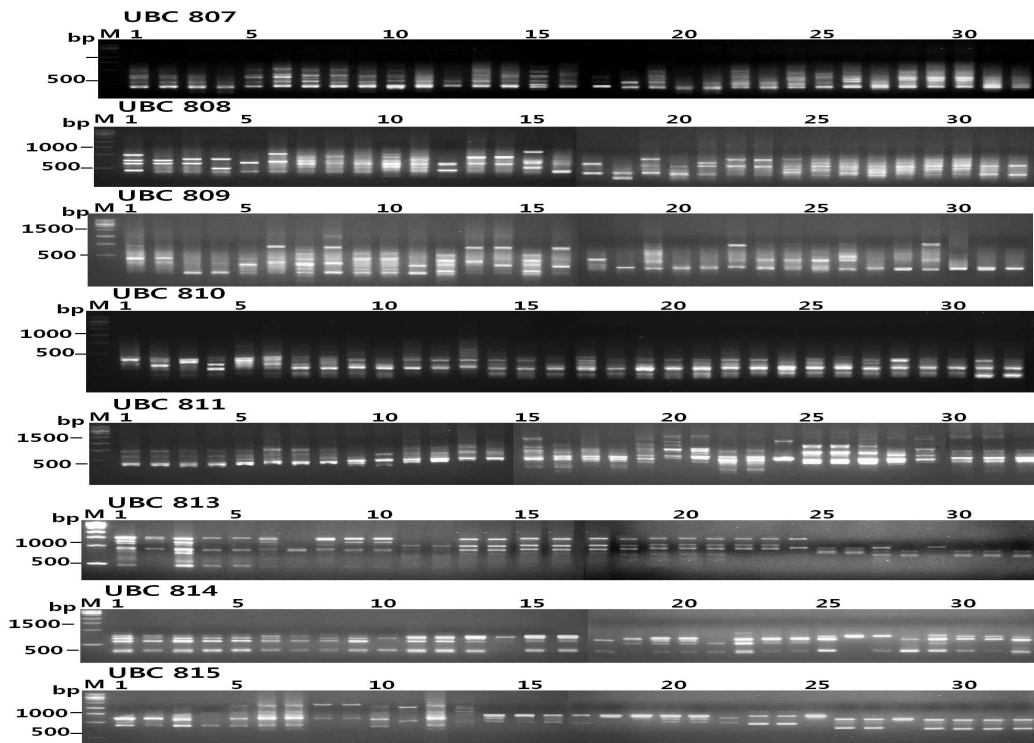


Fig. 13. ISSR electrophoresis profiles for 32 accessions of five species of *Taraxacum*. Amplification products were separated on agarose gels (1.6%) in 1xTAE buffer and photographed using gel documentation system (Bio-rad, USA). Lane M : 1 kb ladder marker. Primer names were included in Table 7.

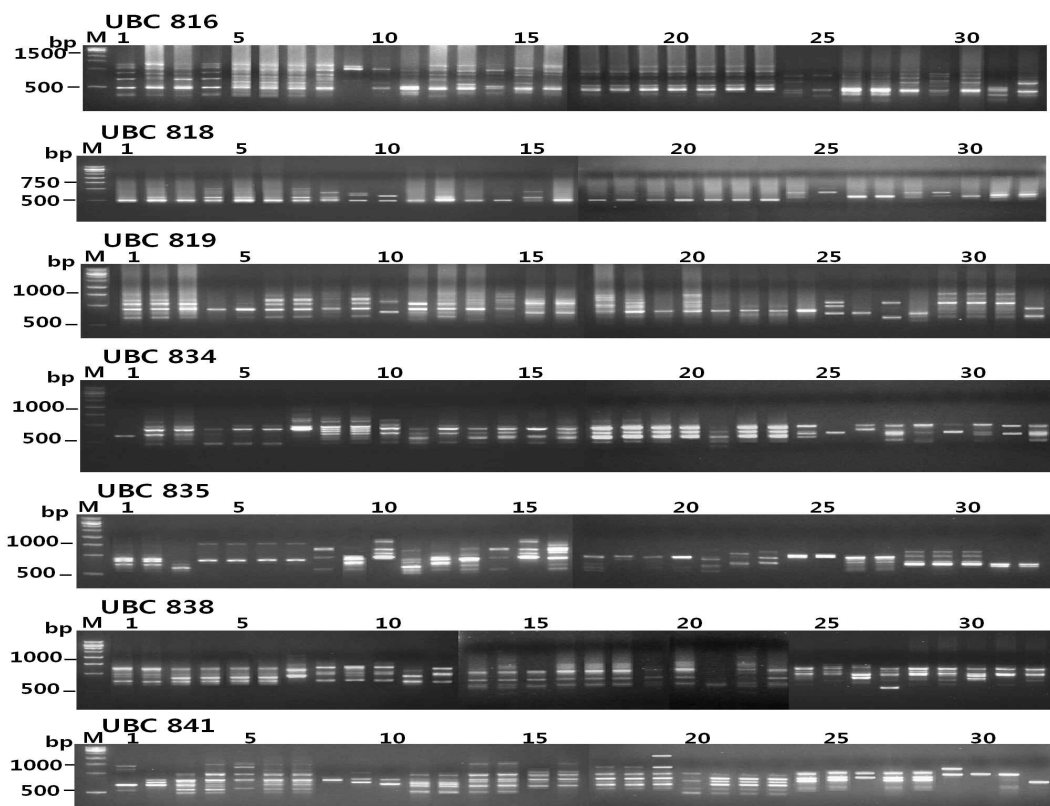


Fig. 13. (continued).

자생종 3종 23개체간 ISSR 분석한 결과는 표 12와 같다. 증폭된 프라이머별 총 밴드 수는 최소 5개(UBC 810)에서 최대 13개(UBC 808)사이로 한 프라이머별 평균 밴드 수는 7.4개였다. 다형성 비율은 증폭된 총 112개 밴드 중 110개의 다형성 밴드가 검출되어 98.2%의 다형성을 나타내었다. 민들레 10개체간 증폭된 각 프라이머별 총 밴드 수는 최소 3개(UBC 814, 815)에서 최대 9개(UBC 808) 사이로 프라이머별 평균 밴드 수는 6.0개였으며, 다형성 비율은 증폭된 91개 밴드 중 86개의 밴드가 다형성을 나타내어 94.5%의 다형성을 나타내었다. 흰민들레 10개체간 증폭된 각 프라이머별 총 밴드 수는 최소 3개(UBC 818)에서 최대 12개(UBC 808) 사이로 프라이머별 평균 밴드 수는 5.8개였으며, 다형성 비율은 증폭된 88개 밴드 중 80개의 밴드가 다형성을 나타내어 90.9%의 다형성을 나타내었다. 흰노랑민들레 3개체 간에는 43.9%의 다형성을 나타내었다. 이는 자생종 흰민들레 15개체를 15개 프라이머로 분석 하여 나타난 88.2%와 비교하여 민들레는 높은 수준의 다형성 비율을 나타낸 결과로 수집지역이 대부분 섬이라는 독특한 환경에서 변이를 축적한 것으로 판단된다.

귀화종 2종 9개체간 증폭된 프라이머별 총 밴드 수는 최소 3개(UBC 814, 815, 835)에서 최대 7개(UBC 834, 838)사이로 프라이머별 평균 밴드 수는 4.8개였고 다형성 비율은 94.5%로 민들레 10개 개체의 다형성 비율과 유사한 수준이었다. 서양민들레 7개체간 프라이머별 밴드 수는 최소 3개(UBC 814, 815, 835)에서 최대 6개(UBC 834, 838) 사이로 프라이머당 평균 4.5개의 밴드가 증폭되었고, 다형성 비율은 증폭된 68개 밴드 중 다형성을 나타낸 밴드가 63개로 92.6%의 다형성을 나타내었다. 붉은씨앗서양민들레 2개체간의 다형성 비율은 25.7%였다(표 13).

Table 12. Sequence of the ISSR primers, number of total bands and number of polymorphic bands amplified by each primer across all 23 accessions of Korean native species of *Taraxacum* *

Primer	Sequence **	No. of total bands				No. of polymorphism bands				Polymorphism rate(%)			
		M ^a	C ^b	F ^c	T ^d	M	C	F	T	M	C	F	T
807	(AG) ₈ T	8	5	5	9	8	5	3	9	100	100	60.0	100
808	(AG) ₈ C	9	12	4	13	9	12	3	13	100	100	75.0	100
809	(AG) ₈ G	7	5	3	7	7	5	2	7	100	100	66.6	100
810	(GA) ₈ T	4	5	4	5	4	4	1	5	100	80.0	25.0	100
811	(GA) ₈ C	4	7	6	7	4	6	5	7	100	85.7	83.3	100
813	(CT) ₈ T	7	4	3	8	7	3	0	8	100	75.0	0.0	100
814	(CT) ₈ A	3	5	3	6	2	5	2	6	66.6	100	66.6	100
815	(CT) ₈ G	3	5	3	6	2	5	2	6	66.6	100	66.6	100
816	(CA) ₈ T	5	6	5	6	5	5	0	6	100	83.3	0.0	100
818	(CA) ₈ G	7	3	1	8	6	3	0	7	85.7	100	0.0	87.5
819	(GT) ₈ A	6	7	2	7	5	7	0	7	83.3	100	0.0	100
834	(AG) ₈ YT	8	4	4	8	7	3	1	7	87.5	75.0	25.0	87.5
835	(AG) ₈ YC	6	6	3	6	6	5	2	6	100	83.3	66.6	100
838	(TA) ₈ RC	6	6	3	7	6	6	3	7	100	100	100	100
841	(GA) ₈ YC	8	8	8	9	8	6	1	9	100	75.0	12.5	100
Total		91	88	57	112	86	80	25	110	94.5	90.9	43.9	98.2

* There Korean native species of *Taraxacum* are used as follows; ^aM: *T. mongolicum*, ^bC: *T. coreanum*, ^cF: *T. coreanum* var. *flavescens*, ^dT: Total.

**B: C/G/T, D: A/G/T, R: A/G, Y: C/G.

Table 13. Sequence of the ISSR primers, number of total bands and number of polymorphic bands amplified by each primer across all naturalized species of *Taraxacum*

Primer	Sequence **	No. of total bands			No. of polymorphism bands			Polymorphism rate(%)		
		O ^a	L ^b	T ^c	O	L	T	O	L	T
807	(AG) ₈ T	4	1	4	4	0	4	100	0.0	100
808	(AG) ₈ C	5	2	5	5	0	5	100	0.0	100
809	(AG) ₈ G	5	1	5	4	0	4	80.0	0.0	80.0
810	(GA) ₈ T	4	3	5	2	1	4	50.0	33.3	80.0
811	(GA) ₈ C	5	3	5	5	0	5	100	0.0	100
813	(CT) ₈ T	4	2	4	4	0	4	100	0.0	100
814	(CT) ₈ A	3	2	3	3	0	3	100	0.0	100
815	(CT) ₈ G	3	2	3	3	0	3	100	0.0	100
816	(CA) ₈ T	6	3	6	5	2	5	83.3	66.6	83.3
818	(CA) ₈ G	4	2	5	4	0	5	100	0.0	100
819	(GT) ₈ A	5	4	5	5	1	5	100	25.0	100
834	(AG) ₈ YT	6	3	7	6	1	7	100	33.3	100
835	(AG) ₈ YC	3	1	3	3	0	3	100	0.0	100
838	(TA) ₈ RC	6	3	7	5	1	6	83.3	33.3	85.7
841	(GA) ₈ YC	5	3	6	5	3	6	100	100	100
Total		68	35	73	63	9	69	92.6	25.7	94.5

* There Korean naturalized species of *Taraxacum* are used as follows; ^aO: *T. officinale*, ^bL: *T. laevigatum*

** B: C/G/T, D: A/G/T, R: A/G, Y: C/G.

(마) 핵 리보솜 DNA 영역의 유전적 다양성 (5.8s rDNA 영역을 포함한 ITS 영역)

염기서열을 분석한 결과(그림 14와 표 14), 전체 수집종의 5.8s rDNA 영역의 염기 길이는 최소 456 bp(No. 2, 4, 8, 11)에서 최대 460 bp(No. 22) 사이로 22개체의 염기의 평균 길이는 457.45 bp였다. 종내 염기의 길이는 민들레가 최저 456 bp(No. 2, 4)에서 최대 458 bp(No. 6)사이로 나타났으며, 흰민들레 최소 456 bp(No. 8, No. 11)에서 최대 459 bp(No. 10) 사이였다. 흰노랑민들레는 모두 457 bp였고, 서양민들레 최소 458 bp(No. 18, 20)에서 최대 459 bp(No. 19) 사이였으며, 붉은씨앗서양민들레는 최소 459 bp(No. 21)에서 최대 460 bp(No. 22)를 나타내었다.

민들레속 유전자원의 5.8s rDNA의 염기조성은 퓨린계의 아데닌이 최소 21.15%(No. 16)에서 최대 22.59%(No. 17)로 22개체의 평균 아데닌 함량은 21.90%였고, 구아닌은 최소 26.87%(No. 13)에서 최대 27.75%(No. 5번, 20번, 21번) 사이로 평균 27.33%였다. 피리미딘계의 티민은 최소 25.33%(No. 21번)에서 최대 26.21%(No. 5, 8, 9, 13, 16, 17) 사이로 평균 25.88%였고 시토신은 최소 24.01%(No. 18)에서 최대 25.33%(No. 17) 사이로 평균 24.89%였다. 전체염기조성에서 피리미딘계가 50.67%로 퓨린계의 49.33% 보다 다소 높은 함량을 나타냈다.

전체 염기서열에서 개체 및 종간 나타난 삽입, 결실 및 치환의 변이부위는 총 49개 영역에서 발생하였다(표 15). 개체별 1개의 nucleotide가 다른 nucleotide로 바뀌는 치환은 총 43개 영역에서 검출되었다(표 15).

종래의 개체별 치환된 염기 중 한 퓨린이 다른 퓨린으로 대체되거나 한 피리미딘이 다른 피리미딘으로 대체되는 transition가 26개 영역, 퓨린이 피리미딘으로 대체되거나 피리미딘이 퓨

린으로 대체되는 transversion은 16개 영역에서 발생하여 transition이 transversion에 비하여 1.62배 이상 발생하였다(표 15). 이러한 결과는 Keller 등(2007)이 rDNA 영역에서 transition이 transversion에 비해 일반적으로 2배 정도 발생한다는 결과와 유사하였으며, 윤 등(2006)은 국내 등글레속 10종에 ITS 영역을 분석한 결과 transition이 transversion에 비해 5배 이상 발생하여 본 연구 결과보다 높은 비율을 나타내었다.

삽입 및 결실 변이는 6개 영역에서 나타났으며, 중간에 나타난 변이로는 334 bp 영역에서 자생종은 구아닌, 귀화종은 시토신을 보유하고 있었으며, 327 ~ 328 bp 사이에 자생종은 결손이었고, 귀화종은 시토신이 삽입되어 있었다. 369 bp에서는 자생종은 아데닌, 귀화종은 구아닌을 보유하고 있었다.

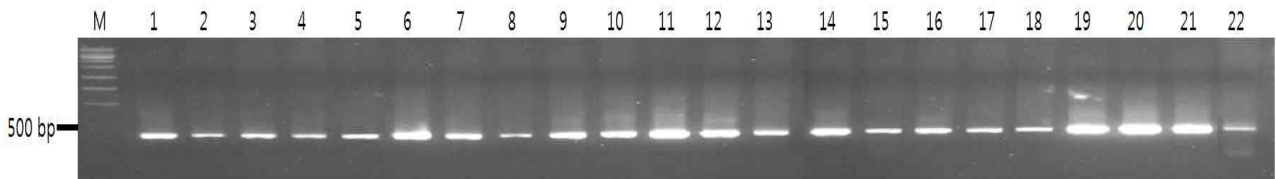


Fig. 14. Electrophoresis profile of PCR products in five species of *Taraxacum* ITS produced by 5.8s rDNA region primer. Amplification products were separated on agarose gels (1.6%) in 1xTAE buffer and photographed using gel documentation system (Bio-rad, USA). Lane M : 1 kb ladder marker.

Table 14. Base frequencies across accession of five species of *Taraxacum* using ITS analysis.

Species	No.*	Base(%)				A+T (%)	G+C (%)	Length (bp)
		A	C	G	T			
<i>T. mongolicum</i>	1	22.25	24.89	27.09	25.77	48.02	51.98	457
	2	21.81	25.11	27.31	25.77	47.58	52.42	456
	3	21.59	25.11	27.53	25.77	47.36	52.64	457
	4	22.03	25.11	27.09	25.77	47.80	52.20	456
	5	21.37	24.67	27.75	26.21	47.58	52.42	457
	6	22.03	25.11	27.09	25.77	47.80	52.20	458
	7	22.03	25.11	27.09	25.77	47.80	52.20	457
<i>T. coreanum</i>	8	21.37	25.11	27.31	26.21	47.58	52.42	456
	9	21.59	24.89	27.31	26.21	47.80	52.20	458
	10	22.25	24.67	27.31	25.77	48.02	51.98	459
	11	21.81	24.89	27.31	25.99	47.80	52.20	456
	12	21.59	24.89	27.53	25.99	47.58	52.42	457
	13	22.25	24.67	26.87	26.21	48.46	51.54	457
	14	21.59	25.33	27.09	25.99	47.58	52.42	458
<i>T. coreanum</i> var. <i>flavescens</i>	15	22.25	24.67	27.31	25.77	48.02	51.98	457
	16	21.15	25.11	27.53	26.21	47.36	52.64	457
	17	21.59	24.89	27.31	26.21	47.80	52.20	457
<i>T. officinale</i>	18	22.47	24.01	27.53	25.99	48.46	51.54	458
	19	22.47	24.89	27.09	25.55	48.02	51.98	459
	20	21.59	25.11	27.75	25.55	47.14	52.86	458
<i>T. laevigatum</i>	21	22.47	24.45	27.75	25.33	47.80	52.20	459
	22	22.25	24.89	27.31	25.55	47.80	52.20	460
Mean		21.90	24.89	27.33	25.88	47.78	52.22	457.4

*1~22: accessions numbers were included in Table 5.

Table 15. Summary of nucleotides from comparison of the rDNA-ITS sequence among 22 accessions of five species of *Taraxacum*

No. \ bp	25	38	45	59	60	79	80	83	88	94	119	146	147	151	153
1	T	C	C	G	T	T	A	C	A	A	G	A	T	A	A
2	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	A	T	A	A
3	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	A	T	G	A
4	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	A	T	A	A
5	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	A	T	A	G
6	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	A	T	A	A
7	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	A	T	A	A
8	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	A	T	A	A
9	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	T	T	A	A
10	A	A	A	G	C	T	T	C	A	C	G	A	T	A	A
11	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	A	T	A	A
12	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	A	T	A	A
13	T	C	C	T	T	T	A	C	A	C	A	A	T	A	A
14	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	A	T	A	A
15	A	A	A	G	C	T	A	C	A	C	G	T	T	A	A
16	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	A	T	A	A
17	T	C	C	G	T	T	A	C	A	C	G	T	T	A	A
18	A	A	A	G	C	A	A	T	A	C	G	A	T	A	A
19	A	A	A	G	C	T	A	C	A	C	G	A	T	A	A
20	A	A	A	G	C	T	A	C	G	C	G	A	C	A	A
21	A	A	A	G	C	A	A	T	A	C	G	A	T	A	A
22	A	A	A	G	C	T	A	C	A	C	G	A	T	A	A

*1~22: accessions numbers were included in Table 5.

Table 15. (continued).

No. \ bp	158	176	196	259	276	279	285	286	287	299	314	318	321	324
1	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	C	C	C
2	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	C	C	C
3	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	C	C	C
4	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	C	C	C
5	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	T	C	T
6	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	T	C	C
7	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	C	C	C
8	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	C	C	C
9	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	C	C	T
10	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	T	C	C
11	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	T	C	C
12	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	G	T	C	C
13	T	A	A	T	G	A	T	C	G	G	A	T	C	C
14	T	C	A	C	G	A	C	T	G	A	A	C	C	C
15	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	C	C	T
16	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	C	C	C
17	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	C	C	T
18	T	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	C	T	C
19	T	C	A	C	A	A	T	T	C	G	A	C	C	C
20	T	C	T	C	G	G	T	T	C	G	A	C	C	C
21	C	C	A	C	G	A	T	T	G	G	A	C	T	C
22	T	C	A	C	G	A	T	T	C	G	A	C	C	C

*1~22: accessions numbers were included in Table 5.

Table 15. (continued).

No.	bp														
	328	334	342	348	349	360	364	370	375	377	390	409	420	432	
1	A	G	A	A	A	T	A	A	G	C	T	C	C	C	
2	A	G	A	A	G	T	A	A	G	C	T	C	C	C	
3	A	G	A	A	G	T	A	A	G	C	T	C	C	C	
4	A	G	A	A	A	T	A	A	G	C	T	C	C	C	
5	G	G	A	A	G	T	A	A	G	C	T	C	C	C	
6	A	G	A	A	A	C	A	A	G	C	T	C	C	C	
7	A	G	A	A	A	T	A	A	G	C	T	C	C	C	
8	A	G	A	T	G	T	T	A	G	C	T	C	C	C	
9	G	G	A	A	G	T	A	A	A	C	T	C	C	C	
10	A	G	A	A	G	T	A	A	G	C	T	C	C	C	
11	A	G	A	A	G	T	A	A	G	C	T	C	C	C	
12	A	G	A	A	G	T	A	A	G	C	T	C	C	C	
13	A	G	A	A	G	T	A	A	G	C	T	C	C	C	
14	A	G	A	T	G	T	T	A	G	C	T	C	C	C	
15	G	G	A	A	G	T	A	A	A	C	T	C	C	C	
16	A	G	G	T	G	T	T	A	G	C	T	C	C	C	
17	G	G	A	A	G	T	A	A	A	C	T	C	C	C	
18	A	C	A	A	G	T	A	G	G	T	T	G	T	C	
19	A	C	A	A	G	T	A	G	G	T	T	G	C	C	
20	A	C	A	A	G	T	A	G	G	T	T	G	C	C	
21	A	C	A	A	G	T	A	G	G	C	G	G	C	T	
22	A	C	A	A	G	T	A	G	G	T	T	G	C	C	

*1~22: accessions numbers were included in Table 5.

총 22 수집 개체간의 5.8s rDNA ITS 영역의 염기서열의 유사도는 최저 0.950(No. 15 흰노랑민들레; 천안과 No. 22 붉은씨앗서양민들레; 순천 사이)에서 최고 0.997(흰민들레 No. 9; 남원과 서양민들레 No. 18; 정선 사이) 사이로, 22개 전체 염기서열의 유사도 평균은 0.974였다(표 16).

Table 16. Sequence similarity of 5.8s rDNA-ITS region among 22 accessions of five species of *Taraxacum*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	ID																					
2	0.993	ID																				
3	0.993	0.995	ID																			
4	0.995	0.997	0.993	ID																		
5	0.986	0.989	0.989	0.986	ID																	
6	0.991	0.989	0.989	0.991	0.986	ID																
7	0.997	0.995	0.995	0.997	0.989	0.993	ID															
8	0.989	0.995	0.991	0.993	0.984	0.984	0.991	ID														
9	0.984	0.986	0.986	0.984	0.989	0.984	0.986	0.982	ID													
10	0.976	0.978	0.978	0.976	0.976	0.980	0.978	0.973	0.973	ID												
11	0.991	0.997	0.993	0.995	0.991	0.991	0.993	0.993	0.984	0.980	ID											
12	0.991	0.993	0.993	0.991	0.991	0.991	0.993	0.989	0.984	0.980	0.995	ID										
13	0.967	0.969	0.969	0.967	0.963	0.967	0.969	0.965	0.965	0.982	0.967	0.967	ID									
14	0.984	0.986	0.986	0.984	0.980	0.984	0.986	0.991	0.982	0.973	0.984	0.984	0.965	ID								
15	0.982	0.984	0.984	0.982	0.982	0.982	0.984	0.980	0.975	0.971	0.986	0.986	0.958	0.975	ID							
16	0.971	0.975	0.973	0.973	0.975	0.971	0.973	0.971	0.986	0.978	0.973	0.971	0.969	0.969	0.962	ID						
17	0.984	0.991	0.986	0.989	0.980	0.984	0.986	0.995	0.982	0.973	0.989	0.984	0.965	0.991	0.975	0.971	ID					
18	0.986	0.989	0.989	0.986	0.991	0.982	0.989	0.984	0.997	0.971	0.986	0.986	0.963	0.980	0.978	0.984	0.980	ID				
19	0.962	0.965	0.965	0.962	0.958	0.958	0.965	0.960	0.956	0.971	0.962	0.962	0.984	0.956	0.954	0.960	0.956	0.958	ID			
20	0.965	0.967	0.967	0.965	0.960	0.960	0.967	0.963	0.958	0.973	0.965	0.965	0.991	0.958	0.956	0.963	0.958	0.960	0.984	ID		
21	0.960	0.962	0.962	0.960	0.956	0.956	0.962	0.958	0.954	0.969	0.960	0.960	0.986	0.954	0.952	0.958	0.954	0.956	0.980	0.986	ID	
22	0.958	0.960	0.960	0.958	0.954	0.958	0.960	0.956	0.956	0.971	0.958	0.958	0.980	0.956	0.950	0.960	0.956	0.954	0.986	0.976	0.971	ID

*1~22 : accessions numbers were included in Table 5.

자생종 17개체 간에 염기 서열의 유사도 평균이 0.974였고, 귀화종 5종간에는 평균 0.973으로 자생종 내와 귀화종 내 염기서열의 유사도가 비슷한 수준이었다. 5개 종내 염기서열 유사도는 민들레 최소 0.986(No. 5와 No. 1, 4, 6)에서 최고 0.997(No. 7과 No. 1, 4, No. 2와 No. 4) 사이로 민들레 7개체의 평균 염기서열 유사도는 0.991이었다. 흰민들레의 종내 염기서열 유사도는 최저 0.965(No. 13과 No. 8, 9, 14)에서 최고 0.998 (No. 11과 No. 12) 사이로 종내 7개체의 평균은 0.977이었다. 흰노랑민들레 3개체간의 염기서열 유사도는 최소 0.962(No. 15와 No. 16)에서 최대 0.975(No. 15와 No. 17) 사이로 평균 0.970의 염기서열 유사도를 나타내었다. 서양민들레 3개체 간에는 최저 0.958(No. 18과 No. 19)에서 최고 0.980(No. 19와 No. 20) 사이로 평균 0.972였고, 붉은씨앗서양민들레 2개체 간에는 0.971이었다.

종간의 염기서열 유사도는 자생종 17개체와 귀화종 5개체간 최소 0.950(No. 15와 No. 22)에서 최대 0.997(No. 9와 No. 18) 사이로 자생종과 귀화종의 염기서열 유사도의 평균은 0.966이었다. 자생종간에 염기서열 유사도는 최소 민들레 7개체와 흰민들레흰민들레 7개체 간에 최소 0.963(No. 5와 No. 13)에서 최대 0.997(No. 2와 No. 11)로 두 종간 염기서열의 유사도 평균은 0.984였다. 민들레와 흰노랑민들레 수집 개체간의 염기서열 유사도는 최저 0.971(No. 16과 No. 1, 6)에서 최대 0.991(No. 2와 No. 17) 사이로 두 종간 염기서열 유사도 평균은 0.981로 흰민들레와 유사한 염기서열의 유사도를 나타내었다. 흰민들레와 흰노랑민들레간의 염기서열 유사도는 최소 0.958(No. 13과 No. 15)에서 최대 0.995(No. 8과 No. 17) 사이로 두 종간에 염기서열 유사도 평균은 0.977이었다. 자생종은 민들레와 귀화종인 서양민들레간의 염기서열 유사도는 최소 0.958(No. 19와 No. 5, 6)에서 최대 0.991(No. 5와 No. 18) 사이로 두 종간의 염기서열 유사도 평균은 0.971이었다. 민들레와 붉은씨앗서양민들레간의 염기서열 유사도는 최소 0.954(No. 5와 No. 22)에서 최대 0.962(No. 21과 No. 2, 3, 7)로 두 종간 염기서열 유사도 평균은 0.959였다. 흰민들레와 서양민들레간의 염기서열 유사도는 최소 0.956(No. 19와 No. 9, 14)에서 최대 0.997(No. 9와 No. 18) 사이로 평균 0.971이었고, 흰민들레와 붉은씨앗서양민들레의 염기서열 유사도 지수는 최소 0.954(No. 21과 No. 9, 14)에서 0.980(No. 13과 No. 22) 사이로 평균 0.963의 염기서열 유사도를 나타내었다. 흰노랑민들레와 서양민들레간의 염기서열 유사도 지수는 최소 0.954(No. 15와 No. 19)에서 최대 0.984(No. 16과 No. 18) 사이로 평균 0.965의 염기서열 유사도 지수를 나타내었다. 흰노랑민들레와 붉은씨앗서양민들레의 염기서열 유사도는 최소 0.954(No. 18과 No. 22)에서 최대 0.960(No. 16과 No. 22) 사이로 염기서열 유사도 지수 평균은 0.955였다. 위 결과로 두 종간 가장 높은 염기서열의 유사도 평균은 자생종 민들레와 흰민들레 사이가 가장 높았으며, 민들레-흰노랑민들레 > 흰민들레-흰노랑민들레 > 서양민들레-붉은씨앗서양민들레 > 민들레-서양민들레=흰민들레-서양민들레 > 흰노랑민들레-서양민들레 > 흰민들레-붉은씨앗서양민들레 > 민들레-붉은씨앗서양민들레 > 흰노랑민들레-붉은씨앗서양민들레 순으로 나타났다.

Neighbor-joining phylogenetic tree로 계통분류를 실시한 결과 자생종과 귀화종이 분리되어 분류되었고 전체 수집종이 4개 분류군과 독립적으로 존재하는 1개체로 나뉘어졌다. 1 그룹과 2 그룹은 자생종 민들레인 민들레와 흰민들레, 흰노랑민들레가 속하였고, 3 그룹은 귀화종 민들레인 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레가 종간 구분 없이 유집되었다. 4 그룹은 노지지역에서 수집한 흰민들레가 속하였으며, 내륙에서 수집한 자생종 민들레(No. 1)는 독립적으로 존재하였다.

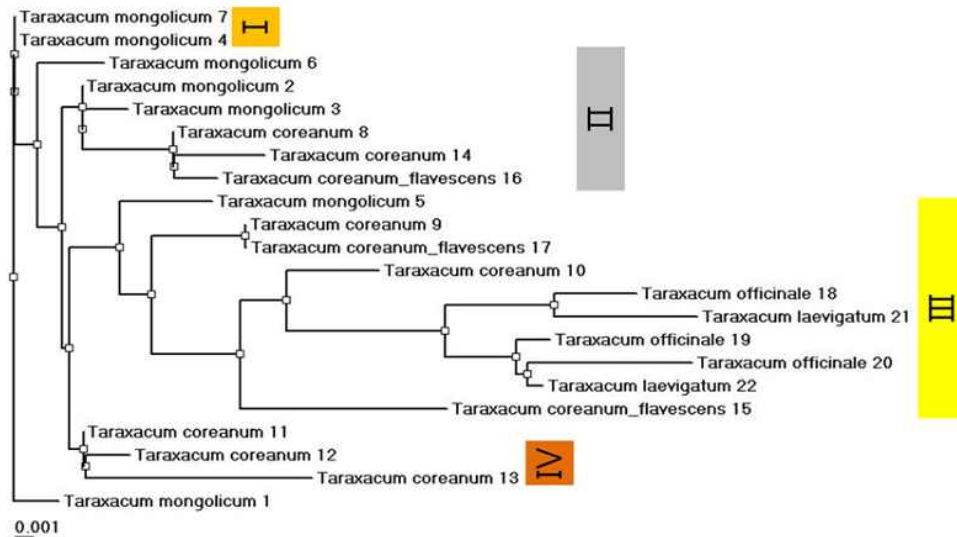


Fig. 15. Neighbor-joining(NJ) tree of sequences regions of 5.8s rDNA-ITS region 22 accession. Relative distance indicates above the node and branches. Bottstrap values are found below branches.

(바) 엽록체 DNA 영역의 유전적 다양성

국내 내륙, 도서, 산, 해안에서 수집한 민들레속 유전자원의 지역별, 고도별 유전적 변이를 관찰하기 위하여 Taberlet 등(1991)이 고안한 프라이머를 이용하여 5종 23개체를 분석하였다. 각 민들레 수집종에서 증폭한 PCR 산물은 그림 16과 같다. 증폭된 *trnL*(UAA) 5'exon-*trnF*(GAA) 영역의 유전자산물을 클로닝하여 염기서열을 분석한 결과(표 17), 민들레와 흰민들레 모두 930 bp였고, 흰노랑민들레는 929 ~ 930 bp, 귀화종인 서양민들레 910 bp, 붉은 씨앗서양민들레 975 bp를 나타내었다.



Fig. 16. Electrophoresis profile of PCR products in five species of *Taraxacum* cpDNA produced by *trnL-trnF* region primer. Amplification products were separated on agarose gels (1.6%) in 1xTAE buffer and photographed using gel documentation system (Bio-rad, USA). Lane M: 1 kb ladder marker.

민들레속 유전자원의 *trnL-trnF*의 염기조성은 퓨린계의 아데닌이 33.85 ~ 35.05%로 평균 34.83%였고, 구아닌 19.14 ~ 20.00%로 평균 19.39%였다. 피리미딘계의 티민은 27.90 ~ 28.28%로 평균 28.15%였고, 시토신은 17.42 ~ 18.05%로 평균 17.63%였다. 전체 염기조성에서 피리미딘계가 54.22%로 퓨린계의 45.88% 보다 8.34% 높았다. <G+C> 함량의 평균은 귀화종(서양민들레 37.28%, 붉은씨앗서양민들레 38.15%)이 자생종(민들레 36.80%, 흰민들레 36.93%, 흰노랑민들레 36.79%)보다 높은 경향이였다(표 17).

trnL-trnF 영역의 염기서열을 조사한 결과는 표 18과 같다. 자생종 8개체(민들레 3번, 4번 5번, 7번, 8번, 흰민들레 14번, 흰노랑민들레 16번, 17번)는 *trnL-trnF*의 염기조성이 종에 관계없이 모두 동일하였다. 개체 및 종간 나타난 삽입, 결실 및 치환의 변이부위는 총 47개 영역에서 발생하였다. 종내 개체별 1개의 염기가 다른 염기로 바뀌는 치환은 총 43개 영역에서 발생하였고, 개체별 치환된 염기 중 한 퓨린이 다른 퓨린으로 대체되거나 한 피리미딘이 다른 피리미딘으로 대체되는 transition이 15개 영역, 퓨린이 피리미딘으로 대체되거나 피리미딘이 퓨린으로 대체되는 transversion은 7개 영역에서 발생하여 transition이 transversion에 비하여 2배 이상 검출되었다. 삽입 및 결실 변이는 4개 영역에서 119개 염기의 변이가 검출되었다(표 18).

종특이적인 염기부위로는 290→291 bp 사이에서 서양민들레 종특이적 염기(GTAGACATAA)가 삽입되었다. 붉은씨앗서양민들레는 898 ~ 75 bp 사이에 77개 염기(CTGGCCTCCTCAGGAATTAGTTGGGATAGCTCAGTT TGGTAGAGCAGAGGACTGAAAATCCTCGTGTACCTGTTC AAAT)를 보유하였다. 또한 귀화종과 자생종간 나타난 염기서열의 차이는 604 bp 영역에서는 귀화종 2종의 염기가 시토신, 자생종은 아데닌, 679 ~ 680 bp 사이에 귀화종은 25개 염기가 결실이었고, 자생종은 CTGA ACTTACAAAGTTGTTCTTTTGACAAA였다. 809 bp 영역에서는 귀화종이 시토신, 자생종은 티민 또는 아데닌이었다. 826 bp에서 귀화종은 시토신, 자생종은 구아닌, 824 bp에서 귀화종은 티민, 자생종은 시토신, 826 bp 귀화종 시토신, 자생종 구아닌, 837 ~ 838 bp 귀화종 TG, 자생종 GT, 843 bp 귀화종 아데닌, 자생종 티민, 856 bp 귀화종 티민, 자생종 시토신이었다.

Table 17. Base frequencies across 23 accessions of five species of *Taraxacum* using *trnL-trnF* region analysis.

Species	Nb.*	Base(%)				A+T (%)	G+C (%)	Length (bp)
		A	C	G	T			
<i>T. mongolicum</i>	1	34.95	17.63	19.25	28.17	63.12	36.88	930
	2	34.84	17.53	19.35	28.28	63.12	36.88	930
	3	34.95	17.52	19.25	28.28	63.23	36.77	930
	4	34.95	17.53	19.25	28.27	63.22	36.78	930
	5	34.95	17.53	19.25	28.27	63.22	36.78	930
	6	34.95	17.42	19.35	28.28	63.23	36.77	930
	7	34.95	17.53	19.25	28.27	63.22	36.78	930
	8	34.95	17.53	19.25	28.27	63.22	36.78	930
<i>T. coreanum</i>	9	34.95	17.74	19.25	28.06	63.01	36.99	930
	10	34.95	17.64	19.35	28.06	63.01	36.99	930
	11	34.73	17.64	19.46	28.17	62.90	37.10	930
	12	34.95	17.64	19.35	28.06	63.01	36.99	930
	13	34.95	17.64	19.25	28.16	63.11	36.89	930
	14	34.95	17.53	19.25	28.27	63.22	36.78	930
	15	35.05	17.64	19.14	28.17	63.22	36.78	930
<i>T. coreanum</i> var. <i>flavescens</i>	16	34.95	17.53	19.25	28.27	63.22	36.78	930
	17	34.95	17.53	19.25	28.27	63.22	36.78	930
	18	34.88	17.54	19.27	28.31	63.19	36.81	929
<i>T. officinale</i>	19	34.95	17.47	19.56	28.02	62.97	37.03	910
	20	34.84	17.80	19.56	27.80	62.64	37.36	910
	21	34.84	17.91	19.56	27.69	62.53	37.47	910
<i>T. laevigatum</i>	22	33.85	18.05	20.00	28.10	61.95	38.05	975
	23	33.85	18.05	20.20	27.90	61.75	38.25	975
Mean		34.83	17.63	19.39	28.15	62.98	37.02	931.2

*1~23 : accessions numbers were included in Table 5.

Table 18. Summary of nucleotides from comparison of the *trnL-trnF* sequence among 23 accessions of five species of *Taraxacum*

No.*	bp	16	25	26	27	31	44	124	147	161	202	219	270	275	458	484
1	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
2	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	G	
3	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
4	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
5	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
6	G	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
7	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
8	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
9	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
10	C	T	A	A	G	T	G	A	A	T	T	G	A	T	A	
11	C	T	A	A	G	T	A	G	G	T	T	G	A	T	A	
12	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	A	G	A	C	A	
13	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
14	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
15	C	T	A	A	G	T	A	A	A	C	T	A	A	T	A	
16	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
17	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
18	C	T	A	A	G	T	A	A	A	T	T	G	A	T	A	
19	C	T	A	A	G	T	A	G	A	T	T	G	T	T	A	
20	C	C	C	C	G	T	A	G	A	T	T	G	A	T	A	
21	C	C	C	C	G	C	A	G	A	T	T	G	A	T	A	
22	C	T	A	A	T	T	A	G	A	T	T	G	A	T	A	
23	C	T	A	A	G	T	A	G	A	T	T	G	A	T	A	

*1~23 : accessions numbers were included in Table 5.

Table 18. (Continued).

No.*	bp	512	520	603	653	663	739	810	817	821	827	832	836	838	839
1	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
2	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
3	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
4	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
5	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
6	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
7	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
8	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
9	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
10	T	A	A	C	T	T	A	A	G	G	C	C	G	T	
11	C	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
12	T	G	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
13	T	A	A	C	T	C	T	A	G	G	T	C	G	T	
14	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
15	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
16	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
17	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
18	T	A	A	C	T	T	T	A	G	G	T	C	G	T	
19	T	A	C	A	G	T	C	G	A	C	T	T	T	G	
20	T	A	C	A	G	T	C	G	A	C	T	T	T	G	
21	T	A	C	A	G	T	C	G	A	C	T	T	T	G	
22	T	A	C	A	T	T	C	G	A	C	T	T	T	G	
23	T	A	C	A	T	T	C	G	A	C	T	T	T	G	

*1~23 : accessions numbers were included in Table 5.

Table 18. (Continued).

No. *	bp														
	844	857	869	870	871	883	887	896	898	901	904	911	922	938	
1	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
2	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
3	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
4	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
5	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
6	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
7	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
8	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
9	T	C	C	G	T	C	C	A	A	A	G	C	A	A	
10	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
11	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
12	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
13	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
14	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
15	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
16	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
17	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
18	T	C	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
19	A	T	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
20	A	T	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
21	A	T	T	G	T	C	T	A	A	A	G	C	A	A	
22	A	T	T	C	C	T	C	G	G	A	C	T	T	G	
23	A	T	T	C	C	T	C	G	G	G	C	T	T	G	

*1~23 : accessions numbers were included in Table 5.

총 23개 수집 개체간의 염기서열의 유사도는 최저 0.864(흰민들레 No. 12와 붉은씨앗서양민들레 No. 22, 24)였고 자생종 중 민들레 5개체(No. 3, 4, 5, 7, 8)와 흰민들레 1 수집 개체(No. 14), 흰노랑민들레 2 수집 개체(No. 16, 17)는 *trnL-trnF*의 염기조성이 종에 관계없이 모두 동일하여 염기서열의 유사도가 1.00을 나타내었다. 23개 전체 염기서열의 유사도 평균은 0.963이었다.

종 내 염기서열 유사도는 민들레가 최저 0.996(No. 1과 No. 8, No. 2와 No. 8, No. 6과 8) 최고 1.000(No. 3, No 4, No. 7, No. 8) 사이로 민들레 8 개체의 평균 염기서열 유사도는 0.998이었다. 흰민들레의 종 내 염기서열 유사도는 최저 0.993(No. 10과 No. 11, 12)에서 최고 0.998(No. 11번과 No. 13번, No. 14번, No. 10번과 14번) 사이로 종내 6 개체의 평균은 0.992였다. 흰노랑민들레 3개체간의 염기서열 유사도는 모두 0.995였고, 서양민들레 3개체 간에는 최저 0.992(No. 18과 No. 19번)에서 최고 0.998(No. 20과 21) 사이로 평균 0.994, 붉은씨앗서양민들레 2개체 간에는 0.994였다.

종간의 염기서열 유사도 평균은 흰민들레와 노랑흰민들레가 0.993으로 가장 높았으며, 민들레와 흰민들레, 흰노랑민들레 사이가 0.988이었다. 자생종과 귀화종간 염기서열 유사도는 서양민들레와 민들레간 0.977, 서양민들레와 흰민들레간 0.974, 서양민들레와 흰노랑민들레간 0.975, 붉은씨앗서양민들레와 민들레간 0.947, 붉은씨앗서양민들레와 흰민들레, 흰노랑민들레간 0.944로 자생종간 염기서열 유사도 평균보다 낮았으며, 귀화종인 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레의 염기서열 유사도는 0.958로 자생종과 귀화종간 보다 높고 자생종간보다 낮은 염기서열 유사도를 보였다. 이는 Yuan(2008)이 국내 자생종 6종(*T. coreanum*, *T. coreanum* var. *flavescens*, *T. platyepicidum*, *T. hallaisanense*, *T. mongolicum*, *T. ohwianum*)과 귀화종 2종(*T. officinale*, *T. laevigatum*)을 대상으로 *trnT-L-F* 영역을 분석하여 염기서열 유사도가 자생종이 귀화종보다 높게 나타난 것과 유사한 결과이다.

Table 19. Sequence similarity of *trnL-trnF* regions among 23 accessions of five species of *Taraxacum*

	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	ID																							
2	0.997	ID																						
3	0.998	0.998	ID																					
4	0.998	0.998	1.000	ID																				
5	0.998	0.998	1.000	1.000	ID																			
6	0.997	0.997	0.998	0.998	0.998	ID																		
7	0.998	0.998	1.000	1.000	1.000	0.998	ID																	
8	0.998	0.998	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000	ID																
9	0.996	0.996	0.997	0.997	0.997	0.996	0.997	0.997	ID															
10	0.995	0.995	0.996	0.996	0.996	0.995	0.996	0.996	0.994	ID														
11	0.995	0.995	0.996	0.996	0.996	0.995	0.996	0.996	0.994	0.993	ID													
12	0.995	0.995	0.996	0.996	0.996	0.995	0.996	0.996	0.994	0.993	0.993	ID												
13	0.997	0.997	0.998	0.998	0.998	0.997	0.998	0.998	0.996	0.995	0.995	0.995	ID											
14	0.998	0.998	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	0.997	0.996	0.996	0.996	0.998	ID										
15	0.996	0.996	0.997	0.997	0.997	0.996	0.997	0.997	0.995	0.994	0.994	0.994	0.996	0.997	ID									
16	0.998	0.998	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	0.997	0.996	0.996	0.996	0.998	1.000	0.997	ID								
17	0.998	0.998	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	0.997	0.996	0.996	0.996	0.998	1.000	0.997	1.000	ID							
18	0.997	0.997	0.998	0.998	0.998	0.997	0.998	0.998	0.996	0.995	0.995	0.997	0.998	0.996	0.998	0.998	0.998	ID						
19	0.940	0.939	0.940	0.940	0.940	0.939	0.940	0.940	0.938	0.938	0.939	0.937	0.939	0.940	0.938	0.940	0.939	0.940	0.939	ID				
20	0.938	0.937	0.938	0.938	0.938	0.937	0.938	0.938	0.936	0.936	0.937	0.935	0.936	0.937	0.938	0.938	0.938	0.937	0.935	ID				
21	0.937	0.936	0.937	0.937	0.937	0.936	0.937	0.937	0.935	0.935	0.936	0.934	0.936	0.937	0.935	0.937	0.937	0.936	0.994	0.998	ID			
22	0.867	0.866	0.867	0.867	0.867	0.866	0.867	0.867	0.867	0.865	0.866	0.864	0.866	0.867	0.865	0.867	0.866	0.866	0.894	0.892	0.891	ID		
23	0.867	0.866	0.867	0.867	0.867	0.866	0.867	0.867	0.867	0.865	0.866	0.864	0.865	0.867	0.866	0.867	0.867	0.866	0.894	0.892	0.891	0.996	ID	

*1~23 : accessions numbers were included in Table 5.

Neighbor-joining phylogenetic tree로 유연관계를 분석한 결과, *trnL*[UAA]-*trnF*[GAA]에서는 전체 수집종이 4개 분류군으로, 자생종과 귀화종이 독립적으로 분류되었고, 흰노랑민들레를 제외한 다른 종들도 독립적으로 그룹을 이루었다. 특히 조계산에서 수집한 흰민들레는 ISSR 분석과 *trnL*[UAA]-*trnF*[GAA] 영역의 Neighbor-joining phylogenetic tree에서 모두 독립적으로 유집되어 변이성이 높은 유전자원으로 분류되었다. 차후 이러한 유전자원의 기능성 등에 관한 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

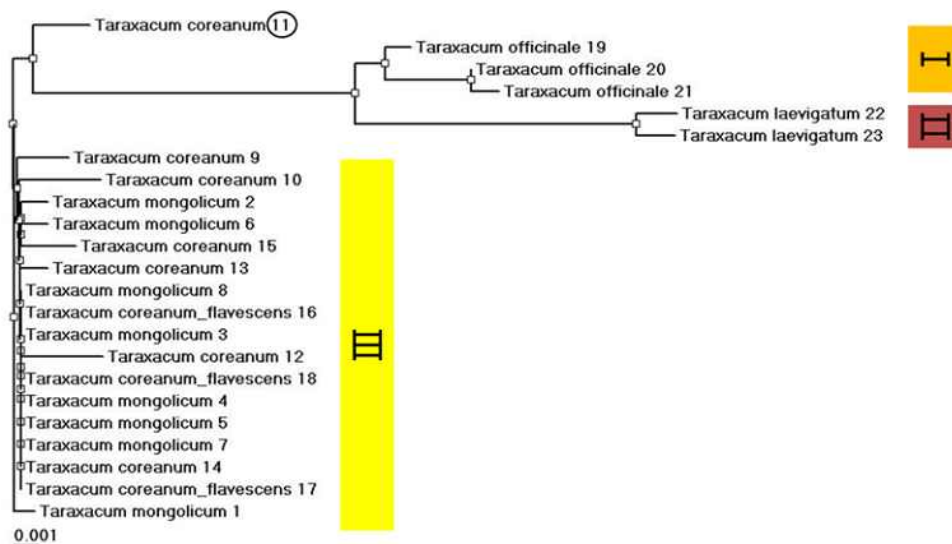


Fig. 17. Neighbor-joining(NJ) tree of sequences *trnL-trnF* regions of 23 accession. Relative distance indicates above the node and branches. Bottstrap values are found below branches.

국내 내륙, 도서, 산, 해안에서 수집한 민들레속 유전자원 5종 21개체에서 증폭한 *rps16-trnK*의 산물은 그림 18과 같다. 증폭산물을 크로닝하여 염기서열을 분석한 결과(표 20), 민들레가 883 bp, 흰민들레 874 ~ 879 bp, 흰노랑민들레 879 bp, 서양민들레 878 bp였고, 붉은씨앗서양민들레는 847 bp로 종에 따라서 차이를 나타내었다.



Fig. 18. Electrophoresis profile of PCR products in 21 accessions(skipped in accession no. 7 and no. 10) five species of *Taraxacum* cpDNA produced by *rps16-trnK* region primer. Amplification products were separated on agarose gels (1.6%) in 1xTAE buffer and photographed using gel documentation system (Bio-rad, USA). Lane M : 1 kb ladder marker.

Table 20. Base frequencies across 21 accessions of five species of *Taraxacum* using *rps16* and *trnK* analysis.

Species	No.	Base(%)				A+T (%)	G+C (%)	Length (bp)
		A	C	G	T			
<i>T. mongolicum</i>	1*	27.75	14.84	13.25	44.16	71.91	28.09	883
	2	27.75	14.84	13.36	44.05	71.80	28.20	883
	3	27.75	14.84	13.36	44.05	71.80	28.20	883
	4	27.75	14.95	13.25	44.05	71.80	28.20	883
	5	27.85	14.84	13.36	43.95	71.80	28.20	883
	6	27.86	14.84	13.25	44.05	71.91	28.09	883
	8	27.86	14.73	13.25	44.16	72.02	27.98	883
<i>T. coreanum</i>	9	27.69	14.76	13.27	44.28	71.97	28.03	874
	11	27.65	14.67	13.31	44.37	72.02	27.98	879
	12	27.76	14.56	12.97	44.71	72.47	27.53	879
	13	27.87	14.67	12.86	44.60	72.47	27.53	879
	14	27.76	14.79	13.08	44.37	72.13	27.87	879
	15	27.87	14.67	12.98	44.48	72.35	27.65	879
<i>T. coreanum</i> var. <i>flavescens</i>	16	27.76	14.67	12.98	44.60	72.36	27.65	879
	17	27.76	14.79	12.97	44.60	72.36	27.76	879
	18	27.76	14.67	13.20	44.37	72.13	27.87	879
<i>T. officinale</i>	19	27.90	14.69	13.44	43.97	71.87	28.13	878
	20	27.79	14.92	13.55	43.74	71.53	28.47	878
	21	27.79	15.03	13.68	43.50	71.29	28.71	878
<i>T. laevigatum</i>	22	27.83	15.45	13.80	42.92	70.75	29.25	848
	23	27.74	15.47	13.58	43.21	70.95	29.05	847
Mean		27.79	14.84	13.27	44.10	71.89	28.12	876.95

*1~23: accessions numbers were included in Table 5 (skipped in accession no. 7 and no. 10).

민들레속 유전자원의 *rps16-trnK*의 염기조성은 퓨린계의 아데닌은 27.65 ~ 27.90%로 평균

27.79%였고, 구아닌은 12.97 ~ 13.80%로 평균 13.27%였다. 피리미딘계의 티아민은 42.92 ~ 44.71로 평균 44.10%였고, 시토신은 14.56 ~ 15.47%로 평균 14.84%였다. 전체 염기조성에서 피리미딘계가 58.94%로 퓨린계의 41.06% 보다 17.88% 높았다. <G+C> 함량 평균은 귀화종(서양민들레 28.43%, 붉은씨앗서양민들레 29.15%)이 자생종(민들레 28.14%, 흰민들레 27.77%, 흰노랑민들레 27.76%)보다 높은 경향이였다(표 20).

전체 염기서열에서 개체 및 종간 나타난 삽입, 결실 및 치환의 변이부위는 총 33개 영역에서 발생하였다(표 21). 개체별 1개의 nucleotide가 다른 염기로 바뀌는 치환은 총 28개 영역에서 검출되었다.

종 내의 개체별 치환된 염기 중 한 퓨린이 다른 퓨린으로 대치되거나 한 피리미딘이 다른 피리미딘으로 대치되는 transition이 17개 영역, 퓨린이 피리미딘으로 대치되거나 피리미딘이 퓨린으로 대치되는 transversion은 7개 영역에서 발생하여 transition이 transversion에 비하여 2.4배 이상 발생하였다.

염기의 삽입 및 결손은 5개 영역에서 47개의 염기 결실이 발생하였으며, 종간에 나타난 변이로는 민들레 201 bp에서 자생종인 민들레, 흰민들레, 흰노랑민들레 3종은 아데닌, 귀화종 2종은 시토신이였으며, 수집종 전체 230 bp에서 민들레, 흰민들레, 흰노랑민들레, 붉은씨앗서양민들레의 염기가 시토신인 반면에 서양민들레는 구아닌이였고, 민들레 403 bp에서 민들레는 시토신, 흰민들레와 흰노랑민들레는 티민, 귀화종인 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레는 결손이였다. 민들레 709 ~ 713 bp 영역에서 민들레는 CGG-GA, 흰민들레와 흰노랑민들레 T----A, 귀화종인 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레는 TCGAGA이였고, 민들레 766 bp에서는 자생종 시토신, 서양민들레 염기 아데닌, 붉은씨앗서양민들레는 결손이였다. 서양민들레 800 bp에서는 자생종 민들레는 티민, 귀화종은 구아닌이였다. 종특이적 결손으로는 붉은씨앗서양민들레 752 ~ 753 bp 사이에 30개 염기가 결손되었다.

Table 21. Summary of nucleotides from comparison of the *rps16-trnK* sequence in five species of *Taraxacum*

No.	bp	6	12	108	137	157	179	200	201	202	228	230	237	296
1*	T	G	A	T	T	C	T	A	C	A	C	C	C	T
2	G	G	A	T	T	C	T	A	T	A	C	C	C	C
3	G	G	A	T	T	C	T	A	T	A	C	C	C	T
4	T	G	A	T	T	C	T	A	T	A	C	C	C	T
5	G	A	A	G	T	C	T	A	T	A	C	C	C	T
6	G	A	A	T	T	C	T	A	T	A	C	C	C	T
8	G	A	A	T	T	C	T	A	T	A	C	T	T	T
9	G	G	A	T	T	C	T	A	T	A	C	C	C	T
10	G	G	A	T	T	C	T	A	T	A	C	C	C	T
12	T	G	A	T	T	C	T	A	T	A	C	C	C	T
13	T	A	A	T	T	C	T	A	T	A	C	C	C	T
14	G	G	A	T	T	C	T	A	T	A	C	C	C	T
15	G	A	A	T	T	C	T	A	T	A	C	C	C	T
16	T	G	A	T	T	C	T	A	T	A	C	C	C	T
17	G	G	A	T	T	C	C	A	T	A	C	C	C	T
18	G	G	A	T	T	C	T	A	T	A	C	C	C	T
19	G	G	A	T	T	C	T	C	T	A	G	C	C	T
20	G	G	A	T	T	C	T	C	T	G	G	C	C	T
21	G	C	G	T	G	C	T	C	T	A	G	C	C	T
22	G	G	A	T	T	T	T	C	T	A	C	C	C	T
23	G	G	A	T	T	C	T	C	T	A	C	C	C	T

*1~23: accessions numbers were included in Table 5 (skipped in accession no. 7 and no. 10).

Table 21. (continued).

No.	bp	437	497	536	545	704	716	806	821	828	830	834	836	847	875
1*	C	T	T	T	T	A	T	G	T	T	T	T	T	A	T
2	C	T	T	T	T	A	T	G	T	T	T	T	T	A	T
3	C	T	T	T	T	A	T	G	T	T	T	T	T	A	C
4	C	T	T	T	C	A	T	G	T	T	T	T	T	A	C
5	C	T	T	T	T	A	T	G	T	T	T	T	T	A	C
6	C	T	T	T	T	A	T	G	T	T	T	T	T	A	C
8	C	T	T	T	T	A	T	G	T	T	T	T	T	A	C
9	C	T	C	T	T	A	T	G	C	T	T	T	G	A	C
10	C	T	T	T	T	G	T	G	T	T	T	T	T	A	C
12	C	T	T	T	T	A	T	G	T	T	T	T	T	A	T
13	C	T	T	T	T	A	T	G	T	T	T	T	T	A	C
14	C	T	T	T	T	A	T	G	T	T	T	T	T	A	C
15	C	T	T	T	T	A	T	G	T	T	T	T	T	A	C
16	C	T	T	T	T	A	T	G	T	T	T	T	T	A	C
17	T	T	T	T	T	A	T	G	T	T	T	T	T	A	T
18	C	T	T	T	T	A	T	G	T	C	T	T	G	A	T
19	C	T	T	T	T	A	G	G	T	T	T	T	T	C	T
20	C	T	T	C	T	A	G	G	T	T	T	T	T	C	C
21	C	G	T	T	T	A	G	G	T	T	T	T	T	C	C
22	C	T	T	T	T	A	G	G	T	T	G	C	C	C	C
23	C	T	T	T	T	A	G	T	T	T	T	T	T	C	C

*1~23: accessions numbers were included in Table 5 (skipped in accession no. 7 and no. 10).

이상의 2개 cpDNA 영역의 분석 결과를 ITS 영역과 비교해 보면 염기의 길이는 ITS 영역보다 2개 영역 모두 길었으며, GC함량은 ITS 영역보다 낮았다. 변이 부위가 *trnL-trnF* 영역 49개, *rps16-trnK* 영역은 39개로 염기의 길이가 짧은 ITS 영역의 50개 보다 변위부위가 적었다. 이는 ITS 영역이 cpDNA 영역 보다 변이가 심하게 나타난다는 연구 결과(Eriksson 등, 2003; Yuan, 2007)와 일치하였으며, transition 변이와 transversion의 비율은 모든 영역에서 transition 변이가 transversion 변이보다 약 2배 정도 많이 검출되어 일반적으로 transition 변이가 transversion 변이 보다 높은 비율로 변이 된다는 결과와 유사한 결과이다(Keller 등, 2007).

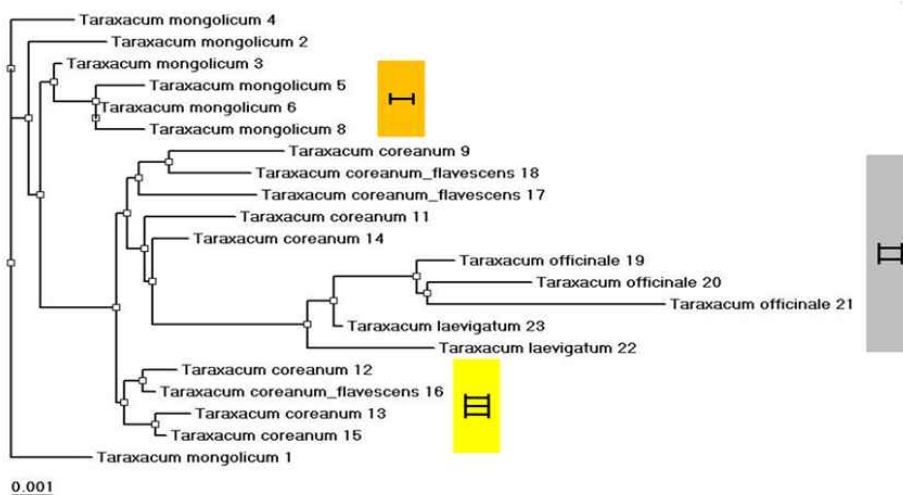


Fig. 19. Neighbor-joining(NJ) tree of sequences regions *rps16-trnK* region 21 accession. Relative distance indicates above the node and branches. Bottstrap values are found below branches.

Neighbor-joining phylogenetic tree로 유연관계를 분석한 결과, *trnL*[UAA]-*trnF*[GAA]에서는 전체 수집종이 4개 분류군으로, 자생종과 귀화종이 독립적으로 분류되었고, 흰노랑민들레를 제외한 다른 종들도 독립적으로 그룹을 이루었다. *rps16-trnK* 영역의 유연관계 분석결과, 전체 수집종은 5계통으로 분류되었으며 흰노랑민들레와 흰민들레는 분리되지 않고 한 그룹으로 유집되었으나 이를 제외한 다른 종들은 독립적인 그룹을 이루었다.

총 21개체간의 염기서열의 유사도는 최저 0.938(흰민들레 No. 10과 붉은씨앗서양민들레 No. 24)에서 최고 0.998(민들레 No. 5와 No. 6번, No. 6과 No. 7, 흰민들레 No. 11과 No. 13, No. 14, No. 10과 14번) 사이로, 21개 전체 염기서열의 유사도 평균은 0.978이었다(표 22).

자생종 민들레 16개체간 염기서열의 유사도는 최저 0.970(흰민들레 No. 8과 흰노랑민들레 No. 17)에서 최고 0.998(민들레 No. 5와 No. 6, 민들레 No. 6과 No. 7, 흰민들레 No. 11과 No. 13, No. 14, 흰민들레 No. 10과 No. 14) 사이로 자생종간 염기서열 유사도 평균은 0.989였다. 민들레의 종내 염기서열 유사도는 최저 0.944(No. 1과 No. 5) 최고 0.998(No. 5와 No. 6, No. 6과 No. 7) 사이로 민들레 7개체의 평균 염기서열 유사도는 0.995였다. 흰민들레의 종내 염기서열 유사도는 최저 0.977(No. 13과 No. 14)에서 최고 0.998(No. 11과 No. 13, No. 14, No. 10과 14) 사이로 종내 6개체의 평균은 0.992였다. 흰노랑민들레 3개체간의 염기서열 유사도는 모두 0.995였다.

귀화종 민들레 5 개체간 염기서열의 유사도는 최저 0.958(서양민들레 No. 18과 붉은씨앗서양민들레 No. 21)에서 최고 0.996(서양민들레 No. 17과 No. 18) 서양민들레 3개체 간에는 최저 0.992(No. 18과 No. 19)에서 최고 0.996(No. 17과 18) 사이로 평균 0.994, 붉은씨앗서양민들레 2개체 간에는 0.994였다.

종 간의 염기서열 유사도로 자생종과 귀화종간 염기서열 유사도는 최저 0.938(흰민들레 No. 10과 붉은씨앗서양민들레 No. 24)에서 최고 0.981(흰노랑민들레 No. 17과 No. 2, 3번) 사이로 자생종 16 개체와 귀화종 5개체 사이에 염기서열 유사도 평균은 0.964였다. 각 종간 염기서열 유사도의 평균은 흰민들레와 노랑흰민들레가 0.993으로 가장 높았으며, 민들레와 흰민들레, 흰노랑민들레 사이가 0.988이었다. 자생종과 귀화종간 염기서열 유사도는 서양민들레와 민들레간 0.977, 서양민들레와 흰민들레간 0.974, 서양민들레와 흰노랑민들레간 0.975, 붉은씨앗서양민들레와 민들레간 0.947, 붉은씨앗서양민들레와 흰민들레, 흰노랑민들레간 0.944로 자생종간 염기서열 유사도 평균보다 낮았으며. 귀화종인 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레의 염기서열 유사도는 0.958을 나타내었다.

이상의 결과와 같이 국내의 노지, 산지, 도서, 해변에서 수집된 민들레속 유전자원의 2개의 cpDNA 영역을 분석한 결과, 자생종과 귀화종간 염기의 길이와 GC 함량에 차이를 나타내었으며, *trnL-trnF* 영역 총 49개, *rps16-trnK* 영역에서 총 39개의 삽입, 결실, 치환의 변이 영역을 확인하였다. 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레는 *trnL-F* 영역에서 종특이적인 염기서열을 보유하고 있었으며, *rps16-trnK* 영역에서는 민들레, 서양민들레, 붉은씨앗서양민들레의 종 특이적 염기서열이 확인되었고, 흰민들레와 흰노랑민들레 종간 차이를 나타내는 영역은 검출되지 않았다. 이러한 종간에 나타난 종 특이적 염기서열은 민들레속 유전자원의 감별 마커 개발이 기대된다.

또한 섬지역과 내륙지역간에 민들레(*T. mongolicum*)는 유전적으로 상이했으며, 산지에서 수집한 흰민들레 수집종은 ISSR 및 *trnL-trnF* 영역의 계통분류에서 모두 독립적으로 유집되어 변이성이 높은 개체로 선발되었다. 이러한 유전자원은 차후 교배육종 소재 및 신품종 육성에 활용이 기대된다.

Table 22. Sequence similarity of *rps16* and *trnK* regions among 21 accessions of five species of *Taraxacum*

	1	2	3	4	5	6	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	ID																					
2	0.996	ID																				
3	0.996	0.997	ID																			
4	0.996	0.995	0.997	ID																		
5	0.994	0.995	0.997	0.995	ID																	
6	0.995	0.996	0.998	0.996	0.998	ID																
8	0.994	0.995	0.997	0.995	0.997	0.998	ID															
9	0.980	0.981	0.984	0.981	0.981	0.983	0.981	ID														
11	0.987	0.988	0.990	0.988	0.988	0.989	0.988	0.988	ID													
12	0.992	0.990	0.990	0.990	0.988	0.989	0.988	0.988	0.995	ID												
13	0.989	0.988	0.990	0.990	0.990	0.992	0.990	0.988	0.995	0.997	ID											
14	0.988	0.989	0.992	0.989	0.989	0.990	0.989	0.989	0.996	0.996	0.996	ID										
15	0.988	0.989	0.992	0.989	0.992	0.993	0.992	0.989	0.996	0.996	0.998	0.997	ID									
16	0.990	0.989	0.992	0.992	0.989	0.990	0.989	0.989	0.996	0.998	0.998	0.997	0.977	ID								
17	0.988	0.989	0.989	0.987	0.987	0.988	0.987	0.987	0.994	0.996	0.994	0.995	0.995	0.995	ID							
18	0.988	0.989	0.989	0.987	0.987	0.988	0.987	0.989	0.994	0.996	0.994	0.995	0.995	0.995	0.995	ID						
19	0.980	0.981	0.981	0.979	0.979	0.980	0.979	0.970	0.977	0.979	0.977	0.978	0.978	0.978	0.978	0.978	ID					
20	0.977	0.978	0.980	0.978	0.978	0.979	0.978	0.969	0.976	0.976	0.976	0.977	0.977	0.977	0.975	0.975	0.996	ID				
21	0.973	0.975	0.977	0.975	0.976	0.977	0.976	0.966	0.972	0.972	0.973	0.973	0.975	0.973	0.971	0.993	0.992	ID				
22	0.945	0.946	0.949	0.946	0.946	0.947	0.946	0.938	0.945	0.944	0.944	0.946	0.945	0.945	0.943	0.944	0.960	0.958	0.956	ID		
23	0.946	0.947	0.950	0.947	0.947	0.949	0.947	0.938	0.946	0.945	0.945	0.947	0.946	0.946	0.944	0.944	0.961	0.96	0.957	0.994	ID	

*1~23: accessions numbers were included in Table 5 (skipped in accession no. 7 and no. 10).

(4) 수집종간 유연관계 분석

(가) 형태학적 유연관계

형태학적 특성을 평균연결법(Average Linkage Method)으로 덴드로그램을 작성하여 수집한 40 개체를 군집 분석한 결과(그림 20), 흰민들레와 서양민들레가 혼재된 2개 그룹과 민들레 1 그룹, 흰민들레 1 그룹, 흰민들레와 흰노랑민들레가 혼재된 2 그룹, 귀화종인 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레가 혼재된 1개 그룹으로, 총 7개 그룹과 독립적으로 존재하는 2개체로 나누어졌다.

1 그룹에는 서양민들레 5개체(No. 7, 8, 10, 11, 12번)와 흰민들레 6개체(No. 16, 19, 20, 21, 24, 30번)가 혼재되어 유집되었다. 2 그룹은 민들레 5개체(No. 34, 35, 36, 37, 38)가 모두 속하였고, 3 그룹은 흰민들레 4개체(No. 18, 22, 25, 26)와 흰노랑민들레 2개체(No. 32, 3개화 특성으로 자생종인 민들레와 흰민들레, 흰노랑민들레 모두 봄과 장마 이후에 2차례 개화한 반면 귀화종인 서양민들레와 붉은씨앗서양민들레는 대부분 개체들이 3월에서 10월말까지 지속 개화하는 특징을 나타내었다. 자생종 민들레의 개화기는 5월 하순에서 6월초 사이와 9월 말에서 10월 중순 사이였고, 흰민들레와 흰노랑민들레는 5월 ~ 6월 사이와 8월말에서 9월 중순까지 개화하였다. 귀화종의 경우 서양민들레는 3월부터 개화하여 개체에 따라서 9월에서 12월까지, 붉은씨앗서양민들레는 3월에서 10월까지 다회 개화하였다. 이러한 결과는 귀화종이 자생종에 비해 다회 개화하여 생존에 유리하다는 보고(이, 1999; Kang과 Choi, 1998)와 유사한 결과이다. 지금까지 보고된 민들레속 유전자원의 개화기는 민들레 4월에서 5월, 붉은씨앗서양민들레 4월에서 6월, 서양민들레 3월에서 9월, 흰민들레 4월에서 6월(국가생물종지식정보시스템, 2011), 민들레 4월에서 5월, 흰민들레 4월에서 6월, 서양민들레 3월에서 103)가 포함되었다. 4 그룹은 귀화종인 서양민들레 8개체(No. 2, 3, 4, 5, 6, 9, 13, 15)와 붉은씨앗서양민들레 2개체(No. 39, 40)가 유집되었다. 5 그룹은 서양민들레 1개체(No. 14)와 흰민들레 1개체(No. 17)가 포함되었다. 6 그룹은 흰민들레 2개체(No. 23, 27)가 유집되었고, 7 그룹은 흰민들레 1개체(No. 29)와 흰노랑민들레 1

개체(No. 31)가 포함되었다. 충주 서양민들레 수집개체(No. 1)와 나주 흰민들레(No. 28) 수집개체는 유집되지 않고 독립적으로 존재하여 형태적으로 상이한 개체로 분류되었다.

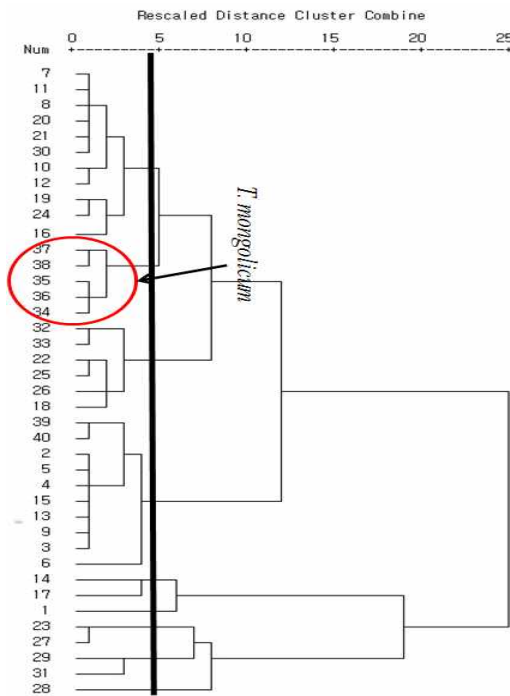


Fig. 20. Dendrogram illustrating genetic relationships of 40 accessions of five species of *Taraxacum* among generated by cluster analysis with average linkage method. A total of 13 morphological features produced was calculated for the clustering.

(나) RAPD 분석

RAPD 분석 군집분석결과 유전적 유사도 지수 0.198에서 서양민들레 계통과 흰민들레 계통이 독립적으로 군집되었고, 유전적 유사도 지수 0.712에서 서양민들레 3개 그룹과 흰민들레는 2개 그룹으로 나뉘어 군집되었다(그림 21).

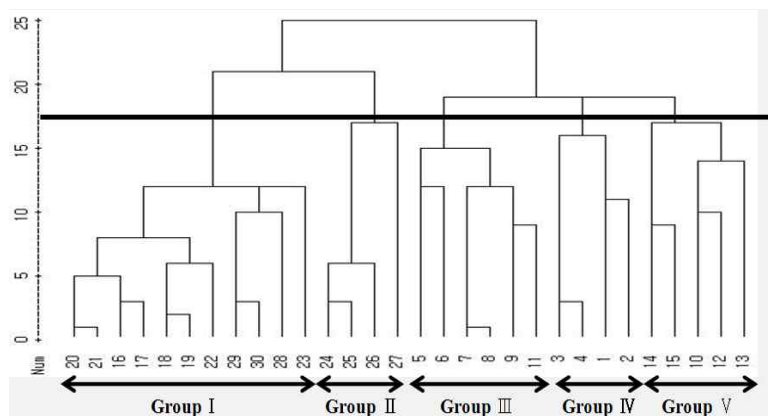


Fig. 21. Dendrogram illustrating genetic relationships among 30 accessions generated by cluster analysis with average linkage method. A total of 56 RAPD bands produced by 7 primers were calculated for the clustering.

(다) 자생종과 귀화종 ISSR 분석

평균연결법(Average Linkage Method)으로 덴드로그램을 작성하여 수집개체를 군집 분석한 결과, 군집계수 0.108에서 귀화종 3종(민들레, 흰민들레, 흰노랑민들레)과 귀화종 2종(서양민들레, 붉은씨앗서양민들레)이 분리되었다(그림 22).

군집계수 0.405에서 전체 32 개 개체가 각각 자생종 4개 그룹, 귀화종 3개 그룹과 독립적으로 존재하는 2개체로 나뉘었다. 1 그룹에는 흰민들레 5개체(No. 16; 순천, No. 17; 장수, No. 18; 울산, No. 19; 나주, No. 20; 안자도)와 흰노랑민들레 3개체(No. 21; 천안, No. 22; 청원, No. 23; 청원)가 분리되지 않고 유집되었다. 2그룹은 민들레 7개체(No. 1, 2; 광양, No. 3, 4; 대경도, No. 5; 소경도, No. 6; 송도, No. 7; 개도)가 유집되었으며, 3그룹은 민들레 3개체(No. 8, 9; 돌산도, No. 10; 금오도)가 포함되었다. 4그룹은 흰민들레 4개체(No. 11; 충주, No. 12, 13; 남원, No. 14; 금산)가 포함되었다. 5그룹은 붉은씨앗서양민들레 2개체(No. 31, No. 32)가 유집되었으며, 6그룹은 서양민들레 3개체(No. 28; 대전, No. 29; 조계산, No. 30; 장수), 7그룹은 서양민들레 3개체(No. 25; 홍성, No. 26; 금산, No. 27; 정선)가 각각 그룹을 이루었다. 조계산 수집 흰민들레(No. 15)와 충주 수집 서양민들레는 독립적으로 존재하였는데, 이는 앞선 서양민들레와 흰민들레의 서식지별 ISSR 분석의 군집분석 결과와 일치하는 결과이다. 특히 충주 서양민들레는 종자생산량과 유전적 변이성, 화경 수 등 조사항목에서 모두 다른 서양민들레 개체들과 상이한 결과를 나타내어 민들레의 새로운 유전자원 개발 재료로 활용이 높을 것으로 사료된다.

이상의 결과와 같이 본 연구에서 다양한 서식환경(산지, 섬지역, 노지, 해안)에서 수집된 국내 민들레속 5종의 유전적 다형성(polymorphism)이 100%로 매우 상이한 유전적 조성을 보유하고 있었으며, 유전적 유사도 지수는 최저 0.025에서 최고 0.860 사이로 유전적 유사도의 범위가 매우 넓은 범위로 나타났다. 군집분석결과 자생종과 귀화종이 분리되어 군집되었으며, 흰민들레와 흰노랑민들레는 분리되지 않고 혼재되어 유집되었다. 또한 조계산에서 수집한 흰민들레 개체와 충주에서 수집한 서양민들레 개체는 ISSR 분석에서 모두 수집한 개체와 유전적으로 차이를 나타내어 독립적인 그룹으로 유집되었다.

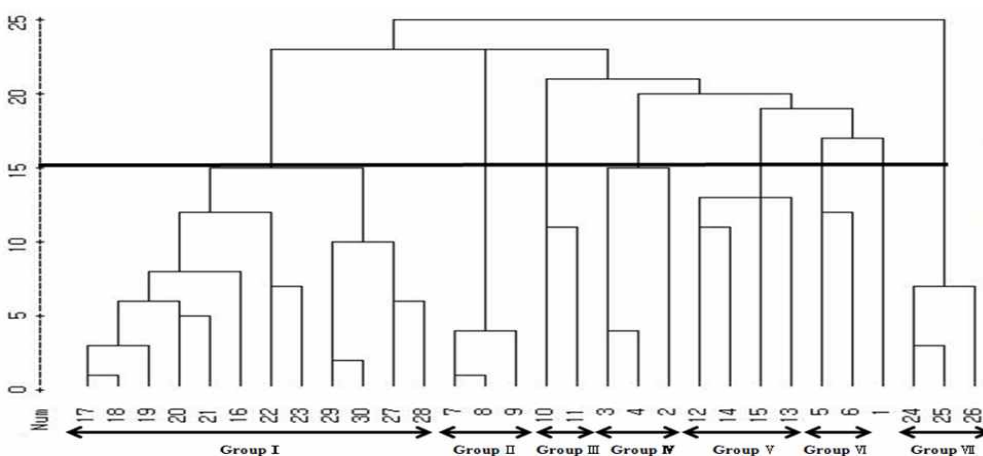


Fig. 22. Dendrogram illustrating genetic relationships among 30 accessions of *T. officinale* and *T. coreanum* generated by cluster analysis with average linkage method. A total of 127 ISSR bands produced by 15 primers were calculated for the clustering.

(라) ISSR 분석에 의한 국내 5종 유연관계 분석

평균연결법(Average Linkage Method)으로 덴드로그램을 작성하여 수집개체를 군집 분석한 결과, 군집계수 0.108에서 귀화종 3종(민들레, 흰민들레, 흰노랑민들레)과 귀화종 2종(서양민들레, 붉은씨앗서양민들레)이 분리되었다(그림 23).

군집계수 0.405에서 전체 32 개 개체가 각각 자생종 4개 그룹, 귀화종 3개 그룹과 독립적으로 존재하는 2개체로 나뉘었다. 1 그룹에는 흰민들레 5개체(No. 16; 순천, No. 17; 장수, No. 18; 울산, No. 19; 나주, No. 20; 안자도)와 흰노랑민들레 3개체(No. 21; 천안, No. 22; 청원, No. 23; 청원)가 분리되지 않고 유집되었다. 2그룹은 민들레 7개체(No. 1, 2; 광양, No. 3, 4; 대경도, No. 5; 소경도, No. 6; 송도, No. 7; 개도)가 유집되었으며, 3그룹은 민들레 3개체(No. 8, 9; 돌산도, No. 10; 금오도)가 포함되었다. 4그룹은 흰민들레 4개체(No. 11; 충주, No. 12, 13; 남원, No. 14; 금산)가 포함되었다. 5그룹은 붉은씨앗서양민들레 2개체(No. 31, No. 32)가 유집되었으며, 6그룹은 서양민들레 3개체(No. 28; 대천, No. 29; 조계산, No. 30; 장수), 7그룹은 서양민들레 3개체(No. 25; 홍성, No. 26; 금산, No. 27; 정선)가 각각 그룹을 이루었다. 조계산 수집 흰민들레(No. 15)와 충주 수집 서양민들레는 독립적으로 존재하였는데, 이는 앞선 서양민들레와 흰민들레의 서식지별 ISSR 분석의 군집분석 결과와 일치하는 결과이다. 특히 충주 서양민들레는 종자생산량과 유전적 변이성, 환경 수 등 조사항목에서 모두 다른 서양민들레 개체들과 상이한 결과를 나타내어 민들레의 새로운 유전자원 개발 재료로 활용이 높을 것으로 사료된다.

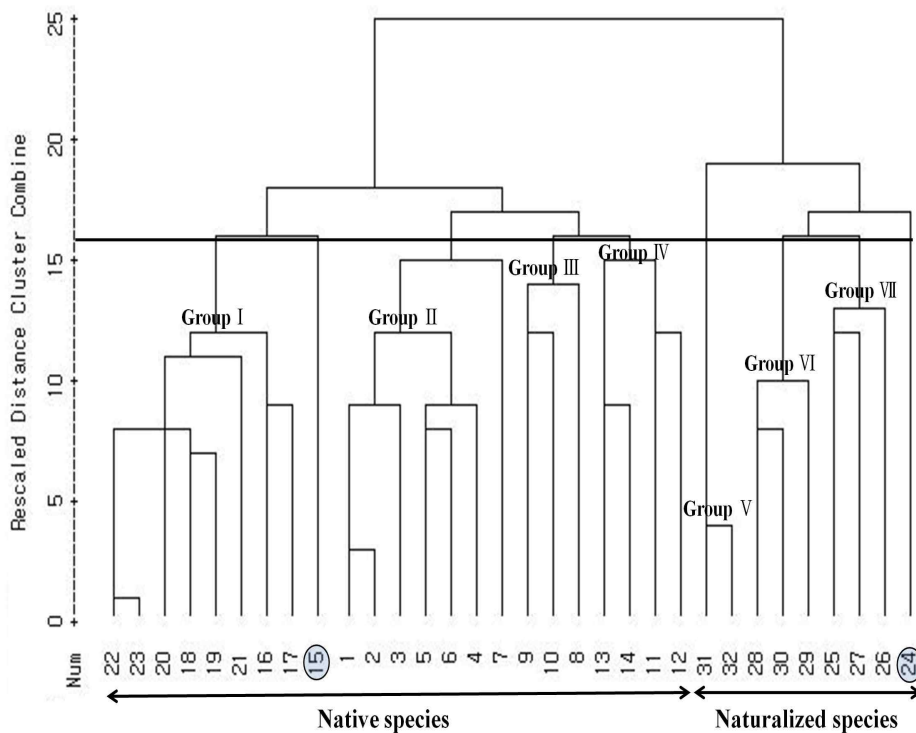


Fig. 23. Dendrogram illustrating genetic relationships among 32 accessions of five species of *Taraxacum* generated by cluster analysis with average linkage method. A total of 142 ISSR bands produced by 15 primers were calculated for the clustering.

다. 기능성 형질인자 개선연구

(1) 기능성 계통 선발

(가) 양성자빔 처리와 민들레의 생장

종자를 치상한 후 2일째부터 24시간 간격으로 18일간 발아율을 조사한 결과(그림 24), 발아시는 대조구, 100 Gy 이하 선량에서는 치상 2일 후, 250 Gy ~ 500 Gy에서 3일 후, 그리고 1000 ~ 1500 Gy에서 4일 후였고, 양성자빔 조사로 발아가 지연되었다. 50% 발아시까지 소요기간(T_{50})도 대조구, 100 Gy 이하 선량에서는 7일, 250 Gy 9일, 그리고 500 Gy 이상 선량에서는 50% 이하의 발아율을 나타내었다. 모든 처리구에서 발아가 종료된 18일째 발아율은 대조구가 $93.70 \pm 3.80\%$ 였으며, 10 ~ 100 Gy 처리구에서는 대조구와 유의성 있는 발아율의 차이가 없었다(그림 24, 그림 25). 250 Gy 이상의 선량에서는 뚜렷하게 발아율이 감소하였는데, 250 Gy에서 $71.80 \pm 3.64\%$, 500 Gy에서 $41.20 \pm 2.50\%$, 750 Gy $13.68 \pm 0.54\%$, 1000 Gy $6.40 \pm 0.65\%$, 1500 Gy $2.50 \pm 0.24\%$ 로 LD_{50} 선량은 250 Gy ~ 500 Gy 사이에 분포하였다. 이러한 경향은 배 등(2005)이 담배와 벼 종자에 양성자빔 조사시 선량이 증가함에 따라 발아율이 감소하고, 발아가 지연된 결과와 Lee 등(2008)이 잔디(zosiagrass) 종자에 감마선을 조사하였을 때 LD_{50} 선량이 300 Gy 전후로 나타난 것과 비슷한 결과이다.

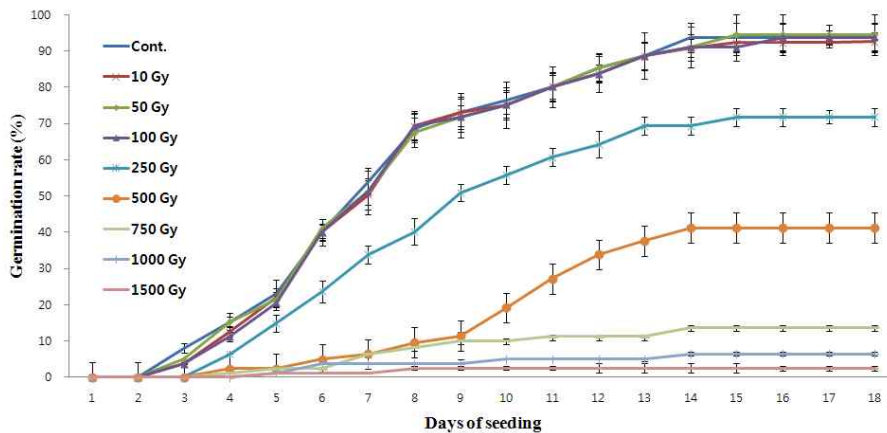


Fig. 24. Germination rate of *T. officinale* cv. Goldenboll seed under different dose conditions. The period reaches to 50% germination (LT_{50}) is significantly delayed over 100 Gy of radiation intensity.



Fig. 25. Profile of growth of *T. officinale* cv. Goldenboll seed under different dose conditions 18 days after proton beam irradiation.

발아한 개체를 대상으로 생존율의 변화를 조사한 결과(그림 26), 100 Gy 선량까지는 발아한 개체 중 98% 이상이 생존한 반면 250 Gy 이상에서는 선량의 증가 따라 생존율이 급격하게 감소하였다. 250 Gy에서 생존율은 10일째에 92.4%, 40일째에 77.2%까지 감소하였으나 40일 이후에는 변화가 없었다. 500 Gy 이상의 처리에서는 30일 이후부터 모든 개체가 고사하였다.

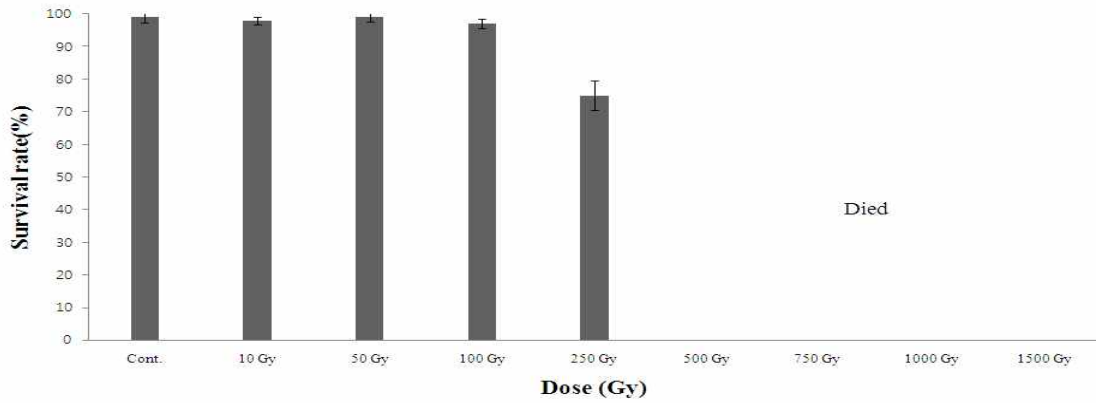


Fig. 26. Survival rate (%) of *T. officinale* cv. Goldenboll in 60 days after proton beam irradiation.

양성자빔 조사한 종자를 포트에 치상한 후 2주부터 10일 간격으로 양성자빔 처리별로 초장(최장엽의 길이)을 조사한 결과는 표 23과 같다. 조사선량에 따라서 초장의 생장이 저해되었고, 250 Gy 이상의 선량에서 잎의 생장이 급격하게 억제되었다. 500 Gy 이상의 선량에서는 종자 치상으로부터 30일째 이후 모든 개체가 고사하였다.

Table 23. Plant height of *T. officinale* cv. Goldenboll seed under different dose in 50 days. (cm/plant)

Dose (Gy)	Days				
	10	20	30	40	50
0	0.94±0.02 ^{a*}	3.45±0.42 ^a	5.40±0.56 ^a	9.16±1.16 ^a	13.14±1.94 ^a
10	0.87±0.04 ^b	2.72±0.34 ^b	4.40±0.37 ^b	7.81±0.87 ^b	11.79±1.15 ^b
50	0.88±0.02 ^b	2.70±0.41 ^b	3.90±0.45 ^c	6.97±0.69 ^c	10.10±1.48 ^c
100	0.82±0.02 ^c	2.64±0.36 ^c	3.60±0.56 ^d	6.13±0.44 ^d	9.26±1.69 ^d
250	0.54±0.05 ^d	1.80±0.27 ^d	2.80±0.32 ^e	4.27±0.94 ^e	7.67±1.04 ^e
500	0.34±0.02 ^g	1.12±0.13 ^e	1.61±0.14 ^f	-	-
750	0.37±0.01 ^e	0.82±0.04 ^f	1.21±0.17 ^g	-	-
1000	0.35±0.02 ^f	0.40±0.02 ^g	0.70±0.04 ^h	-	-
1500	0.24±0.01 ^h	0.28±0.02 ^h	0.58±0.03 ⁱ	-	-

*Duncan's multiple range test at 5% level. values in each column are mean ± SD(n=3).

양성자빔 조사한 종자를 포트에 치상한 후 3주부터 2주 간격으로 양성자빔 처리별로 엽수를 조사한 결과(표 24), 선량의 증가에 따라서 엽수가 감소하였고, 250 Gy 이상의 선량에서는 엽

수가 뚜렷하게 감소하였다. 3주째 대조구의 엽수는 3.3 ± 0.67 매였고, 10 ~ 100 Gy 선량에서 3.0매, 250 Gy 2.50 ± 0.73 매, 500 Gy 이상 처리에서는 2매였다. 5주째에도 3주째와 유사한 경향으로 대조구의 엽수가 3.60 ± 0.51 매, 10 Gy 3.40 ± 0.51 매, 100 Gy 3.40 ± 0.67 매, 250 Gy 2.90 ± 0.26 매였고, 500 Gy 이상의 선량에서는 3주째와 동일한 2매를 나타내었다.

Table 24. Number of leaves of *T. officinale* cv. Goldenboll seed under different dose in 50 days. (ea/plant)

Dose (Gy)	Days				
	10	20	30	40	50
0	2.50 ± 0.25^a *	2.60 ± 0.25^a	3.30 ± 0.24^{ab}	3.60 ± 3.36^a	4.30 ± 0.96^a
10	2.30 ± 0.24^b	2.60 ± 0.25^a	3.10 ± 0.36^{bc}	3.30 ± 0.25^c	4.00 ± 0.82^b
50	2.40 ± 0.24^{ab}	2.40 ± 0.24^b	3.40 ± 0.30^a	3.50 ± 0.32^b	3.80 ± 0.82^c
100	2.00 ± 0.0^c	2.00 ± 0.00^c	3.20 ± 0.25^b	3.50 ± 0.24^b	3.90 ± 0.61^{bc}
250	2.00 ± 0.0^c	2.00 ± 0.00^c	2.50 ± 0.24^c	2.90 ± 0.23^d	3.10 ± 0.36^d
500	2.00 ± 0.0^c	2.00 ± 0.00^c	2.00 ± 0.00^d	-	-
750	2.00 ± 0.0^c	2.00 ± 0.00^c	2.00 ± 0.00^d	-	-
1000	2.00 ± 0.0^c	2.00 ± 0.00^c	2.00 ± 0.00^d	-	-
1500	2.00 ± 0.0^c	2.00 ± 0.00^c	2.00 ± 0.00^d	-	-

*Duncan's multiple range test at 5% level. values in each column are mean \pm SD(n=3).

양성자빔 조사한 종자를 파종하여 50일 후 수확하여 10개체당 생체중을 조사한 결과(표 25), 대조구의 생체중은 10.34 ± 0.24 g이었고 빔처리구는 선량에 증가에 따라서 생체중이 감소하였다.

Table 25. Changes of fresh weight of *T. officinale* cv. Golden -boll in 60 days by using proton beam irradiation. (g/10 individual)

Treatment	Cont.	10 Gy	50 Gy	100 Gy	250 Gy
Fresh weight	10.34 ± 0.24^a *	9.82 ± 0.26^a	7.72 ± 0.25^b	4.75 ± 0.15^c	3.41 ± 0.14^d

*Duncan's multiple range test at 5% level. values in each column are mean \pm SD(n=3).

양성자빔 선량의 증가와 민들레의 발아율, 생존율, 초장, 엽수, 생체중과의 상관관계를 각각 분석한 결과, 상관결정계수(R^2)는 발아율과 선량 사이에서 0.89로 가장 높게 나타났다. 다음으로 초장과 선량과의 상관결정계수(R^2)가 0.85, 그리고 생체중과 선량과의 상관결정계수(R^2)가 0.84 순으로 나타났다. 선량의 증가에 따른 생존율과 엽수의 상관결정계수(R^2)는 각각 0.79와 0.70으로 다른 생육조사 항목보다 낮은 상관관계를 나타내었다. 권 등(2009)은 양성자빔에 의해 유도된 배롱나무 변이 계통의 선량 증가와 생장간 상관관계를 분석한 결과 엽장의 상관결정계수(R^2)가 0.89, 엽폭의 상관결정계수(R^2)는 0.83으로 본 연구의 발아 및 초장과 상관관계와 유사한 수준이었으며, 엽색과 절간길이는 상관결정계수(R^2)가 0.50이하로 상관성이 낮았다. 또한 배(2011)는 전자빔을 조사선량의 증가에 따라서 각기 다른 배지에 치상한 춘란의 근경의 갈변과의 상관분석 결과 상관결정계수(R^2)가 0.98에서 0.99 사이로 높은 상관관계를 나타내었다(그림 27).

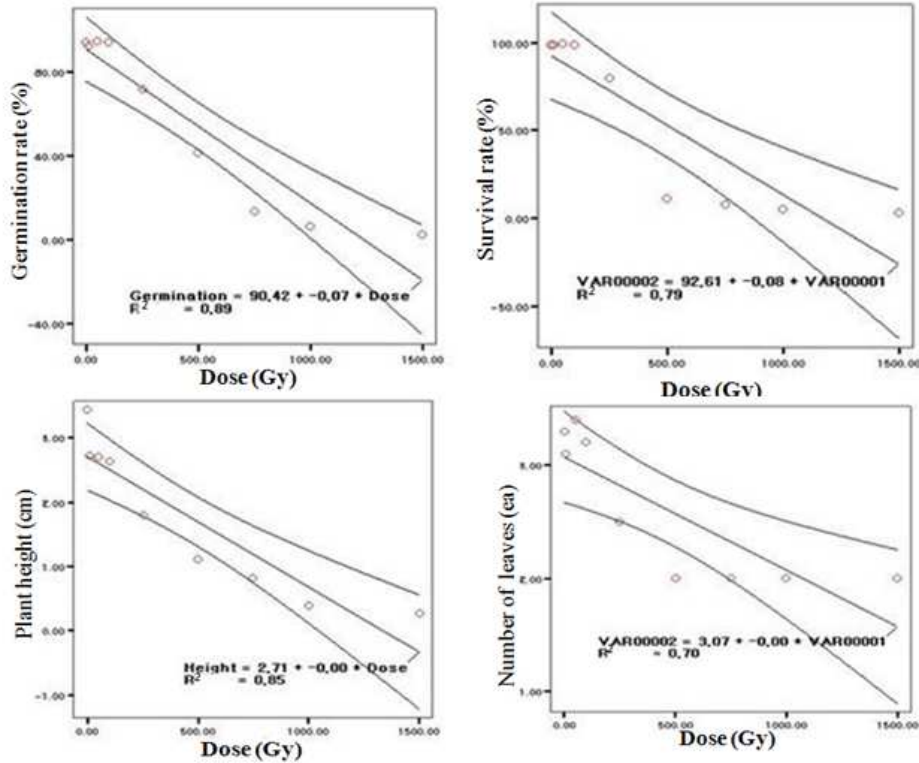


Fig. 27. Correlation between growth and dosage of proton beam in *T. officinale* cv. Goldenboll.

양성자빔을 조사한 종자를 발아시켜 60일간 재배한 후 생육 및 형태적 변이를 관찰한 결과 (그림 28), 10 Gy에서는 엽형이나 엽의 색의 변이는 관찰되지 않았고, 10 ~ 50 Gy의 조사 개체 중 대조구와 보다 생육이 왕성한 개체를 선발하였다. 50 Gy ~ 250 Gy 선량에서는 엽형의 비대칭, 엽색의 변이, 천열의 변이 등 다양한 형태적 변이가 유도 되었으며, 왜성(Dwarf) 변이는 100 ~ 250 Gy의 고선량 조사구에서 다수 출현하였다. 방사선 조사에서 나타난 식물의 변이로는 양성자빔을 조사한 유채에서 생육 및 엽색변이(김과 은, 2011), 전자빔 조사로 유발된 국화의 화색변이(Sun 등, 2007), 이온빔 조사된 국화의 생육 및 화색변이(Hiroyasu 등, 2009), 담배에 중이온빔 조사로 유발된 백색체(Bae 등, 2001), 전자빔 조사에 의한 양란 심비디움 난의 왜성(배, 2011)등 다양하며, 이러한 변이는 유용 유전자원의 확보와 더불어 식물의 다양한 기능을 연구하는데 유용하게 이용되고 있다(Bae 등, 2001; 2000a; 2000b Abe 등, 2000). 한편 배 등 (2005)은 양성자빔을 벼와 담배의 종자에 조사한 결과 생육은 저해되었으나, 형태적 변이는 관찰되지 않아 식물체에 따라서 차이를 나타내었다.



Fig. 28. Profiles of 10 plants of *T. officinale* cv. Goldenboll in 60 days by proton beam irradiation.

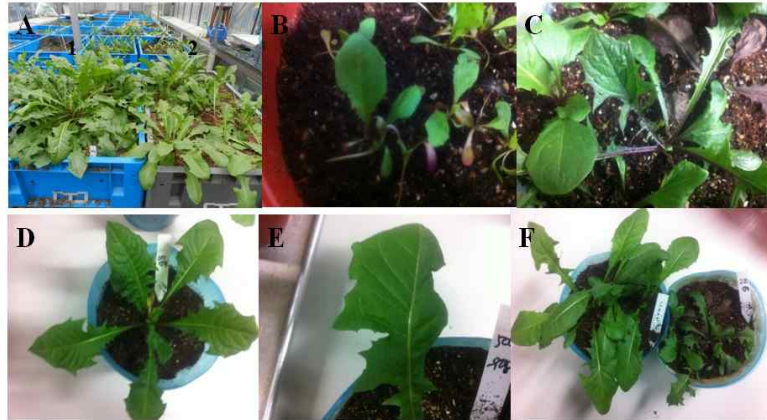


Fig. 29. Various kinds of growth and morphological variants induced by proton beam irradiation. A-1: Over-grown plant, A-2: Control, B: Bright green leaf and Dwarf plants C: Rugose leaf and bright green leaf, D: Rugose and asymmetry leaf E: Asymmetry leaf, F: Dwarf plants.

기능성이 우수한 고바이오매스 유전자원을 육성하고자 양성자빔 50 Gy를 조사하여 얻은 돌연변이 개체에서 종자를 채종하여 M₁ 세대를 육성하였다.

육성된 400여 M₁ 개체 중 생육이 왕성하여 초장이 크고, 엽수가 많은 22 개체를 선발 후 포장에 이식하여 2012년 6월부터 2013년 4월까지 생육특성을 조사하고, 생육이 가장 왕성한 시기인 8월에 지상부를 수확하여 기능성 성분 함량을 분석하였다.

선발계통별 초장은 원품종 골든볼에 비하여 3 ~ 5월 사이에는 9 ~ 24 cm, 6 ~ 8월에는 최대 28 cm까지 길었다. 엽수는 모든 계통에서 원품종보다 3배 이상 많았다.

M₂세대 성장조사 결과를 바탕으로 초장이 길고 엽수가 많은 8계통의 고바이오매스 유전자원의 총 페놀 함량(클로로젠산, 탄닌산, 카테킨)과 총 플라보노이드 함량을 분석한 결과, 3 계통은 클로로젠산이 7 ~ 31%, 탄닌산이 6 ~ 27%, 카테킨이 6 ~ 28%, 그리고 총 플라보노이드가 4 ~ 48% 정도 다른 계통보다 높게 나타났다.

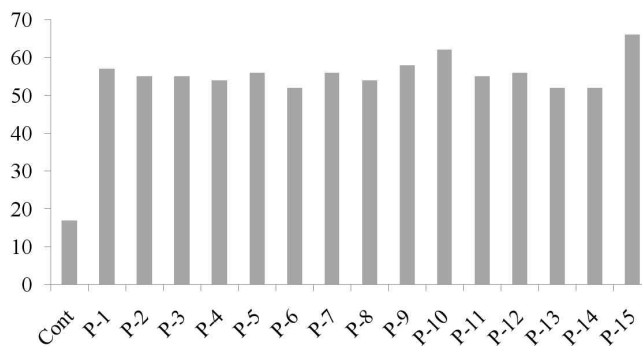
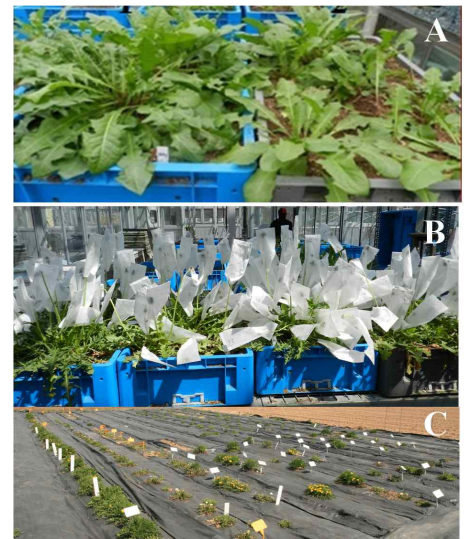


Fig. 30. Number of leaves of bio-mass mutants selected from proton-beam irradiated *T. officinale* cv. Goldenboll.

Table 26. Plant height of bio-mass mutants selected from proton-beam irradiated *T. officinale* cv. Goldenboll.

Lines	2012. Jun.	2012. July	2012 Aug.	2012 Sep.	2013 Mar.	2013 Apr.
Cont	27±1.3	33±2.1	40±3.1	35±2.9	23±1.6	32±2.2
P-1	40±2.5	46±3.4	52±2.6	47±3.7	30±2.3	42±3.2
P-2	51±3.3	62±4.6	66±5.0	54±3.1	32±2.9	41±3.0
P-3	50±2.9	55±3.6	60±3.7	57±2.4	25±1.7	38±2.7
P-4	39±2.4	46±3.7	50±4.1	48±3.1	24±1.5	30±2.4
P-5	52±3.7	59±2.9	65±4.3	63±4.6	29±2.0	38±2.6
P-6	35±1.9	41±3.6	44±5.0	44±5.0	20±2.3	29±2.0
P-7	50±3.6	54±4.2	60±3.5	51±3.8	21±1.8	33±2.4
P-8	53±3.3	59±3.4	64±4.7	54±4.1	26±2.0	31±2.1
P-9	47±2.3	52±2.6	56±5.4	50±4.5	25±2.1	44±2.5
P-10	54±3.2	60±3.1	68±4.1	59±4.0	26±2.0	44±2.6
P-11	45±4.1	52±3.6	57±3.8	51±3.6	25±1.6	43±2.1
P-12	48±2.6	51±4.0	55±3.5	49±3.2	26±1.8	43±2.3
P-13	39±3.6	47±2.2	51±4.1	43±4.3	20±0.9	30±1.6
P-14	48±2.9	56±2.5	61±3.9	52±4.0	21±1.1	30±2.9
P-15	52±3.5	56±3.8	60±4.0	54±3.6	24±1.2	35±1.4

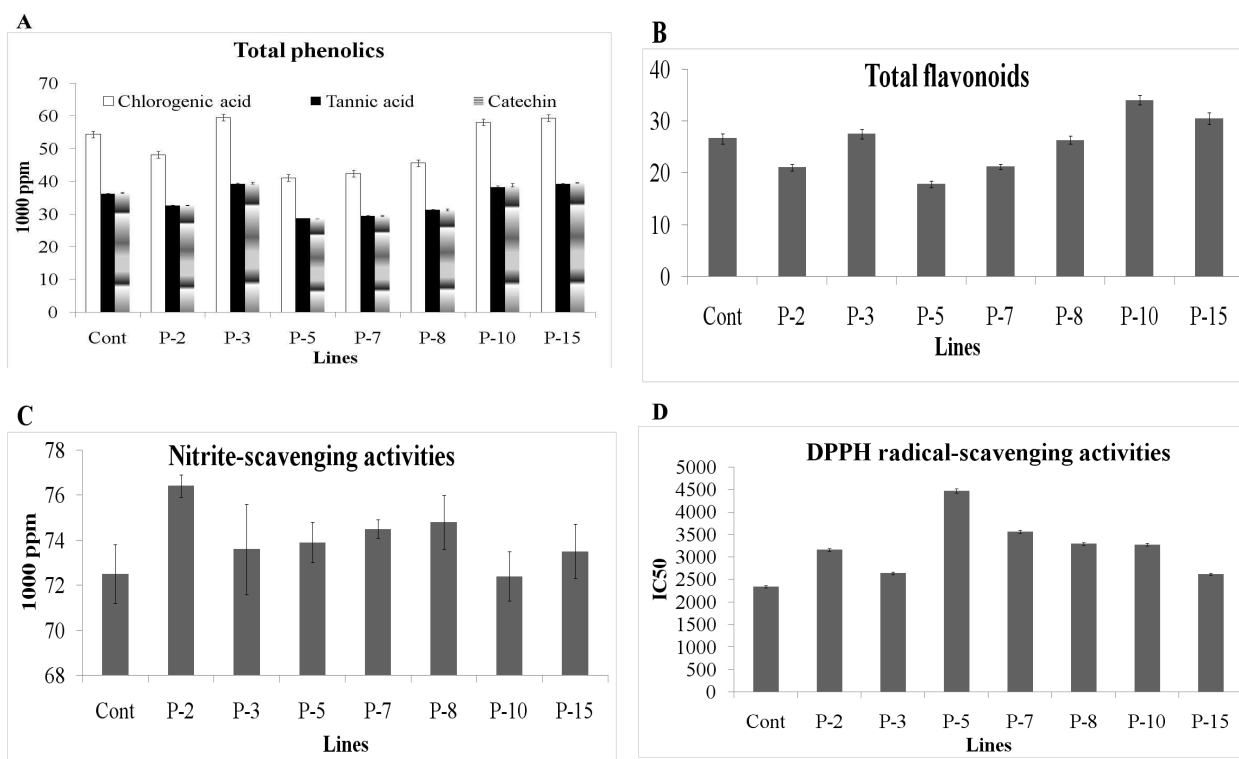


Fig. 31. Functional components and antioxidant activities of bio-mass mutants selected from proton-beam irradiated *T. officinale* cv. Goldenboll.

(나) ISSR maker에 의한 변이성 분석

민들레 종자에 양성자빔을 조사하여 선발한 변이체와 대조구의 ISSR 분석 결과 공시한 프라이머별 대조구 12개체에서 총 밴드 수는 최저 2개(UBC 807)에서 최고 6개(UBC 835)로 한 프라이머 조합당 평균 밴드 수는 3.3개였으며, 5개 프라이머(UBC 807, UBC 808, UBC 811, UBC 813, UBC 834, UBC 835)에서는 모두 동일한 밴드패턴을 나타내었고, 다형성 밴드의 수는 8개가 검출되었다. 양성자빔 조사구에서 총 밴드 수는 최소 2개(UBC 807, UBC 834)에서 최대 6개(UBC 835)로 평균 밴드 수는 3.3개였으며, 다형성 밴드의 수는 최소 0개(UBC 807, 834)에서 최대 4개(UBC 808)로 평균 2.10개의 다형성 밴드가 검출되었다(표 27, 그림 32).

대조구에서 ISSR 분석 결과, 총 33개의 밴드가 증폭되었고 그 중 다형성 밴드는 8개로 24.2%의 다형성을 나타내었다. 양성자빔 조사구에서는 총 33개의 밴드가 증폭되었고, 그 중 다형성 밴드는 21개로 63.6%의 다형성을 나타내어 양성자빔 조사에 의해 유전적 다형성이 증가함을 확인하였다. 이는 전자빔을 조사한 심비디움(*Cymbidium* spp.) 원괴체 18개체를 ISSR 분석한 결과, 대조구의 다형성 12.5% 보다 전자빔 조사구에서 42.2%의 다형성을 나타내어 방사선 조사에 따라서 변이가 증가한 결과(배, 2011)와 유사한 결과이다.

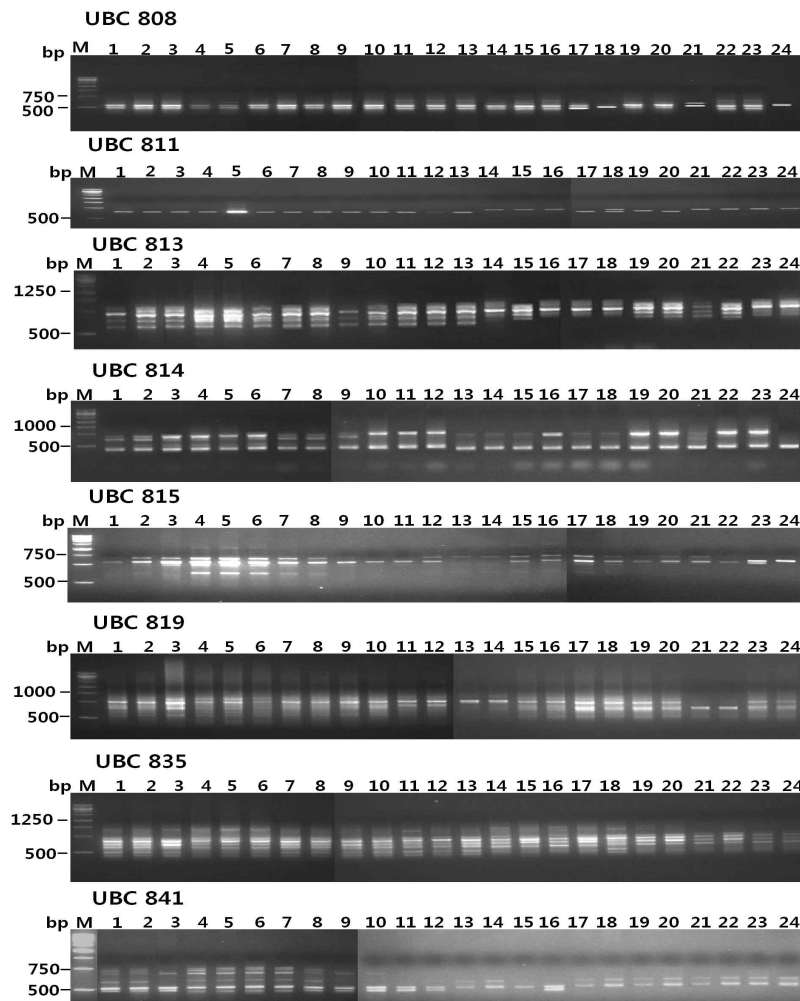


Fig. 32. ISSR electrophoresis profiles for proton beam irradiated *T. officinale* cv. Goldenboll. Amplification products were separated on agarose gels (1.6%) in 1xTAE buffer and photographed using gel documentation system (Bio-rad, USA). Lane M : 1 kb ladder marker.

Table 27. Primers sequence, number of total amplified bands and number of polymorphic bands in the ISSR analysis of seeds of *T. officinale* cv. Goldenboll with proton beam irradiation.*

ISSR Primer	Sequence **	No. of total bands		No. of polymorphism bands		Polymorphism rate(%)	
		Control	PBT ***	Control	PBT	Control	PBT
807	(AG) ₈ T	2	2	0	0	0.0	0.0
808	(AG) ₈ C	3	4	0	4	0.0	100
811	(GA) ₈ C	1	3	0	3	0.0	100
813	(CT) ₈ T	4	4	0	3	0.0	75.0
814	(CT) ₈ A	3	3	2	2	66.0	66.0
815	(CT) ₈ G	3	3	2	2	66.0	66.0
819	(GT) ₈ A	4	3	1	2	50.0	66.0
834	(AG) ₈ YT	2	2	0	0	0.0	0.0
835	(AG) ₈ YC	6	6	0	3	0.0	50.0
841	(GA) ₈ YC	5	3	3	2	60.0	66.0
Total		33	33	8	21	24.2	63.6

* Proton beams were treated on the rhizomes with dosage (10 Gy to 250 Gy) shown in Table 10. **Y: CG. *** PBT: Proton beam treatment.

(2) 기능성 형질인자 개선 연구

(가) LED 조사가 발아 및 생육에 미치는 영향

최초 발아는 치상 후 3 ~ 4일 사이 관찰되어 치상 후 5일째 발아율은 대조구 23%, 적색광 14.7%, 혼합광 9%였다. 50% 발아에 도달하는 기간은 대조구가 평균 6일이 소요되었으며, 적색광 7일, 청색광과 혼합광이 8일로 LED 조사구의 초기발아 속도가 지연되었고 청색광과 혼합광의 지연효과가 적색광보다 높게 나타났다. 발아가 완료 시점인 치상 후 15일 이후로는 대조구의 발아율이 83.7%로 가장 높았고, LED 조사구에서는 적색광이 77.3%, 혼합광 75.7%, 청색광 74.0% 순으로 발아율을 나타내었다(그림 33).

민들레의 초장(최장엽장)의 변화는 표 28과 같다. 종자 파종 후 20일 후 대조구의 최장엽장 평균은 4.69 cm였다. 반면 청색광, 적색광, 혼합광 조사구는 각각 5.79 cm, 9.58 cm, 그리고 5.94 cm로 LED 조사에 의해 엽장이 증가되었고, 특히 적색광 처리시 대조구에 비하여 약 2배 증가한 것으로 나타났다. 청색광과 혼합광은 대조구보다 1 cm 더 성장하였다. 파종 30일 후 최장엽장 평균은 대조구 8.32 cm, 청색광 10.24 cm, 적색광 14.04 cm, 혼합광 9.78 cm로 파종 후 20일의 성장과도 유사하였다. 파종 후 60일 후에는 대조구보다 적색광에서 약 26%, 청색광과 혼합광에서 약 15% 정도 증가하였다. 이와 같이 적색광 조사로 초장이 뚜렷하게 증가하였으며, 파종 20일 이후부터는 청색광과 혼합광 처리에서도 유의성 있는 초장의 증가가 나타났다. 광질처리간 비교시 적색광이 청색광과 혼합광 보다 초장의 증가가 촉진되었으며, 청색광과 혼합광에서는 대조구와 비슷하였다.

LED 조사에 의한 민들레의 엽수의 변화는 생육초기인 파종 후 10일에서 20일까지 사이에는 대조구보다 적색광과 혼합광 처리에서 엽수가 증가하여 유의적인 차이를 보였고, 청색광에서는 대조구와 차이가 없었다. 파종 후 30일부터 60일까지 LED광 대조구와 처리구간에 평균 엽수는 유의적인 차이가 없었다(표 29).

엽형: LED 광원별 조사에 따른 민들레의 엽의 형태에 변화를 파악하기 위해 이 등(2010)의 방법으로 엽장과 엽폭을 측정하여 길이와 넓이의 비율(엽장/엽넓이)을 엽형지수로 나타내었다

(표 30). 모든 생육 단계에서 민들레 지상부의 길이 생장이 넓이 생장에 비해 촉진된 LED 조사구의 엽형 지수가 대조구보다 크게 나타났다. 따라서 민들레 지상부의 형태발달에도 LED 조사가 유의적인 변화 요소임을 확인 할 수 있었다.

근장: 민들레의 근의 길이를 10일 간격으로 조사한 결과(표 31), 지상부와 유사한 경향으로 적색광에서 생육이 가장 촉진되었으며, 청색광에서도 유의성 있는 근장의 변화가 관찰되었다. 혼합광의 경우 대조구와 유의차를 나타내지 않았다. 본 연구에서는 청색과 적색 LED 조사가 민들레 뿌리의 길이를 길게 하는데 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다.

청색광, 적색광, 혼합광 LED 광원별 조사로 60일간 재배한 후 100개체의 생체중을 측정한 결과는 표 32 및 그림 34와 같다. 모든 LED 처리구가 대조구에 비하여 생체중이 증가하였고, 초장과 근장의 생육이 가장 촉진되었던 적색광은 생체중이 대조구보다 37% 증가하였으며, 청색광과 혼합광에서도 24% 이상 증가하였다.

이러한 결과를 바탕으로 형광등에서 발아 후 적색광 또는 혼합광을 조사하여 재배한다면 수량증대 및 유효성분이 증진된 민들레의 주년생산이 가능할 것으로 판단된다

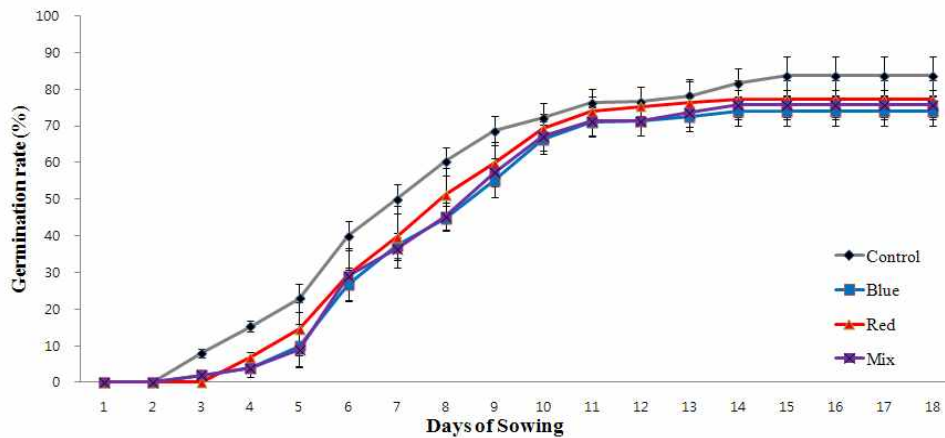


Fig. 33. Germination rate of *T. officinale* cv. Goldenboll seed under different light quality during germination. Values are represented mean±SD(n=6).

Table 28. Plant height of *T. officinale* cv. Goldenboll as affected by various kind of light qualities of LED irradiation. (cm)

Treat-ment	Days after LED irradiation					
	10	20	30	40	50	60
Cont	0.93±0.02 ^{**}	1.72±0.23 ^c	4.69±1.19 ^c	8.32±1.19 ^c	15.4±2.19 ^c	19.74±3.01 ^c
Blue LED	0.98±0.05 ^b	2.50±0.27 ^b	5.79±1.24 ^b	10.2±1.91 ^b	18.9±2.79 ^b	23.10±2.62 ^b
Red LED	1.33±0.09 ^a	4.50±0.98 ^a	9.58±1.80 ^a	14.0±2.12 ^a	21.2±3.19 ^a	26.63±3.65 ^a
Mix LED*	0.98±0.02 ^b	2.30±0.24 ^{bc}	5.94±1.27 ^b	9.78±1.61 ^b	18.6±2.15 ^b	23.18±3.14 ^a

*Mix LED: Bule and Red (6:4) irradiation.

**Duncan's multiple range test at 5% level. Values in each column are mean ± SD(n=6).

Table 29. Number of leaves of *T. officinale* cv. Goldenboll as affected by various kind of light qualities of LED irradiation. (ea)

Treatment	Days after LED irradiation					
	10	20	30	40	50	60
Control	2.33±0.55 ^{d**}	3.55±0.71 ^c	5.98±1.46 ^a	6.23±1.85 ^b	6.54±1.51 ^{bc}	6.9±1.56 ^a
Blue LED	2.44±0.62 ^c	3.77±0.68 ^b	5.23±1.54 ^c	5.98±1.45 ^c	6.79±1.56 ^b	7.2±1.78 ^a
Red LED	2.77±0.59 ^a	4.30±0.56 ^a	5.60±1.85 ^b	6.38±1.85 ^a	6.92±1.94 ^a	7.4±1.95 ^a
Mix LED [*]	2.57±0.57 ^b	4.30±0.74 ^a	5.50±1.05 ^b	6.42±1.52 ^a	6.67±1.58 ^a	7.3±1.57 ^a

^{*}Mix LED: Bule and Red (6:4) irradiation.

^{**}Duncan's multiple range test at 5% level. Values in each column are mean ± SD(n=6).

Table 30. Leaf shape of *T. officinale* cv. Goldenboll as affected by various kind of light qualities of LED irradiation.^{*}

Treatment	Days after LED irradiation					
	10	20	30	40	50	60
Control	3.76±0.22 ^{***}	1.41±0.12 ^c	1.81±0.28 ^c	1.87±0.21 ^b	1.55±0.16 ^c	1.44±0.18 ^c
Blue LED	3.87±0.17 ^c	1.78±0.11 ^b	1.85±0.26 ^c	1.83±0.18 ^b	1.67±0.11 ^b	1.59±0.13 ^b
Red LED	4.54±0.21 ^a	2.09±0.17 ^a	2.15±0.27 ^a	2.01±0.26 ^a	1.74±0.14 ^a	1.78±0.16 ^a
Mix LED ^{**}	4.15±0.19 ^b	2.00±0.12 ^a	1.93±0.22 ^b	1.91±0.20 ^a	1.66±0.18 ^b	1.60±0.13 ^b

^{*}Leaf shape: Leaves length/leaves width.

^{**}Mix LED: Bule and Red (6:4) irradiation.

^{***}Duncan's multiple range test at 5% level. Values in each column are mean ± SD(n=6).

Table 31. Root length of *T. officinale* cv. Goldenboll as affected by various kind of light qualities of LED irradiation. (cm)

Treatment	Days after LED irradiation					
	10	20	30	40	50	60
Cont	0.94±0.01 ^{**}	1.51±0.31 ^b	3.56±0.79 ^f	6.03±0.52 ^e	7.66±0.97 ^e	8.20±1.46 ^c
Blue LED	0.98±0.01 ^b	1.54±0.36 ^a	3.89±0.62 ^b	6.08±0.61 ^b	7.94±1.04 ^b	8.82±1.54 ^b
Red LED	1.01±0.02 ^a	1.58±0.44 ^a	4.02±0.96 ^a	6.98±1.03 ^a	8.31±1.42 ^a	9.24±1.49 ^a
Mix LED [*]	0.99±0.01 ^b	1.52±0.34 ^a	3.83±0.78 ^b	6.04±0.82 ^e	7.67±1.05 ^b	8.47±1.15 ^c

^{*}Mix LED: Bule and Red (6:4) irradiation.

^{**}Duncan's multiple range test at 5% level. Values in each column are mean ± SD(n=6).

Table 32. Fresh weight of *T. officinale* cv. Goldenboll as affected by various kind of light qualities of LED irradiation. (g/100 ea)

Treatment	Control	Blue LED	Red LED	Mix LED [*]
Fresh weight	42.43±1.28 ^{c**}	55.16±2.66 ^b	66.93±2.72 ^a	54.43±2.27 ^b

^{*}Mix LED: Bule and Red (6:4) irradiation.

^{**}Duncan's multiple range test at 5% level. Values in each column are mean ± SD(n=6).



Fig. 34. Profile of 100 plants of *T. officinale* cv. Goldenboll in 60 days after different light qualities of LED irradiation.

(나) LED 조사가 항산화 활성에 미치는 영향

① 항산화 활성

㉠ DPPH radical-scavenging 활성

LED 광원별 조사에 따른 시료들의 DPPH radical-scavenging 효과를 측정하여 시료들의 항산화 활성을 비교하였으며, 그 활성 정도를 IC₅₀ (The half maximal inhibitory concentration) 값으로 정리한 결과는 표 33과 같다.

시료별 DPPH radical-scavenging 활성은 적색 LED 시험구에서 높았으며, 대조구와 청색 LED 시험구는 상대적으로 약하였다. 본 실험의 IC₅₀ 값을 살펴보면 적색 LED 시험구 14.64 ± 3.22 μg/ml, 적색과 청색을 혼합한(적색+청색) LED 시험구 16.73 ± 1.06 μg/ml, 청색 LED 시험구 18.12 ± 0.14 μg/ml 및 대조구 19.31 ± 2.92 μg/ml 순으로 낮았다.

Table 33. DPPH radical-scavenging activities of extracts from *T. officinale* cv. Goldenboll cultivated with different kind of LED irradiation.

Samples	IC ₅₀ (μg/ml) [*]
BHA ^{**}	5.43±0.02 ^{*****}
Vitamin C	3.91±0.01
Control ^{***}	19.31±2.92
Blue LED	18.12±0.14
Red LED	14.64±3.22
Mix LED ^{****}	16.73±1.06

^{*}Inhibitory activity was expressed as the mean of 50% inhibitory concentration of triplicate determines, obtained by interpolation of concentration-inhibition curve.

^{**}BHA: Butylated hydroxy ani-sole.

^{***}Control: Fluorescent lamp irradiation.

^{****}Mix LED: Bule and Red (6:4) irradiation.

^{*****}All values are mean±SD (n=3).

㉡ SOD 활성

LED 광원별 조사에 따른 시료들의 SOD 활성은 표 34와 같다. LED 시험구별로는 적색 LED 시험구의 SOD활성이 67.41%로 가장 높았으며, 청색+적색 LED 시험구 64.38%, 청색 LED 시험구 59.34% 및 대조구 57.11% 순으로 활성이 높았다. SOD 활성이 양호하게 나타난 적색 LED 시험구와 적색+청색 LED 시험구는 기능적 측면에서 항산화 효과가 인정되었다.

Table 34. SOD activity of ethanol extracts from *T. officinale* cv. Goldenboll cultivated with different kind of LED irradiation.

Samples	SOD activity (%)
BHA*	93.00±4.27****
Vitamin C	96.00±2.14
Control**	57.11±3.92
Blue LED	59.34±4.14
Red LED	67.41±2.02
Mix LED**	64.38±2.67

*BHA: Butylated hydroxy anisole.

**Control: Fluorescent lamp irradiation.

***Mix LED: Blue and Red (6:4) irradiation.

****All values are mean±SD (n=3).

② 성분함량의 변화

㉠ 총 페놀성 화합물 함량

LED 조사에 따른 시료들의 total polyphenol 함량을 측정된 결과는 표 35와 같다. 시료구별 함량을 보면 적색과 청색을 혼합한(적색+청색) LED 시험구가 121.77 mg%로 가장 높게 나타났다. LED 광원별 total polyphenol 함량은 청색+적색 LED 시험구, 적색 LED 시험구 및 청색 LED 시험구 순으로 높게 나타났다.

Table 35. Contents of total polyphenols from *T. officinale* cv. Goldenboll cultivated with different kind of LED irradiation.

Samples	Contents (mg%)
Control*	101.23±4.69***
Blue LED	98.09±6.43
Red LED	115.36±4.42
Mix LED**	121.77±5.56

*Control: Fluorescent lamp irradiation.

**Mix LED: Blue and Red (6:4) irradiation.

***All values are mean±SD (n=3).

㉡ Anthocyan

시료들의 anthocyan 분석 결과는 표 36에 나타난 바와 같다. 시료구별 anthocyan 함량을 보면 적색 LED 시험구는 56.24 mg%의 가장 높은 함량을 보였고, 적색+청색 LED 시험구 49.27 mg%, 대조구 37.24 mg% 및 청색 LED 시험구 34.13 mg% 순으로 함량을 보였다. 본 실험결과 과실이 아닌 전초류인 민들레가 anthocyan을 함유하고 있음을 확인하였고, 색소자원으로 민들레를 생산할 경우 적색 LED 광원과 적색과 청색 혼합광원을 적용하는 것이 효과적일 것으로 시사된다.

Table 36. Contents of anthocyan from *T. officinale* cv. Goldenboll cultivated with different kind of LED irradiation.

Samples	Contents (mg%)
Control*	37.24±3.69***
Blue LED	34.10±3.43
Red LED	56.24±4.21
Mix LED**	49.27±3.76

* Control: Fluorescent lamp irradiation.

** Mix LED: Blue and Red (6:4) irradiation.

*** All values are mean±SD (n=3).

㉔ 아미노산

Table 37. Contents of free amino acids in aerial parts of *T. officinale* cv. Goldenboll cultivated with different kind of LED irradiation.

Components	Control	Blue LED	Red LED	Blue+Red LED
	mg%			
Aspartic acid	85.14	75.63	90.35	94.63
Asparagine	932.74	892.36	987.23	964.56
Serine	106.46	125.55	145.75	132.62
Glutamic acid	98.44	97.65	105.67	128.73
Glycine	45.07	55.28	48.45	53.62
Histidine	13.86	23.50	11.97	18.38
Arginine	13.12	15.64	20.18	18.27
Threonine	71.44	76.23	82.02	65.22
Alanine	14.14	10.25	14.43	15.26
Proline	112.12	112.36	123.87	118.49
Tyrosine	ND	ND	ND	ND
Cystine	8.70	12.62	16.88	11.85
Valine	36.35	53.84	95.57	54.62
Methionine	nd	nd	nd	nd
Lysine	13.04	13.89	20.32	15.16
Isoleucine	29.93	22.64	36.17	24.56
Leucine	31.55	32.96	41.63	34.88
Phenylalanine	15.71	19.30	10.88	12.55
TAA	1,612.1	1,620.4	1,840.49	1,750.85

*TAA: Total free amino acids.

**ND: Not detected.

LED 조사에 따른 시료들의 아미노산 함량을 분석한 결과는 표 37과 38에서 보는 바와 같다. 시료구들 모두에서 asparagine, proline, serine, threonine, valine, arginine 등이 주요 아미노산으로 나타났다. 시료구에 따른 총 아미노산 함량은 지상부의 경우 적색 LED 시험구에서 1,851.37 mg%로 가장 높은 함량을 보였으며, 적색+청색 LED 시험구도 1763.40 mg%로 청색 LED 시험구와 대조구에 비하여 높은 유리아미노산 함량을 나타내었다. 민들레 지하부의 시료구간 유리아미노산 함량 비교에서도 적색 LED 시험구가 2,598.92 mg%로 가장 많은 유리아미노산 함량을 나타내었으며 적색+청색 LED 시험구 또한 2,590.58 mg%의 높은 함량을 나타내어, 적색광 조사에 의해 단백질의 합성이 활성화 되는 것으로 추정된다.

종류별 아미노산 조성 비율은 asparagine이 892.36 ~ 1624.32 mg%로 총 아미노산에서 약

50% 이상의 비율을 차지하여 주요 아미노산으로 확인되었다. aspartic acid와 arginine 또한 586.32 ~ 758.35 mg%와 586.44 ~ 850.18 mg%로 함량이 많았다. 이는 돌산갓, 더덕 등 다른 약용식물 및 채소류 보다 유리아미노산 함량이 높았으며, 특히 피로회복, 숙취해소에 효과가 있는 것으로 알려진 asparagine이 풍부하여 민들레를 건강보조식품 및 숙취해소음료의 재료로 이용할 경우 효과가 높을 것으로 사료된다(강 등, 2000; 이 등, 1994; 김, 1985).

Table 38. Contents of free amino acids in root of *T. officinale* cv. Goldenboll cultivated with different kind of LED irradiation.

Components	Control	Blue LED	Red LED	Blue+Red LED
	mg%			
Aspartic acid	41.60	50.32	41.2	52.3
Asparagine	1,573.44	1,538.27	1,624.32	1,594.14
Serine	207.53	196.34	209.98	205.72
Glutamic acid	95.21	104.34	115.17	124.35
Glycine	42.18	39.13	32.51	37.92
Histidine	30.31	30.23	33.45	40.12
Arginine	77.91	86.44	83.43	92.67
Threonine	68.89	69.65	66.58	77.32
Alanine	19.10	21.81	16.54	18.92
Proline	163.80	168.93	227.5	196.54
Tyrosine	ND	ND	ND	ND
Cystine	12.15	19.56	28.41	32.58
Valine	23.46	36.24	12.64	9.73
Methionine	ND	ND	ND	ND
Lysine	12.03	14.23	16.55	13.28
Isoleucine	16.73	18.32	24.35	27.21
Leucine	32.22	36.36	42.37	41.94
Phenylalanine	16.46	18.56	23.92	25.84
TAA	2,416.56	2,430.17	2,575	2,564.74

*TAA: Total free amino acids.

**ND: Not detected.

4. 결과요약 및 종합결론

가. 생육 특성과 LED 조사 효과

(1) 개화 특성 및 종자생산

개화 특성으로 자생종(*T. mongolicum*, *T. coreanum*, *T. coreanum* var. *flavescens*)은 연 2회 개화하였고, 귀화종(*T. officinale*, *T. laevigatum*)은 봄부터 초겨울까지 다회 개화하였다. 개체당 화경 수와 연간 종자 생산량은 귀화종이 자생종에 비해 5 ~ 11배 많았고, 자생종 민들레 중 다른 개체보다 많은 종자를 생산하는 수집종을 선발하였다.

(2) 기내대량증식법 개발

기내배양 재료를 육성하고자 MS배지에 자가수분된 종자를 치상하여 개체를 대량 증식 후 서양민들레 잎을 재료로 다양한 성장조절물질(NAA, BA, 2, 4-D, kinetin)을 MS배지에 단용첨가하여 농도별(0, 1, 2.5, 10 mg/ℓ) 기관분화 조사한 결과 BA와 IAA 혼용처리와 kinetin과 IAA 혼용처리에서 기관분화율이 높게 나타났으며, 특히 kinetin 2 mg + IAA 0.1 mg 혼용처리에서 가장 분화율이 높고 생육이 왕성하였다. 이러한 결과를 적용한다면 민들레의 기내 대량 재배가 가능할 것으로 판단된다.

(3) 형태학적 유연관계 분석

5종 민들레 40 수집 개체간의 형태학적 유연관계를 분석한 결과 7 개 그룹으로 나뉘었고, 민들레(*T. mongolicum*)는 독립적으로 유집되었으나 흰민들레(*T. coreanum*), 흰노랑민들레(*T. coreanum* var. *flavescens*), 서양민들레(*T. officinale*), 붉은씨서양민들레(*T. laevigatum*)는 구분되지 않았다.

(4) LED 처리 시험

서양민들레(*T. officinale* cv. Goldenboll)에 LED를 조사한 결과, LED 조사구의 초기발아 속도가 지연되었고, 발아율은 대조구, 적색광, 혼합광, 청색광 순으로 높았다. 엽수를 제외한 초장, 엽수, 근장, 생체중 등의 성장 특성은 LED 조사로 증가되었고, 적색광의 성장 촉진 효과가 가장 크게 나타났다.

항산화 활성과 기능성 성분 분석 결과 DPPH free radical scavenging과 SOD활성은 적색 LED 시험구에서 가장 높았으며, 대조구와 청색 LED 시험구는 상대적으로 소거능이 약했다. 총 페놀 함량은 적색 LED 시험구와 적색+청색 LED 시험구에서 대조구에 비하여 15 ~ 20 mg%가 증가하였고, anthocyan 함량은 적색 LED 시험구와 적색+청색 LED 시험구에서 대조구보다 12 ~ 16 mg%의 증가를 나타내었다. 총 아미노산 함량은 지상부와 지하부 모두 적색 LED 시험구에서 가장 높은 함량을 보였으며, 적색+청색 LED 시험구도 청색 LED 시험구와 대조구에 비하여 높은 함량을 나타내었다. 적색광과 혼합광 LED 처리시 항산화 활성 및 기능성 성분 함량이 대조구에 비하여 증가하여 고기능성 민들레 소재 생산의 가능성을 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로 형광등에서 발아 후 적색광 또는 혼합광을 조사하여 재배한다면 수량증대 및 유효성분이 증진된 민들레의 주년생산이 가능할 것으로 판단된다.

나. 유전적 다양성 및 유연관계 분석

(1) 배수성 분석

배수성을 분석한 결과 자생종인 민들레와 귀화종인 서양민들레와 붉은씨서양민들레가 3배체, 자생종인 흰민들레와 흰노랑민들레는 4배체였다.

(2) 유전적 다형성

ISSR 마커를 이용하여 서양민들레와 흰민들레 30개체를 분석한 결과, 서양민들레와 흰민들레는 유전적 다형성(polymorphism)이 96.0%로 높았으며, 귀화종인 서양민들레가 자생종인 흰민들레보다 높은 종내 유전적 변이를 나타내었다. 유전적 유사도 지수는 최저 0.179에서 최고 0.922 사이로 유전적으로 매우 다양한 것으로 나타났다. 군집분석결과 서양민들레와 흰민들레가 분리되어 군집되었으며, 조계산에서 수집한 개체는 노지와 해안 지역에서 수집한 개체와 유전적으로 차이를 나타내어 독립적인 그룹으로 유집되었다.

(3) 유전적 유사도

국내 노지, 산지, 도서, 해안에서 수집한 5종의 민들레속 32 개체를 분석한 결과, 민들레속 5 종간에 100% 다형성을 나타내었고, 자생종간 유전적 다형성과 귀화종간 유전적 다형성은 유사한 수준이었으며, 총 32 수집 개체간의 유전적 유사도 지수는 최저 0.025에서 최고 0.860 사이

로 32개 개체간 전체 유전적 유사도 지수 평균은 0.303이었다. 군집분석 결과 각각 자생종 4개 그룹, 귀화종 3개 그룹과 유집되지 않고 독립적으로 존재하는 2개체로 나뉘었다. 조계산에서 수집한 흰민들레는 ISSR 분석에서 모두 독립적으로 존재하여 유전적으로 상이한 개체로 평가되었다.

다. 핵 리보솜 DNA 영역의 유전적 다양성

생육특성과 ISSR 분석을 기초로 선발한 민들레속 유전자원 5종 22개체의 ITS 영역을 증폭하여 염기서열을 분석한 결과, 염기의 길이는 최소 456 bp에서 최대 460 bp 사이로 22 수집 개체의 평균 염기의 길이는 457.45 bp였다. <G+C> 함량 평균은 최소 51.54%에서 최대 52.86% 사이로 전체 유전자원의 평균 GC 함량은 52.22%였다. 염기서열의 유사도는 최저 0.950에서 최고 0.997 사이로, 22개 전체 염기서열의 유사도 평균은 0.974였다. Neighbor-joining phylogenetic tree로 계통분류를 실시한 결과 자생종과 귀화종이 분리되어 분류되었고 전체 수집종이 4개 분류군과 독립적으로 존재하는 1개체로 나뉘어졌다.

라. 엽록체 DNA 영역의 유전적 다양성

(1) cpDNA 변이성 분석

생육특성과 ISSR 군집 분석을 기초로 선발한 민들레속 유전자원 5종 23개체의 cpDNA 변이성을 분석한 결과 *trnL-trnF* 영역의 염기서열의 길이는 자생종은 929 bp에서 930 bp, 귀화종은 910 bp에서 975 bp로 자생종과 귀화종간 차이를 보였다. GC 함량은 36.78%에서 38.25% 사이로 평균 37.02%였다. 개체 및 종간에 나타난 삽입, 결실 및 치환의 변이는 총 47개 영역에서 발생하였고, 이 중 11개 영역에서 귀화종과 자생종간 차이를 나타내었다. 개체별 transition이 15개 영역, transversion은 7개 영역에서 발생하여 transition이 transversion에 비하여 2배 이상 검출되었다. 삽입 및 결실 변이는 4개 영역에서 119개의 염기 변이가 검출되었다. 염기서열 유사도 지수는 최소 0.864에서 최대 1.000사이로 염기서열 유사도 지수 평균은 0.963이었다. Neighbor-joining phylogenetic tree로 유연관계를 분석한 결과, *trnL*[UAA]-*trnF*[GAA]에서는 전체 수집종이 4개 분류군으로, 자생종과 귀화종이 독립적으로 분류되었고, 흰노랑민들레를 제외한 다른 종들도 독립적으로 그룹을 이루었다.

(2) *rps16-trnK* 영역 분석

민들레속 5종 21 개체의 *rps16-trnK* 영역을 분석한 결과, 염기서열의 길이는 847 bp에서 883 bp 사이로 종간 및 개체간 차이를 나타내었다. GC 함량은 27.65%에서 29.05% 사이로 평균 28.12%였다. 전체 염기서열에서 개체 및 종간 나타난 삽입, 결실 및 치환의 변이는 총 33개 영역에서 발생하였고, 이 중 2개 영역에서 귀화종과 자생종간 차이를 나타내었다. 종내의 개체별 치환된 염기 중 transition이 17개 영역, transversion은 7개 영역에서 발생하여 transition이 transversion에 비하여 2.4배 이상 발생하였다. 염기의 삽입 및 결손은 5개 영역에서 47개의 염기 영역에서 발생하였다. 염기서열 유사도 지수는 최소 0.938에서 최대 0.998 사이로 염기서열 유사도 지수 평균은 0.978이었다. *rps16-trnK* 영역의 유연관계 분석결과, 전체 수집종은 5 계통으로 분류되었으며 흰노랑민들레와 흰민들레는 분리되지 않고 한 그룹으로 유집되었으나 이를

제외한 다른 종들은 독립적인 그룹을 이루었다.

마. 양성자빔 처리와 생장 및 변이성

(1) 양성자빔 처리 시험

새로운 민들레의 유전자원 개발에 기초자료를 제공하고자 양성자빔을 10 Gy에서 1500 Gy 사이에 다양한 선량으로 민들레(*T. officinale* cv. Goldenboll) 건조종자에 조사하여 발아율과 생존율 및 생장에 미치는 영향을 조사한 결과 발아율과 초장, 엽수, 근장 모두 선량의 증가에 따라서 감소하였으며, 선량의 증가에 따른 상관은 발아, 초장, 생체중, 생존율, 엽수 순으로 높은 상관관계를 나타내었고, 발아를 기초로 한 LD₅₀ 선량은 100 Gy에서 250 Gy 사이였다.

(2) ISSR 분석

왜성, 색소체변이, 생육변이, 엽형변이 등 다양한 변이체를 선발하여 ISSR 분석을 실시한 결과 대조구는 총 33개 밴드 중 8개의 다형성 밴드가 검출되어 24.2%의 다형성을 나타내었고, 양성자빔 조사구는 총 33개 밴드 중 21개의 다형성 밴드가 검출되어 다형성 비율은 63.6%로 양성자빔 처리에 의해 민들레의 변이성이 증대되었다.

(3) 고바이오매스 유전자원 육성

생육이 왕성한 고바이오매스 유전자원을 육성하고자 2011년에 서양민들레 종자에 양성자빔 50 Gy를 조사하여 얻은 돌연변이 개체에서 종자를 채종하여 M₁ 세대를 육성하였다. 육성된 400여 M₁ 개체 중 생육이 왕성하여 초장이 크고, 엽수가 많은 22 개체를 선발 후 포장에 이식하여 2012년 6월부터 2013년 4월까지 생육특성을 조사하고, 생육이 가장 왕성한 시기인 8월에 지상부를 수확하여 기능성 성분 함량을 분석하였다. 선발계통별 초장은 원품종 골든볼에 비하여 3 ~ 5월 사이에는 9 ~ 24 cm, 6 ~ 8월에는 최대 28 cm까지 길었다. 엽수는 모든 계통에서 원품종보다 3배 이상 많았다. M₂세대 성장조사 결과를 바탕으로 초장이 길고 엽수가 많은 8계통의 고바이오매스 유전자원의 총 페놀 함량(클로로젠산, 탄닌산, 카테킨)과 총 플라보노이드 함량을 분석한 결과, 3 계통은 클로로젠산이 7 ~ 31%, 탄닌산이 6 ~ 27%, 카테킨이 6 ~ 28%, 그리고 총 플라보노이드가 4 ~ 48% 정도 다른 계통보다 높게 나타났다.

바. 종합결론

본 연구개발 결과는 다양한 지역에서 수집한 국내 민들레속 식물자원의 생육과 외부 형태학적 특성, LED 조사 효과, 유전적 다양성, 유전적 변이의 다양성을 구명하여 민들레 식물 자원화를 위한 개체선발과 고부가가치 민들레 소재개발의 가능성을 제시하였다. 그 결과로 성장조절물질의 적절한 혼용처리로 분화율이 높고 생육이 왕성한 기내 대량재배가 가능하고, 적색광 또는 혼합광을 조사하여 재배한다면 수량 및 기능성 유효성분이 증진된 민들레의 주년생산이 가능하다고 판단된다.

유전적 다양성 및 유연관계 분석에서 배수성 및 유전적 다형성에서 큰 차이를 보였고 특히 ISSR 마커를 이용하여 서양민들레와 흰민들레 30개체를 분석한 결과, 그들의 유전적 다형성(polymorphism)은 높게 나타났으며, 귀화종인 서양민들레가 자생종인 흰민들레보다 높은 종내

유전적 변이를 나타내었다. 수집한 흰민들레는 ISSR 분석에서 모두 독립적으로 존재하여 유전적으로 상이한 개체로 평가되었다. 핵 리보솜 DNA 영역의 유전적 다양성에서 Neighbor-joining phylogenetic tree로 계통분류를 실시한 결과 자생종과 귀화종이 분리되어 분류되었고 전체 수집종이 4개 분류군과 독립적으로 존재하는 1개체로 나뉘어졌다.

엽록체 DNA 영역의 유전적 다양성에서는 Neighbor-joining phylogenetic tree로 유연관계를 분석한 결과, *trnL*[UAA]-*trnF*[GAA]에서는 전체 수집종이 4개 분류군으로, 자생종과 귀화종이 독립적으로 분류되었고, 흰노랑민들레를 제외한 다른 종들도 독립적으로 그룹을 이루었다.

rps16-trnK 영역의 유연관계 분석결과, 전체 수집종은 5계통으로 분류되었으며 흰노랑민들레와 흰민들레는 분리되지 않고 한 그룹으로 유집되었으나 이를 제외한 다른 종들은 독립적인 그룹을 이루었다.

양성자빔 처리에 의해 민들레의 변이성이 증대되었다. 생육이 왕성한 고바이오매스 유전자원을 육성한 결과 초장이 길고 엽수가 많은 고바이오매스 유전자원의 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량이 다른 계통보다 높게 나타났다.

따라서 한국에서 서식하는 민들레속의 귀화종과 자생종에 대한 유전적 다양성 및 유연관계가 구명되었고 이를 바탕으로 기능성 강화를 위한 다양한 고바이오매스 유전자원의 획득과 활용으로 기존의 민들레보다 기능성을 더 강화된 민들레 종을 공급(제1과제)함으로써 시설 재배 생산 분야(제2과제)와 가공 및 제품화 분야(제3과제)에 크게 기여할 것으로 예상된다.

제2절 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구

1. 서언

민들레는 생약명으로는 포공영(浦公英, *Taraxacum coreanum*, Compositae)으로 국화과의 다년 생초본이다. 일반명으로는 dandelion이라고 하며 백수의 왕이라는 뜻으로부터 효과를 알 수 있고 뿌리, 잎, 꽃, 꽃줄기 등 식물의 전체를 약용으로 사용하며, 학명에서 보듯이 Taraxam은 taraxis(불안)과 aceomi(치료)의 합성으로 되어 있어 간, 담낭, 신장에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Grieve, 1994). 우리나라를 비롯하여 전 세계에 2,000여 종이 분포하고 있으며, 한방에서 해열, 발한, 건위, 강장, 타장, 최유, 해독, 임파선염, 급성기관지염, 위염, 간염, 담낭염 등에 사용되고 있다. 민들레는 유럽, 호주, 뉴질랜드 등에서 재배되는 작물로 유럽에서는 만병통치약으로 사용될 정도로 각종 질병 예방에 필수적인 허브로 인식되고 있으며, 국내에서도 경남 의령, 전북 임실 등에서 재배되고 있으며 지역 특화작물로 지정되어 그 재배면적이 확대되고 있다(김, 2007). 국내에는 주로 민들레(*Taraxacum mongolicum*), 쯤민들레(*T. hallaisanense*), 산민들레(*T. ohwianum*), 흰민들레(*T. coreanum*)를 비롯한 자생 4종과 서양민들레(*T. officinale*)와 붉은씨서양민들레(*T. laevigatum*) 귀화 2종으로 구분하고 있다(이, 1980; 박, 1995).

주요성분으로는 비타민과 무기질이 풍부하고, 지방함량과 칼로리가 낮아(Racz-Kotilla 등, 1974) wellbeing 식품으로 적당하며, 고미성분인 taraxin, inulin이 많고, carotenoid 성분인 taraxathin, triterpene인 taraxerol, taraxasterol, β -sitsterol, 그리고 caffeic acid, taraxacine 등과 vitamin A, vitamin C, tocopherol, Ca, Fe, K 등이 풍부하다(Williams 등, 1996; Kang 등, 2000). 잎의 성분은 저 칼륨 혈증을 일으키지 않는 이노성분을 갖고 있으며, 고미성분은 소화선을 자극하여 소화를 도우며 타우린의 간 기능 향상, 담즙분비를 촉진시켜 지방의 소화를 증진시킨다(Grieve, 1994). 그리고 한방에서는 열을 내리고, 해독, 이노, 최유(젖을 잘 나오게 함), 울결을 풀어주고 염증을 삭히며, 간염에 사용된다고 하였고(黃度淵原, 1989), 구미 / 유럽에서는 잎을 샐러드로 이용하며, 꽃은 술을 담그는데도 사용하였다(Grieve, 1994). 그리고 민들레의 생리활성은 민들레의 열수 및 에탄올 추출물이 항산화 활성(Shahidi 등, 1992), hydroxyl radical 소거 활성(Kang, 2001)을 가지고 있고, 또한 식중독 균에 대한 항균활성(Lee와 Shin, 1991), 염증을 일으키는 포도상 구균에 대한 항균활성, 피부 진균에 대한 억제 작용(생약학교재편찬위원회, 2001)은 있으나 김치 발효균주에 대해서는 그 영향력이 없다(Kim 등, 2000)고 보고된 바 있다. 그리고 열수 추출물이 항종양 효과(Baba 등, 1981)가 뛰어나며, sarcoma 180 고형암에 대해서도 강력한 항암활성을 지닌다(Kim, 1995)고 알려져 있다. 또한 체내 지질대사의 개선효과(Cho 등, 2000), 항염증효과(Kim, 1991)도 아울러 가지고 있는 것으로 알려져 민들레를 이용하여 wellbeing tea를 개발, skin care, 간 기능 개선을 위한 발효주 등을 개발하는데 중요한 원료로 사용함에 부족함이 없다는 것을 알 수 있다(김, 2008). 또한 기존의 민들레 추출물에 대한 약리적 연구로서 Lee 등(1993)은 민들레의 물 분획물을 이용하여 항위염 효과가 있음을 보고하였고, Ho 등(1998)은 ethanol 분획층의 desacetylmaticarin 성분이 항알레르기 활성이 있음을 보였다. 그리고 Hu와 David(2003)는 민들레 추출물이 항산화 활성이 있어 프리라디칼을 소거하며, Mascolo 등(1987)은 동물에서 항염활성이, Kotobuki 등(1965)은 항종양 활성이, Takasaki 등(1999a, 1999b)은 항암활성이 있음을 보고한 바 있다.

민들레속의 토양환경에 관한 연구는 많지 않으나, 미국을 중심으로 민들레에 의한 토양 오염 물질을 제거시키는 기술, 이른바 phytoremediation에 관한 연구가 활발히 진행되어 가고 있는데, 토양과 식물체 내의 Pb, Cd, Cu, Zn, Hg, Fe, Co, Cr, Mo 등 중금속 함량을 분석하여 민들레에 의한 중금속 오염 monitoring 기술(Kuleff와 Djingova, 1984; Malawska와 Wiołkomirski, 2001)이 연구된 바 있다.

민들레를 시설재배에 실용화하기 위해서 보수성, 보비성 및 통기성이 다른 양액배지 조성 (Lee, 1994)과 차광정도에 따라 민들레의 생육반응은 다를 것으로 예상된다. 실제로 차광은 광도는 물론 지온과 식물체온을 낮추는 효과(Brand, 1997) 뿐만 아니라 지나친 차광조건에서는 순광합성량의 감소로 영양생장 저하, 초장, 측지수, 엽장, 엽면적 및 건물중 등의 감소가 뚜렷하며 결국 수량에 악영향을 줄 것으로 보고되고 있다(Brand, 1997; Hong 등 1996; Son과 Chae 2003). 실제로 이 등(1998)은 차광처리에 따른 더덕의 조성분과 정유성분 변화에 관한 연구에서 차광정도가 높을수록 조단백질과 조지방은 감소한 반면, 향기성분인 *trans*-2-hexanol은 무차광에 비해 오히려 3.2배 높아졌음을 보고하였다. 하지만, 차광정도별 민들레의 생육과 생리활성물질 함량 또는 그 활성 변화에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 서양민들레가 자생하고 있는 지역 수집종의 생육특성, 식물체의 일반성분 및 무기양분, 토양환경 특성을 구명하고자 토양의 화학성, 중금속 함량과 생물성이 조사되었고 민들레의 시설재배를 위해 온도, 배지조성 및 차광정도를 달리한 재배환경 조건에 따른 생육 및 수량특성 변이를 검토하였다.

2. 재료 및 방법

가. 민들레 수집종의 생리·생태 연구

(1) 수집종 민들레의 일반성분 및 무기질 함량 분석

서양민들레의 성분분석과 생리활성을 검정하기 위하여 2010년 5월과 9월 사이에 지형적인 특성에 따라 경작지 부근의 순천시 해룡면을, 공단지역으로 여수시 삼일동과 상암동을, 도시근교지역으로 여수시 소라면을, 산간지역은 양구군 양구읍을, 중산간지는 곡성군 오산면을, 해안지역은 영광군 법성포를 각각 선정하여(표 39), 영양생장기와 생식생장기로 이르고 있는 자생 서양민들레의 지상부와 지하부를 분리하여 채취하였다. 채취된 샘플은 세척한 후 사용 때까지 초저온(-60℃) 하에서 5일간 냉동·보관하였다. 보관된 시료는 동결건조(-60℃)시킨 후 잎과 뿌리를 마쇄하여 1mm 체에 통과시켰으며 사용시까지 다시 냉동·보관하였다.

Table 39. Locations of *Taraxacum officinale* accessions used for experiment.

Accession	City or County	Geographical feature
Haeryong	Sunchon	Arable land
Samil	Yeosu	Industrial area
Sangam	Yeosu	Industrial area
Sora	Yeosu	Urban vicinity
Yanggu	Yanggu	Mountain area
Osan	Gokseong	Mid-mountain area
Beopseong	Younggwang	Coastal area

(가) 일반성분

식물체 내의 조단백질은 Micro-Kjeldahl (Kjeldahl/Nitrogen analyzer, K-424/B-324, BUCHI, Switzland), 조지방은 Soxhlet 추출법 (Universal extraction system, B-811, BUCHI, Switzland), 조회분은 550°C 직접 회화법으로, 조섬유소는 H₂SO₄-NaOH법(Fibercap System, 2022, Foss Tecator, U.S.A.)으로 A.O.A.C. 표준법에 따라 분석하였다(A.O.A.C., 2000).

(나) 무기질

Ca, Mg, Na, K는 풍건한 식물체 시료 5g을 100ml 삼각플라스크에 넣고 1N-NH₄OAC 침출액 50ml을 가하여 30분간 진탕(160rpm/min)한 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다(농업과학기술원, 2000).

식물체 내의 치환성 Al(알루미늄) 함량은 비색법으로 분석하였으며 식물체 시료 10g를 1N KCl 50ml를 가해 30분간 진탕한 후 여과하여 여과액 2.5ml의 일정량을 증류수 20ml를 가해 희석하고, 2ml의 thioglycolic acid와 10ml의 Aluminon 시약을 가하여 비등 수욕상에서 16분 가열한다. 그 후 90분간 냉각 후 50ml로 희석한 후 465nm 혹은 357.5nm에서 측정하였다.

Fe, Mn, Mo은 풍건한 식물체 시료 5g와 DTPA용액 25ml를 100ml 삼각플라스크에 넣고 120분간 진탕 침출 후 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(Inductively couple plasma spectrometer (ICP), ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다(농업과학기술원, 2000).

(다) 중금속

As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn 및 Cr⁶⁺은 풍건한 식물체 시료 5g와 DTPA용액 25ml를 100ml 삼각플라스크에 넣고 120분간 진탕 침출 후 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(Inductively couple plasma spectrometer (ICP), ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다(농업과학기술원, 2000).

(2) 수집종 민들레의 주변 토양환경 분석

(가) 토양의 화학성

2010년 5월과 9월 사이에 순천시 해룡면, 여수시 삼일동, 상암동 및 소라면, 양구군 양구읍, 곡성군 오산면, 영광군 법성포의 서양민들레 자생지의 토양 중 민들레가 자라고 있는 토양(민들레 토양)과 민들레 주변 1 m 내외 토양(비민들레 토양)을 각각 선정하여 표토 2cm 부근을 제거하고 20cm 깊이 토양 500g 정도를 3반복으로 채취하여 7일간 풍건하여 2mm 체를 통과시킨 후 토양화학성, 중금속 및 미생물 밀도분석에 사용하였다. 토양의 화학성은 농촌진흥청 농업과학기술원의 토양 및 식물체 분석법(농업과학기술원, 2000)에 준하여 다음과 같이 분석하였다.

① 토양산도(pH)

초자전극법, 즉 풍건한 토양시료 10g을 100ml 비이커에 취하고 증류수 50ml을 가하여 1시간 진탕(160rpm/min)한 후 30분간 방치한 다음 pH meter로 측정하였다.

② 전기전도도(EC)

초자전극법, 즉 풍건한 토양시료 10g을 100ml 비이커에 취하고 증류수 50ml을 가하여 1시간 진탕(160rpm/min)한 후 30분간 방치한 다음 EC meter로 측정하였다.

③ 유기물함량(O.M)

Tyurin법으로 풍건한 토양시료 0.1 ~ 0.5g (200mesh를 통과한 시료)을 250ml 삼각 flask에 취하고 10ml의 0.4N-중크롬산칼리황산 혼합지시약을 가한 다음 소형 여두를 덮고 200℃ 범위의 전열판 위에서 가열한 다음 0.2N-황산제1철암모늄으로 적정하여 탄소함량을 구한 후 계수 1.724를 곱하여 환산하였다.

④ 전탄소(Total-N) 전질소(Total-N), 및 전인산(Total-P)

토양의 전탄소 함량은 회화법으로 정량하였고, 전질소는 풍건한 토양시료 5g을 Kjeldahl flask에 취하고 황산염 혼합분말 5g과 황산용액 (Conc. H₂SO₄) 25ml을 가한 다음 분해용 전기로에서 무색이 될 때까지 분해하여 Micro-Kjeldahl법으로 자동질소분석기(Gerhardt Autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)를 이용하여 분석하였다.

전인산 함량은 풍건세토 2g에 인산을 P로서 20ppm 함유하는 0.01M CaCl₂용액 20ml 첨가하고 17시간 진탕하고 원심분리(또는 No. 42번으로 여과)하여 용액의 인산농도 감소량으로부터 토양에 흡수된 인산량을 정량한다. 이때 20ppm-P를 함유한 0.01M CaCl₂ 용액도 동일한 과정을 거친다. 침출된 인산의 비색정량은 시료액 1.5ml를 취하여 Ammonium molybdate-ascorbic acid-Bismuth subcarbonate(0.01M CaCl₂-P와 동일)법에 의하여 분석한다. 110℃에서 건조한 Potassium Phosphate Monobasic(KH₂PO₄) 0.4393g을 평량하여 400ml 증류수에 용해하여 1,000 ml로 만들면 100ppm-P(100μgP/ml) 용액이 된다. 100ppm 용액을 0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10ml씩 뽑아 위의 0.01M CaCl₂ 용액으로 100ml를 만들면 0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10ppm-P 용액이 된다.

⑤ 치환성염기

Ca, Mg, Na, K는 풍건한 토양시료 5g을 100ml 삼각플라스크에 넣고 1N-NH₄OAC 침출액 50ml을 가하여 30분간 진탕(160rpm/min)한 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다.

⑥ 염기치환용량(C.E.C)

간이법을 이용하여 다량원소인 Ca, K, Mg, Na의 전처리과정을 거쳐 pH meter를 이용하여 pH를 정확히 측정하였고 이 여액을 ICP 이용하여 분석한 후에 이 값을 모두 합하면 C.E.C값이 된다. (C.E.C = Ca + Mg + K + Na + H)

(나) 토양의 중금속 함량

Fe, Mn, As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn 및 Cr⁶⁺은 풍건한 토양시료 5g과 DTPA용액 25ml를 100ml 삼각플라스크에 넣고 120분간 진탕 침출 후 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(Inductively couple plasma spectrometer(ICP), ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다(농업과학기술원, 2000).

(다) 토양의 생물성

미생물 밀도조사는 방선균(Actinomyces), 호기성 세균류(bacteria), 및 사상균(fungi)의 밀도를 측정하였다. 토양 중 이들 미생물의 배양을 위해 각각 Egg albumin agar배지, Chitin 배지 및 Rose-bengal agar 배지를 준비하여 petri dish에 굳혀 보관하고, 해당 작물의 근권토양에서 채취한 습토시료 30g를 멸균수 270ml에 넣고 밀전 후 10분간 진탕하고 진탕액 10ml를 취해 90ml 멸균수에 혼합하면서 6차까지 희석배율을 순차적으로 맞춘 후에 각각의 미생물 적정 희석배수로 1ml씩 준비된 petri dish에 5반복으로 주입하여 항온기에서 세균과 방선균은 28℃로 7 ~ 14일간, 사상균은 25℃에서 3 ~ 5일간 각각 배양 후 계수하였다(농업과학기술원, 2000).

(3) 제주지역 서양민들레 서식지 토양환경

(가) 서양민들레 수집 토양의 화학성

토양산도는 초자전극법, 즉 풍건한 토양시료 10g을 100ml 비이커에 취하고 증류수 50ml을 가하여 1시간 진탕(160rpm/min)한 후 30분간 방치한 다음 pH meter로 측정하였다.

전기전도도(EC)는 초자전극법, 즉 풍건한 토양시료 10g을 100ml 비이커에 취하고 증류수 50ml을 가하여 1시간 진탕(160rpm/min)한 후 30분간 방치한 다음 EC meter로 측정하였다.

토양의 전탄소 함량은 회화법으로 정량하였다.

전인산 함량은 풍건세토 2g에 인산을 P로서 20ppm 함유하는 0.01M CaCl₂용액 20ml 첨가하고 17시간 진탕하고 원심분리(또는 No. 42번으로 여과)하여 용액의 인산농도 감소량으로부터 토양에 흡수된 인산량을 정량한다. 이때 20ppm-P를 함유한 0.01M CaCl₂ 용액도 동일한 과정을 거친다. 침출된 인산의 비색정량은 시료액 1.5ml를 취하여 Ammonium molybdate-ascorbic acid-Bismuth subcarbonate(0.01M CaCl₂-P와 동일)법에 의하여 분석한다. 110℃에서 건조한 Potassium Phosphate Monobasic(KH₂PO₄) 0.4393g을 평량하여 400ml 증류수에 용해하여 1,000 ml로 만들면 100ppm-P(100μgP/ml) 용액이 된다. 100ppm 용액을 0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10ml씩 뽑아 위의 0.01M CaCl₂ 용액으로 100ml를 만들면 0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10ppm-P 용액이 된다.

(나) 토양의 양이온 함량 및 CEC

Ca, Mg, Na, K는 풍건한 토양시료 5g을 100ml 삼각플라스크에 넣고 1N-NH₄OAC 침출액 50ml을 가하여 30분간 진탕(160rpm/min)한 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다.

간이법을 이용하여 다량원소인 Ca, K, Mg, Na의 전처리과정을 거쳐 pH meter를 이용하여 pH를 정확히 측정하였고 이 여액을 ICP 이용하여 분석한 후에 이 값을 모두 합하면 C.E.C값이 된다. (C.E.C = Ca + Mg + K + Na + H)

(다) 토양의 중금속 함량

식물체 내의 치환성 Al(알루미늄) 함량은 비색법으로 분석하였으며 식물체 시료 10g를 1N KCl 50ml를 가해 30분간 진탕한 후 여과하여 여과액 2-5ml의 일정량을 증류수 20ml를 가해 희석하고, 2ml의 thioglycolic acid와 10ml의 Aluminon 시약을 가하여 비등 수욕상에서 16분 가열한다. 그 후 90분간 냉각 후 50ml로 희석한 후 465nm 혹은 357.5nm에서 측정하였다.

Fe, As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn 및 Cr⁶⁺은 풍건한 토양시료 5g와 DTPA용액 25ml를 100ml

삼각플라스크에 넣고 120분간 진탕 침출 후 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(Inductively couple plasma spectrometer(ICP), ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다(농업과학기술원, 2000).

(4) 서양 민들레의 환경오염(토양, 식물체) 제거능 연구

(가) 오염지 토양의 민들레에 의한 phytoremediation 효과 시험

① 토양의 화학성

2011년 5월에 순천시 해룡면 오수처리장 오염토양을 채취하여 7일간 풍건하여 2 mm 체를 통과시킨 후 포트(40cm x 60cm x 25cm)에 충전하여 전체 포트에 30일된(엽수 3, 초장 11.5cm) 민들레를 10cm x 10cm 재식거리로 정식하여 매 2개월 쯤 식물체의 양분 분석과 토양의 화학성 및 중금속 함량을 분석하였다. 오염 토양 및 식재된 식물체의 분석은 농촌진흥청 농업과학기술원의 토양 및 식물체 분석법(농업과학기술원, 2000)에 준하여 다음과 같이 분석하였다.

토양산도는 초자전극법, 즉 풍건한 토양시료 10g을 100ml 비이커에 취하고 증류수 50ml을 가하여 1시간 진탕(160rpm/min)한 후 30분간 방치한 다음 pH meter로 측정하였다.

유기물 함량(O.M)은 Tyurin법으로 풍건한 토양시료 0.1 ~ 0.5g (200mesh를 통과한 시료)을 250ml 삼각 flask에 취하고 10ml의 0.4N-중크롬산칼리황산 혼합지시약을 가한 다음 소형 여두를 덮고 200℃ 범위의 전열판 위에서 가열한 다음 0.2N-황산제1철암모늄으로 적정하여 탄소함량을 구한 후 계수 1.724를 곱하여 환산하였다.

전기전도도(EC)는 초자전극법, 즉 풍건한 토양시료 10g을 100ml 비이커에 취하고 증류수 50ml을 가하여 1시간 진탕(160rpm/min)한 후 30분간 방치한 다음 EC meter로 측정하였다.

토양의 전탄소 함량은 회화법으로 정량하였고, 전질소는 풍건한 토양시료 5g을 Kjeldahl flask에 취하고 황산염 혼합분말 5g과 황산용액 (Conc. H₂SO₄) 25ml을 가한 다음 분해용 전기로에서 무색이 될 때까지 분해하여 Micro-Kjeldahl법으로 자동질소분석기(Gerhardt Autosampler Vapodest 50 carouse, Germany)를 이용하여 분석하였다.

전인산 함량은 풍건세토 2g에 인산을 P로서 20ppm 함유하는 0.01M CaCl₂용액 20ml 첨가하고 17시간 진탕하고 원심분리(또는 No. 42번으로 여과)하여 용액의 인산농도 감소량으로부터 토양에 흡수된 인산량을 정량한다. 이때 20ppm-P를 함유한 0.01M CaCl₂ 용액도 동일한 과정을 거친다. 침출된 인산의 비색정량은 시료액 1.5ml를 취하여 Ammonium molybdate-ascorbic acid-Bismuth subcarbonate(0.01M CaCl₂-P와 동일)법에 의하여 분석한다. 110℃에서 건조한 Potassium Phosphate Monobasic(KH₂PO₄) 0.4393g을 평량하여 400ml 증류수에 용해하여 1,000ml로 만들면 100ppm-P(100μgP/ml) 용액이 된다. 100ppm 용액을 0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10ml씩 뽑아 위의 0.01M CaCl₂ 용액으로 100ml를 만들면 0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10ppm-P 용액이 된다.

Ca, Mg, Na, K는 풍건한 토양시료 5g을 100ml 삼각플라스크에 넣고 1N-NH₄OAC 침출액 50ml을 가하여 30분간 진탕(160rpm/min)한 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다.

간이법을 이용하여 다량원소인 Ca, K, Mg, Na의 전처리과정을 거쳐 pH meter를 이용하여 pH를 정확히 측정하였고 이 여액을 ICP 이용하여 분석한 후에 이 값을 모두 합하면 C.E.C값이 된다. (C.E.C = Ca + Mg + K + Na + H)

② 토양의 중금속 함량

치환성 알루미늄은 비색법으로 분석하였으며 풍건토양 10g를 1N KCl 50ml를 가해 30분간 진탕한 후 여과하여 여과액 2 ~ 5ml의 일정량을 증류수 20ml를 가해 희석하고, 2ml의 thioglycolic acid와 10ml의 Aluminon시약을 가하여 비등 수욕상에서 16분 가열한다. 그 후 90분간 냉각 후 50ml로 희석한 후 465nm 혹은 357.5nm에서 측정하였다.

Fe, Mn, Mo, As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn 및 Cr^{6+} 은 풍건한 토양시료 5g와 DTPA용액 25ml를 100ml 삼각플라스크에 넣고 120분간 진탕 침출 후 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(Inductively couple plasma spectrometer(ICP), ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다(농업과학기술원, 2000).

(나) 민들레 재식 후의 민들레의 생육 및 체내성분 분석

① 민들레 재식 후의 민들레의 생육 조사

매 2개월째에 민들레를 굴취하여 초장, 엽수, 엽면적(Li-3100, LI-COR Inc, USA), 근장, 근직경, 지상부 생체중 및 지하부 생체중 그리고 엽록소 함량(Minolta chlorophyll meter, Japan)을 각각 측정하였다.

② 민들레 재식 후의 민들레의 체내성분 분석

Ca, Mg, Na, K는 풍건한 식물체 시료 5g을 100ml 삼각플라스크에 넣고 1N-NH₄OAC 침출액 50ml를 가하여 30분간 진탕(160rpm/min)한 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다(농업과학기술원, 2000).

식물체 내의 치환성 Al(알루미늄) 함량은 비색법으로 분석하였으며 식물체 시료 10g를 1N KCl 50ml를 가해 30분간 진탕한 후 여과하여 여과액 2-5ml의 일정량을 증류수 20ml를 가해 희석하고, 2ml의 thioglycolic acid와 10ml의 Aluminon시약을 가하여 비등 수욕상에서 16분 가열한다. 그 후 90분간 냉각 후 50ml로 희석한 후 465nm 혹은 357.5nm에서 측정하였다.

Fe, Mo, Mn, As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn 및 Cr^{6+} 은 풍건한 식물체 시료 5g와 DTPA용액 25ml를 100ml 삼각플라스크에 넣고 120분간 진탕 침출 후 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(Inductively couple plasma spectrometer (ICP), ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다(농업과학기술원, 2000).

③ 민들레 재식 후의 토양의 화학성 및 중금속 함량 변이

토양산도는 초자전극법, 즉 풍건한 토양시료 10g을 100ml 비이커에 취하고 증류수 50ml를 가하여 1시간 진탕(160rpm/min)한 후 30분간 방치한 다음 pH meter로 측정하였다.

전기전도도(EC)는 초자전극법, 즉 풍건한 토양시료 10g을 100ml 비이커에 취하고 증류수 50ml를 가하여 1시간 진탕(160rpm/min)한 후 30분간 방치한 다음 EC meter로 측정하였다.

유기물 함량(O.M)은 Tyurin법으로 풍건한 토양시료 0.1 ~ 0.5g (200mesh를 통과한 시료)을 250ml 삼각 flask에 취하고 10ml의 0.4N-중크롬산칼리황산 혼합지시약을 가한 다음 소형 여두를 덮고 200℃ 범위의 전열판 위에서 가열한 다음 0.2N-황산제1철암모늄으로 적정하여 탄소함량을 구한 후 계수 1.724를 곱하여 환산하였다.

유효인산(Av. P_2O_5)은 Lancast법으로 풍건한 토양시료 5g에 침출액 20ml을 넣고 10분간 진탕하여 황토 내 인산을 침출시킨 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(Inductively couple plasma spectrometer(ICP), ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다.

전인산 함량은 풍건세토 2g에 인산을 P로서 20ppm 함유하는 0.01M $CaCl_2$ 용액 20ml 첨가하고 17시간 진탕하고 원심분리(또는 No. 42번으로 여과)하여 용액의 인산농도 감소량으로부터 토양에 흡수된 인산량을 정량한다. 이때 20ppm-P를 함유한 0.01M $CaCl_2$ 용액도 동일한 과정을 거친다. 침출된 인산의 비색정량은 시료액 1.5ml를 취하여 Ammonium molybdate-ascorbic acid-Bismuth subcarbonate(0.01M $CaCl_2$ -P와 동일)법에 의하여 분석한다. 110℃에서 건조한 Potassium Phosphate Monobasic(KH_2PO_4) 0.4393g을 평량하여 400ml 증류수에 용해하여 1,000ml로 만들면 100ppm-P(100 μ gP/ml) 용액이 된다. 100ppm 용액을 0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10ml씩 뽑아 위의 0.01M $CaCl_2$ 용액으로 100ml를 만들면 0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10ppm-P 용액이 된다.

Ca, Mg, Na, K는 풍건한 토양시료 5g을 100ml 삼각플라스크에 넣고 1N- NH_4OAC 침출액 50ml을 가하여 30분간 진탕(160rpm/min)한 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다.

간이법을 이용하여 다량원소인 Ca, K, Mg, Na의 전처리과정을 거쳐 pH meter를 이용하여 pH를 정확히 측정하였고 이 여액을 ICP 이용하여 분석한 후에 이 값을 모두 합하면 C.E.C값이 된다. (C.E.C = Ca + Mg + K + Na + H)

치환성 알루미늄은 비색법으로 분석하였으며 풍건토양 10g를 1N KCl 50ml를 가해 30분간 진탕한 후 여과하여 여과액 2 ~ 5ml의 일정량을 증류수 20ml를 가해 희석하고, 2ml의 thioglycolic acid와 10ml의 Aluminon시약을 가하여 비등 수용상에서 16분 가열한다. 그 후 90분간 냉각 후 50ml로 희석한 후 465nm 혹은 357.5nm에서 측정하였다.

Fe, Mn, As, Cd, Cu, Mo, Hg, Ni, Pb, Zn 및 Cr^{6+} 은 풍건한 토양시료 5g와 DTPA용액 25ml를 100ml 삼각플라스크에 넣고 120분간 진탕 침출 후 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(Inductively couple plasma spectrometer(ICP), ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다(농업과학기술원, 2000).

나. 시설 재배환경에 따른 민들레의 생육 및 수량 변이특성

(1) 시설재배지 환경 분석

(가) 기상환경

민들레 재배지와 시험장소의 기상환경 차이를 알아보기 위하여 순천지방 노지상태와 시설재배지 내의 무차광, 50%차광 및 70%차광 조건을 5월부터 5일 간격으로 조도계를 이용하여 광 강도를 측정하였고 온습도계로 온도와 습도를 각각 측정하였고, 일장은 기상청 지역 기상정보를 활용하여 조사한 후 두 재배지역을 비교하였다.

(나) 배지환경

민들레가 재배된 노지와 재배하우스 토양을 채취하여 물리성과 화학성을 조사함으로써 작물의 근권 환경 특성을 파악하였다.

토양산도는 초자전극법, 즉 풍건한 토양시료 10g을 100ml 비이커에 취하고 증류수 50ml을 가하여 1시간 진탕(160rpm/min)한 후 30분간 방치한 다음 pH meter로 측정하였다.

전기전도도(EC)는 초자전극법, 즉 풍건한 토양시료 10g을 100ml 비이커에 취하고 증류수 50ml을 가하여 1시간 진탕(160rpm/min)한 후 30분간 방치한 다음 EC meter로 측정하였다.

유기물 함량(O.M)은 Tyurin법으로 풍건한 토양시료 0.1 ~ 0.5g (200mesh를 통과한 시료)을 250ml 삼각 flask에 취하고 10ml의 0.4N-중크롬산칼리황산 혼합지시약을 가한 다음 소형 여두를 덮고 200℃ 범위의 전열판 위에서 가열한 다음 0.2N-황산제1철암모늄으로 적정하여 탄소함량을 구한 후 계수 1.724를 곱하여 환산하였다.

유효인산(Av. P₂O₅)은 Lancast법으로 풍건한 토양시료 5g에 침출액 20ml을 넣고 10분간 진탕하여 황토 내 인산을 침출시킨 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계 (Inductively couple plasma spectrometer(ICP), ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다.

Ca, Mg, Na, K는 풍건한 토양시료 5g을 100ml 삼각플라스크에 넣고 1N-NH₄OAC 침출액 50ml을 가하여 30분간 진탕(160rpm/min)한 다음 No 2.여지로 여과하여 유도결합 플라즈마 분광광도계(ICPE-9000, Simadzu, Japan)를 이용하여 분석하였다.

간이법을 이용하여 다량원소인 Ca, K, Mg, Na의 전처리과정을 거쳐 pH meter를 이용하여 pH를 정확히 측정하였고 이 여액을 ICP 이용하여 분석한 후에 이 값을 모두 합하면 C.E.C값이 된다. (C.E.C = Ca + Mg + K + Na + H)

(2) 차광변이에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

(가) 민들레 시설재배를 위한 양액조성

Table 40. Composition of the balanced nutrient solution modified for Dandelion cultivation from Japanese Horticultural Experiment Station(Ikeda, 1986).

Ingredient	Chemical formula	Concentration(mg · L ⁻¹)		
Macronutrient solution(A)	질산칼슘	5[Ca(NO ₃) ₂ *2H ₂ O]NH ₄ NO ₃	9.4	kg
	질산칼슘	Ca(NO ₃) ₂ *4H ₂ O	-	kg
	질산칼륨	KNO ₃	25.0	kg
	질산암모늄	NH ₄ NO ₃	8.0	kg
	킬레이트철	Fe-EDTA(12.5%)	2.0	kg
Macronutrient solution(B)	질산칼륨	KNO ₃	25.5	kg
	황산마그네슘	MgSO ₄ *7H ₂ O	49.2	kg
	제1인산칼륨	KH ₂ PO ₄	13.6	kg
	제1인산암모늄	NH ₄ H ₂ PO ₄	-	kg
	황산칼륨	K ₂ SO ₄	-	kg
Micronutrient solution	질산마그네슘	Mg(NO ₃) ₂ *6H ₂ O	-	kg
	질산	HNO ₃	-	kg
	붕산	H ₃ BO ₃	300	g
	황산구리	CuSO ₄ *5H ₂ O	5	g
	황산아연	ZnSO ₄ *7H ₂ O	22	g
	황산망간	MnSO ₄ *H ₂ O	200	g
	몰리브덴산소다	Na ₂ MoO ₄ *2H ₂ O	2	g
iEC	1.88 dS/m	-	-	

민들레를 노지 및 하우스(양액)에 재배하여 생육 및 수량특성 차이를 구명하기 위하여 종자 회사로부터 분양 받아 공시되었다.

각 처리구에 조합된 배지를 충전한 후 그 위에 양액공급용 점적호스를 3줄로 치상하여 양액 탱크(600L)로 연결하였고 양액은 일본원시(Ikeda, 1986) 균형배양액을 사용하여 생육초기에는 1/2배액($EC\ 1.1dS \cdot m^{-1}$), 생육중반 이후부터는 표준농도($EC\ 2.2dS \cdot m^{-1}$)로 조정하여 급액하였다. 파종 후 1주일간은 물만 공급하였고, 2주째부터는 양액을 공급하였는데, 일본 원예시험장 표준양액(표 40)을 기준으로 타이머를 이용하여 오전 10시부터 오후 4시까지 시간당 각각 15분간 비순환식으로 각 식물체당 100ml씩 공급하였다.

(나) 차광변이에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

2중 플라스틱하우스 내에서 상기의 배지로 충전된 하우스 성장상 내 차광처리는 차광망(polyethylene net)으로 무차광, 50%차광, 70%차광으로 이루어졌고 이때 시험기간 중 하루 평균 광량(PAR)은 각각 134.7, 55.9, 36.3 $\mu mol\ photons\ m^{-2}s^{-1}$ 로 나타났다. 한편 외부광도는 963.9 $\mu mol\ photons\ m^{-2}s^{-1}$ 로 나타났다. 차광을 무차광, 50 및 70%로 조절하여 광도변이에 따른 생육 및 수량을 조사하였다.

실험 장소는 순천대학교 생명산업과학대학 실험온실에서 4월과 6월에 두 차례 15cm x 10cm 재식거리로 이식하였다. 생육 및 수량조사는 이식 후 120일째에 굴취하여 초장, 엽수, 엽면적(Li-3100, LI-COR Inc, USA), 근장, 근직경, 지상부 생체중 및 지하부 생체중 그리고 엽록소 함량(Minolta chlorophyll meter, Japan)을 각각 측정하였다.

(3) 배지조성에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

재배상은 지상 30cm에 고품배지경으로 제작하여 스티로폼 성형배드(60cm x 600cm x 20cm)에 흑색비닐로 방수 처리한 후 배수를 원활하기 위해 배수판을 깔았다. 식물체의 뿌리가 배수공을 막는 것을 방지하기 위하여 배수판 위에 방근 시트를 깔고 코코피트와 펄라이트 1호(경동세라믹, 한국)를 각각 100:0(코코피트 단용), 70:30, 50:50, 및 0:100(펄라이트 단용) 4종의 배지를 조제하였고 배지별 토양의 화학성을 분석하였다.

생육 및 수량조사는 이식 후 120일째에 굴취하여 초장, 엽수, 엽면적(Li-3100, LI-COR Inc, USA), 근장, 근직경, 지상부 생체중 및 지하부 생체중 그리고 엽록소 함량(Minolta chlorophyll meter, Japan)을 각각 측정하였다.

(4) 온도변이에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

(가) 재배조건

하우스 고품배지경(코코피트:펄라이트 = 50:50 혼합배지)에서 60일간 10,000lux 광 하에서 재배되었고 정기적으로 1주일에 1회씩 급수하여 재배하였다.

(나) 온도변이 반응연구

온도를 20, 25, 30℃로 조절하여 온도변이에 따른 초장, 엽수, 엽면적, 근장, 근직경, 지상부 생체중 및 지하부 생체중 등의 생육 및 수량을 조사하였다.

(5) 계절변이(정식시기)에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

재식시기를 3, 5, 7월로 달리하여 민들레의 생육 및 수량변이 특성을 알아보고자 민들레 초장, 엽수, 엽면적, 근장, 근직경, 지상부 생체중 및 지하부 생체중을 조사하여 비교하였다.

다. 민들레 연중 대량생산 시스템 구축

(1) 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법 개발

- 대량번식을 위한 종자 및 실생묘를 이용한 효율적인 번식체계 확립
- 파종시기, 파종상 온도와 광 정도에 따른 발아율과 생육정도 조사
- 대량증식 트레이의 용토 종류와 조성, 육묘기간, 육묘조건별 생장 조사
- 재배시험에 따른 지상부 생체중 및 지하부 생체중을 근거로 재배방법 및 배지조성별 수량 비교

(2) 고품질 다수확 양액재배 시스템 개발

- 양액재배로 야생상태에서 계절과 시기별로 생산이 제한되어 있는 민들레의 연중 대량생산 가능성 검토
- 펄라이트와 코코피트의 고품배지의 단용(100:0 또는 0:100) 및 혼입(50:50, 30:70) 비율에 따라 번식특성 및 최적 양액방식 선정
- 양액은 야마사끼, 가와사끼, 일본원예시험장 처방액 중 선택하여 양액재배 후 생육 및 수량반응 조사
- 재배시험을 통해 시설하우스에서 민들레의 최적 기상환경, 토양환경 및 배지조성 조건제시

3. 결과 및 고찰

가. 민들레 수집종의 생리·생태 연구

(1) 수집종 민들레의 일반성분 및 무기질 함량 분석

(가) 일반성분

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레의 일반성분을 분석한 결과 전반적으로 지하부 보다는 지상부가 높은 함량을 보였고 조회분이 평균 21.18%로 가장 높았고, 조단백질과 조섬유 및 조지방 순으로 높게 나타났다. 특히, 조회분의 경우 여수시 3개 지역 삼일, 상암 및 소라 수집종에서 26% 이상의 함량을 보였다(표 41).

Table 41. Proximate compositions of shoots and roots from *Taraxacum officinale* collected at different regions in Korea.

Region	Crude ash(%)		Crude protein(%)		Crude fat(%)		Crude fiber(%)	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
Haeryong	23.86	6.86	10.67	5.67	7.02	1.22	9.78	8.78
Samil	26.02	7.40	9.65	5.34	2.18	0.85	11.30	9.19
Sangam	26.80	7.53	9.70	5.24	2.26	0.99	11.10	9.47
Sora	26.69	7.69	9.56	5.56	2.36	1.06	12.59	9.59
Yanggu	14.26	7.23	15.15	5.38	2.30	0.77	9.79	9.86
Osan	15.25	6.01	15.01	6.51	2.30	1.04	11.26	6.94
Beopseong	15.39	8.39	13.96	9.76	2.58	0.85	12.41	8.37
Average	21.18	7.30	11.96	6.21	3.00	0.97	11.18	8.89

(나) 무기질

지역별 서양민들레 잎과 뿌리의 무기질 함량은 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 철, 알루미늄, 몰리브덴, 및 망간 함량은 잎에서 더 많이 검출되었고, 나트륨 함량은 뿌리가 잎에서보다 더 많이 검출되었다.

지역별 서양민들레의 칼슘 함량은 잎에서 6,909.49 ~ 13,703.22 mg kg⁻¹ 범위로 평균 11,292.34 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 2,380.80 ~ 6,385.28 mg kg⁻¹ 범위로 평균 4,263.98 mg kg⁻¹이었다. 칼륨은 잎에서 20,289.10 ~ 36,103.15 mg kg⁻¹ 범위로 평균 28,121.28 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 10,143.20 ~ 17,145.62 mg kg⁻¹ 범위로 평균 13,556.59 mg kg⁻¹이었다. 마그네슘은 잎에서 2,031.75 ~ 3,018.16 mg kg⁻¹ 범위로 평균 2,474.65 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 917.30 ~ 1,913.88 mg kg⁻¹ 범위로 평균 1,242.74 mg kg⁻¹으로 칼슘, 칼륨, 마그네슘 함량은 잎에서 뿌리보다 높은 수준으로 검출되었다. 한편, 나트륨은 잎에서 53.08 ~ 780.68 mg kg⁻¹ 범위로 평균 265.24 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 141.30 ~ 1,583.69 mg kg⁻¹ 범위로 평균 592.44 mg kg⁻¹이어서 잎보다 높게 나왔다(표 42).

Table 42. Content of major elements in shoot and roots of dandelion collected from different regions in Korea.

Region	Content (mg / kg)							
	Ca		K		Mg		Na	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
Haeryong	6,909.49	2,380.80	24,476.50	12,313.50	2,736.15	1,336.15	109.02	141.30
Samil	13,313.51	6,385.28	20,289.10	10,143.20	2,592.57	1,293.57	258.50	396.70
Sangam	11,265.51	5,403.83	23,030.72	10,234.25	2,469.92	1,155.39	425.63	485.69
Sora	9,852.62	3,395.67	28,671.95	13,971.30	2,137.60	1,036.30	780.68	1,130.70
Yanggu	13,703.22	4,723.31	32,120.32	16,077.39	2,336.39	1,046.59	53.08	223.54
Osan	11,481.48	3,054.38	36,103.15	15,010.85	2,031.75	917.30	63.04	185.47
Beopseong	12,520.57	4,504.59	32,157.21	17,145.62	3,018.16	1,913.88	166.74	1,583.69
Average	11,292.34	4,263.98	28,121.28	13,556.59	2,474.65	1,242.74	265.24	592.44

지역별 서양민들레의 철 함량은 잎에서 86.52 ~ 6,725.38 mg kg⁻¹ 범위로 평균 3,345.56 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 256.72 ~ 626.49 mg kg⁻¹ 범위로 평균 452.86 mg kg⁻¹이었다. 알루미늄 함

량은 잎에서 150.66 ~ 10,697.21 mg kg⁻¹ 범위로 평균 5,386.81 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 504.03 ~ 12,272.10 mg kg⁻¹ 범위로 평균 5,227.30 mg kg⁻¹이었다. 폴리브덴 함량은 잎에서 0.60 ~ 2.89 mg kg⁻¹ 범위로 평균 1.84 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 0.19 ~ 0.88 mg kg⁻¹ 범위로 평균 0.52 mg kg⁻¹이었다. 망간 함량은 잎에서 21.34 ~ 170.94 mg kg⁻¹ 범위로 평균 89.79 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 13.21 ~ 102.10 mg kg⁻¹ 범위로 평균 52.57 mg kg⁻¹이어서, 철, 알루미늄, 폴리브덴, 망간 함량은 잎에서 뿌리보다 높은 수준으로 검출되었다(표 43).

Table 43. Content of minor elements in shoot and roots of dandelion collected from different regions in Korea.

Region	Content (mg / kg)							
	Fe		Al		Mo		Mn	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
Haeryong	6,311.92	601.93	10,697.21	11,236.93	1.19	0.40	96.35	66.30
Samil	6,725.38	533.64	10,272.05	12,272.10	1.96	0.61	170.94	97.23
Sangam	5,052.63	626.49	7,451.01	1,226.08	2.06	0.40	127.50	33.94
Sora	4,957.53	530.10	8,482.06	9,582.07	2.15	0.60	144.10	102.10
Yanggu	86.52	256.72	150.66	504.03	2.89	0.88	21.34	15.25
Osan	107.95	299.19	197.25	651.31	2.02	0.54	22.88	13.21
Beopseong	177.00	321.92	457.42	1,118.58	0.60	0.19	45.43	39.93
Average	3,345.56	452.86	5,386.81	5,227.30	1.84	0.52	89.79	52.57

(다) 중금속

Table 44. Content of heavy metals in shoot and roots of dandelion collected from different regions in Korea.

Region	Content (mg / kg)							
	As		Cd		Cu		Hg	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
Haeryong	-0.51	-0.52	-0.22	-0.10	1.10	0.80	0.13	-0.06
Samil	-0.30	-0.50	0.24	-0.20	12.51	6.23	-0.37	-0.16
Sangam	-0.26	-0.48	0.27	-0.55	11.96	9.14	-0.39	-0.42
Sora	-0.23	-0.40	0.18	-0.70	5.82	2.92	-0.64	-0.40
Yanggu	-0.28	-0.52	-0.50	-0.55	21.20	9.38	-0.14	-0.33
Osan	-0.28	-0.59	-0.51	-0.78	16.36	9.58	0.24	-0.07
Beopseong	-0.18	-0.37	-0.58	-0.40	20.23	10.99	-0.43	-0.30
Average	-0.29	-0.48	-0.16	-0.47	12.74	7.01	-0.23	-0.25

Region	Content (mg / kg)							
	Ni		Pb		Zn		Cr ⁶⁺	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
Haeryong	0.79	-1.64	2.16	1.00	20.04	5.69	2.89	1.98
Samil	1.93	-0.04	10.55	1.60	93.58	46.36	6.04	3.00
Sangam	1.05	-1.66	11.87	0.30	78.85	36.69	6.31	0.51
Sora	0.11	-1.10	1.02	0.10	39.96	19.62	1.40	0.78
Yanggu	-2.50	-2.21	-0.17	0.71	22.00	12.46	-0.21	0.25
Osan	-2.34	-2.05	-0.19	0.07	37.90	14.39	-0.23	0.18
Beopseong	-2.08	-1.95	0.90	0.61	67.16	42.18	-0.30	0.10
Average	-0.43	-1.52	3.73	0.63	51.36	25.34	2.27	0.97

중금속 비소와 수은은 불검출되었고, 카드뮴, 니켈 및 납은 공단지역인 여수시 삼일동, 상암동 지역에서만 훨씬 높게 검출되었다. 구리 함량은 앞에서 1.10 ~ 21.20 mg kg⁻¹ 범위로 평균 12.74 mg kg⁻¹ 로서 뿌리 0.80 ~ 10.99 mg kg⁻¹ 범위로 평균 7.01 mg kg⁻¹ 보다, 크롬 함량은 앞에서 -0.30 ~ 6.31 mg kg⁻¹ 범위로 평균 2.27 mg kg⁻¹ 로서 뿌리 0.10 ~ 3.00 mg kg⁻¹ 범위로 평균 0.97 mg kg⁻¹ 보다 각각 높은 경향이었고, 아연 함량도 앞에서 20.04 ~ 93.58 mg kg⁻¹ 범위로 평균 51.36 mg kg⁻¹ 로서 뿌리 5.69 ~ 46.36 mg kg⁻¹ 범위로 평균 25.34 mg kg⁻¹ 보다 높은 경향이였다(표 44).

(2) 수집종 민들레의 주변 토양환경 분석

(가) 토양의 화학성

지역별로 수집된 서양민들레가 자라고 있는 뿌리 주변 토양(약어: 민들레 토양)과 민들레가 자라지 않는 인근 주변 토양(약어: 비민들레 토양)의 산도(pH)를 분석한 결과, 대체로 민들레 토양의 pH는 4.98 ~ 8.35 범위의 평균 7.28이었고, 비민들레 토양은 4.88 ~ 8.39 범위의 평균 7.36으로 나타나 비민들레 토양이 약간 더 높게 나타났으나 지역별로 일정한 경향을 보이지 않았다(표 45).

전기전도도(EC)는 민들레 토양은 0.45 ~ 0.76 dS/m 범위로서 평균 0.61 dS/m이었고, 비민들레 토양 0.44 ~ 2.08 dS/m 범위의 평균 0.81 dS/m 보다 뚜렷하게 낮은 경향을 보였다. 특히, 여수시 오염지역 삼일동과 상암동 토양은 각각 비민들레 토양에서 각각 1.02와 2.08 dS/m로 비오염지역인 타지역 0.44 ~ 0.61 dS/m 범위의 평균 0.51 dS/m에 비해 매우 높게 나타났다. 이는 중금속에 의해 오염정도가 뚜렷하게 차이를 나타낸 것으로 민들레에 의해 제거 가능성이 있음을 시사해 주었다. 지역별 토양의 유기물 함량은 민들레 토양은 2.44 ~ 6.49% 범위의 평균 3.81%로서 비민들레 토양 2.20 ~ 3.71% 범위의 평균 2.80%보다 훨씬 높은 수준으로 검출되었다. 그 중 곡성군 오산면 민들레와 비민들레 토양에서 각각 6.49와 3.71%로 가장 높았고, 여수시 상암동 지역 비민들레 토양에서 2.20%로 가장 낮게 나타났다(표 45).

총 탄소 함량은 민들레 토양은 1.41 ~ 3.76% 범위의 평균 2.21%였고, 비민들레 토양 1.28 ~ 2.15% 범위의 평균 1.62%로 민들레 토양, 특히 곡성군 오산면 토양(각각 3.76과 2.15%)이 가장 높게 나타났다. 이는 유기물 함량과 상관성이 있을 것으로 본다(표 45). 총 질소 함량은 민들레 토양은 0.15 ~ 0.32% 범위의 평균 0.21%로서 비민들레 토양 0.04 ~ 0.19% 범위의 평균 0.12% 보다 훨씬 높은 수준으로 나타났다. 그 중 곡성군 오산면 토양에서 각각 0.28과 0.19%로 가장 높았고, 여수시 상암동에서 0.15와 0.04%로 가장 낮게 나타났다(표 45). 총 인산 함량은 민들레 토양은 0.03 ~ 0.33% 범위의 평균 0.09%로서 비민들레 토양 0.03 ~ 1.23% 범위의 평균 0.22% 보다 훨씬 낮은 수준으로 나타났다. 그 중 여수시 삼일동 토양에서 각각 0.33과 1.23%로 가장 높았고, 영광군 법성포 지역에서 각각 0.03과 0.03%로 가장 낮게 나타났다(표 45).

지역별 토양의 칼슘 함량은 민들레 토양에서 4.29 ~ 17.88 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 9.72 cmol kg⁻¹이었고 비민들레 토양은 3.39 ~ 19.87cmol kg⁻¹ 범위의 평균 10.29 cmol kg⁻¹이었다. 칼륨 함량은 민들레 토양에서 0.16 ~ 0.91 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.35 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 0.10 ~ 0.61 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.28 cmol kg⁻¹이었다.

Table 45. The chemical properties of soils from regions growing dandelion in Korea.

Region	pH		EC		O.M		T~C		T-N		T-P	
	(1:5)		(dS/m)		(%)		(%)		(%)		(%)	
	DS*	NDS*	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS
Haeryong	4.98	4.88	0.76	0.61	3.95	3.23	2.29	1.87	0.32	0.16	0.07	0.07
Samil	6.68	7.32	0.70	1.02	3.89	2.41	2.26	1.40	0.23	0.09	0.33	1.23
Sangam	8.21	7.85	0.62	2.08	3.72	2.20	2.16	1.28	0.15	0.04	0.05	0.03
Sora	8.35	8.19	0.67	0.54	2.92	2.39	1.70	1.39	0.18	0.09	0.06	0.06
Yanggu	7.82	8.30	0.45	0.44	2.44	2.74	1.41	1.59	0.15	0.14	0.04	0.03
Osan	8.09	8.39	0.58	0.53	6.49	3.71	3.76	2.15	0.28	0.19	0.09	0.08
Beopseong	6.81	6.62	0.48	0.44	3.29	2.89	1.91	1.68	0.15	0.15	0.03	0.03
Average	7.28	7.36	0.61	0.81	3.81	2.80	2.21	1.62	0.21	0.12	0.09	0.22

* DS : Dandelion soil, NDS: Non-Dandelion soil

마그네슘 함량은 민들레 토양에서 0.28 ~ 1.49 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.70 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 0.23 ~ 1.46 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.75 cmol kg⁻¹이었다. 나트륨 함량은 민들레 토양에서 0.02 ~ 0.08 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.04 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 0.02 ~ 0.49 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.12 cmol kg⁻¹이었다. 결과적으로, 지역별 토양의 칼륨 함량은 민들레 토양에서 높게 나타났고, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 함량은 비민들레 토양에서 높은 수준을 보였다. 한편, 비옥도의 기준이 되는 양이온 치환 용량(CEC)은 민들레 토양에서 5.34 ~ 18.73 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 11.03 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 4.86 ~ 21.67cmol kg⁻¹ 범위의 평균 11.44 cmol kg⁻¹로서 양이온 함량은 비민들레 토양에서 높게 나타났다(표 46).

Table 46. Cation content and CEC of soils from regions growing dandelion in Korea.

Region	Ex.-Cation(cmol/kg)								CEC	
	Ca		K		Mg		Na		(cmol/kg)	
	DS*	NDS*	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS
Haeryong	5.72	3.39	0.91	0.57	1.49	1.46	0.08	0.07	9.07	5.48
Samil	8.99	12.29	0.28	0.26	0.58	0.29	0.06	0.09	10.57	12.93
Sangam	11.19	19.87	0.16	0.10	0.57	1.20	0.04	0.49	11.96	21.67
Sora	17.88	10.59	0.27	0.17	0.52	0.51	0.06	0.05	18.73	11.32
Yanggu	8.05	10.34	0.19	0.12	0.28	0.23	0.02	0.02	8.53	10.71
Osan	11.94	11.69	0.45	0.61	0.62	0.72	0.03	0.09	13.04	13.11
Beopseong	4.29	3.86	0.17	0.13	0.85	0.83	0.02	0.03	5.34	4.86
Average	9.72	10.29	0.35	0.28	0.70	0.75	0.04	0.12	11.03	11.44

* DS : Dandelion soil, NDS: Non-Dandelion soil

(나) 토양의 중금속 함량

지역별 토양의 철분 함량은 민들레 토양은 1,490.1 ~ 3,728.7 mg kg⁻¹ 범위의 평균 2,685.4 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 1,703.5 ~ 5,843.3 mg kg⁻¹ 범위의 평균 3,183.9 mg kg⁻¹보다 낮은 수준으로 나타났다. 망간, 비소, 카드뮴, 수은 및 크롬 함량은 미량이거나 미검출되었다. 한편, 구리 함량은 민들레 토양에서 11.14 ~ 54.31 mg kg⁻¹ 범위의 평균 24.41 mg kg⁻¹이고 비민들레 토양 11.85 ~ 45.31 mg kg⁻¹ 범위의 평균 25.89 mg kg⁻¹이므로 비민들레 토양이 높은 경향이었고, 니켈 함량은 민들레 토양에서 11.09 ~ 87.60 mg kg⁻¹ 범위의 평균 42.26 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 20.53 ~ 110.93 mg kg⁻¹ 범위의 평균 46.78 mg kg⁻¹보다 낮았다.

납은 민들레 토양에서 6.15 ~ 37.67 mg kg⁻¹ 범위의 평균 21.58 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 10.47 ~ 39.00 mg kg⁻¹ 범위의 평균 24.53 mg kg⁻¹보다 낮았고, 아연은 민들레 토양에서 42.00 ~ 245.00 mg kg⁻¹ 범위의 평균 120.95 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 59.00 ~ 400.00 mg kg⁻¹ 범위의 평균 138.47 mg kg⁻¹보다 낮게 나타났으나, 지역간 중금속 함량은 일정한 경향이 없었다 (표 47).

Table 47. Heavy metal content of soils from regions growing dandelion in Korea.

Region	Content (mg / kg)									
	Fe		Mn		As		Cd		Cu	
	DS*	NDS*	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS
Haeryong	2,853.2	3,345.8	0.12	0.11	0.47	0.56	0.02	0.03	11.14	15.31
Samil	3,728.7	5,843.3	0.15	0.11	1.03	1.76	0.75	1.69	39.65	45.31
Sangam	2,250.8	2,185.3	0.22	0.24	0.85	0.70	0.41	0.18	14.85	11.85
Sora	3,352.8	3,931.7	0.23	0.22	0.88	1.05	0.50	0.87	16.65	22.88
Yanggu	2,151.3	1,703.5	0.18	0.23	0.68	0.73	0.51	0.50	19.88	23.91
Osan	2,971.2	3,273.8	0.15	0.12	1.39	1.36	0.58	0.36	54.31	38.98
Beopseong	1,490.1	2,004.2	0.16	0.14	0.44	0.54	0.06	0.36	14.41	23.01
Average	2,685.4	3,183.9	0.17	0.17	0.82	0.96	0.40	0.57	24.41	25.89

Region	Content (mg / kg)									
	Hg		Ni		Pb		Zn		Cr ⁶⁺	
	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS
Haeryong	-0.09	-0.26	11.09	20.53	6.15	10.57	42.00	59.00	1.47	1.17
Samil	-0.56	-0.59	33.93	33.93	24.03	25.93	245.00	400.00	2.17	0.80
Sangam	-0.04	-0.32	35.93	44.93	16.70	10.47	154.00	83.33	1.60	0.87
Sora	-0.19	-0.54	20.67	38.27	20.17	34.67	80.67	113.33	1.67	1.33
Yanggu	-0.37	-0.38	26.70	110.93	30.20	33.67	92.67	102.00	1.20	0.83
Osan	-0.64	-0.52	79.93	37.93	37.67	39.00	163.00	140.33	2.73	1.60
Beopseong	-0.57	-0.28	87.60	40.93	16.17	17.37	69.33	71.33	1.43	1.03
Average	-0.35	-0.41	42.26	46.78	21.58	24.53	120.95	138.47	1.75	1.09

* DS : Dandelion soil, NDS: Non-Dandelion soil

(다) 토양의 생물성(미생물 밀도조사)

Table 48. Microbial population in the fields growing *Taraxacum officinale*

Region	Microorganisms					
	Actinomycetes (CFU/g · soil)		Bacteria (CFU/g · soil)		Fungi (CFU/g · soil)	
	DS*	NDS*	DS	NDS	DS	NDS
Haeryong	2.7×10 ⁵	2.0×10 ⁵	1.8×10 ⁶	8.0×10 ⁶	2.1×10 ⁴	7.0×10 ⁴
Samil	2.0×10 ⁶	1.0×10 ⁵	1.0×10 ⁷	3.0×10 ⁶	5.0×10 ⁴	4.0×10 ³
Sangam	1.1×10 ⁷	2.0×10 ⁶	1.7×10 ⁸	5.0×10 ⁶	1.5×10 ⁵	4.0×10 ³
Sora	4.0×10 ⁵	3.0×10 ⁵	1.6×10 ⁶	7.0×10 ⁶	0.6×10 ⁴	2.0×10 ⁴
Yanggu	1.4×10 ⁷	5.0×10 ⁵	3.0×10 ⁶	1.3×10 ⁶	2.0×10 ⁴	5.0×10 ⁴
Osan	1.0×10 ⁶	2.0×10 ²	8.0×10 ⁶	1.2×10 ⁷	2.1×10 ⁴	3.0×10 ³
Beopseong	3.0×10 ⁶	1.4×10 ⁵	2.0×10 ⁶	6.0×10 ⁷	8.0×10 ⁴	2.9×10 ⁴
Average	4.5×10 ⁶	4.6×10 ⁵	2.8×10 ⁷	1.4×10 ⁷	5.0×10 ⁴	2.6×10 ⁴

* DS : Dandelion soil, NDS : Non-Dandelion soil

방선균(Actinomyces)의 밀도는 민들레 토양에서 $4.0 \times 10^5 \sim 1.4 \times 10^7$ CFU/g · soil로 비민들레 토양에서 $2.0 \times 10^2 \sim 2.0 \times 10^6$ CFU/g · soil보다 높았고, 세균류(Bacteria)의 밀도도 민들레 토양에서 $1.6 \times 10^6 \sim 1.7 \times 10^8$ CFU/g · soil로 비민들레 토양에서 $1.3 \times 10^6 \sim 6.0 \times 10^7$ CFU/g · soil보다 높고, 곰팡이류(Fungi)의 밀도는 민들레 토양에서 $6.0 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^5$ CFU/g · soil, 비민들레 토양에서 $3.0 \times 10^3 \sim 7.0 \times 10^4$ CFU/g · soil보다 높았다. 따라서 주요한 미생물 밀도는 비민들레 토양보다 민들레 토양에서 높은 것으로 나타났다(표 48).

(3) 제주지역 서양민들레 서식지 토양환경

(가) 서양민들레 수집 토양의 화학성

제주도 내 지역별로 수집된 서양민들레가 자라고 있는 뿌리 주변 토양(약어: 민들레 토양)과 민들레가 자라지 않는 인근 주변 토양(약어: 비민들레 토양)의 산도(pH)를 분석한 결과, 대체로 민들레 토양의 pH는 7.40 ~ 8.17 범위의 평균 7.78이었고, 비민들레 토양은 7.11 ~ 8.20 범위의 평균 7.77로 나타나 초기에는 차이가 없었다(표 49). 전기전도도(EC)는 민들레 토양은 0.47 ~ 1.18 dS/m 범위로서 평균 0.95 dS/m이었고, 비민들레 토양 0.62 ~ 1.10 dS/m 범위의 평균 0.80 dS/m보다 높은 경향을 보였다. 특히, 제주시 조천읍, 노형동과 서귀포시 성산읍, 대정읍 A, B 토양은 각각 1.16 dS/m, 0.95 dS/m과 1.18 dS/m, 1.05 dS/m, 0.90 dS/m로 민들레 토양이 비민들레 토양에 비해 높게 나타났다. 이는 중금속에 의해 오염정도가 뚜렷하게 차이를 나타낸 것으로 민들레에 의해 제거 가능성이 있음을 시사해 주었다(표 49).

총 질소 함량은 민들레 토양은 0.120 ~ 0.393% 범위의 평균 0.215%였고, 비민들레 토양은 0.070 ~ 0.391% 범위의 평균 0.226%로 유사하였다. 그 중 대정읍 A 토양에서 각각 0.393과 0.391%로 가장 높았고, 대정읍 B에서 0.12와 0.07%로 가장 낮게 나타났다(표 49). 총 인산 함량은 민들레 토양은 1,072.6 ~ 1,822.6 mg kg⁻¹ 범위의 평균 1,269.3 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 948.6 ~ 2,072.6 mg kg⁻¹ 범위의 평균 1,458.6 mg kg⁻¹보다 훨씬 낮은 수준으로 나타났다. 민들레 토양 중에서는 대정읍 A 지역에서 1,822.6 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 비민들레 토양 중에서는 조천읍 지역에서 2,072.6 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다. 한편 노형동 토양에서 각각 1,072.6과 948.6 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다(표 49).

Table 49. The chemical properties of soils from regions growing dandelion in Jeju island

Region	pH(1:5)		EC(dS/m)		T-N(%)		T-P(mg/kg)	
	DS*	NDS*	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS
Dodu	7.40	7.79	0.47	0.64	0.121	0.120	1,112.6	1,022.6
Jocheon	7.93	8.00	1.16	0.74	0.217	0.302	1,072.6	2,072.6
Seongsan	8.17	8.20	1.18	1.10	0.192	0.253	1,302.6	1,772.6
Daejeong A	7.51	7.11	1.05	1.03	0.393	0.391	1,822.6	1,612.6
Daejeong B	7.92	8.14	0.90	0.62	0.120	0.070	1,232.6	1,322.6
Nohyung	7.76	7.35	0.95	0.67	0.248	0.221	1,072.6	948.6

* DS : Dandelion soil, NDS: Non-dandelion soil.

(나) 토양의 양이온 함량 및 CEC

지역별 토양의 칼슘 함량은 민들레 토양에서 10.64 ~ 19.52 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 16.23 cmol kg⁻¹이었고 비민들레 토양은 8.24 ~ 18.37 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 13.73 cmol kg⁻¹이었다. 칼륨 함량은 민들레 토양에서 0.61 ~ 1.28 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.94 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 0.73 ~ 2.47 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 1.63 cmol kg⁻¹이었다. 마그네슘 함량은 민들레 토양에서 0.73 ~ 2.47 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 1.81 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 0.51 ~ 2.30 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 1.57 cmol kg⁻¹이었다. 나트륨 함량은 민들레 토양에서 0.36 ~ 0.81 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.59 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 0.36 ~ 0.69 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.53 cmol kg⁻¹이었다. 결과적으로, 지역별 토양의 칼륨 함량은 비민들레 토양에서 높게 나타났고, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 함량은 민들레 토양에서 높은 수준을 보였다. 한편, 비옥도의 기준이 되는 양이온 치환 용량(CEC)은 민들레 토양에서 13.51 ~ 22.01 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 19.56 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 9.34 ~ 21.92 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 16.62 cmol kg⁻¹로서 양이온 함량은 민들레 토양에서 높게 나타났다(표 50).

Table 50. Cation content and CEC of soils from regions growing dandelion in Jeju island

Region	Ex.-Cation(cmol/kg)								CEC	
	Ca		K		Mg		Na		(cmol/kg)	
	DS*	NDS*	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS
Dodu	10.64	11.39	0.61	0.82	1.90	2.28	0.36	0.46	13.51	14.94
Jocheon	16.73	18.37	1.12	2.43	2.43	2.30	0.71	0.62	20.98	21.92
Seongsan	16.13	15.38	1.28	2.32	2.32	1.70	0.59	0.69	20.31	19.26
Daejeong A	16.13	16.98	0.94	2.47	2.47	1.73	0.81	0.69	20.34	20.17
Daejeong B	18.22	8.24	0.63	0.73	0.73	0.51	0.62	0.37	20.20	9.34
Nohyung	19.52	11.99	1.03	1.03	1.03	0.92	0.42	0.36	22.01	14.11

* DS : Dandelion soil, NDS: Non-dandelion soil.

(다) 토양의 중금속 함량

지역별 토양의 철분 함량은 민들레 토양은 37,600 ~ 55,200 mg kg⁻¹ 범위의 평균 44,983 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 37,900 ~ 50,200 mg kg⁻¹ 범위의 평균 44,867 mg kg⁻¹보다 높은 수준으로 나타났다. 알루미늄 함량은 민들레 토양은 42,726 ~ 72,626 mg kg⁻¹ 범위의 평균 55,309 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 37,426 ~ 69,626 mg kg⁻¹ 범위의 평균 57,609 mg kg⁻¹보다 낮은 수준으로 나타났다. 비소, 카드뮴, 수은 함량은 미량이거나 미검출되었다. 한편, 구리 함량은 민들레 토양에서 29.04 ~ 56.17 mg kg⁻¹ 범위의 평균 41.09 mg kg⁻¹이고 비민들레 토양 21.17 ~ 55.84 mg kg⁻¹ 범위의 평균 41.95 mg kg⁻¹이므로 비민들레 토양이 높은 경향이었고, 니켈 함량은 민들레 토양에서 55.82 ~ 134.82 mg kg⁻¹ 범위의 평균 95.88 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 53.82 ~ 193.49 mg kg⁻¹ 범위의 평균 93.54 mg kg⁻¹보다 높았고, 납은 민들레 토양에서 2.68 ~ 17.64 mg kg⁻¹ 범위의 평균 9.52 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 1.69 ~ 22.64 mg kg⁻¹ 범위의 평균 7.28 mg kg⁻¹보다 높았고, 아연은 민들레 토양에서 79.23 ~ 125.23 mg kg⁻¹ 범위의 평균 93.45 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 64.90 ~ 198.23 mg kg⁻¹ 범위의 평균 98.23 mg kg⁻¹보다 낮게 나타났으며, 크롬은 민들레 토양에서 100.82 ~ 220.82 mg kg⁻¹ 범위의 평균 147.49 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 85.62 ~ 285.82 mg kg⁻¹ 범위의 평균 137.67 mg kg⁻¹보다 높게 나타났으나, 지역간 중

금속 함량은 일정한 경향이 없었다(표 51).

Table 51. Heavy metal content of soils from regions growing dandelion in Jeju island.

Region	(mg/kg)									
	Fe		Al		As		Cd		Cu	
	DS*	NDS*	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS
Dodu	51000	49900	63126	61026	9.60	7.93	0.99	0.99	41.84	43.17
Jocheon	40200	50200	53826	65026	4.30	6.27	1.32	1.09	35.17	40.84
Seongsan	45300	40200	42726	37426	9.67	20.37	1.17	1.25	50.17	55.84
Daejeong A	55200	49300	72626	69626	3.13	1.33	0.75	0.86	34.17	37.17
Daejeong B	40600	41700	43226	45726	0.00	1.00	0.85	0.96	56.17	53.51
Nohyung	37600	37900	56326	66826	1.75	7.53	0.87	0.91	29.04	21.17

Region	(mg/kg)									
	Hg		Ni		Pb		Zn		Cr ⁶⁺	
	DS*	NDS*	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS	DS	NDS
Dodu	0.0818	0.0480	79.49	93.82	7.58	7.44	87.90	86.90	131.82	149.82
Jocheon	0.0168	0.0355	77.82	65.82	17.64	3.18	94.23	81.23	131.82	112.82
Seongsan	0.0176	0.0626	98.82	96.15	9.88	22.64	125.23	198.23	106.82	85.62
Daejeong A	0.0273	0.0426	55.82	58.15	2.68	2.12	79.23	76.23	100.82	94.52
Daejeong B	0.0580	0.0039	134.82	193.49	12.31	1.69	89.90	64.90	192.82	285.82
Nohyung	0.0344	0.0506	128.49	53.82	7.01	6.61	84.23	81.90	220.82	97.42

* DS : Dandelion soil, NDS: Non-dandelion soil.

(4) 서양민들레의 환경오염 제거능 (phytoremediation) 연구

(가) 오염지 토양에서 재배된 민들레의 생육 및 성분 변화

① 민들레 재식 후의 민들레 생육



Fig. 35. Photograph showing growth of *Taraxacum officinale* planted in contaminated soil.

오염지 토양에서 재배된 민들레 생육은 대체적으로 오염물질에 의해서 영향을 받지 않고 정상적인 생육을 하는 것으로 나타났다. 재식 후 민들레 초장은 18.9 ~ 28.3 cm 범위로 꾸준한

증가세를 보였고 엽수는 10.0 ~ 16.3개, 엽면적은 218.7 ~ 408.8 cm², 지상부 생체중은 5.2 ~ 8.5 g, 근장은 15.2 ~ 21.5 cm, 근직경은 6.6 ~ 12.4 cm, 지하부 생체중은 1.6 ~ 8.8 g, 엽록소 함량은 108.4 ~ 128.6 unit 범위를 보였다(표 52).

Table 52. Growth characteristics of *Taraxacum officinale* grown at contaminated soil.

Harvest time	Plant height, cm	No. of leaves	Leaf area, cm ²	Shoot fresh weight, g plant ⁻¹
First Nov. 16, 2011	25.1 ± 0.2	10.4 ± 0.5	283.2 ± 14.7	6.4 ± 0.2
Second March 21, 2012	18.9 ± 1.0	10.0 ± 0.6	218.7 ± 11.3	7.0 ± 1.0
Third May 10, 2012	27.7 ± 0.7	14.9 ± 0.2	246.4 ± 10.8	5.2 ± 0.3
Fourth July 21, 2012	28.3 ± 0.2	16.3 ± 0.2	408.8 ± 15.6	8.5 ± 0.2

Harvest time	Root length, cm	Root diameter, mm	Root fresh weight, g plant ⁻¹	Chlorophyll content, unit
First Nov. 16, 2011	15.2 ± 0.5	6.6 ± 0.3	1.6 ± 0.1	121.6 ± 1.1
Second March 21, 2012	16.7 ± 1.3	10.1 ± 0.0	6.4 ± 0.1	118.8 ± 1.4
Third May 10, 2012	20.6 ± 0.2	12.0 ± 0.1	7.7 ± 0.2	108.4 ± 2.6
Fourth July 21, 2012	21.5 ± 0.2	12.4 ± 0.0	8.8 ± 0.1	128.6 ± 1.0

② 민들레 재식 후의 민들레의 양이온 함량

오염토양에서 재배 후 2개월 째(2011.09.28) 서양민들레 잎과 뿌리의 양이온 함량은 칼슘, 마그네슘은 잎에서 더 많이 검출되었고, 칼륨과 나트륨 함량은 뿌리에서 더 많이 검출되었다. 하지만 10개월 째(2012.05.25)에 칼슘과 칼륨은 이전에 비해 지상부가 증가되고 지하부는 감소되는 반면 마그네슘과 나트륨은 지상부와 지하부 모두 감소하는 경향을 보였다(표 53).

Table 53. Content of major elements in shoot and roots of dandelion grown in contaminated soil at different harvest dates.

Harvest date	Content (mg/kg)							
	Ca		K		Mg		Na	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
2011.09.28	3,084.3	2,762.3	6,221.6	8,564.7	4,071.8	1,719.5	1,217.3	2,014.4
2011.11.16	2,882.3	2,730.7	6,382.6	8,110.3	3,429.1	2,137.7	1,212.9	1,848.5
2012.03.21	3,661.3	1,947.0	6,347.2	3,802.2	2,077.7	1,103.2	1,110.2	1,461.5
2012.05.25	4,224.8	2,879.0	6,743.6	3,802.2	1,823.5	1,024.8	1,045.9	1,362.6

③ 민들레 재식 후의 민들레의 중금속 함량

오염토양에서 재배 후 2개월 째(2011.09.28) 서양민들레 잎과 뿌리가 흡수한 미량원소 함량은 철, 알루미늄, 몰리브덴은 뿌리에서 더 많이 검출되었고, 망간 함량은 잎에서 더 많이 검출되었다. 하지만 8개월 째(2012.03.21)에 알루미늄과 몰리브덴은 이전에 비해 지상부에서 증가되었고

지하부는 감소되었으나 철은 지상부와 지하부 모두 증가되었고 망간은 지상부는 감소하였고 지하부는 증가하였다(표 54).

Table 54. Content of minor elements in shoot and roots of dandelion grown in contaminated soil at different harvest dates.

Harvest date	Content (mg/kg)							
	Fe		Al		Mo		Mn	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
2011.09.28	1,781	1,974	3,731	4,065	4.59	13.45	76.8	60.8
2011.11.16	592	663	564	796	2.75	3.25	9.0	46.7
2012.03.21	1,919	2,007	3,826	3,397	15.62	10.27	70.6	116.3
2012.05.25	2,104	2,348	4,002	4,878	16.78	18.68	60.3	123.9

오염토양에서 재배 후 2개월 째(2011.09.28) 서양민들레 잎과 뿌리가 흡수한 중금속 함량은 비소, 카드뮴, 아연과 크롬은 지하부보다는 지상부에서 더 많이 검출되었고, 구리, 니켈, 납의 함량은 지상부보다는 뿌리에서 더 많이 검출되었고 수은은 불검출되었다. 하지만 10개월 째(2012.05.25)에 지상부는 비소, 카드뮴, 니켈, 납, 크롬은 이전에 비해 증가되었고 지하부는 감소되었으나 구리, 아연은 지상부와 지하부 모두 감소되는 경향이 뚜렷하였다(표 55).

Table 55. Content of heavy metals in shoot and roots of dandelion grown in contaminated soil at different harvest dates.

Harvest date	Content (mg/kg)							
	As		Cd		Cu		Hg	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
2011.09.28	5.88	-29.71	-1.03	-1.06	14.72	28.71	-5.75	-2.90
2011.11.16	-8.57	-0.15	0.17	-0.16	6.36	14.00	-0.28	-2.51
2012.03.21	5.63	-28.30	0.03	1.09	8.49	20.50	-4.03	-0.99
2012.05.25	2.75	-18.30	-1.04	-1.24	3.28	10.23	-2.24	-1.00

Harvest date	Content (mg/kg)							
	Ni		Pb		Zn		Cr ⁶⁺	
	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root	Shoot	Root
2011.09.28	0.30	6.52	-2.69	4.84	42.50	33.15	2.28	2.21
2011.11.16	1.06	1.66	2.15	2.42	7.95	39.71	48.96	3.53
2012.03.21	0.36	1.59	4.50	2.82	30.06	18.14	2.45	1.02
2012.05.25	0.05	0.34	0.28	1.21	5.16	9.16	2.14	0.72

(나) 민들레 재식 후 토양의 화학성 및 중금속 함량 변이

① 서양민들레 수집 토양의 화학성

오염토양에서 재배 후 2개월 째(2011.09.28) 서양민들레가 재배된 토양의 화학성에 있어서 pH는 6.28이었고 토층별로는 표층과 아래층이 중간층보다 높은 경향을 보였다. 하지만 8개월 째(2012.03.21)에 전체적인 pH는 6.57 ~ 6.78 범위로 증가하는 경향이 뚜렷하였다(표 56). 한편, 평균 유효인산 함량은 재배 후 2개월 째 136.6 mg/kg으로 나타났고 토층별로는 중간층이 136.1 mg/kg로 표층과 아래층보다 높은 경향이었고 8개월째는 평균이 184.0 mg/kg으로 크게

증가하였고, 토층별로는 대부분이 134.0 ~ 136.1 mg/kg 범위로 증가하였다. 또한, EC, OM, TP 함량은 2개월째에 각각 1.95 ~ 2.74, 2.6 ~ 9.1, 417 ~ 590 범위에서 8개월째에는 1.31 ~ 2.63, 2.2 ~ 2.6, 409 ~ 524 범위로 모두 감소하는 경향이 뚜렷하였다(표 56).

Table 56. Change in chemical properties of the contaminated soil after dandelion cultivation

Harvest date	Soil layer	pH(1:5)	EC(dS/m)	O.M(%)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	T-P(mg/kg)
2011.09.28	Total	6.28	2.60	9.1	136.6	601
	Top	6.20	2.74	4.8	123.4	590
	Middle	6.08	2.36	4.3	136.1	561
	Bottom	6.16	1.95	2.6	123.4	417
2011.11.16	Total	6.07	3.11	7.1	132.5	532
	Top	5.89	4.18	2.7	131.9	594
	Middle	6.07	1.72	2.2	131.4	572
	Bottom	6.25	1.39	2.5	115.8	609
2012.03.21	Total	6.53	1.85	2.5	184.0	525
	Top	6.64	2.63	2.3	134.0	524
	Middle	6.57	1.60	2.6	136.3	423
	Bottom	6.78	1.31	2.2	134.1	409
2012.05.25	Total	6.24	1.45	2.3	184.0	485
	Top	5.85	2.56	2.7	134.0	424
	Middle	6.02	1.95	2.7	136.3	404
	Bottom	5.98	1.97	2.1	134.1	407

② 서양민들레 수집 토양의 양이온 함량 및 CEC

오염토양에서 재배 후 8개월 째(2012.03.21) 서양민들레가 재배된 토양의 양이온 함량과 CEC에 있어서 칼륨만이 2개월째보다 뚜렷이 감소하였고 칼슘, 마그네슘, 나트륨 및 CEC는 증가하는 경향이 뚜렷하였다. 토층별로는 일정한 경향은 없었다(표 57).

Table 57. Change in cation contents and CEC values of the contaminated soil after dandelion cultivation.

Harvest date	Soil layer	Ex.-Cation(cmol/kg)				CEC (cmol/kg)
		Ca	K	Mg	Na	
2011.09.28	Total	5.88	2.84	2.25	0.51	15.67
	Top	4.42	0.80	1.91	0.38	13.23
	Middle	5.58	0.80	2.28	0.42	13.70
	Bottom	5.78	0.58	2.58	0.38	14.81
2011.11.16	Total	6.03	1.88	2.74	0.61	15.88
	Top	4.09	0.48	1.93	0.44	11.78
	Middle	4.03	0.46	1.83	0.26	10.54
	Bottom	3.63	0.48	1.70	0.20	10.19
2012.03.21	Total	6.18	1.47	2.84	0.60	16.36
	Top	4.06	0.54	1.98	0.45	10.77
	Middle	6.08	0.52	2.87	0.57	13.78
	Bottom	5.83	0.49	2.67	0.48	13.21
2012.05.25	Total	6.44	1.23	3.05	0.50	21.13
	Top	8.18	1.01	3.15	0.49	19.00
	Middle	7.63	0.78	2.91	0.40	18.11
	Bottom	7.09	0.79	2.81	0.42	17.27

③ 토양의 중금속 함량

오염토양에서 서양민들레를 재배한 후 10개월 쯤(2012.05.20) 토양의 중금속 함량에 있어서 알루미늄, 철, 망간, 몰리브덴, 아연, 비소, 구리, 니켈, 납, 크롬 모두에서 감소하는 경향을 보였다. 하지만 비소, 카드뮴, 수은은 미량으로 검출되었고 일정한 경향을 보이지 않은 것으로 나타났다. 토양 층위별로 중금속 함량은 다소간에 차이가 있었으나 중금속 종류마다 다르게 나타났다(표 58).

Table 58. Change in heavy metal contents of the contaminated soil after dandelion cultivation.

Harvest date	Soil layer	Content (mg/kg)					
		Al	Fe	Mn	As	Cd	Cu
2011.09.28	Total	27,785	10,381	294	-115.0	-1.50	23.2
	Top	21,885	8,461	259	-36.1	1.29	22.4
	Middle	26,885	9,901	268	-35.0	-0.11	18.6
	Bottom	25,085	9,181	312	-40.3	1.11	23.4
2011.11.16	Total	25,285	9,341	323	53.9	3.78	20.2
	Top	25,785	8,381	283	-126.0	4.07	20.5
	Middle	30,685	12,781	489	-52.0	-1.96	23.4
	Bottom	27,285	9,421	352	-96.4	2.27	22.3
2012.03.21	Total	24,685	9,211	329	24.7	3.28	19.9
	Top	23,685	8,431	290	-75.9	-0.17	27.3
	Middle	22,785	8,331	294	-124.0	-1.98	24.3
	Bottom	24,185	7,731	250	65.1	1.28	19.4
2012.05.25	Total	20,125	7,567	267	-21.4	1.43	14.3
	Top	22,736	6,429	265	-2.02	-0.34	13.2
	Middle	22,590	6,323	255	-4.78	-0.30	12.9
	Bottom	21,804	7,715	241	-3.15	-0.38	13.0

Harvest date	Soil layer	Content (mg/kg)					
		Mo	Hg	Ni	Pb	Zn	Cr ⁶⁺
2011.09.28 3MAP	Total	16.8	-4.08	18.15	-1.92	88.74	32.91
	Top	12.2	-6.83	17.25	13.80	90.94	34.71
	Middle	13.8	-12.40	19.65	5.36	91.04	32.31
	Bottom	13.4	3.77	18.35	4.93	99.44	36.51
2011.11.16 5MAP	Total	13.7	-1.83	18.75	14.9	88.84	34.71
	Top	11.9	-7.29	17.75	5.47	91.54	33.31
	Middle	17.7	-13.50	19.55	5.25	92.24	35.01
	Bottom	14.1	-8.72	29.25	11.50	85.64	38.81
2012.03.21 7MAP	Total	13.9	-2.86	23.55	3.31	84.14	39.81
	Top	13.5	-3.91	23.95	-11.10	89.64	42.21
	Middle	11.6	-8.03	24.45	7.43	94.44	40.71
	Bottom	11.9	1.24	21.45	5.36	88.34	43.41
2012.05.25 9MAP	Total	10.3	-2.776	21.23	2.18	79.34	27.98
	Top	0.02	-2.00	21.23	3.04	82.66	44.01
	Middle	0.43	-7.24	22.37	1.16	76.20	41.18
	Bottom	0.51	0.17	20.39	2.78	68.96	28.24

포트 토양 전체(Total)를 혼합한 토양 중의 중금속 함량은 종류마다 다르게 나타났지만 10개월 기간 동안 대체적으로 시간이 경과됨에 따라 감소하는 경향을 보였다. 가장 많은 함량을 보인 알루미늄은 민들레 재식 후 2, 4, 8, 10개월 후 각각 27,785, 25,285, 24,685, 20,125 mg/kg을 보여 감소되는 정도가 뚜렷한 경향이였다. 철 함량은 민들레 재식 후 2, 4, 8, 10개월 후 각각 10,381, 9,341, 9,211, 7,567 mg/kg으로 감소하는 경향을 보였다. 망간은 각각 294 323 329 267 mg/kg으로, 구리는 각각 23.2 20.2 19.9 14.3 mg/kg으로 각각 감소하였으나 비소, 카드뮴은 미량으로 검출되었거나 일정한 경향을 보이지 않은 것으로 나타났다. 한편, 몰리브덴, 니켈, 납, 아연, 크롬도 미량으로 검출되었으나 시간이 경과됨에 따라 감소하는 경향을 보였다. 특히, 수은은 미량이어서 시간 경과에 따른 함량에 있어서 일정한 경향을 보이지 않은 것으로 나타났다(표 58).

나. 시설 재배환경에 따른 민들레의 생육 및 수량 변이특성

(1) 시설재배지 환경 분석

(가) 기상환경

시험기간의 각 재배지별 기상환경 특성 중 평균 광량은 하우스 안의 무차광, 50%차광 및 70%차광에서 각각 88.6, 39.6 및 22.9 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 나타났다. 한편 일조시간은 평균 4.67시간이었다. 평균 온도는 무차광, 50%차광 및 70%차광에서 각각 22.2, 21.9, 21.8 $^{\circ}\text{C}$ 로 나타났고, 습도는 80.3%로 나타났다(표 59).

Table 59. Averaged meteorological data at Suncheon during the experiment period, May - October in 2011.

Cultural condition	Sunshine hours (hr.)	Light intensity (PAR*)	Air temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Relative humidity (%)
No shade	4.67 (0.0-10.5)	88.6 (4.8-341.4)	22.2 (16.5-28.3)	80.3 (52.5-95.3)
50% shade	4.67 (0.0-10.5)	39.6 (1.8-146.8)	21.9 (16.5-27.9)	80.3 (52.5-95.3)
70% shade	4.67 (0.0-10.5)	22.9 (1.4- 59.0)	21.8 (16.3-27.5)	80.3 (52.5-95.3)

* PAR : Photosynthetically active radiation, $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$

① 광 환경

재배기간 중 특히 5월부터 10월의 광 강도는 내부의 플라스틱하우스 무차광, 50%와 70%차광에서 각각 4.8 ~ 341.4, 1.8 ~ 146.8, 1.4 ~ 59.0 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 범위를 보였다(그림 36).

한편, 시험기간 중 하루 평균 광도를 2시간 간격으로 측정한 결과 하우스 내 무차광은 33.1 ~ 124.3으로 오전 12시에, 50%차광에서는 12.7 ~ 64.0으로 오후 2시에, 70%차광에서는 7.3 ~ 35.0 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 범위로 오전 12시에 각각 가장 높게 나타났다(그림 37).

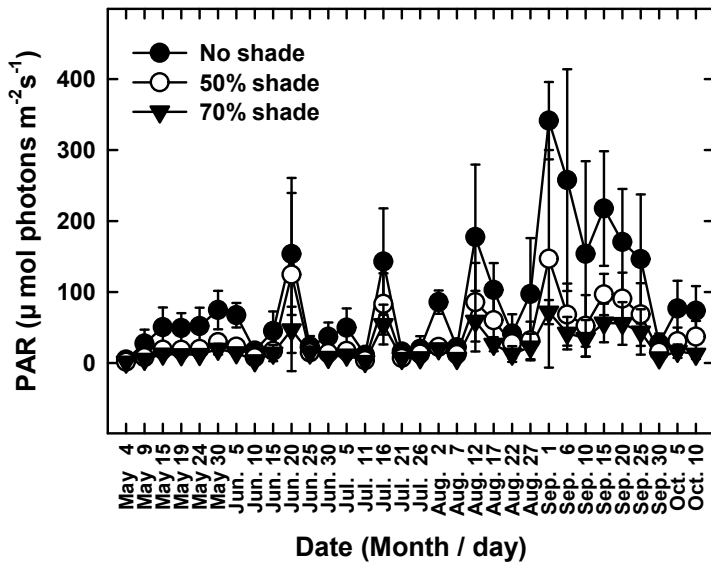


Fig. 36. Daily change in light intensities (PAR) of plastic house (No shade, 50% shade and 70% shade) for the experiment from May through October, 2011.

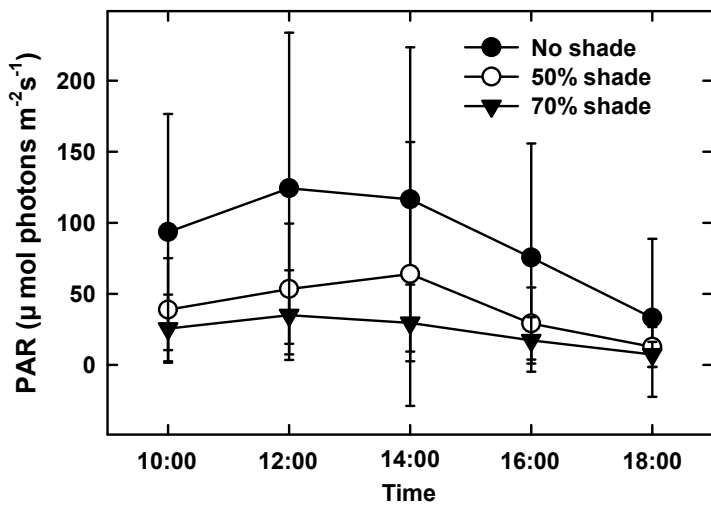


Fig. 37. Diurnal change in light intensities of plastic house (No shade, 50% shade and 70% shade) for the experiment in 2011.

② 온도

재배기간 중 5월부터 10월의 주간 온도는 하우스 외부는 13.8 ~ 27.2℃인데 비해 하우스 내의 무차광, 50%차광, 70%차광에서 각각 16.5 ~ 28.3℃, 16.5 ~ 27.9℃, 16.3 ~ 27.5℃ 범위를 보여 외부에 비해 1.1 ~ 2.5℃ 정도 높은 것으로 나타났다(그림 38). 한편, 시험기간 중 하루 평균 온도를 2시간 간격으로 측정된 결과 하우스 내의 무차광, 50%차광, 70%차광에서 각각 21.7 ~ 22.5℃, 21.4 ~ 22.2℃, 21.5 ~ 22.1℃ 범위로 무차광에서는 오후 2시에, 50%차광과 70%차광에서는 오후 4시에 가장 높게 나타났다(그림 39). 이는 하우스 내외부의 온도 차이가 크며 이에 따른 작물의 생육과 수량은 물론 생리활성에 영향을 미칠 것으로 예측할 수 있었다.

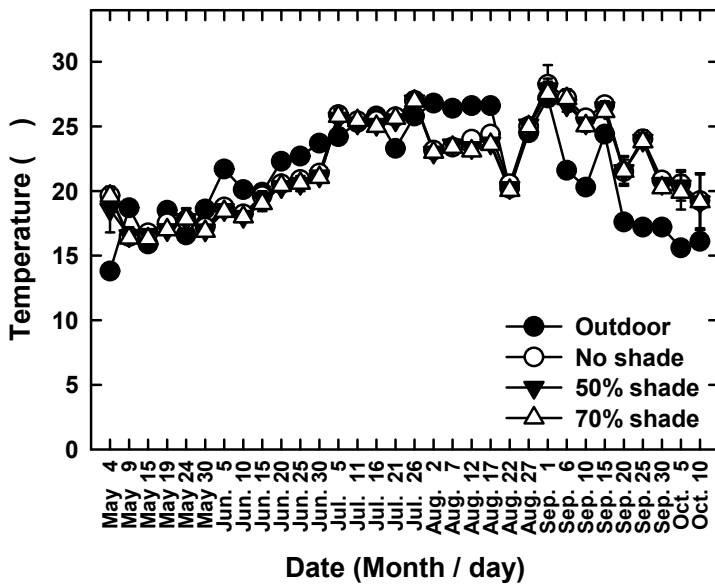


Fig. 38. Daily change in the air temperatures of open field and plastic house (No shade, 50% shade and 70% shade) for the experiment in 2011.

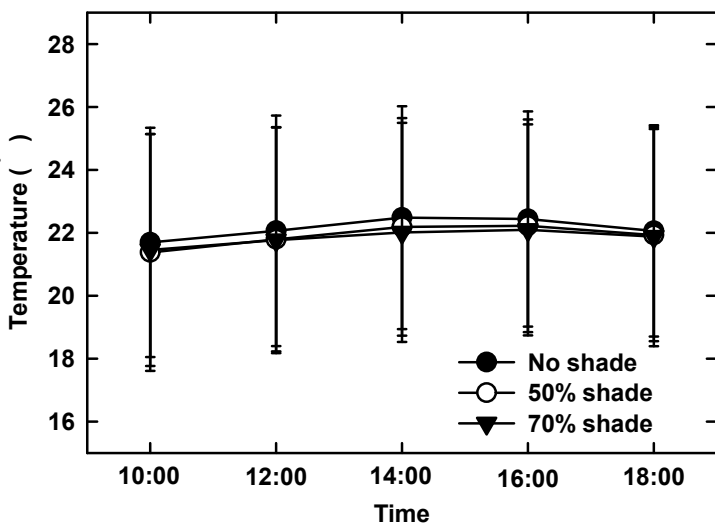


Fig. 39. Diurnal change in the air temperatures of plastic house (No shade, 50% shade and 70% shade) for the experiment in 2011.

③ 습도

한편, 재배기간 중 5월부터 10월의 상대습도는 52.5 ~ 95.3%의 범위로 평균 상대습도 80.3%를 나타냈다(그림 40).

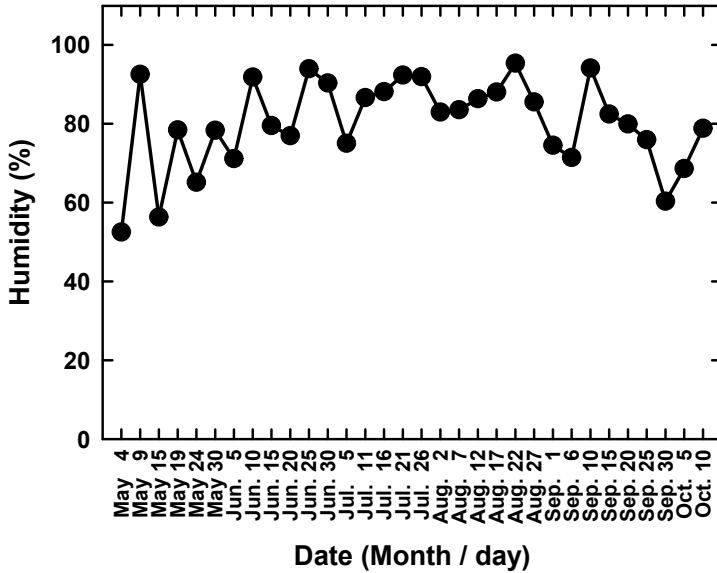


Fig. 40. Diurnal change in the relative humidities of open field for the experiment in 2011.

④ 일장

재배시험 기간 중 시설하우스 외부의 일조시간은 조사일 중 9월 1일에 최대 10.5시간으로 가장 높은 수치를 보인 것으로 나타났으며(그림 41) 이러한 일장시간도 민들레의 생육 및 수량에 영향을 주었을 것으로 예상된다.

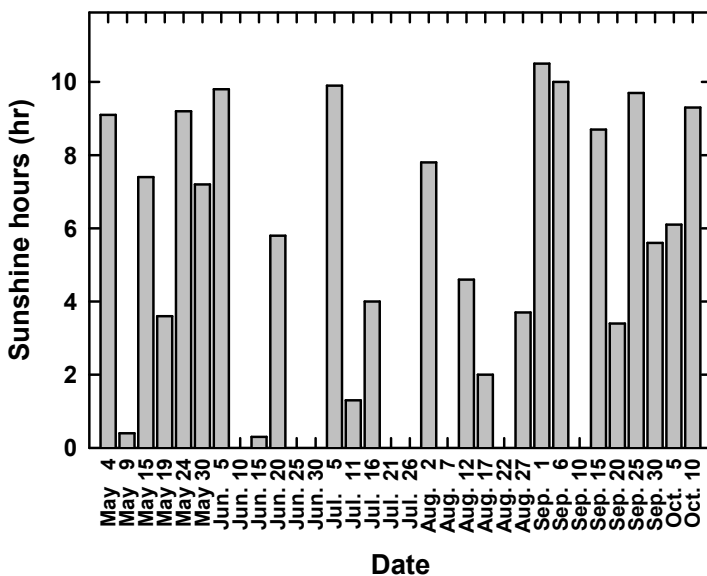


Fig. 41. Daily change in sunshine hours of plastic house for the experiment in 2011.

따라서 시설하우스 내외부의 기상환경은 광, 온도, 습도에 있어서 뚜렷한 차이를 보임으로써 이에 따른 재배작물의 생육과 수량 및 생리활성에 적지 않은 영향을 미칠 것으로 예상된다.

(나) 배지환경

재배지 및 배지별 토양환경 특성은 하우스 안의 pH, EC, 유효인산 함량, 치환성 양이온 및 CEC가 외부 포장에 비해 매우 높게 나타났다(표 60). 이는 하우스 안이 외부 포장에 비해 잔류 비효 성분이 많은 것으로서 비옥도가 높음을 알 수 있었다. 한편 각 고품배지 조합에 따른 토양의 화학성의 차이는 coco-peat 함유비율이 높을수록 pH를 제외한 EC, 유기물 함량, 유효인산 함량, 치환성 양이온 및 CEC이 높게 나타났고 perlite가 많을수록 낮게 나타났다.

방선균(Actinomyces)과 세균류(Bacteria)의 밀도는 coco peat 100% 고품배지에서 6.0×10^3 CFU/g · soil과 6.8×10^5 CFU/g · soil로 가장 높게 나타났다. 한편, 곰팡이류(Fungi)의 밀도는 perlite 100% 고품배지에서 2.2×10^4 CFU/g · soil로 가장 높게 나타났다(표 61).

Table 60. The chemical properties of soil and media used for the greenhouse experiment in 2011 and 2012.

Sample (2011)	pH (1:5)	EC (dSm ⁻¹)	O.M (%)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cat. (cmol(+)/kg)				C.E.C (cmol(+)/kg)
					K	Ca	Mg	Na	
Outdoor	5.34	0.586	3.448	34.008	0.600	2.413	1.142	0.213	10.97
Plastic house	6.87	1.530	3.086	245.183	1.876	10.367	3.038	0.356	17.54
C100 : P0*	6.44	1.307	45.583	28.546	2.609	5.267	3.585	1.535	18.20
C70 : P30	6.49	0.632	22.860	5.740	0.508	0.650	0.515	0.452	4.77
C50 : P50	6.96	0.311	21.378	5.841	0.368	1.037	0.793	0.397	5.24
C0 : P100	7.04	0.165	0.379	2.412	0.033	0.224	0.070	0.100	2.26

Sample (2012)	pH (1:5)	EC (dSm ⁻¹)	O.M (%)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. Cat. (cmol(+)/kg)				C.E.C (cmol(+)/kg)
					K	Ca	Mg	Na	
Outdoor	5.34	0.586	3.448	34.008	0.600	2.413	1.142	0.213	10.97
Plastic house	6.87	1.530	3.086	245.183	1.876	10.367	3.038	0.356	17.54
C100 : P0*	6.25	1.522	89.028	33.466	5.171	7.385	8.230	2.968	26.79
C70 : P30	6.28	0.562	26.844	26.024	2.614	6.337	7.078	1.542	15.34
C50 : P50	6.34	0.596	10.468	10.180	1.716	6.886	5.959	1.798	10.20
C0 : P100	6.12	0.427	0.937	7.124	0.504	0.594	0.330	0.372	9.32

* C100 : P0 -> Coco peat 100%, C70 : P30 -> Coco peat : perlite = 70% : 30% (v/v)
 C50 : P50 -> Coco peat : perlite = 50% : 50% (v/v), C0 : P100 -> Perlite 100%

Table 61. Microbial population of media used in the plastic house growing *Taraxacum officinale*.

Substrates	Microorganisms		
	Actinomyces (CFU/g · soil)	Bacteria (CFU/g · soil)	Fungi (CFU/g · soil)
C100 : P0*	6.0×10^3	6.8×10^5	3.0×10^3
C70 : P30	4.0×10^3	1.6×10^5	5.0×10^3
C50 : P50	7.0×10^3	4.1×10^5	4.0×10^3
C0 : P100	1.2×10^3	4.7×10^5	2.2×10^4

* C100 : P0 -> Coco peat 100%, C70 : P30 -> Coco peat : perlite = 70% : 30% (v/v)
 C50 : P50 -> Coco peat : perlite = 50% : 50% (v/v), C0 : P100 -> Perlite 100%

(2) 차광 및 배지조성에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

민들레의 외부 형태를 살펴보면 잎은 다수의 근생엽을 이루며 생육 초기에 타원형으로 출발하여 어느 정도 성장한 후 도피침상 선형이며 우상으로 깊게 갈라져 있는 모양을 하고 있는 것으로 나타났다(그림 42). 그러나, 차광조건에서는 피침상 선형의 우상이 없어지고 타원형으로 남아 있는 특징을 볼 수 있었다(그림 43).



Fig. 42. Change in leaf morphology of *Taraxacum officinale* plants grown under plastic house condition.



No shade

50% shade

70% shade

Fig. 43. Change in leaf morphology of *Taraxacum officinale* plants grown at different shading degrees under plastic house condition.

수확기에 각 차광별, 배지별 생육특성을 보면 그림 44-55와 같고, 굴취 후 전체 식물체의 형태는 그림 56-58과 같았다.



Fig. 44. *Taraxacum officinale* plants grown under substrate filled with coco peat single without shade.



Fig. 45. *Taraxacum officinale* plants grown under substrate mixed with coco peat : perlite = 70 : 30 without shade.



Fig. 46. *Taraxacum officinale* plants grown under substrate mixed with coco peat : perlite = 50 : 50 without shade.



Fig. 47. *Taraxacum officinale* plants grown under substrate filled with perlite single without shade.



Fig. 48. *Taraxacum officinale* plants grown under substrate filled with coco peat single under 50% shade.



Fig. 49. *Taraxacum officinale* plants grown under substrate mixed with coco peat : perlite = 70 : 30 under 50% shade.



Fig. 50. *Taraxacum officinale* plants grown under substrate mixed with coco peat : perlite = 50 : 50 under 50% shade.



Fig. 51. *Taraxacum officinale* plants grown under substrate filled with perlite single under 50% shade.



Fig. 52. *Taraxacum officinale* plants grown under substrate filled with coco peat single under 70% shade.



Fig. 53. *Taraxacum officinale* plants grown under substrate mixed with coco peat : perlite = 70 : 30 under 70% shade.



Fig. 54. *Taraxacum officinale* plants grown under substrate mixed with coco peat : perlite = 50 : 50 under 70% shade.



Fig. 55. *Taraxacum officinale* plants grown under substrate filled with perlite single under 70% shade.



C100:P0 C70:P30 C50:P50 C0:P100

Fig. 56. Seedlings of *Taraxacum officinale* grown under different culture media without shade.



C100:P0 C70:P30 C50:P50 C0:P100

Fig. 57. Seedlings of *Taraxacum officinale* grown under different culture media under 50% shade.



C100:P0 C70:P30 C50:P50 C0:P100

Fig. 58. Seedlings of *Taraxacum officinale* grown under different culture media under 70% shade.

(가) 초장

민들레 종자를 4월에 파종하고 8월에 정식하여 90일간 재배한 후 차광별 생육 및 수량반응을 조사한 결과, 차광정도가 높을수록 초장, 엽수, 엽면적, 근장, 근직경, 지상부 생체중 및 지하부 생체중은 유의적으로 감소하는 경향이 뚜렷하였다.

민들레의 초장은 무차광에서 34.4 ~ 37.4 cm 범위로 유의적으로 가장 높았고, 그 다음이 70%차광으로 17.8 ~ 25.0 cm 범위를 보여 50%차광인 15.6 ~ 23.0 cm 범위보다는 높게 나타났으나 차광처리가 무차광보다 유의적으로 낮게 나타났다. 한편, 배지 간의 초장 차이는 무차광 조건에서는 코코피트와 펄라이트 50:50 혼합배지와 펄라이트 단독배지가 다소 높았으나 유의적인 차이는 없었고 50%차광에서는 코코피트와 펄라이트 70:30과 50:50 혼합배지에서 단독 배지보다 유의적으로 높았으며 70%차광에서는 코코피트 단독배지 가장 높았고 그 다음이 70:30과 50:50 혼합배지, 펄라이트 단독배지 순으로 나타났다(그림 59).

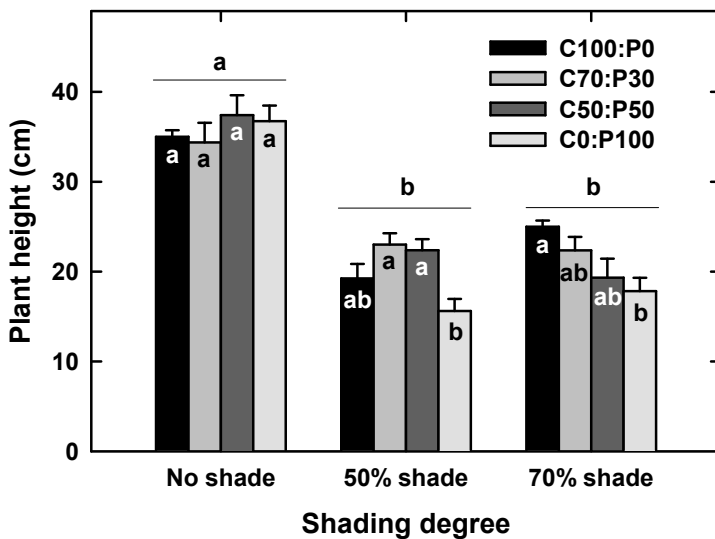


Fig. 59. Shading effect on plant height of *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

(나) 엽수

민들레의 엽수는 무차광에서 10.7 ~ 20.2엽으로 가장 높았고, 50%차광과 70%차광에서는 각각 5.1 ~ 6.9엽과 5.8 ~ 7.3엽으로 무차광에 비해 유의적으로 낮은 경향을 보였다. 배지 간의 엽수 차이는 무차광 조건에서는 코코피트와 펄라이트 혼합배지와 펄라이트 단독배지가 다소 높았으나 유의적인 차이는 없었고 50%와 70%차광에서는 배지 간의 유의성은 없는 것으로 나타났다(그림 60).

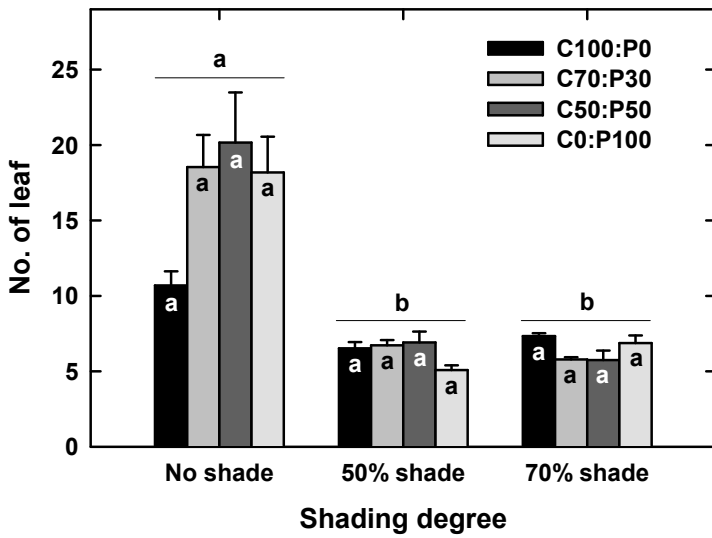


Fig. 60. Shading effect on number of leaves of *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

(다) 엽록소

한편, 민들레의 엽록소 함량은 무차광에서 159.2 ~ 192.5 unit으로 가장 높았고, 다음이 50% 차광에서 113.0 ~ 133.7 unit이었고, 70%차광에서 92.0 ~ 128.0 unit이었다. 배지간의 차이는 무차광에서 코코피트와 펄라이트 50:50 혼합배지에서 가장 높았으나 유의성은 없는 것으로 나타났다. 50%차광에서 코코피트와 펄라이트 50:50 혼합배지와 펄라이트 단독배지에서 가장 높았고 코코피트 단독배지에서 가장 낮았다. 한편, 70%차광에서는 코코피트 단독배지에서 가장 높았고 그 다음이 펄라이트 단독배지였고 코코피트와 펄라이트 50:50 혼합배지가 가장 낮았다(그림 61).

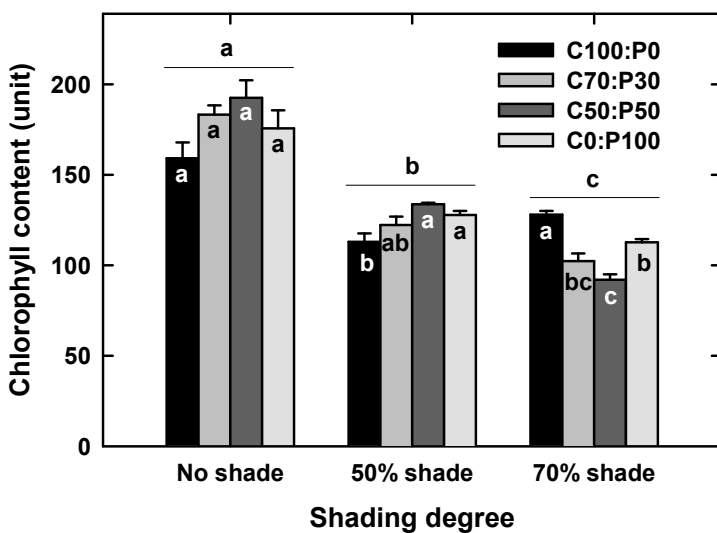


Fig. 61. Shading effect on chlorophyll contents of *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

(라) 엽면적

민들레의 엽면적은 무차광에서 505.1 ~ 1,227.2 cm²으로 가장 높았고, 50%차광에서는 87.7 ~ 203.4 cm²였고, 70%차광에서는 67.9 ~ 167.1 cm²로 나타났다. 배지 간에는 무차광에서는 코코피트와 펄라이트 70:30 혼합배지에서 가장 높았고, 그 다음이 50:50 혼합배지, 펄라이트 단독배지, 코코피트 단독 순으로 코코피트 단독에서 가장 낮았다. 하지만 50% 차광에서는 코코피트와 펄라이트 두 혼합배지가 단독배지보다 높았고 70%차광조건에서는 코코피트 단독배지가 가장 높았고 펄라이트 단독배지가 가장 낮게 나타나 일정한 경향을 보이질 않았다(그림 62).

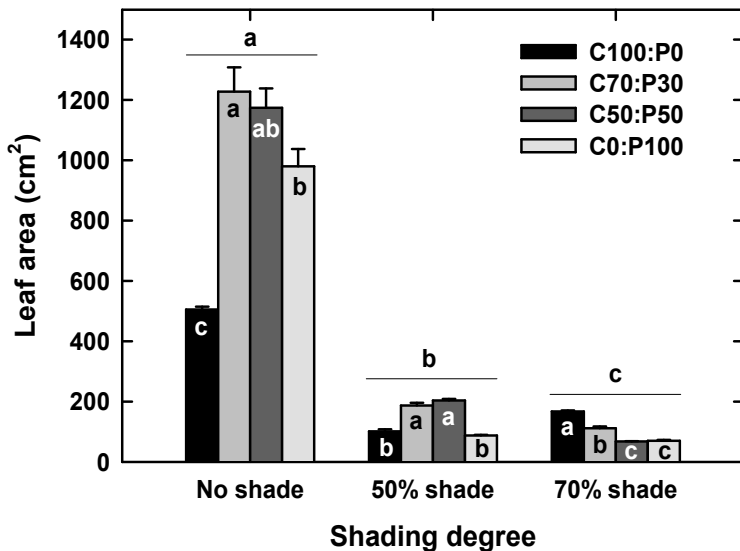


Fig. 62. Shading effect on leaf area of *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

(마) 근장

민들레의 근장은 무차광에서 22.1 ~ 26.5 cm으로 가장 높았고, 50%와 70%차광에서 각각 10.3 ~ 13.8 cm와 9.0 ~ 12.6 cm를 보여 차광이 높을수록 근장의 감소가 뚜렷하였다. 무차광에서 배지 간의 차이는 펄라이트가 높을수록 높은 근장을 보였으나 유의성은 인정되지 않았고, 50%와 70%차광에서도 일정한 경향이 없이 배지 간의 차이는 인정되지 않았다(그림 63).

(바) 근직경

민들레의 근직경은 무차광에서 5.9 ~ 11.1 mm로 가장 높았고, 50%차광과 70%차광에서도 각각 1.8 ~ 3.4 mm와 2.1 ~ 2.3 mm로 나타나 차광의 영향이 큰 것으로 나타났다. 배지 간에는 무차광에서 코코피트와 펄라이트 두 혼합배지와 펄라이트 단독배지에서는 높았으나 코코피트 단독배지에서는 유의적으로 낮게 나타났고, 50%차광에서는 코코피트와 펄라이트 두 혼합배지가 두 단독배지보다 높은 경향을 보였다 한편, 70%차광에서는 배지 간의 차이는 일정한 경향이 없이 유의성이 인정되지 않았다(그림 64).

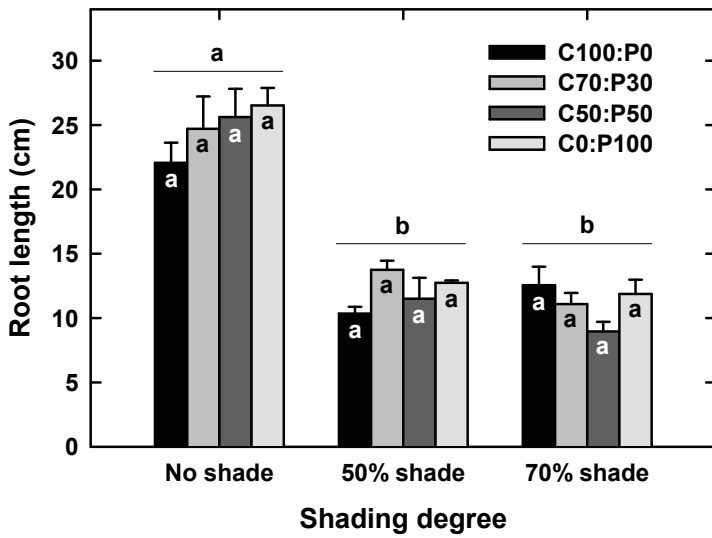


Fig. 63. Shading effect on root length of *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

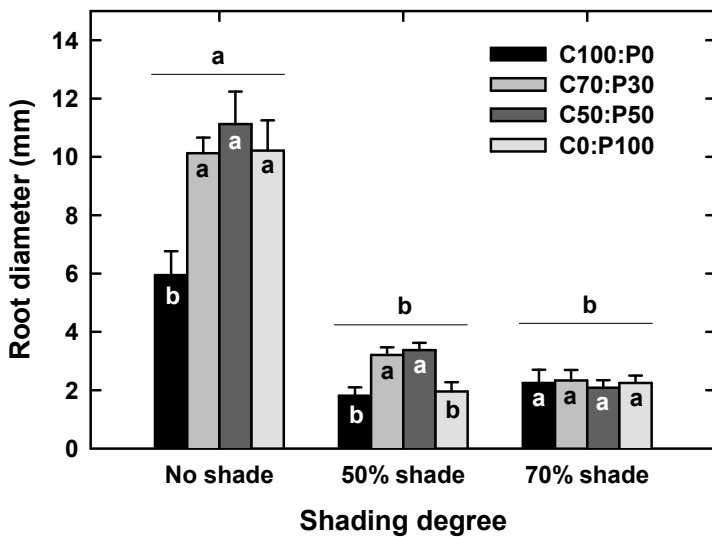


Fig. 64. Shading effect on root diameter of *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

(사) 지상부중

민들레 지상부의 주당 생체중은 무차광에서 12.3 ~ 36.6 g으로 가장 높았고, 50%차광과 70%차광에서 각각 0.9 ~ 3.9 g과 1.0 ~ 3.2 g으로 낮게 나타나 차광에 의한 지상부 생육의 감소가 뚜렷한 것으로 나타났다. 배지 간에는 무차광에서 코코피트와 펄라이트 두 혼합배지와 펄라이트 단독배지에서는 높았으나 코코피트 단독배지에서는 유의적으로 낮게 나타났고, 50%차광에서는 코코피트와 펄라이트 50:50 혼합배지가 가장 높았고 펄라이트 단독배지가 가장 낮았다. 한편, 70%차광에서는 배지 간의 차이는 일정한 경향이 없이 유의성이 인정되지 않았다(그림 65).

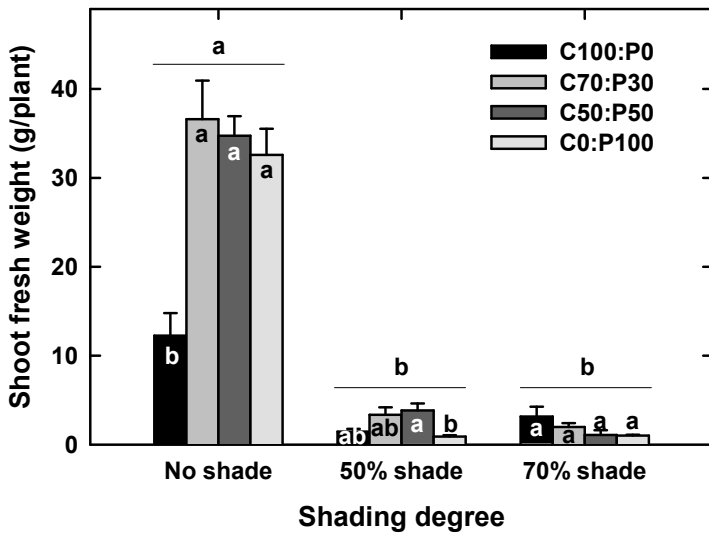


Fig. 65. Shading effect on shoot fresh weight of *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

(아) 지하부중

민들레 지하부의 주당 생체중은 무차광에서 1.6 ~ 14.2 g으로 가장 높았고, 50%차광과 70%차광에서 각각 0.07 ~ 0.4 g과 0.04 ~ 0.2 g으로 낮게 나타나 차광에 의한 지하부 생육 역시 크게 감소되었다. 배지 간에는 무차광에서 코코피트와 펄라이트 50:50 혼합배지에서 가장 높았고, 그 다음이 코코피트와 펄라이트 70:30 혼합배지, 펄라이트 단독, 코코피트 단독배지 순으로 코코피트 단독배지에서 유의적으로 가장 낮게 나타났고, 50%차광에서는 코코피트와 펄라이트 50:50 혼합배지가 가장 높았고 코코피트 단독배지가 가장 낮았다. 한편, 70%차광에서는 배지 간의 차이는 일정한 경향이 없이 유의성이 인정되지 않았다(그림 66).

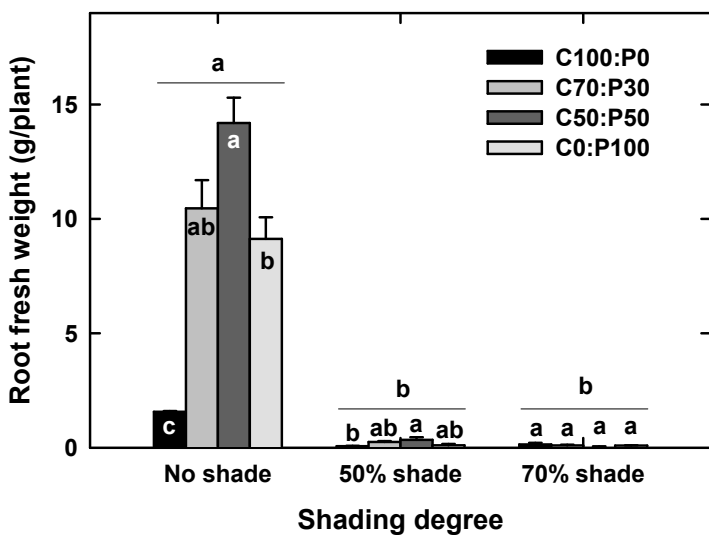


Fig. 66. Shading effect on root fresh weight of *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

이상의 결과를 종합해 보면 민들레에서 배지조성간의 차이는 무차광에서 지상부는 코코피트와 퍼라이트 두 혼합배지와 퍼라이트 단독배지에서 가장 높은 생육과 수량을 보였으나 코코피트 단독배지에서 가장 낮았고, 50%와 70%의 차광에서는 무차광에 비해 현저한 감소를 보였다. 한편, 지하부 생육은 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지에서 가장 높게 나타났고 코코피트 단독배지에서 가장 낮았다. 50%와 70%의 차광에서는 무차광에 비해 현저한 감소를 보였다. 따라서 민들레의 시설재배지에서 생육과 수량 특성은 차광에 의해서 유의적인 영향을 받는 것으로 나타났으며 배지조성의 경우 코코피트와 퍼라이트 혼합배지가 단독배지보다 더 높은 수량을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

(3) 온도변이에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

온도변화에 따른 민들레의 생육반응을 조사한 결과 25℃에서 가장 높은 생육을 보였고 20과 30℃에서 생육이 감소하였으나 통계적인 유의성은 없는 것으로 나타났다. 특히, 엽록소 함량, 엽면적, 근장, 근직경, 지상부중은 25℃에서 유의적으로 가장 높았으나 초장, 엽수와 지하부중에 있어서는 온도간 유의성을 보이지 않았다.

민들레의 초장은 25와 20℃에서 각각 13.3과 13.2 cm로 높았고 30℃에서 7.5 cm로 낮았지만 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다(표 62). 엽수 역시 25℃에서 6.1개로 가장 많았고, 30과 20℃에서 각각 4.3과 4.1개로 낮았으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다(표 62). 엽면적은 25℃에서 62.2 cm²로 유의적으로 가장 높았고, 20과 30℃에서 각각 27.8과 29.1 cm²로 유의적으로 낮게 나타났다(표 62). 지상부 생체중 역시 25℃에서 1.59 g으로 가장 높게 나타났고 그 다음이 20℃에서 0.96 g이었고 30℃에서는 0.15 g을 보여 온도간의 유의적인 차이가 뚜렷하였다(표 62).

Table 62. Growth characteristics of *Taraxacum officinale* grown at different temperature in growth chamber.

Temp.	Plant height, cm	No. of leaves	Leaf area, cm ²	Shoot fresh weight, g plant ⁻¹
20℃	13.15 ± 1.82	4.14 ± 0.45	27.80 ± 7.65	0.96 ± 0.27
25℃	13.27 ± 1.35	6.13 ± 0.23	62.15 ± 4.57	1.59 ± 0.23
30℃	7.46 ± 0.88	4.27 ± 0.66	29.07 ± 2.86	0.15 ± 0.06
LSD(0.05)	6.84	2.34	26.28	1.00

Temp.	Root length, cm	Root diameter, mm	Root fresh weight, g plant ⁻¹	Chlorophyll content, unit
20℃	15.48 ± 0.56	3.18 ± 0.35	0.30 ± 0.13	98.25 ± 7.72
25℃	19.03 ± 0.53	3.55 ± 0.13	0.51 ± 0.14	124.63 ± 3.95
30℃	11.27 ± 1.12	2.27 ± 0.23	0.12 ± 0.01	60.32 ± 4.62
LSD(0.05)	3.81	1.24	0.54	27.61

근장은 25와 20℃에서 각각 19.0과 15.5 cm로 높았고 30℃에서 11.3 cm로 유의적으로 낮았다(표 62). 근직경은 25℃에서 3.6 cm로 가장 높았고 20℃에서 3.2 cm, 30℃에서는 2.3 cm를 보여 온도간의 유의적인 차이가 뚜렷하였다(표 62). 한편, 지하부 생체중 역시 25℃에서 0.51 g으로 가장 높게 나타났고 그 다음이 20℃에서 0.31 g이었고 30℃에서는 0.12 g을 보였으나 온도간의 유의적인 차이는 인정되지 않았다(표 62). 엽록소 함량은 25℃에서 124.6 unit으로 유의적으로 가장 높았고, 20과 30℃에서 각각 98.3과 60.3 unit으로 유의적으로 낮게 나타났다(표 62).

결과적으로 온도간의 민들레의 생육과 수량은 25℃에서 가장 높았고 다음이 20℃와 30℃로 나타나 시설재배지 민들레의 원료 생산을 위해 25℃온도가 가장 적절한 것으로 나타났다.

(4) 계절변이(정식시기)에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

계절별로 정식시기를 달리하여 60일간 재배된 민들레의 생육특성을 파악한 결과 초장은 5월에 정식한 것이 높았으나 정식시기 간의 유의성은 인정되지 않았으나 엽수와 엽면적은 3월과 5월에 정식한 것이 각각 19.9 ~ 23.3개와 1,380.5 ~ 1,426.5 cm²로서 7월에 정식한 것 960.4 cm²보다 유의적으로 높게 나타났다. 지상부 생체중은 3월과 5월에 정식한 것이 각각 40.4와 42.5 g으로 7월에 정식한 35.5 g에 유의적으로 높게 나타났다. 따라서 7월에 정식했을 때 민들레의 지상부 생육에 부정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 예상된다(표 63). 한편, 지하부 생육에서는 근장, 근직경과 엽록소 함량은 3월과 5월에 정식한 것이 7월에 정식한 것보다 높게 나타났고 지하부 생체중은 5월에 정식한 것이 18.8 g으로 가장 높았고, 3월과 7월에 정식한 것은 11.9와 8.6 g으로 나타나 정식시기에 따라 유의적으로 뚜렷한 차이를 보였다(표 63). 따라서 민들레 재배시 적절한 정식시기는 5월 이전에 이루어져야 할 것으로 예측되었다.

Table 63. Growth characteristics of *Taraxacum officinale* grown at different planting time in plastic house for 60 days.

Planting time	Plant height, cm	No. of leaves	Leaf area, cm ²	Shoot fresh weight, g plant ⁻¹
March	35.6 ± 0.8 a	19.9 ± 3.2 a	1,380.5 ± 161.5 a	40.4 ± 7.1 a
May	38.2 ± 1.7 a	23.3 ± 1.7 a	1,426.5 ± 56.8 a	42.5 ± 6.2 a
July	36.2 ± 0.5 a	12.1 ± 1.3 b	960.4 ± 46.4 b	35.5 ± 2.5 b
Temp.	Root length, cm	Root diameter, mm	Root fresh weight, g plant ⁻¹	Chlorophyll content, unit
March	26.0 ± 2.9 a	10.6 ± 1.8 a	11.9 ± 1.3 b	187.7 ± 12.7 a
May	28.7 ± 1.1 a	12.2 ± 0.1 a	18.8 ± 0.8 a	183.4 ± 7.8 a
July	20.8 ± 1.6 b	6.5 ± 0.7 b	8.6 ± 0.3 c	147.8 ± 11.8 b



Fig. 67. Photograph showing growth of *Taraxacum officinale* grown at 20°C growth chamber.



Fig. 68. Photograph showing growth of *Taraxacum officinale* grown at 25°C growth chamber.



Fig. 69. Photograph showing growth of *Taraxacum officinale* grown at 30°C growth chamber.

다. 민들레 연중 대량생산 시스템 구축

(1) 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법 개발

(가) 온도별 발아특성

광도별로 본 민들레의 20℃온도에서 발아는 초기 4일까지는 15,000 lux에서 25%로 가장 높은 발아율을 유지하다 이후에서는 10,000 lux 광도에서 42%정도로 가장 높은 발아율을 보인 것으로 나타났다(그림 70).

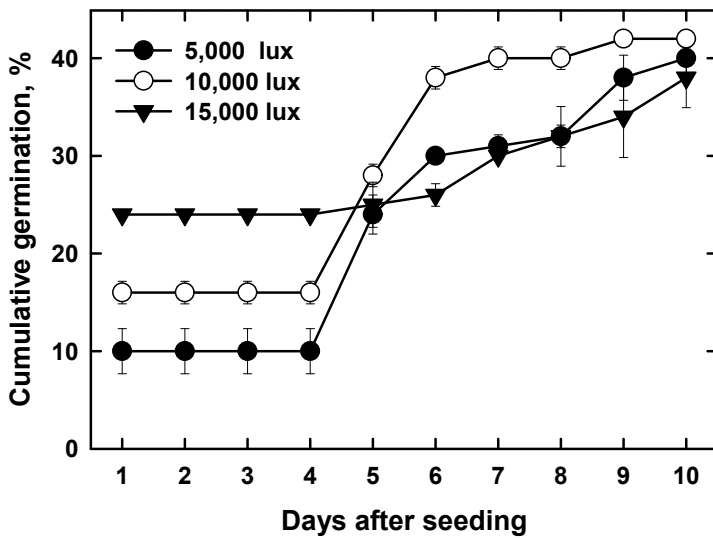


Fig. 70. Effect of light intensity on cumulative seed germination rate in *Taraxacum officinale* at 20°C.

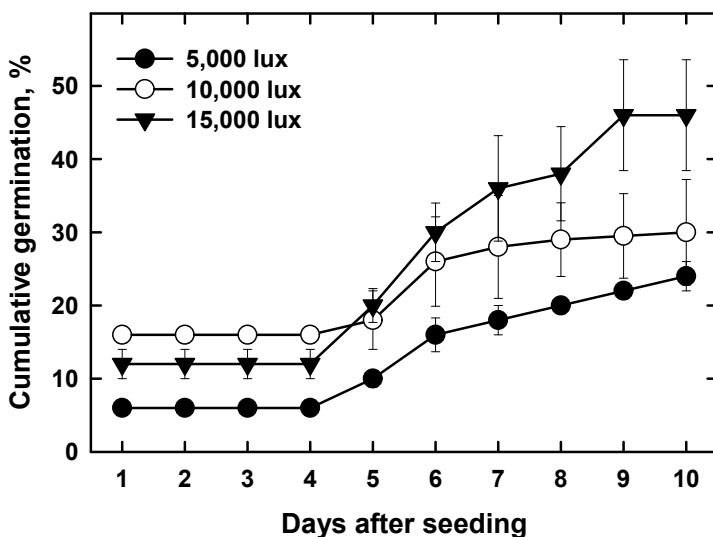


Fig. 71. Effect of light intensity on cumulative seed germination rate in *Taraxacum officinale* at 25°C.

25℃온도에서 발아는 초기 4일까지는 10,000 lux에서 18%로 가장 높은 발아율을 유지하였고 이후에서는 15,000 lux 광도에서 46%정도로 가장 높은 발아율을 보인 것으로 나타났다(그림 71). 30℃온도에서 발아는 초기 4일까지는 5,000 lux에서 12%로 가장 높은 발아율을 유지하였고 이후에서도 5,000와 10,000 lux 광도에서 52%정도로 가장 높은 발아율을 보인 것으로 나타났다(그림 72). 따라서 온도별 발아는 30℃의 높은 온도에서 낮은 온도보다 높게 나타났다.

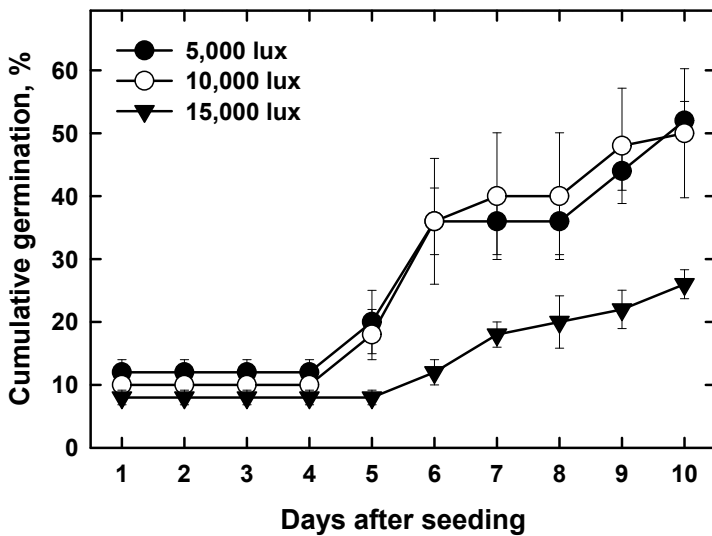


Fig. 72. Effect of light intensity on cumulative seed germination rate in *Taraxacum officinale* at 30℃.

(나) 휴면타파제 처리에 따른 발아특성

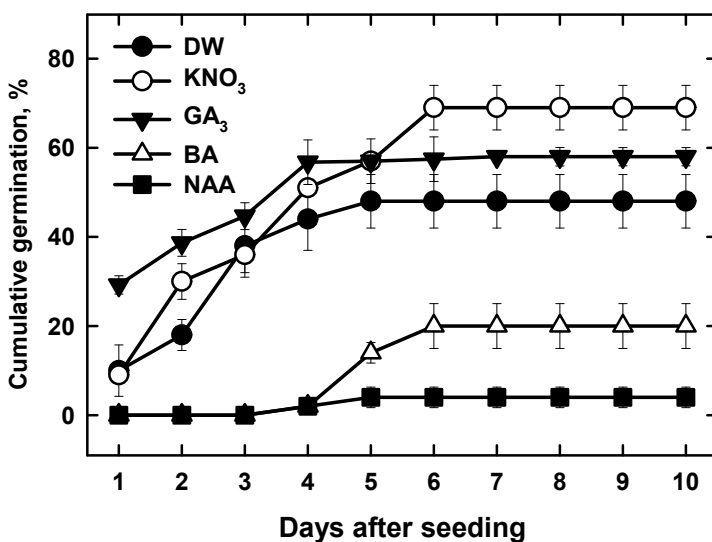


Fig. 73. Effects of chemicals on cumulative seed germination rate in *Taraxacum officinale*

휴면타과제 처리에 따른 민들레의 발아는 KNO₃가 과종 후 10일째 발아율은 69%로 가장 높게 나타나 증류수(DW) 48%보다 21% 증가되었고, GA₃가 58%로 증류수(DW)보다 10% 증가한 것으로 나타났다. 그러나 BA는 발아율은 20%에 그쳐 휴면타과에 영향이 없는 것으로 나타났다(그림 73). 따라서 민들레 재배시 종자휴면 타과를 위해 KNO₃ 처리가 바람직 할 것으로 보인다.

(다) 증식방법별 생육특성

종자로 과종된 것과 20일 정도 된 묘를 정식한 후 90일째 민들레의 생육특성을 조사한 결과, 정식한 민들레의 초장과 근장이 각각 22.3과 13.8 cm로 과종한 민들레 각각 18.5와 10.1 cm 보다 높았으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한 엽수와 엽록소 함량에 있어서도 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 한편, 지상부 및 지하부 생체중은 정식한 것이 각각 2.9 g과 241.3 mg으로 과종된 것 각각 1.2 g과 82.1 mg보다 높게 나타나 민들레 시설재배시 정식하는 것이 과종하는 것 보다 바람직할 것으로 예상되었다(표 64)

Table 64. Difference in growth characteristics of *Taraxacum officinale* between seeding and transplanting propagation methods 90 days after planting.

Propagation methods.	Plant height, cm	No. of leaves	Leaf area, cm ²	Shoot fresh weight, g plant ⁻¹
Transplanting	22.3 ± 1.5 a	6.7 ± 0.6 a	170.3 ± 34.2 a	2.9 ± 0.8 a
Seeding	18.5 ± 1.2 a	6.1 ± 1.1 a	94.4 ± 14.3 b	1.2 ± 0.2 b
Propagation methods.	Root length, cm	Root diameter, mm	Root fresh weight, mg plant ⁻¹	Chlorophyll content, unit
Transplanting	13.8 ± 1.7 a	3.1 ± 1.2 a	241.3 ± 26.3 a	119.7 ± 14.9 a
Seeding	10.1 ± 0.8 a	1.7 ± 0.6 b	82.1 ± 12.7 b	110.4 ± 10.2 a

(2) 고품질 다수확 양액재배 시스템 개발

(가) 표준 시설재배 수량분석

배지별 서양민들레의 10a당 지상부 생체중은 코코피트와 퍼라이트가 70:30으로 혼합된 배지에서 1,976 kg으로 가장 높은 수량을 보였고 노지토경 356 kg에 비해 5.5배 이상의 증수를 보였고 코코피트와 퍼라이트가 50:50은 1,873 kg으로 노지토경보다 5.3배, 퍼라이트 단일 배지는 1,760 kg으로 나타나 노지토경의 4.9배 증수된 것으로 나타났다. 한편, 코코피트 단일배지는 가장 낮아 664 kg을 보였으나 노지토경보다 1.9배 높은 수량을 보였다. 이는 코코피트와 퍼라이트를 혼합한 배지에서 그들의 단일 배지보다 높은 수량을 보임으로써 민들레의 지상부 시설생산에서 최적배지인 것으로 나타났다(표 65).

한편, 재배지별 서양민들레의 10a당 지하부 생체중은 코코피트와 퍼라이트가 50:50으로 혼합된 배지에서 767 kg을 보여 가장 높은 수량을 보였고 노지토경 205 kg에 비해 3.7배 이상의

증수를 보였고, 그 다음이 코코피트와 퍼라이트가 70:30은 567 kg으로 노지토경보다 2.8배, 퍼라이트 단일 배지는 491 kg으로 나타나 노지토경의 2.4배 증수된 것으로 나타났다. 그러나 코코피트 단일배지는 가장 낮아 86 kg을 보였고 노지토경의 42% 수준의 낮은 수량을 보였다. 이는 코코피트와 퍼라이트를 혼합한 배지에서 그들의 단일 배지보다 높은 수량을 보임으로써 민들레의 지하부 시설생산에서 최적배지인 것으로 나타났고, 코코피트 단일배지는 적당하지 않는 것으로 나타났다(표 65).

Table 65. Comparison in final yield of *Taraxacum officinale* grown at different cultural conditions.

Cultural condition	Shoot fresh weight (g/plant)	Shoot yield (kg) /10a	Root fresh weight (g/plant)	Root yield(kg) /10a
Outdoor, soil culture	6.6 ± 1.6 c	356 (100) c	3.8 ± 0.8 c	205 (100) c
Hydroponics, C100:P0	12.3 ± 2.5 b	664 (187) b	1.6 ± 0.1 d	86 (42) d
Hydroponics, C70:P30	36.6 ± 4.3 a	1,976 (555) a	10.5 ± 1.2 ab	567 (277) ab
Hydroponics, C50:P50	34.7 ± 2.2 a	1,873 (526) a	14.2 ± 1.1 a	767 (374) a
Hydroponics, C0:P100	32.6 ± 2.9 a	1,760 (494) a	9.1 ± 0.9 b	491 (240) b

(나) 표준 시설재배법 개발

① 재배기술

민들레의 시설재배지에서 생육과 수량 특성은 차광에 의해서 유의적인 영향을 받는 것으로 나타나 적절한 광을 필요로 하며, 배지조성의 경우 코코피트와 퍼라이트 혼합배지가 단독배지보다 더 높은 수량을 기대할 수 있을 것으로 판단되었다. 시설재배지 민들레의 원료 생산을 위해서는 25℃ 온도가 가장 적절한 것으로 나타났다. 온도별 발아는 30℃의 높은 온도에서 낮은 온도보다 높게 나타났다. 종자의 휴면 타파를 위해 KNO₃ 처리를 할 경우 발아율 향상을 기대할 수 있었고 민들레 시설재배시 정식하는 것이 파종할 경우보다 높은 생육과 수량을 기대할 수 있을 것으로 예상되며 적절한 정식시기는 5월 이전에 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

② 표준양액

양액은 일본원시(Ikeda, 1986) 균형배양액을 사용하여 생육초기에는 1/2배액(EC 1.1dS · m⁻¹), 생육중반 이후부터는 표준농도(EC 2.2dS · m⁻¹)로 조정하여 급액하였으며, 파종 및 정식 후 1주일간은 물만 공급하였고, 2주째부터는 양액을 공급하였고 타이머를 이용하여 오전 10시부터 오후 4시까지 시간당 각각 15분간 비순환식으로 각 식물체당 100ml씩 공급하는 것이 적절한 것으로 나타났다.

Table 66. Composition of the balanced nutrient solution modified for dandelion cultivation from Japanese Horticultural Experiment Station.

Ingredient	Chemical formula	Concentration(mg · L ⁻¹)		
Macronutrientso lution (A)	질산칼슘	5[Ca(NO ₃) ₂ *2H ₂ O]NH ₄ NO ₃	9.4	kg
	질산칼슘	Ca(NO ₃) ₂ *4H ₂ O	-	kg
	질산칼륨	KNO ₃	25.0	kg
	질산암모늄	NH ₄ NO ₃	8.0	kg
	킬레이트철	Fe-EDTA(12.5%)	2.0	kg
Macronutrientso lution (B)	질산칼륨	KNO ₃	25.5	kg
	황산마그네슘	MgSO ₄ *7H ₂ O	49.2	kg
	제1인산칼륨	KH ₂ PO ₄	13.6	kg
	제1인산암모늄	NH ₄ H ₂ PO ₄	-	kg
	황산칼륨	K ₂ SO ₄	-	kg
Macronutrient	질산마그네슘	Mg(NO ₃) ₂ *6H ₂ O	-	kg
	질산	HNO ₃	-	kg
	붕산	H ₃ BO ₃	300	g
	황산구리	CuSO ₄ *5H ₂ O	5	g
	황산아연	ZnSO ₄ *7H ₂ O	22	g
	황산망간	MnSO ₄ *H ₂ O	200	g
	몰리브덴산소다	Na ₂ MoO ₄ *2H ₂ O	2	g
EC	1.88 dS/m	-	-	

4. 결과요약 및 종합결론

가. 민들레 수집종의 생리·생태 연구

(1) 수집종 민들레의 일반성분 및 무기질 함량 분석

(가) 일반성분

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레의 일반성분을 분석한 결과 전반적으로 지하부 보다는 지상부가 높은 함량을 보였고 조회분이 평균 21.18%로 가장 높았고, 조단백질과 조섬유 및 조지방 순으로 높게 나타났다. 특히, 조회분의 경우 여수시 3개 지역 삼일, 상암 및 소라 수집종에서 26% 이상의 함량을 보였다.

(나) 무기질

지역별 서양민들레 잎과 뿌리의 무기질 함량은 칼슘, 칼륨, 마그네슘, 철, 알루미늄, 몰리브덴, 및 망간 함량은 잎에서 더 많이 검출되었고, 나트륨 함량은 뿌리가 잎에서보다 더 많이 검출되었다.

지역별 서양민들레의 칼슘 함량은 잎에서 6,909.49 ~ 13,703.22 mg kg⁻¹ 범위로 평균 11,292.34 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 2,380.80 ~ 6,385.28 mg kg⁻¹ 범위로 평균 4,263.98 mg kg⁻¹이었다. 칼륨은 잎에서 20,289.10 ~ 36,103.15 mg kg⁻¹ 범위로 평균 28,121.28 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 10,143.20 ~ 17,145.62 mg kg⁻¹ 범위로 평균 13,556.59 mg kg⁻¹이었다. 마그네슘은 잎에서 2,031.75 ~ 3,018.16 mg kg⁻¹ 범위로 평균 2,474.65 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 917.30 ~

1,913.88 mg kg⁻¹ 범위로 평균 1,242.74 mg kg⁻¹으로 칼슘, 칼륨, 마그네슘 함량은 앞에서 뿌리보다 높은 수준으로 검출되었다. 한편, 나트륨은 앞에서 53.08 ~ 780.68 mg kg⁻¹ 범위로 평균 265.24 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 141.30 ~ 1,583.69 mg kg⁻¹ 범위로 평균 592.44 mg kg⁻¹이어서 잎보다 높게 나왔다.

지역별 서양민들레의 철 함량은 앞에서 86.52 ~ 6,725.38 mg kg⁻¹ 범위로 평균 3,345.56 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 256.72 ~ 626.49 mg kg⁻¹ 범위로 평균 452.86 mg kg⁻¹이었다. 알루미늄 함량은 앞에서 150.66 ~ 10,697.21 mg kg⁻¹ 범위로 평균 5,386.81 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 504.03 ~ 12,272.10 mg kg⁻¹ 범위로 평균 5,227.30 mg kg⁻¹이었다. 폴리브덴 함량은 앞에서 0.60 ~ 2.89 mg kg⁻¹ 범위로 평균 1.84 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 0.19 ~ 0.88 mg kg⁻¹ 범위로 평균 0.52 mg kg⁻¹이었다. 망간 함량은 앞에서 21.34 ~ 170.94 mg kg⁻¹ 범위로 평균 89.79 mg kg⁻¹이었고, 뿌리에서 13.21 ~ 102.10 mg kg⁻¹ 범위로 평균 52.57 mg kg⁻¹이어서, 철, 알루미늄, 폴리브덴, 망간 함량은 앞에서 뿌리보다 높은 수준으로 검출되었다.

(다) 중금속

중금속 비소와 수은은 불검출되었고, 카드뮴, 니켈 및 납은 공단지역인 여수시 삼일동, 상암동 지역에서만 훨씬 높게 검출되었다. 구리 함량은 앞에서 1.10 ~ 21.20 mg kg⁻¹ 범위로 평균 12.74 mg kg⁻¹로서 뿌리 0.80 ~ 10.99 mg kg⁻¹ 범위로 평균 7.01 mg kg⁻¹ 보다, 크롬 함량은 앞에서 -0.30 ~ 6.31 mg kg⁻¹ 범위로 평균 2.27 mg kg⁻¹로서 뿌리 0.10 ~ 3.00 mg kg⁻¹ 범위로 평균 0.97 mg kg⁻¹보다 각각 높은 경향이었고, 아연 함량도 앞에서 20.04 ~ 93.58 mg kg⁻¹ 범위로 평균 51.36 mg kg⁻¹로서 뿌리 5.69 ~ 46.36 mg kg⁻¹ 범위로 평균 25.34 mg kg⁻¹보다 높은 경향이였다.

(2) 수집종 민들레의 주변 토양환경 분석

(가) 토양의 화학성

지역별로 수집된 서양민들레가 자라고 있는 뿌리 주변 토양(약어: 민들레 토양)과 민들레가 자라지 않는 인근 주변 토양(약어: 비민들레 토양)의 산도(pH)를 분석한 결과, 대체로 민들레 토양의 pH는 4.98 ~ 8.35 범위의 평균 7.28이었고, 비민들레 토양은 4.88 ~ 8.39 범위의 평균 7.36으로 나타나 비민들레 토양이 약간 더 높게 나타났으나 지역별로 일정한 경향을 보이지 않았다.

전기전도도(EC)는 민들레 토양은 0.45 ~ 0.76 dS/m 범위로서 평균 0.61 dS/m이었고, 비민들레 토양 0.44 ~ 2.08 dS/m 범위의 평균 0.81 dS/m 보다 뚜렷하게 낮은 경향을 보였다. 특히, 여수시 오염지역 삼일동과 상암동 토양은 각각 비민들레 토양에서 각각 1.02와 2.08 dS/m로 비오염지역인 타지역 0.44 ~ 0.61 dS/m 범위의 평균 0.51 dS/m에 비해 매우 높게 나타났다. 이는 중금속에 의해 오염정도가 뚜렷하게 차이를 나타낸 것으로 민들레에 의해 제거 가능성이 있음을 시사해 주었다. 지역별 토양의 유기물 함량은 민들레 토양은 2.44 ~ 6.49% 범위의 평균 3.81%로서 비민들레 토양 2.20 ~ 3.71% 범위의 평균 2.80%보다 훨씬 높은 수준으로 검출되었다. 그 중 곡성군 오산면 민들레와 비민들레 토양에서 각각 6.49와 3.71%로 가장 높았고, 여수시 상암동 지역 비민들레 토양에서 2.20%로 가장 낮게 나타났다.

총 탄소 함량은 민들레 토양은 1.41 ~ 3.76% 범위의 평균 2.21%였고, 비민들레 토양 1.28 ~

2.15% 범위의 평균 1.62%로 민들레 토양, 특히 곡성군 오산면 토양(각각 3.76과 2.15%)이 가장 높게 나타났다. 이는 유기물 함량과 상관성이 있을 것으로 본다. 총 질소 함량은 민들레 토양은 0.15 ~ 0.32% 범위의 평균 0.21%로서 비민들레 토양 0.04 ~ 0.19% 범위의 평균 0.12% 보다 훨씬 높은 수준으로 나타났다. 그 중 곡성군 오산면 토양에서 각각 0.28과 0.19%로 가장 높았고, 여수시 상암동에서 0.15와 0.04%로 가장 낮게 나타났다. 총 인산 함량은 민들레 토양은 0.03 ~ 0.33% 범위의 평균 0.09%로서 비민들레 토양 0.03 ~ 1.23% 범위의 평균 0.22%보다 훨씬 낮은 수준으로 나타났다. 그 중 여수시 삼일동 토양에서 각각 0.33과 1.23%로 가장 높았고, 영광군 법성포 지역에서 각각 0.03과 0.03%로 가장 낮게 나타났다.

지역별 토양의 칼슘 함량은 민들레 토양에서 4.29 ~ 17.88 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 9.72 cmol kg⁻¹이었고 비민들레 토양은 3.39 ~ 19.87cmol kg⁻¹ 범위의 평균 10.29 cmol kg⁻¹이었다. 칼륨 함량은 민들레 토양에서 0.16 ~ 0.91 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.35 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 0.10 ~ 0.61 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.28 cmol kg⁻¹이었다.

마그네슘 함량은 민들레 토양에서 0.28 ~ 1.49 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.70 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 0.23 ~ 1.46 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.75 cmol kg⁻¹이었다. 나트륨 함량은 민들레 토양에서 0.02 ~ 0.08 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.04 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 0.02 ~ 0.49 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.12 cmol kg⁻¹이었다. 결과적으로, 지역별 토양의 칼륨 함량은 민들레 토양에서 높게 나타났고, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 함량은 비민들레 토양에서 높은 수준을 보였다. 한편, 비옥도의 기준이 되는 양이온 치환 용량(CEC)은 민들레 토양에서 5.34 ~ 18.73 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 11.03 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 4.86 ~ 21.67 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 11.44 cmol kg⁻¹로서 양이온 함량은 비민들레 토양에서 높게 나타났다.

(나) 토양의 중금속 함량

지역별 토양의 철분 함량은 민들레 토양은 1,490.1 ~ 3,728.7 mg kg⁻¹ 범위의 평균 2,685.4 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 1,703.5 ~ 5,843.3 mg kg⁻¹ 범위의 평균 3,183.9 mg kg⁻¹보다 낮은 수준으로 나타났다. 망간, 비소, 카드뮴, 수은 및 크롬 함량은 미량이거나 미검출되었다. 한편, 구리 함량은 민들레 토양에서 11.14 ~ 54.31 mg kg⁻¹ 범위의 평균 24.41 mg kg⁻¹이고 비민들레 토양 11.85 ~ 45.31 mg kg⁻¹ 범위의 평균 25.89 mg kg⁻¹이므로 비민들레 토양이 높은 경향이었고, 니켈 함량은 민들레 토양에서 11.09 ~ 87.60 mg kg⁻¹ 범위의 평균 42.26 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 20.53 ~ 110.93 mg kg⁻¹ 범위의 평균 46.78 mg kg⁻¹보다 낮았다.

납은 민들레 토양에서 6.15 ~ 37.67 mg kg⁻¹ 범위의 평균 21.58 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 10.47 ~ 39.00 mg kg⁻¹ 범위의 평균 24.53 mg kg⁻¹보다 낮았고, 아연은 민들레 토양에서 42.00 ~ 245.00 mg kg⁻¹ 범위의 평균 120.95 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 59.00 ~ 400.00 mg kg⁻¹ 범위의 평균 138.47 mg kg⁻¹보다 낮게 나타났으나, 지역간 중금속 함량은 일정한 경향이 없었다.

(다) 토양의 생물성(미생물 밀도조사)

방선균(Actinomyces)의 밀도는 민들레 토양에서 4.0×10⁵ ~ 1.4×10⁷ CFU/g · soil로 비민들레 토양에서 2.0×10² ~ 2.0×10⁶ CFU/g · soil보다 높았고, 세균류(Bacteria)의 밀도도 민들레 토양에서 1.6×10⁶ ~ 1.7×10⁸ CFU/g · soil로 비민들레 토양에서 1.3×10⁶ ~ 6.0×10⁷ CFU/g · soil보다 높고, 곰팡이류(Fungi)의 밀도는 민들레 토양에서 6.0×10³ ~ 1.5×10⁵ CFU/g · soil, 비민들레 토양에서 3.0×10³ ~ 7.0×10⁴ CFU/g · soil보다 높았다. 따라서 주요한 미생물 밀도는 비민들레 토

양보다 민들레 토양에서 높은 것으로 나타났다.

(3) 제주지역 서양민들레 서식지 토양환경

(가) 서양민들레 수집 토양의 화학성

제주도 내 지역별로 수집된 서양민들레가 자라고 있는 뿌리 주변 토양(약어: 민들레 토양)과 민들레가 자라지 않는 인근 주변 토양(약어: 비민들레 토양)의 산도(pH)를 분석한 결과, 대체로 민들레 토양의 pH는 7.40 ~ 8.17 범위의 평균 7.78이었고, 비민들레 토양은 7.11 ~ 8.20 범위의 평균 7.77로 나타나 초기에는 차이가 없었다. 전기전도도(EC)는 민들레 토양은 0.47 ~ 1.18 dS/m 범위로서 평균 0.95 dS/m이었고, 비민들레 토양 0.62 ~ 1.10 dS/m 범위의 평균 0.80 dS/m보다 높은 경향을 보였다. 특히, 제주시 조천읍, 노형동과 서귀포시 성산읍, 대정읍 A, B 토양은 각각 1.16 dS/m, 0.95 dS/m과 1.18 dS/m, 1.05 dS/m, 0.90 dS/m로 민들레 토양이 비민들레 토양에 비해 높게 나타났다. 이는 중금속에 의해 오염정도가 뚜렷하게 차이를 나타낸 것으로 민들레에 의해 제거 가능성이 있음을 시사해 주었다.

총 질소 함량은 민들레 토양은 0.120 ~ 0.393% 범위의 평균 0.215%였고, 비민들레 토양은 0.070 ~ 0.391% 범위의 평균 0.226%로 유사하였다. 그 중 대정읍 A 토양에서 각각 0.393과 0.391%로 가장 높았고, 대정읍 B에서 0.12와 0.07%로 가장 낮게 나타났다. 총 인산 함량은 민들레 토양은 1,072.6 ~ 1,822.6 mg kg⁻¹ 범위의 평균 1,269.3 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 948.6 ~ 2,072.6 mg kg⁻¹ 범위의 평균 1,458.6 mg kg⁻¹보다 훨씬 낮은 수준으로 나타났다. 민들레 토양 중에서는 대정읍 A 지역에서 1,822.6 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 비민들레 토양 중에서는 조천읍 지역에서 2,072.6 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다. 한편 노형동 토양에서 각각 1,072.6과 948.6 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다.

(나) 토양의 양이온 함량 및 CEC

지역별 토양의 칼슘 함량은 민들레 토양에서 10.64 ~ 19.52 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 16.23 cmol kg⁻¹이었고 비민들레 토양은 8.24 ~ 18.37 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 13.73 cmol kg⁻¹이었다. 칼륨 함량은 민들레 토양에서 0.61 ~ 1.28 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.94 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 0.73 ~ 2.47 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 1.63 cmol kg⁻¹이었다. 마그네슘 함량은 민들레 토양에서 0.73 ~ 2.47 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 1.81 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 0.51 ~ 2.30 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 1.57 cmol kg⁻¹이었다. 나트륨 함량은 민들레 토양에서 0.36 ~ 0.81 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.59 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 0.36 ~ 0.69 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 0.53 cmol kg⁻¹이었다. 결과적으로, 지역별 토양의 칼륨 함량은 비민들레 토양에서 높게 나타났고, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 함량은 민들레 토양에서 높은 수준을 보였다. 한편, 비옥도의 기준이 되는 양이온 치환 용량(CEC)은 민들레 토양에서 13.51 ~ 22.01 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 19.56 cmol kg⁻¹이었고, 비민들레 토양은 9.34 ~ 21.92 cmol kg⁻¹ 범위의 평균 16.62 cmol kg⁻¹로서 양이온 함량은 민들레 토양에서 높게 나타났다.

(다) 토양의 중금속 함량

지역별 토양의 철분 함량은 민들레 토양은 37,600 ~ 55,200 mg kg⁻¹ 범위의 평균 44,983 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 37,900 ~ 50,200 mg kg⁻¹ 범위의 평균 44,867 mg kg⁻¹보다 높은 수준으

로 나타났다. 알루미늄 함량은 민들레 토양은 42,726 ~ 72,626 mg kg⁻¹ 범위의 평균 55,309 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 37,426 ~ 69,626 mg kg⁻¹ 범위의 평균 57,609 mg kg⁻¹보다 낮은 수준으로 나타났다. 비소, 카드뮴, 수은 함량은 미량이거나 미검출되었다. 한편, 구리 함량은 민들레 토양에서 29.04 ~ 56.17 mg kg⁻¹ 범위의 평균 41.09 mg kg⁻¹이고 비민들레 토양 21.17 ~ 55.84 mg kg⁻¹ 범위의 평균 41.95 mg kg⁻¹이므로 비민들레 토양이 높은 경향이었고, 니켈 함량은 민들레 토양에서 55.82 ~ 134.82 mg kg⁻¹ 범위의 평균 95.88 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 53.82 ~ 193.49 mg kg⁻¹ 범위의 평균 93.54 mg kg⁻¹보다 높았고, 납은 민들레 토양에서 2.68 ~ 17.64 mg kg⁻¹ 범위의 평균 9.52 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 1.69 ~ 22.64 mg kg⁻¹ 범위의 평균 7.28 mg kg⁻¹보다 높았고, 아연은 민들레 토양에서 79.23 ~ 125.23 mg kg⁻¹ 범위의 평균 93.45 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 64.90 ~ 198.23 mg kg⁻¹ 범위의 평균 98.23 mg kg⁻¹보다 낮게 나타났으며, 크롬은 민들레 토양에서 100.82 ~ 220.82 mg kg⁻¹ 범위의 평균 147.49 mg kg⁻¹로서 비민들레 토양 85.62 ~ 285.82 mg kg⁻¹ 범위의 평균 137.67 mg kg⁻¹보다 높게 나타났으나, 지역간 중금속 함량은 일정한 경향이 없었다.

(4) 서양민들레의 환경오염 제거능 (phytoremediation) 연구

(가) 오염지 토양에서 재배된 민들레의 생육 및 성분 변화

① 민들레 재식 후의 민들레 생육

오염지 토양에서 재배된 민들레 생육은 대체적으로 오염물질에 의해서 영향을 받지 않고 정상적인 생육을 하는 것으로 나타났다. 재식 후 민들레 초장은 18.9 ~ 28.3 cm 범위로 꾸준한 증가세를 보였고 엽수는 10.0 ~ 16.3개, 엽면적은 218.7 ~ 408.8 cm², 지상부 생체중은 5.2 ~ 8.5 g, 근장은 15.2 ~ 21.5 cm, 근직경은 6.6 ~ 12.4 cm, 지하부 생체중은 1.6 ~ 8.8 g, 엽록소 함량은 108.4 ~ 128.6 unit 범위를 보였다.

② 민들레 재식 후의 민들레의 양이온 함량

오염토양에서 재배 후 2개월 째(2011.09.28) 서양민들레 잎과 뿌리의 양이온 함량은 칼슘, 마그네슘은 잎에서 더 많이 검출되었고, 칼륨과 나트륨 함량은 뿌리에서 더 많이 검출되었다. 하지만 10개월 째(2012.05.25)에 칼슘과 칼륨은 이전에 비해 지상부가 증가되고 지하부는 감소되는 반면 마그네슘과 나트륨은 지상부와 지하부 모두 감소하는 경향을 보였다.

③ 민들레 재식 후의 민들레의 중금속 함량

오염토양에서 재배 후 2개월 째(2011.09.28) 서양민들레 잎과 뿌리가 흡수한 미량원소 함량은 철, 알루미늄, 몰리브덴은 뿌리에서 더 많이 검출되었고, 망간 함량은 잎에서 더 많이 검출되었다. 하지만 8개월 째(2012.03.21)에 알루미늄과 몰리브덴은 이전에 비해 지상부에서 증가되었고 지하부는 감소되었으나 철은 지상부와 지하부 모두 증가되었고 망간은 지상부는 감소하였고 지하부는 증가하였다.

오염토양에서 재배 후 2개월 째(2011.09.28) 서양민들레 잎과 뿌리가 흡수한 중금속 함량은 비소, 카드뮴, 아연과 크롬은 지하부보다는 지상부에서 더 많이 검출되었고, 구리, 니켈, 납의 함량은 지상부보다는 뿌리에서 더 많이 검출되었고 수은은 불검출되었다. 하지만 10개월 째

(2012.05.25)에 지상부는 비소, 카드뮴, 니켈, 납, 크롬은 이전에 비해 증가되었고 지하부는 감소되었으나 구리, 아연은 지상부와 지하부 모두 감소되는 경향이 뚜렷하였다.

(나) 민들레 재식 후 토양의 화학성 및 중금속 함량 변이

① 서양민들레 수집 토양의 화학성

오염토양에서 재배 후 2개월 째(2011.09.28) 서양민들레가 재배된 토양의 화학성에 있어서 pH는 6.28이었고 토층별로는 표층과 아래층이 중간층보다 높은 경향을 보였다. 하지만 8개월 째(2012.03.21)에 전체적인 pH는 6.57 ~ 6.78 범위로 증가하는 경향이 뚜렷하였다. 한편, 평균 유효인산 함량은 재배 후 2개월 째 136.6 mg/kg으로 나타났고 토층별로는 중간층이 136.1 mg/kg로 표층과 아래층보다 높은 경향이었고 8개월째는 평균이 184.0 mg/kg으로 크게 증가하였고, 토층별로는 대부분이 134.0 ~ 136.1 mg/kg 범위로 증가하였다. 또한, EC, OM, TP함량은 2개월째에 각각 1.95 ~ 2.74, 2.6 ~ 9.1, 417 ~ 590 범위에서 8개월째에는 1.31 ~ 2.63, 2.2 ~ 2.6, 409 ~ 524 범위로 모두 감소하는 경향이 뚜렷하였다.

② 서양민들레 수집 토양의 양이온 함량 및 CEC

오염토양에서 재배 후 8개월 째(2012.03.21) 서양민들레가 재배된 토양의 양이온 함량과 CEC에 있어서 칼륨만이 2개월째보다 뚜렷이 감소하였고 칼슘, 마그네슘, 나트륨 및 CEC는 증가하는 경향이 뚜렷하였다. 토층별로는 일정한 경향은 없었다.

③ 토양의 중금속 함량

오염토양에서 서양민들레를 재배한 후 10개월 째(2012.05.20) 토양의 중금속 함량에 있어서 알루미늄, 철, 망간, 몰리브덴, 아연, 비소, 구리, 니켈, 납, 크롬 모두에서 감소하는 경향을 보였다. 하지만 비소, 카드뮴, 수은은 미량으로 검출되었고 일정한 경향을 보이지 않은 것으로 나타났다. 토양 층위별로 중금속 함량은 다소간에 차이가 있었으나 중금속 종류마다 다르게 나타났다.

풋트 토양 전체(Total)를 혼합한 토양 중의 중금속 함량은 종류마다 다르게 나타났지만 10개월 기간 동안 대체적으로 시간이 경과됨에 따라 감소하는 경향을 보였다. 가장 많은 함량을 보인 알루미늄은 민들레 재식 후 2, 4, 8, 10개월 후 각각 27,785, 25,285, 24,685, 20,125 mg/kg을 보여 감소되는 정도가 뚜렷한 경향이였다. 철 함량은 민들레 재식 후 2, 4, 8, 10개월 후 각각 10,381, 9,341, 9,211, 7,567 mg/kg으로 감소하는 경향을 보였다. 망간은 각각 294 323 329 267 mg/kg으로, 구리는 각각 23.2 20.2 19.9 14.3 mg/kg으로 각각 감소하였으나 비소, 카드뮴은 미량으로 검출되었거나 일정한 경향을 보이지 않은 것으로 나타났다. 한편, 몰리브덴, 니켈, 납, 아연, 크롬도 미량으로 검출되었으나 시간이 경과됨에 따라 감소하는 경향을 보였다. 특히, 수은은 미량이어서 시간 경과에 따른 함량에 있어서 일정한 경향을 보이지 않은 것으로 나타났다.

나. 시설 재배환경에 따른 민들레의 생육 및 수량 변이특성

(1) 시설재배지 환경 분석

(가) 기상환경

시험기간의 각 재배지별 기상환경 특성 중 평균 광량은 하우스 안의 무차광, 50%차광 및 70%차광에서 각각 88.6, 39.6 및 22.9 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 나타났다. 한편 일조시간은 평균 4.67시간이었다. 평균 온도는 무차광, 50%차광 및 70%차광에서 각각 22.2, 21.9, 21.8 $^{\circ}\text{C}$ 로 나타났고, 습도는 80.3%로 나타났다.

① 광 환경

재배기간 중 특히 5월부터 10월의 광 강도는 내부의 플라스틱하우스 무차광, 50%와 70%차광에서 각각 4.8 ~ 341.4, 1.8 ~ 146.8, 1.4 ~ 59.0 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 범위를 보였다.

한편, 시험기간 중 하루 평균 광도를 2시간 간격으로 측정한 결과 하우스 내 무차광은 33.1 ~ 124.3으로 오전 12시에, 50%차광에서는 12.7 ~ 64.0으로 오후 2시에, 70%차광에서는 7.3 ~ 35.0 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 범위로 오전 12시에 각각 가장 높게 나타났다.

② 온도

재배기간 중 5월부터 10월의 주간 온도는 하우스 외부는 13.8 ~ 27.2 $^{\circ}\text{C}$ 인데 비해 하우스 내의 무차광, 50%차광, 70%차광에서 각각 16.5 ~ 28.3 $^{\circ}\text{C}$, 16.5 ~ 27.9 $^{\circ}\text{C}$, 16.3 ~ 27.5 $^{\circ}\text{C}$ 범위를 보여 외부에 비해 1.1 ~ 2.5 $^{\circ}\text{C}$ 정도 높은 것으로 나타났다. 한편, 시험기간 중 하루 평균 온도를 2시간 간격으로 측정한 결과 하우스 내의 무차광, 50%차광, 70%차광에서 각각 21.7 ~ 22.5 $^{\circ}\text{C}$, 21.4 ~ 22.2 $^{\circ}\text{C}$, 21.5 ~ 22.1 $^{\circ}\text{C}$ 범위로 무차광에서는 오후 2시에, 50%차광과 70%차광에서는 오후 4시에 가장 높게 나타났다. 이는 하우스 내외부의 온도 차이가 크며 이에 따른 작물의 생육과 수량은 물론 생리활성에 영향을 미칠 것으로 예측할 수 있었다.

③ 습도

한편, 재배기간 중 5월부터 10월의 상대습도는 52.5 ~ 95.3%의 범위로 평균 상대습도 80.3%를 나타냈다.

④ 일장

재배시험 기간 중 시설하우스 외부의 일조시간은 조사일 중 9월 1일에 최대 10.5시간으로 가장 높은 수치를 보인 것으로 나타났으며, 이러한 일장시간도 민들레의 생육 및 수량에 영향을 주었을 것으로 예상된다.

따라서 시설하우스 내외부의 기상환경은 광, 온도, 습도에 있어서 뚜렷한 차이를 보임으로써 이에 따른 재배작물의 생육과 수량 및 생리활성에 적지 않은 영향을 미칠 것으로 예상된다.

(나) 배지환경

재배지 및 배지별 토양환경 특성은 하우스 안의 pH, EC, 유효인산 함량, 치환성 양이온 및 CEC가 외부 포장에 비해 매우 높게 나타났다. 이는 하우스 안이 외부 포장에 비해 잔류 비효 성분은 많은 것으로서 비옥도가 높음을 알 수 있었다. 한편 각 고품배지 조합에 따른 토양의 화학성의 차이는 coco-peat 함유비율이 높을수록 pH를 제외한 EC, 유기물 함량, 유효인산 함량, 치환성 양이온 및 CEC이 높게 나타났고 perlite가 많을수록 낮게 나타났다.

방선균(Actinomyces)과 세균류(Bacteria)의 밀도는 coco peat 100% 고품배지에서 6.0×10^3 CFU/g · soil과 6.8×10^5 CFU/g · soil로 가장 높게 나타났다. 한편, 곰팡이류(Fungi)의 밀도는 perlite 100% 고품배지에서 2.2×10^4 CFU/g · soil로 가장 높게 나타났다.

(2) 차광 및 배지조성에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

민들레의 외부 형태를 살펴보면 잎은 다수의 근생엽을 이루며 생육 초기에 타원형으로 출발하여 어느 정도 성장한 후 도피침상 선형이며 우상으로 깊게 갈라져 있는 모양을 하고 있는 것으로 나타났다. 그러나, 차광조건에서는 피침상 선형의 우상이 없어지고 타원형으로 남아 있는 특징을 볼 수 있었다.

(가) 초장

민들레 종자를 4월에 파종하고 8월에 정식하여 90일간 재배한 후 차광별 생육 및 수량반응을 조사한 결과, 차광정도가 높을수록 초장, 엽수, 엽면적, 근장, 근직경, 지상부 생체중 및 지하부 생체중은 유의적으로 감소하는 경향이 뚜렷하였다.

민들레의 초장은 무차광에서 34.4 ~ 37.4 cm 범위로 유의적으로 가장 높았고, 그 다음이 70%차광으로 17.8 ~ 25.0 cm 범위를 보여 50%차광인 15.6 ~ 23.0 cm 범위보다는 높게 나타났으나 차광처리가 무차광보다 유의적으로 낮게 나타났다. 한편, 배지 간의 초장 차이는 무차광 조건에서는 코코피트와 펄라이트 50:50 혼합배지와 펄라이트 단독배지가 다소 높았으나 유의적인 차이는 없었고 50%차광에서는 코코피트와 펄라이트 70:30과 50:50 혼합배지에서 단독 배지보다 유의적으로 높았으며 70%차광에서는 코코피트 단독배지 가장 높았고 그 다음이 70:30과 50:50 혼합배지, 펄라이트 단독배지 순으로 나타났다.

(나) 엽수

민들레의 엽수는 무차광에서 10.7 ~ 20.2엽으로 가장 높았고, 50%차광과 70%차광에서는 각각 5.1 ~ 6.9엽과 5.8 ~ 7.3엽으로 무차광에 비해 유의적으로 낮은 경향을 보였다. 배지 간의 엽수 차이는 무차광 조건에서는 코코피트와 펄라이트 혼합배지와 펄라이트 단독배지가 다소 높았으나 유의적인 차이는 없었고 50%와 70%차광에서는 배지 간의 유의성은 없는 것으로 나타났다.

(다) 엽록소

한편, 민들레의 엽록소 함량은 무차광에서 159.2 ~ 192.5 unit으로 가장 높았고, 다음이 50%차광에서 113.0 ~ 133.7 unit이었고, 70%차광에서 92.0 ~ 128.0 unit이었다. 배지 간의 차이는 무차광에서 코코피트와 펄라이트 50:50 혼합배지에서 가장 높았으나 유의성은 없는 것으로 나타났다. 50%차광에서 코코피트와 펄라이트 50:50 혼합배지와 펄라이트 단독배지에서 가장 높았고 코코피트 단독배지에서 가장 낮았다. 한편, 70%차광에서는 코코피트 단독배지에서 가장 높았고 그 다음이 펄라이트 단독배지였고 코코피트와 펄라이트 50:50 혼합배지가 가장 낮았다.

(라) 엽면적

민들레의 엽면적은 무차광에서 505.1 ~ 1,227.2 cm²으로 가장 높았고, 50%차광에서는 87.7 ~

203.4 cm²였고, 70%차광에서는 67.9 ~ 167.1 cm²로 나타났다. 배지 간에는 무차광에서는 코코피트와 퍼라이트 70:30 혼합배지에서 가장 높았고, 그 다음이 50:50 혼합배지, 퍼라이트 단독배지, 코코피트 단독 순으로 코코피트 단독에서 가장 낮았다. 하지만 50% 차광에서는 코코피트와 퍼라이트 두 혼합배지가 단독배지보다 높았고 70%차광조건에서는 코코피트 단독배지가 가장 높았고 퍼라이트 단독배지가 가장 낮게 나타나 일정한 경향을 보이지 않았다.

(마) 근장

민들레의 근장은 무차광에서 22.1 ~ 26.5 cm으로 가장 높았고, 50%와 70%차광에서 각각 10.3 ~ 13.8 cm와 9.0 ~ 12.6 cm를 보여 차광이 높을수록 근장의 감소가 뚜렷하였다. 무차광에서 배지 간의 차이는 퍼라이트가 높을수록 높은 근장을 보였으나 유의성은 인정되지 않았고, 50%와 70%차광에서도 일정한 경향이 없이 배지 간의 차이는 인정되지 않았다.

(바) 근직경

민들레의 근직경은 무차광에서 5.9 ~ 11.1 mm로 가장 높았고, 50%차광과 70%차광에서도 각각 1.8 ~ 3.4 mm와 2.1 ~ 2.3 mm로 나타나 차광의 영향이 큰 것으로 나타났다. 배지 간에는 무차광에서 코코피트와 퍼라이트 두 혼합배지와 퍼라이트 단독배지에서는 높았으나 코코피트 단독배지에서는 유의적으로 낮게 나타났고, 50%차광에서는 코코피트와 퍼라이트 두 혼합배지가 두 단독배지보다 높은 경향을 보였다 한편, 70%차광에서는 배지 간의 차이는 일정한 경향이 없이 유의성이 인정되지 않았다.

(사) 지상부중

민들레 지상부의 주당 생체중은 무차광에서 12.3 ~ 36.6 g으로 가장 높았고, 50%차광과 70%차광에서 각각 0.9 ~ 3.9 g과 1.0 ~ 3.2 g으로 낮게 나타나 차광에 의한 지상부 생육의 감소가 뚜렷한 것으로 나타났다. 배지 간에는 무차광에서 코코피트와 퍼라이트 두 혼합배지와 퍼라이트 단독배지에서는 높았으나 코코피트 단독배지에서는 유의적으로 낮게 나타났고, 50%차광에서는 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지가 가장 높았고 퍼라이트 단독배지가 가장 낮았다. 한편, 70%차광에서는 배지 간의 차이는 일정한 경향이 없이 유의성이 인정되지 않았다.

(아) 지하부중

민들레 지하부의 주당 생체중은 무차광에서 1.6 ~ 14.2 g으로 가장 높았고, 50%차광과 70%차광에서 각각 0.07 ~ 0.4 g과 0.04 ~ 0.2 g으로 낮게 나타나 차광에 의한 지하부 생육 역시 크게 감소되었다. 배지 간에는 무차광에서 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지에서 가장 높았고, 그 다음이 코코피트와 퍼라이트 70:30 혼합배지, 퍼라이트 단독, 코코피트 단독배지 순으로 코코피트 단독배지에서 유의적으로 가장 낮게 나타났고, 50%차광에서는 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지가 가장 높았고 코코피트 단독배지가 가장 낮았다. 한편, 70%차광에서는 배지 간의 차이는 일정한 경향이 없이 유의성이 인정되지 않았다.

이상의 결과를 종합해 보면 민들레에서 배지조성간의 차이는 무차광에서 지상부는 코코피트와 퍼라이트 두 혼합배지와 퍼라이트 단독배지에서 가장 높은 생육과 수량을 보였으나 코코피트 단독배지에서 가장 낮았고, 50%와 70%의 차광에서는 무차광에 비해 현저한 감소를 보였다. 한편, 지하부 생육은 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지에서 가장 높게 나타났고 코코피트

단독배지에서 가장 낮았다. 50%와 70%의 차광에서는 무차광에 비해 현저한 감소를 보였다. 따라서 민들레의 시설재배지에서 생육과 수량 특성은 차광에 의해서 유의적인 영향을 받는 것으로 나타났으며 배지조성의 경우 코코피트와 펄라이트 혼합배지가 단독배지보다 더 높은 수량을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

(3) 온도변이에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

온도변화에 따른 민들레의 생육반응을 조사한 결과 25℃에서 가장 높은 생육을 보였고 20과 30℃에서 생육이 감소하였으나 통계적인 유의성은 없는 것으로 나타났다. 특히, 엽록소 함량, 엽면적, 근장, 근직경, 지상부중은 25℃에서 유의적으로 가장 높았으나 초장, 엽수와 지하부중에 있어서는 온도간 유의성을 보이지 않았다.

민들레의 초장은 25와 20℃에서 각각 13.3과 13.2 cm로 높았고 30℃에서 7.5 cm로 낮았지만 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다. 엽수 역시 25℃에서 6.1개로 가장 많았고, 30과 20℃에서 각각 4.3과 4.1개로 낮았으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다. 엽면적은 25℃에서 62.2 cm²로 유의적으로 가장 높았고, 20과 30℃에서 각각 27.8과 29.1 cm²로 유의적으로 낮게 나타났다. 지상부 생체중 역시 25℃에서 1.59 g으로 가장 높게 나타났고 그 다음이 20℃에서 0.96 g이었고 30℃에서는 0.15 g을 보여 온도간의 유의적인 차이가 뚜렷하였다.

근장은 25와 20℃에서 각각 19.0과 15.5 cm로 높았고 30℃에서 11.3 cm로 유의적으로 낮았다. 근직경은 25℃에서 3.6 cm로 가장 높았고 20℃에서 3.2 cm, 30℃에서는 2.3 cm를 보여 온도간의 유의적인 차이가 뚜렷하였다. 한편, 지하부 생체중 역시 25℃에서 0.51 g으로 가장 높게 나타났고 그 다음이 20℃에서 0.31 g이었고 30℃에서는 0.12 g을 보였으나 온도간의 유의적인 차이는 인정되지 않았다. 엽록소 함량은 25℃에서 124.6 unit으로 유의적으로 가장 높았고, 20과 30℃에서 각각 98.3과 60.3 unit으로 유의적으로 낮게 나타났다.

결과적으로 온도간의 민들레의 생육과 수량은 25℃에서 가장 높았고 다음이 20℃와 30℃로 나타나 시설재배지 민들레의 원료 생산을 위해 25℃온도가 가장 적절한 것으로 나타났다.

(4) 계절변이(정식시기)에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 연구

계절별로 정식시기를 달리하여 60일간 재배된 민들레의 생육특성을 파악한 결과 초장은 5월에 정식한 것이 높았으나 정식시기 간의 유의성은 인정되지 않았으나 엽수와 엽면적은 3월과 5월에 정식한 것이 각각 19.9 ~ 23.3개와 1,380.5 ~ 1,426.5 cm²로서 7월에 정식한 것 960.4 cm²보다 유의적으로 높게 나타났다. 지상부 생체중은 3월과 5월에 정식한 것이 각각 40.4와 42.5 g으로 7월에 정식한 35.5 g에 유의적으로 높게 나타났다. 따라서 7월에 정식했을 때 민들레의 지상부 생육에 부정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 예상된다. 한편, 지하부 생육에서는 근장, 근직경과 엽록소 함량은 3월과 5월에 정식한 것이 7월에 정식한 것보다 높게 나타났고 지하부 생체중은 5월에 정식한 것이 18.8 g으로 가장 높았고, 3월과 7월에 정식한 것은 11.9와 8.6 g으로 나타나 정식시기에 따라 유의적으로 뚜렷한 차이를 보였다. 따라서 민들레 재배시 적절한 정식시기는 5월 이전에 이루어져야 할 것으로 예측되었다.

다. 민들레 연중 대량생산 시스템 구축

(1) 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법 개발

(가) 온도별 발아특성

광도별로 본 민들레의 20℃온도에서 발아는 초기 4일까지는 15,000 lux에서 25%로 가장 높은 발아율을 유지하다 이후에서는 10,000 lux 광도에서 42%정도로 가장 높은 발아율을 보인 것으로 나타났다. 25℃온도에서 발아는 초기 4일까지는 10,000 lux에서 18%로 가장 높은 발아율을 유지하였고 이후에서는 15,000 lux 광도에서 46%정도로 가장 높은 발아율을 보인 것으로 나타났다. 30℃온도에서 발아는 초기 4일까지는 5,000 lux에서 12%로 가장 높은 발아율을 유지하였고 이후에서도 5,000와 10,000 lux 광도에서 52%정도로 가장 높은 발아율을 보인 것으로 나타났다. 따라서 온도별 발아는 30℃의 높은 온도에서 낮은 온도보다 높게 나타났다.

(나) 휴면타파제 처리에 따른 발아특성

휴면타파제 처리에 따른 민들레의 발아는 KNO₃가 파종 후 10일째 발아율은 69%로 가장 높게 나타나 증류수(DW) 48%보다 21% 증가되었고, GA₃가 58%로 증류수(DW)보다 10% 증가한 것으로 나타났다. 그러나 BA는 발아율은 20%에 그쳐 휴면타파에 영향이 없는 것으로 나타났다. 따라서 민들레 재배시 종자휴면 타파를 위해 KNO₃ 처리가 바람직 할 것으로 보인다.

(다) 증식방법별 생육특성

종자로 파종된 것과 20일 정도 된 묘를 정식한 후 90일째 민들레의 생육특성을 조사한 결과, 정식한 민들레의 초장과 근장이 각각 22.3과 13.8 cm로 파종한 민들레 각각 18.5와 10.1 cm 보다 높았으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한 엽수와 엽록소 함량에 있어서도 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 한편, 지상부 및 지하부 생체중은 정식한 것이 각각 2.9 g과 241.3 mg으로 파종된 것 각각 1.2 g과 82.1 mg보다 높게 나타나 민들레 시설재배시 정식하는 것이 파종하는 것 보다 바람직할 것으로 예상되었다.

(2) 고품질 다수확 양액재배 시스템 개발

(가) 표준 시설재배 수량분석

배지별 서양민들레의 10a당 지상부 생체중은 코코피트와 퍼라이트가 70:30으로 혼합된 배지에서 1,976 kg으로 가장 높은 수량을 보였고 노지토경 356 kg에 비해 5.5배 이상의 증수를 보였고 코코피트와 퍼라이트가 50:50은 1,873 kg으로 노지토경보다 5.3배, 퍼라이트 단일 배지는 1,760 kg으로 나타나 노지토경의 4.9배 증수된 것으로 나타났다. 한편, 코코피트 단일배지는 가장 낮아 664 kg을 보였으나 노지토경보다 1.9배 높은 수량을 보였다. 이는 코코피트와 퍼라이트를 혼합한 배지에서 그들의 단일 배지보다 높은 수량을 보임으로써 민들레의 지상부 시설생산에서 최적배지인 것으로 나타났다.

한편, 재배지별 서양민들레의 10a당 지하부 생체중은 코코피트와 퍼라이트가 50:50으로 혼합된 배지에서 767 kg을 보여 가장 높은 수량을 보였고 노지토경 205 kg에 비해 3.7배 이상의 증수를 보였고, 그 다음이 코코피트와 퍼라이트가 70:30은 567 kg으로 노지토경보다 2.8배, 퍼라이트 단일 배지는 491 kg으로 나타나 노지토경의 2.4배 증수된 것으로 나타났다. 그러나 코코피트 단일배지는 가장 낮아 86 kg을 보였고 노지토경의 42% 수준의 낮은 수량을 보였다. 이는 코코피트와 퍼라이트를 혼합한 배지에서 그들의 단일 배지보다 높은 수량을 보임으로써 민

들레의 지하부 시설생산에서 최적배지인 것으로 나타났고, 코코피트 단일배지는 적당하지 않는 것으로 나타났다.

(나) 표준 시설재배법 개발

① 재배기술

민들레의 시설재배지에서 생육과 수량 특성은 차광에 의해서 유의적인 영향을 받는 것으로 나타나 적절한 광을 필요로 하며, 배지조성의 경우 코코피트와 펄라이트 혼합배지가 단독배지보다 더 높은 수량을 기대할 수 있을 것으로 판단되었다. 시설재배지 민들레의 원료 생산을 위해서는 25℃ 온도가 가장 적절한 것으로 나타났다. 온도별 발아는 30℃의 높은 온도에서 낮은 온도보다 높게 나타났다. 종자의 휴면 타파를 위해 KNO₃ 처리를 할 경우 발아율 향상을 기대할 수 있었고 민들레 시설재배시 정식하는 것이 파종할 경우보다 높은 생육과 수량을 기대할 수 있을 것으로 예상되며 적절한 정식시기는 5월 이전에 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

② 표준양액

양액은 일본원시(Ikeda, 1986) 균형배양액을 사용하여 생육초기에는 1/2배액(EC 1.1dS · m⁻¹), 생육중반 이후부터는 표준농도(EC 2.2dS · m⁻¹)로 조정하여 급액하였으며, 파종 및 정식 후 1주일간은 물만 공급하였고, 2주째부터는 양액을 공급하였고 타이머를 이용하여 오전 10시부터 오후 4시까지 시간당 각각 15분간 비순환식으로 각 식물체당 100ml씩 공급하는 것이 적절한 것으로 나타났다.

라. 종합결론

각 지역별로 수집된 서양민들레의 식물체 및 토양의 화학적 특성은 유의적인 차이를 보여 원료 수집 및 재배시 표지물질의 정량적 특성과약은 필수적이라 사료되며 특히 자가수정을 통해 번식하는 민들레 특성상 유전적으로 높은 다양성과 다형성을 갖고 있는 것과 연관성이 있다고 볼 수 있다.

민들레에 의한 오염물질의 식물학적 제거능(phytoremediation)을 검토하기 위한 연구에서 민들레 재배 후 시간이 경과함에 따라 중금속의 함량이 감소됨을 확인할 수 있었다. 오염토양에서 서양민들레를 재배한 후 10개월째 토양의 알루미늄, 철, 망간, 몰리브덴, 아연, 비소, 구리, 니켈, 납, 크롬 모두가 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 토양 층위별로 중금속 함량은 다소간에 차이가 있었으나 중금속 종류마다 다르게 나타났다. 이는 앞으로도 정밀하고 집중적인 후속적인 연구개발이 이루어져야 할 것으로 보인다.

민들레의 시설재배지에서 생육과 수량 특성은 차광과 배지조성에 의해서 유의적인 영향을 받는 것으로 나타나 적절한 광과 배지조성은 야생 민들레의 작물화를 위해 반드시 고려해야 할 환경조건인 것으로 드러났다.

중금속을 제거(흡수)하는 능력의 monitor와 항산화, 항암성 및 항염성의 고기능성 식품이라는 아이러니한 민들레의 특성을 두고 논란의 여지가 없지 않으나 친환경적 시설재배는 필수적이며 재배에서 유통에 이르는 엄격한 인증절차를 준수하여 청결하고 깨끗한 원료로 제조된 식품개발에 기여할 것으로 기대된다.

따라서 민들레 지역별 특성 파악, 생물학적 중금속 흡수능력, 최적의 재배환경 설정을 통해 친환경적 대량재배생산 시스템을 농가에 보급할 수 있을 것으로 예상된다.

제3절 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구

1. 서언

민들레는 부위별로 다양한 이용성을 갖고 있는데 잎의 성분은 저 칼륨 혈증을 일으키지 않는 이노성분을 갖고 있으며, 고미성분의 소화기능 향상, 타우린의 간 기능 향상, 담즙분비 촉진, 지방소화 증진시키는 소재로 사용되었고 한방에서는 해열, 해독, 이뇨, 최유, 울결을 풀어주고 염증을 삭히며, 간염에 사용된다고 하였고, 구미 /유럽에서는 잎을 샐러드로, 꽃을 술로 사용되기도 하였다. 따라서 wellbeing tea, skin care, 및 간 기능 개선을 위한 발효주, 민들레 함유 발효식품 등을 개발 가능성 갖고 있다고 알려져 있기 때문이다(김, 2008). 예로부터 민들레의 어린 순과 뿌리는 나물이나 국 그리고 구황식물 등으로 식용되었고, 서양에서는 잎은 샐러드용, 뿌리는 커피대용, 꽃은 와인재료로 이용되어 왔으며(Kang과 Kim, 2001), 또한 비타민과 무기질이 풍부하고 지방함량과 칼로리가 낮아 영양학적으로 현대인의 식품으로 적합한 것으로 알려져 있다(Williams 등, 1996).

민들레에 대한 국내외 연구로는 추출물의 면역활성, 항균력, 항당뇨, 항산화 활성 등에 대한 단편적인 연구 보고들이 있으며, 항동맥경화 활성과 관련된 메커니즘 구명, 활성 물질의 분리, 동정에 대한 연구는 미미한 상태이며, 제품개발에 관한 연구로는 민들레를 이용한 김치 개발, 전통주 개발 기술, SFE를 이용한 추출물 제조 기술 정도의 연구가 진행되었으나, 실용화 및 상품화는 현재 활발하지 못한 상태이다. 최근 들어 지방질의 과다 섭취에 의해 심장 및 혈관계 질환이 급격히 증가하여 성인병 사망률 1위를 차지하고 있으며, 90% 이상이 동맥경화증으로 야기되며, 동맥경화의 주요원인으로는 고혈압, 고지혈증, 흡연, 당뇨병, 비만, 운동부족, 스트레스 등에 의하여 유발된 유리산소 라디칼($\cdot\text{OH}$, O^2 , H_2O_2 , 지질과산화물 라디칼 등)이며 이들에 의한 저밀도단백질(Low Density Lipoprotein, LDL)의 산화가 중요한 원인이 된다. 따라서 동맥경화의 초기 병변인 LDL의 산화를 억제하는 것이 죽상 동맥경화로의 진전을 막는 최우선적인 key point가 되며 천연 저분자 항산화제의 체내 역할이 매우 중요하다(김, 2007).

민들레의 생리활성 연구로서 강 등(2000)은 서양민들레의 지상부와 지하부의 일반성분, 아미노산, 당 및 지방산 함량을 연구한 바 있으며, 신(1999)은 민들레 잎과 뿌리의 유리당 함량 연구에서 sucrose, glucose, fructose 3종을 분리하였으며, 총 유리당의 함량은 잎에 비해 뿌리에서 높았다고 보고하였다. 잎의 유기산 함량은 oxalic acid, citric acid, malic acid이 각각 45.4, 3.6, 2.7 mg/100g-f.w.이었고, 뿌리의 경우에는 각각 34.6, 2.1, 1.6 mg/100g-f.w.이었다. 총 유기산의 함량은 잎과 뿌리에서 각각 51.7, 38.3 mg/100g-f.w.이었는데 뿌리에 비해 잎에서 그 함량이 높았다. 민들레의 잎과 뿌리의 유리아미노산 중에 aspartic acid, serine, asparagine, glutamic acid, glycine, valine, isoleucine의 함량이 높았고, 특히 glutamic acid의 함량이 높았다. 민들레의 vitamin A 함량은 잎과 뿌리에서 각각 135.4, 34.1 μg /100g-f.w.이었고, vitamin C의 함량은 각각 67.4, 4.6 mg/100g-f.w.이었다(신, 1999).

Choi 등(1992)은 팜유와 돈지에 대한 민들레의 에탄올 추출물과 물 추출물의 항산화력을 측정한 결과 에탄올 추출물과 물 추출물의 항산화력을 인정하였고, Kang(2001)은 linoleic acid를 이용하여 민들레의 항산화력을 측정한 결과 물 추출물의 항산화력이 BHA보다 유의적으로 높은 값을 나타내었으며, 또한 EPR을 이용하여 민들레 잎의 superoxide 라디칼에 대한 소거활성

을 분석한 결과 물 추출물이 가장 높은 활성을 나타낸다고 하였다.

한 등(2005)은 민들레 추출물에 대한 위장 보호효과를 측정하기 위하여 민들레를 ethanol로 추출한 후 methylene chloride과 *n*-butanol을 이용하여 용매의 극성에 따라 순차적으로 추출물을 분획하여 각 분획물을 얻었다. 각 분획물의 총 플라보노이드와 luteolin 함량을 측정한 결과 *n*-butanol 분획에서 각각 27.75%, 1.14%로 다른 분획들보다 2가지 성분 모두 가장 많이 함유하고 있었다. 효능시험에서도 *n*-butanol 분획은 위장 질환을 일으키는 직접적인 요인 중 하나인 *H. pylori*에 대한 항균 및 urease 저해시험에서 다른 분획물보다 좋은 결과를 보였다. 또한, 위장 장애의 간접적인 요인이 될 수 있는 라디칼의 소거 작용 및 활성산소로부터 세포막 보호에 대한 각 분획물의 시험에서도 *n*-butanol 분획물이 가장 우수한 효과를 나타내었으며 DPPH 라디칼 소거능의 SC₅₀ 값은 47 µg/ml, 세포막 보호 실험에서 τ₅₀=172 min(C=5.0 µg/ml)이었다.

장 등(2002)은 또한 민들레 잎과 뿌리로부터 물 추출물을 제조하여 항산화 활성 및 라디칼 소거활성을 분석하기 위하여 linoleic acid에 대한 과산화물 생성 저해율, DPPH radical에 대한 소거활성, chemiluminescence를 이용한 hydroxyl radical에 대한 소거활성, EPR을 이용한 superoxide anion radical에 대한 소거활성 및 hydrogen peroxide에 대한 소거활성을 측정하였다. 그 결과, 민들레 잎의 물 추출물이 뿌리의 물 추출물보다 지방산에 대한 과산화물 생성 저해율이 높았고, DPPH radical, hydroxyl radical, superoxide anion radical 및 hydrogen peroxide에 대한 소거활성 역시 매우 높은 것으로 나타났다.

정 등(2008)은 국화과 식물인 민들레, 엉겅퀴, 그리고 고려엉겅퀴를 대상으로 항당뇨 활성 측정 방법 중 하나인 환취 수정체 aldose reductase 저해 활성을 측정하였다. 여러 부위별 추출물 중 민들레 지상부 메탄올 추출물이 IC₅₀ 8.71 µg/ml로서 뛰어난 저해 활성을 보였다. 국화과 식물에서 분리된 대표적인 화합물인 silymarin과 민들레에서 분리한 luteolin 그리고 고려엉겅퀴에서 분리된 syringin을 대상으로 aldose reductase 저해 활성을 측정한 결과 silymarin과 luteolin은 뛰어난 aldose reductase 저해 활성을 보였다고 하였다.

민들레의 주요 성분으로는 hydroxycinnamic acid, chicoric acid, monocaffeoyltartaric acid, 그리고 chlorogenic acid 등이 있으며, 잎 부위는 coumarins, cichoriin, aesculin, 비타민 C(50-70 mg/100g), 그리고 vitamin D(5-9 mg/100g)를, 꽃 부위는 luteolin 7-glucoside, quercetin, 그리고 luteolin 등을 함유하고 있다(Jo, 1999; Williams 등, 1996). 기존의 민들레 추출물에 대한 약리적 연구로서 Lee 등(1993)은 민들레의 물 분획물을 이용하여 항위염 효과가 있음을 보고하였고, Ho 등(1998)은 ethanol 분획층의 desacetylmatricarin 성분이 항알레르기 활성이 있음을 보였다. 그리고, Hu와 KITTS David(2003)는 민들레 추출물이 항산화 활성이 있어 프리라디칼을 소거하며, Mascolo 등(1987)은 동물에서 항염활성이, Kotobuki 등(1965)은 항종양 활성이, Takasaki 등(1999a, 1999b)은 항암활성이 있음을 보고한 바 있다.

본 연구는 동일한 민들레 종이라고 할지라도 시설재배를 위해 배지조성 및 차광정도를 달리 한 환경조건에 따라 생리활성물질과 기능성 변이가 예상되어 이에 따른 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, 항산화성과 항산화 효소 활성 및 세포독성의 변이를 검토하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(1) 민들레 수집종의 생리활성물질

(가) 민들레 수집종의 조추출물과 용매별 분획물 획득

입지별, 처리별로 수확된 민들레의 시료들은 수확 후 즉시 동결건조(-60℃에 5일간)시켰으며 마쇄하여 1mm 체에 통과시켰다. 각 식물체 시료 당 200g을 95% methanol 2 L에 24시간 동안 추출하여 여과한 후 그 추출액을 50℃에서 감압 농축하여 methanol 추출물을 얻었다. 최종적으로 얻어진 각 식물 종의 메탄올 추출물의 평균 회수율은 약 10% 정도였다(Krygier 등, 1982).

입지별, 처리별로 수확된 민들레의 메탄올 추출물로부터 식물체 메탄올 조추출물 100g을 증류수 800ml와 헥산 800ml에 녹여 2ℓ 분획여두에 넣은 후 마개를 닫고 시료와 두 가지 용매가 잘 섞이도록 흔들어 물층과 헥산층으로 분리한 뒤 헥산 회분을 뽑아내고, 물층에 새로운 헥산 800ml를 부어 동일한 방법으로 2차 헥산층을 뽑아낸다. 남아있는 물층에 클로로포름 800ml를 붓고 마개를 닫은 다음 충분히 흔들어 물층과 클로로포름층으로 분리한 다음 클로로포름 회분을 뽑아내고 물층에 새로운 클로로포름 800ml를 부어 동일한 방법으로 2차의 클로로포름을 뽑아낸다. 남아있는 물층에 에틸아세테이트 800ml를 부어 헥산 분배시와 동일한 방법으로 에틸아세테이트 회분을 2회에 걸쳐 뽑아낸다. 또한 남아 있는 물층에 부탄올 800ml를 부어 역시 헥산 분배시와 동일한 방법으로 부탄올 회분을 2회에 걸쳐 뽑아낸다. 이상과 같이 용매분획하여 헥산층, 클로로포름층, 에틸아세테이트층 및 부탄올층을 얻고, 각 회분을 회전진공농축기로 45에서 농축하고 각각의 회분에 대한 생리활성을 검정한다.

(나) 총 폴리페놀 함량

입지별, 처리별로 수확된 민들레의 메탄올 추출물로부터 총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 방법(Singleton과 Rossi, 1965)에 따라 분석하였다. 추출물과 분획물을 1mg/ml 농도로 조제한 후, 이 시료액 1ml에 증류수 3ml를 첨가하고, Folin & Ciocalteu's phenol reagent 1ml를 첨가한 후 27℃ Shaking bath에서 혼합하였다. 5분 후 NaCO₃ 포화용액 1ml를 넣어 혼합하여 실온에서 1시간 방치한 후 640nm에서 분광광도계(UV-1650PC, SHIMADZU)로 흡광도를 측정하였다. 페놀 화합물 함량은 표준물질 ferulic acid의 농도를 이용하여 검량선을 작성한 후 정량하였다.

(다) 총 플라보노이드 함량

입지별, 처리별로 수확된 민들레의 메탄올 추출물로부터 총 플라보노이드 함량 측정은 각 시료 0.1g에 75% methanol을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0ml를 시험관에 취하고 10ml의 diethylen glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 0.1ml를 잘 혼합시켜 37℃의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험은 시료 용액 대신 50% methanol 용액을 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 Naringin(Sigma co., USA)을 이용하여 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다(Chang 등, 2002).

(2) 민들레 수집종의 기능성

(가) 항산화성 : DPPH radical-scavenging activity

HPLC에 의해 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) scavenging activity 검정 방법 (Blois, 1958)으로서 분석대상이 DPPH 용액의 흡광도(500 ~ 550nm)와 같은 영역에 있을 경우 HPLC를 이용하여 정량적 분석조건이 가능하다. 900uL DPPH 용액(100uM)과 시료용액 100uL 을 혼합한 후 암조건에서 10분 동안 반응시킨다. 900uL DPPH 용액(100uM)과 시료추출물의 용해한 용액(100uL)을 혼합하여 상기방법으로 측정하여 시료가 첨가되지 않은 DPPH 용액의 용출 peak의 면적으로 한다. Column: Shim pack (4.6 × 250mm), mobile phase: MeOH-H₂O (70:30, v/v), wavelength: 517nm, flow rate: 0.8mL/min, attenuation: 32, injection volume: 20uL의 HPLC 조건으로 실시하며 HPLC에 의한 DPPH radical-scavenging 활성은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$A_n = (A - A_0) / A_0 \times 100$$

A_n : DPPH radical-scavenging 활성 (%)

A : 시료가 첨가된 반응용액 중의 DPPH radical의 용출피크면적

A_0 : 시료가 첨가되지 않은 DPPH radical용액의 용출피크면적

필요에 따라 각 식물체의 메탄올 추출물을 처리하여 DPPH 라디칼을 50% 소거하는 시료의 농도를 IC₅₀ 또는 RC₅₀으로 하여 결과를 나타내고 저해율(inhibition rate or reduction concentration, %)을 산출하였다.

(나) 항산화성 : 아질산염 소거능

입지별, 처리별로 수확된 민들레의 메탄올 추출물로부터 아질산염 소거작용의 측정은 1mM NaNO₂ 20μl에 시료의 추출액 40μl와 0.1N HCl(pH 1.2) 또는 0.2M citrate buffer(pH 4.2) 또는 0.2M citrate buffer(pH 6.0) 140μl를 사용하여 부피를 200μl로 맞추었다. 이 반응액을 37℃ 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 2% acetic acid 1,000μl, Griess 시약(30% acetic acid로 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것, 사용직전에 조제) 80μl를 가하여 잘 혼합시켜 빛을 차단한 상온에서 15분간 반응시킨 후 520nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 아질산염 소거능을 구하였다(Gray와 Dugan, 1975).

$$N(\%) = [1 - (A - C) / B] \times 100$$

N : nitrite scavenging ability

A : absorbance of 1mM NaNO₂ added sample after standing for 1hour

B : absorbance of 1NaNO₂

C : absorbance of control

(다) 항암성

종양 세포주 : 실험에 사용될 암세포 주는 모두 인체기원의 암세포 주들로서, Korean Cell Line Bank(KCLB)로부터 구입한 폐암 세포주인 CALU-6(ATCC, HTB-56)과 위암 세포주인 SNU-601을, 세포주 배양은 10% FBS(fetal bovine serum)와 peniciline G(25unit/mL) 및

streptomycin(25 μ g/mL)를 첨가한 RPMI 1640배지를 사용하며 37 $^{\circ}$ C, 5% CO₂의 습윤화된 배양기내에서 적응시켜 배양하였다.

암세포 증식 억제효과 : 암세포 증식 억제효과는 MTT assay(Mosmann, 1983; Choi 등, 1989)에 의해 세포생존율을 조사하였다. 즉, 종양세포를 3 \times 10⁴cells/ml의 농도가 되도록 조절한 후 96 well microplate에 90 μ L/well씩 분주하고 이것을 37 $^{\circ}$ C, 5% CO₂ 세포배양기(Forma, Germany)에서 12시간 배양하여 세포를 부착시킨 다음 추출물을 50, 100, 200, 400 및 800 mg kg⁻¹ 농도 또는 125, 250, 500, 1,000, 2,000 mg kg⁻¹ 농도가 되도록 10 μ L씩 첨가한다. 대조군은 시료와 동일한 양의 증류수를 첨가하여 동일한 조건으로 배양하였다. 배양 후 암세포증식 억제효과(%) = {(대조구의 흡광도 - 시료처리구의 흡광도)/대조구의 흡광도} \times 100으로 환산하였다(Mosmann, 1983).

(3) 입지별 민들레 수집종의 생리활성 물질 및 기능성

(가) 민들레 식물체 부위별 생리활성물질 및 기능성

부위별 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-1)항, 항산화성, 항산화효소 활성 및 항암성은 가-2)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(나) 재배 지형별 민들레의 생리활성물질 및 기능성

지형별 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-1)항, 항산화성은 가-2)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(다) 오염지별 민들레의 생리활성물질 및 기능성

오염지별 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-1)항, 항산화성은 가-2)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(라) 민들레 종류별 생리활성 물질 및 기능성

종류별 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-1)항, 항산화성 및 항암성은 가-2)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

각 페놀 성분 및 함량 : 입지별, 처리별로 수확된 민들레의 메탄올 추출물로부터 각 추출물과 분획물을 HPLC용 메탄올을 이용하여 1mg/ml 농도로 조제한 후 membrane filter(0.45 μ m)로 여과한 후 그 여액을 HPLC(Waters 2695, USA)에 주입하여 분석하였고, 분석조건은 다음과 같다. 분리된 페놀산은 표준 페놀산들의 retention time과 비교하였으며, 3-hydroxycinnamic acid, caffeic acid, chlorogenic acid, ferulic acid, gallic acid, gentistic acid, salicylic acid, syringic acid, o-coumaric acid, 및 p-coumaric acid 10종의 개별 페놀산 함량은 표준 페놀산의 peak 면적으로부터 표준 곡선을 작성하였다(Banwart 등, 1985).

① HPLC : Waters 2695

② Detector : Waters 2996, 280nm

③ Column : SunFire C18 (4.6 \times 150mm)

④ Mobile Phase A : 98% water, 2% glacial acetic acid in 0.018 M ammonium acetate

- ⑤ Mobile Phase B : 70% solvent A and 30% organic solution
- ⑥ Organic solution : 82% methanol, 16% n-butanol, 2% glacial acetic acid in 0.018 M ammonium acetate
- ⑦ Flow rate : 1ml/min
- ⑧ Linear gradient condition :
 - 0.0 to 1.0min isocratic at 10% solvent B
 - 1.0 to 71.0min linear gradient from 10% to 90% solvent B
 - 71.0 to 81.0min linear gradient from 90% to 10% solvent B

개별 플라보노이드 함량: 식물체에 함유하는 개별 플라보노이드류로서 naringin, quercetin dihydrate, rutin을 HPLC를 통해 측정하였다.

(마) 민들레 채취시기별 생리활성 물질 및 기능성

채취시기별 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-1)항, 항산화성은 가-2)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(바) 용매분획별 민들레의 생리활성 물질 및 기능성

용매분획별 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 가-1)항, 항산화성은 가-2)항, 그리고 개별 페놀산과 개별 플라보노이드 함량은 가-3)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(4) 제주지역 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(가) 제주지역 수집종 민들레의 생리활성물질 함량

① 총 폴리페놀 함량

입지별, 처리별로 수확된 민들레의 메탄올 추출물로부터 총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 방법(Singleton과 Rossi, 1965)에 따라 분석하였다. 추출물과 분획물을 1mg/ml 농도로 조제한 후, 이 시료액 1ml에 증류수 3ml를 첨가하고, Folin & Ciocalteu's phenol reagent 1ml를 첨가한 후 27°C Shaking bath에서 혼합하였다. 5분 후 NaCO₃ 포화용액 1ml를 넣어 혼합하여 실온에서 1시간 방치한 후 640nm에서 분광광도계(UV-1650PC, SHIMADZU)로 흡광도를 측정하였다. 페놀 화합물 함량은 표준물질 ferulic acid의 농도를 이용하여 검량선을 작성한 후 정량하였다.

② 총 플라보노이드 함량

입지별, 처리별로 수확된 민들레의 메탄올 추출물로부터 총 플라보노이드 함량 측정은 각 시료 0.1g에 75% methanol을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0ml를 시험관에 취하고 10ml의 diethylen glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 0.1ml를 잘 혼합시켜 37°C의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험은 시료 용액 대신 50% methanol 용액을 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 Naringin(Sigma co., USA)을 이용하여 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

(Chang 등, 2002).

(나) 제주지역 수집종 민들레의 기능성

① 항산화성 : DPPH radical-scavenging activity

HPLC에 의해 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) scavenging activity 검정 방법 (Blois, 1958)으로서 분석대상이 DPPH 용액의 흡광도(500 ~ 550nm)와 같은 영역에 있을 경우 HPLC를 이용하여 정량적 분석조건이 가능하다. 900uL DPPH 용액(100uM)과 시료용액 100uL 을 혼합한 후 암조건에서 10분 동안 반응시킨다. 900uL DPPH 용액(100uM)과 시료추출물의 용해한 용액(100uL)을 혼합하여 상기방법으로 측정하여 시료가 첨가되지 않은 DPPH 용액의 용출 peak의 면적으로 한다. Column: Shim pack (4.6 × 250mm), mobile phase: MeOH-H₂O (70:30, v/v), wavelength: 517nm, flow rate: 0.8mL/min, attenuation: 32, injection volume: 20uL의 HPLC 조건으로 실시하며 HPLC에 의한 DPPH radical-scavenging 활성은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$An = (A - A_0) / A_0 \times 100$$

An : DPPH radical-scavenging 활성 (%)

A : 시료가 첨가된 반응용액 중의 DPPH radical의 용출피크면적

Ao : 시료가 첨가되지 않은 DPPH radical용액의 용출피크면적

필요에 따라 각 식물체의 메탄올 추출물을 처리하여 DPPH 라디칼을 50% 소거하는 시료의 농도를 IC₅₀ 또는 RC₅₀으로 하여 결과를 나타내고 저해율(inhibition rate or reduction concentration, %)을 산출하였다.

② 항산화성 : 아질산염 소거능

입지별, 처리별로 수확된 민들레의 메탄올 추출물로부터 아질산염 소거작용의 측정은 1mM NaNO₂ 20μl에 시료의 추출액 40μl와 0.1N HCl(pH 1.2) 또는 0.2M citrate buffer(pH 4.2) 또는 0.2M citrate buffer(pH 6.0) 140μl를 사용하여 부피를 200μl로 맞추었다. 이 반응액을 37°C 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 2% acetic acid 1,000μl, Griess 시약 (30% acetic acid로 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것, 사용직전에 조제) 80μl를 가하여 잘 혼합시켜 빛을 차단한 상온에서 15분간 반응시킨 후 520nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 아질산염 소거능을 구하였다(Gray와 Dugan, 1975).

$$N(\%) = [1 - (A - C) / B] \times 100$$

N : nitrite scavenging ability

A : absorbance of 1mM NaNO₂ added sample after standing for 1hour

B : absorbance of 1NaNO₂

C : absorbance of control

③ 항암성

종양 세포주 : 실험에 사용될 암세포 주는 모두 인체기원의 암세포 주들로서, Korean Cell Line Bank(KCLB)로부터 구입한 폐암 세포주인 CALU-6(ATCC, HTB-56)과 위암 세포주인 SNU-601을, 세포주 배양은 10% FBS(fetal bovine serum)와 peniciline G(25unit/mL) 및 streptomycin(25 μ g/mL)를 첨가한 RPMI 1640배지를 사용하며 37 $^{\circ}$ C, 5% CO₂의 습윤화된 배양기내에서 적응시켜 배양하였다.

암세포 증식 억제효과 : 암세포 증식 억제효과는 MTT assay(Mosmann, 1983; Choi 등, 1989)에 의해 세포생존율을 조사하였다. 즉, 종양세포를 3 \times 10⁴cells/ml의 농도가 되도록 조절한 후 96 well microplate에 90 μ L/well씩 분주하고 이것을 37 $^{\circ}$ C, 5% CO₂ 세포배양기(Forma, Germany)에서 12시간 배양하여 세포를 부착시킨 다음 추출물을 50, 100, 200, 400 및 800 mg kg⁻¹ 농도 또는 125, 250, 500, 1,000, 2,000 mg kg⁻¹ 농도가 되도록 10 μ L씩 첨가한다. 대조군은 시료와 동일한 양의 증류수를 첨가하여 동일한 조건으로 배양하였다. 배양 후 암세포증식 억제효과(%) = {(대조구의 흡광도 - 시료처리구의 흡광도)/대조구의 흡광도} \times 100으로 환산하였다(Mosmann, 1983).

나. 시설 재배환경에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(1) 배지조성에 따른 생리활성물질 및 기능성 변이

(가) 배지조성 및 재배조건

본 연구는 2010년 5월에서 9월까지 순천대학교 실험하우스에서 수행하였고, 공시 서양민들레 종자는 2009년에 생산된 것을 순천시 해룡면 한 독농가로부터 구입하여 사용하였다.

재배상은 지상 30cm에 고품배지경으로 제작하였는데 스티로폼 성형배드(60cm \times 600cm \times 20cm)에 흑색비닐로 방수 처리한 후 배수를 원활하기 위해 배수판을 깔았다. 식물체의 뿌리가 배수공을 막는 것을 방지하기 위하여 배수판위에 방근 시트를 깔고 코코피트와 펄라이트 1호(경동세라믹, 한국)를 각각 100:0(코코피트 단용), 70:30, 50:50, 및 0:100(펄라이트 단용) 4종의 배지를 조제하여 각 처리구에 충전한 후 그 위에 양액공급용 점적호스를 3줄로 치상하여 양액탱크(600L)로 연결하였고 양액은 일본원시(Ikeda, 1986) 균형배양액을 사용하여 생육초기에는 1/2배액(EC, 1.1 dS \cdot m⁻¹), 생육중반 이후부터는 표준농도(EC, 2.2 dS \cdot m⁻¹)로 조정하여 급액하였다.

서양민들레 종자는 2009년 7월에 15cm \times 20cm의 간격으로 파종 또는 이식되었으며, 시험구는 완전임의배치법 3반복으로 배치하였다. 파종 후 1주일간은 물만 공급하였고, 2주째부터는 양액을 공급하였는데, 일본 원예시험장 표준양액을 기준으로 타이머를 이용하여 오전 10시부터 오후 4시까지 시간당 각각 15분간 비순환식으로 각 식물체당 100mL씩 공급하였다.

(나) 배지조성별 생리활성물질 함량

① 총 폴리페놀 함량

입지별, 처리별로 수확된 민들레의 메탄올 추출물로부터 총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 방법(Singleton과 Rossi, 1965)에 따라 분석하였다. 추출물과 분획물을 1mg/ml 농도로 조제한

후, 이 시료액 1ml에 증류수 3ml를 첨가하고, Folin & Ciocalteu's phenol reagent 1ml를 첨가한 후 27°C Shaking bath에서 혼합하였다. 5분 후 NaCO₃ 포화용액 1ml를 넣어 혼합하여 실온에서 1시간 방치한 후 640nm에서 분광광도계(UV-1650PC, SHIMADZU)로 흡광도를 측정하였다. 페놀 화합물 함량은 표준물질 ferulic acid의 농도를 이용하여 검량선을 작성한 후 정량하였다.

② 총 플라보노이드 함량

입지별, 처리별로 수확된 민들레의 메탄올 추출물로부터 총 플라보노이드 함량 측정은 각 시료 0.1g에 75% methanol을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0ml를 시험관에 취하고 10ml의 diethylen glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 0.1ml를 잘 혼합시켜 37°C의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험은 시료 용액 대신 50% methanol 용액을 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 Naringin(Sigma co., USA)을 이용하여 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다 (Chang 등, 2002).

(다) 배지조성별 기능성 변이

① 항산화성 : DPPH radical-scavenging activity

HPLC에 의해 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) scavenging activity 검정 방법 (Blois, 1958)으로서 분석대상이 DPPH 용액의 흡광도(500 ~ 550nm)와 같은 영역에 있을 경우 HPLC를 이용하여 정량적 분석조건이 가능하다. 900uL DPPH 용액(100uM)과 시료용액 100uL을 혼합한 후 암조건에서 10분 동안 반응시킨다. 900uL DPPH 용액(100uM)과 시료추출물의 용해한 용액(100uL)을 혼합하여 상기방법으로 측정하여 시료가 첨가되지 않은 DPPH 용액의 용출 peak의 면적으로 한다. Column: Shim pack (4.6 × 250mm), mobile phase: MeOH-H₂O (70:30, v/v), wavelength: 517nm, flow rate: 0.8mL/min, attenuation: 32, injection volume: 20uL의 HPLC 조건으로 실시하며 HPLC에 의한 DPPH radical-scavenging 활성은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$An = (A - A_0) / A_0 \times 100$$

An : DPPH radical-scavenging 활성 (%)

A : 시료가 첨가된 반응용액 중의 DPPH radical의 용출피크면적

Ao : 시료가 첨가되지 않은 DPPH radical 용액의 용출피크면적

필요에 따라 각 식물체의 메탄올 추출물을 처리하여 DPPH 라디칼을 50% 소거하는 시료의 농도를 IC₅₀ 또는 RC₅₀으로 하여 결과를 나타내고 저해율(inhibition rate or reduction concentration, %)을 산출하였다.

② 항산화성 : 아질산염 소거능

입지별, 처리별로 수확된 민들레의 메탄올 추출물로부터 아질산염 소거작용의 측정은 1mM

NaNO₂ 20 μ l에 시료의 추출액 40 μ l와 0.1N HCl(pH 1.2) 또는 0.2M citrate buffer(pH 4.2) 또는 0.2M citrate buffer(pH 6.0) 140 μ l를 사용하여 부피를 200 μ l로 맞추었다. 이 반응액을 37 $^{\circ}$ C 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 2% acetic acid 1,000 μ l, Griess 시약(30% acetic acid로 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것, 사용직전에 조제) 80 μ l를 가하여 잘 혼합시켜 빛을 차단한 상온에서 15분간 반응시킨 후 520nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 아질산염 소거능을 구하였다(Gray와 Dugan, 1975).

$$N(\%) = [1-(A-C)/B] \times 100$$

N : nitrite scavenging ability

A : absorbance of 1mM NaNO₂ added sample after standing for 1hour

B : absorbance of 1NaNO₂

C : absorbance of control

③ 항산화효소 활성

항산화효소 : 주요한 항산화 효소로서 Ascorbate peroxidase(APX), Catalase(CAT), Superoxide dismutase (SOD), Peroxidase(POX)의 효소활성을 측정하였다.

효소액 조제 : 동결건조 시료 0.5g에 2mM EDTA, 1% PVP 40, 1mM PMSF가 첨가된 100 mM potassium phosphate buffer(pH 7.5)에서 균질화하여 15.000g로 20분간 원심분리한 다음 상층액을 항산화효소에 사용하였다. Ascorbate peroxidase(APX) 경우 extraction buffer에 위의 조성액에 10mM를 첨가하여 사용하였다. 단백질 정량은 BSA를 표준물질을 사용하여 Bradford (1976)방법에 따라 측정하였다.

APX : Ascorbate peroxidase(APX) 활성은 Chen과 Asada(1989) 방법에 따라 ascorbate의 산화 정도를 290nm에서 2분간의 흡광도 변화를 측정하였다. APX의 반응액은 0.5mM ascorbate와 0.2mM H₂O₂가 첨가된 100mM potassium phosphate buffer(pH 7.5)로 하였다.

CAT : Catalase(CAT) 활성은 Mishra 등(1993)의 방법에 의해 측정하였으며, 반응액은 50mM potassium phosphate buffer(pH 7.0)와 10mM H₂O₂로 하였다. CAT 활성은 반응액에 추출액을 가한 다음 240nm에 2분간의 흡광도 변화를 측정하였다.

SOD : SOD 효소활성 검정은 분석용 Kit(Sigma사,19160)를 사용하여 측정하였다. 즉, SOD의 효소활성이 NBT(Nitroblue tetrazolium)의 환원을 저해하는 능력을 검정하는 photochemical NBT method를 사용하였다. 반응액은 50 mM carbonic buffer(pH 10.2), 0.1 mM EDTA, 0.1 mM Xanthine, 0.025 mM NBT로 하였으며, NBT환원 저해율을 흡광도 450nm에서 측정하였다. 각 시료에 대하여 3회 반복으로 하였으며, SOD효소 활성은 다음의 계산식에 의해 환산하였다.

$$\text{SOD활성(NBT환원 저해율, \%)} = \{[(A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank3}}) - (A_{\text{sample}} - A_{\text{blank2}})] / (A_{\text{blank1}} - A_{\text{blank3}})\} \times 100$$

POX : POX 활성은 Egley 등(1983)의 방법에 의해 측정하였으며 반응액은 최종농도가 40mM K-PO₄ buffer(pH 6.9), 1.5mM guaiacol, 6.5mM H₂O₂가 되도록 만든다. POX 활성은 반응액에 sample을 혼합하여 spectrophotometer를 이용해서 470nm에서 2분간 흡광도 변화를 측정하였다.

(2) 차광정도에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(가) 차광처리 및 재배조건

하우스 내 차광처리는 차광망(polyethylene net)으로 무차광, 50%차광, 70%차광으로 이루어졌고 이때 시험기간 중 하루 평균 광량(PAR)은 각각 84.9, 30.6, 21.1 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 나타났고 그 외의 재배관리는 약용식물 재배 관행에 준하였다.

본 연구의 검정식물, 재배상 및 모든 재배조건은 나-1)항과 같은 조건으로 수행되었다. 양액을 공급은 일본 원예시험장 표준양액을 조성하여 타이머를 이용하여 오전 10시부터 오후 4시까지 시간당 각각 15분간 비순환식으로 각 식물체당 100mL씩 공급하였다.

(나) 차광별 생리활성물질 함량

차광별 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 나-1)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(다) 차광별 기능성 변이

종양 세포주 : 실험에 사용될 암세포 주는 모두 인체기원의 암세포 주들로서, Korean Cell Line Bank(KCLB)로부터 구입한 폐암 세포주인 CALU-6(ATCC, HTB-56)과 위암 세포주인 SNU-601을, 세포주 배양은 10% FBS(fetal bovine serum)와 peniciline G(25unit/mL) 및 streptomycin(25 $\mu\text{g}/\text{mL}$)을 첨가한 RPMI 1640배지를 사용하며 37 $^{\circ}\text{C}$, 5% CO_2 의 습윤화된 배양기내에서 적응시켜 배양하였다.

암세포 증식 억제효과 : 암세포 증식 억제효과는 MTT assay(Mosmann, 1983; Choi 등, 1989)에 의해 세포생존율을 조사하였다. 즉, 종양세포를 $3 \times 10^4 \text{ cells}/\text{mL}$ 의 농도가 되도록 조절한 후 96 well microplate에 90 $\mu\text{L}/\text{well}$ 씩 분주하고 이것을 37 $^{\circ}\text{C}$, 5% CO_2 세포배양기(Forma, Germany)에서 12시간 배양하여 세포를 부착시킨 다음 추출물을 50, 100, 200, 400 및 800 mg kg^{-1} 농도 또는 125, 250, 500, 1,000, 2,000 mg kg^{-1} 농도가 되도록 10 μL 씩 첨가한다. 대조군은 시료와 동일한 양의 증류수를 첨가하여 동일한 조건으로 배양하였다. 배양 후 암세포증식 억제효과(%) = {(대조구의 흡광도 - 시료처리구의 흡광도)/대조구의 흡광도} \times 100으로 환산하였다(Mosmann, 1983).

차광별 항산화성, 항산화효소 활성은 나-1)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(3) 온도변이에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(가) 온도처리 및 재배조건

생장상에서 주야간 온도는 20/15, 25/20, 30/25 $^{\circ}\text{C}$ 로 처리되었고 이때 시험기간 중 하루 평균 광량(PAR)은 각각 84.9, $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 나타났고 광조사 시간은 14시간으로 조정하였고 그 외의 재배관리는 약용식물 재배 관행에 준하였다.

본 연구의 검정식물, 재배상 및 모든 재배조건은 나-1)항과 같은 조건으로 수행되었다. 양액의 공급은 일본 원예시험장 표준양액을 조성하여 타이머를 이용하여 오전 10시부터 오후 4시까지 시간당 각각 15분간 비순환식으로 각 식물체당 100mL씩 공급하였다.

(나) 온도별 생리활성물질 함량

온도처리별 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 나-1)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(다) 온도별 기능성 변이

온도처리별 항산화성, 항산화효소 활성은 나-1)항, 항암성은 나-2)항과 동일한 조건과 방법으로 수행되었다.

(4) 생육단계별 민들레의 기능성 변이

(가) 배지별 생육단계별 민들레의 항산화효소 활성 변이

코코피트와 펄라이트 1호(경동세라믹, 한국)를 각각 100:0(코코피트 단용), 70:30, 50:50, 및 0:100(펄라이트 단용) 4종의 배지에서 재배된 서양민들레 생육단계별 두 시기를 5월과 7월로 나누어 지상부와 지하부를 채취하여 항산화효소 활성은 나-1)항과 동일한 조건과 방법으로 수행한 후 생육시기 간에 비교하였다.

(나) 차광별 생육단계별 민들레의 항산화효소 활성 변이

하우스 내 차광처리를 차광망(polyethylene net)으로 하여 무차광, 50%차광, 70%차광하여 하루 평균 광량(PAR)을 각각 84.9, 30.6, 21.1 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 로 조정하여 재배된 서양민들레 생육단계별 두 시기를 5월과 7월로 나누어 지상부와 지하부를 채취하여 항산화효소 활성은 나-1)항과 동일한 조건과 방법으로 수행한 후 생육시기 간에 비교하였다.

다. 민들레 원료의 건조 및 가공법 개발

(1) 발효 균주에 의한 민들레 시료 발효기술

(가) *Bacillus subtilis* 발효

민들레 발효차 제조를 위한 *Bacillus subtilis* 처리에 따른 생리활성물질 함량 및 기능성 변화를 검토하고자 *Bacillus subtilis* 발효처리 시간별 민들레 잎과 줄기의 폴리페놀 함량 및 항산화성을 측정하였다.

(나) 효모 발효

민들레 발효차 제조를 위한 효모(yeast)처리에 따른 생리활성물질 함량 및 기능성 변화를 검토하고자 효모(*Saccharomyces carlsbergensis*) 발효처리를 하여 시간별로 민들레 잎과 줄기의 폴리페놀 함량 및 항산화성을 측정하였다.

(2) 건조 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화

(가) 재료

민들레 시료는 함평군에서 채취한 것을 세척 후 지상부와 지하부로 분리하고 각각을 자연건

조(음건), dry oven(60°C), 동결건조하여 분말화한 것을 시료로 사용하였다.

(나) 시료 처리 및 추출물 조제

각각의 방법으로 건조된 민들레 시료 분말을 추출하여 분석 시료로 사용하였다.

(다) 총 페놀 화합물 함량

총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 방법(Singleton과 Rossi, 1965)에 따라 분석하였다. 추출물과 분획물을 1mg/ml 농도로 조제한 후, 이 시료액 1ml에 증류수 3ml를 첨가하고, Folin & Ciocalteu's phenol reagent 1ml를 첨가한 후 27°C Shaking bath에서 혼합하였다. 5분 후 NaCO₃ 포화용액 1ml를 넣어 혼합하여 실온에서 1시간 방치한 후 640nm에서 분광광도계(UV-1650PC, SHIMADZU)로 흡광도를 측정하였다. 페놀화합물 함량은 표준물질 catechin, tannic acid, chlorogenic acid의 농도를 이용하여 검량선을 작성한 다음 정량하였다.

(라) 총 플라보노이드 함량

플라보노이드 함량은 각 시료 0.1g에 Davis 변법(Chang 등, 2002)에 따라 75% methanol을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0mL를 시험관에 취하고 10mL의 diethylene glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 0.1mL를 잘 혼합시켜 37°C의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험은 시료 용액 대신 50% methanol 용액을 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 Naringin(Sigma co., USA)을 이용하여 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

(마) DPPH radical-scavenging activity

HPLC에 의해 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) scavenging activity 검정 방법(Blois, 1958)으로서 분석대상이 DPPH 용액의 흡광도(500 ~ 550nm)와 같은 영역에 있을 경우 HPLC를 이용하여 정량적 분석조건이 가능하다. 900uL DPPH 용액(100uM)과 시료용액 100uL을 혼합한 후 암조건에서 10분 동안 반응시킨다. 900uL DPPH 용액(100uM)과 시료추출물의 용해한 용액(100uL)을 혼합하여 상기방법으로 측정하여 시료가 첨가되지 않은 DPPH 용액의 용출 peak의 면적으로 한다. Column: Shim pack(4.6 × 250mm), mobile phase: MeOH-H₂O (70:30, v/v), wavelength: 517nm, flow rate: 0.8mL/min, attenuation: 32, injection volume: 20uL의 HPLC 조건으로 실시하며 HPLC에 의한 DPPH radical-scavenging 활성은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$An = (A - A_0)/A_0 \times 100$$

An : DPPH radical-scavenging 활성 (%)

A : 시료가 첨가된 반응용액 중의 DPPH radical의 용출피크면적

Ao : 시료가 첨가되지 않은 DPPH radical용액의 용출피크면적

필요에 따라 각 식물체의 메탄올 추출물을 처리하여 DPPH 라디칼을 50% 소거하는 시료의 농도를 IC₅₀ 또는 RC₅₀으로 하여 결과를 나타내고 저해율(inhibition rate or reduction

concentration, %)을 산출하였다.

(바) 아질산염 소거능

시료 추출물의 아질산염 소거작용의 측정은 1mM NaNO₂ 20 μ l에 시료의 추출액 40 μ l와 0.1N HCl(pH 1.2) 또는 0.2M citrate buffer(pH 4.2) 또는 0.2M citrate buffer(pH 6.0) 140 μ l를 사용하여 부피를 200 μ l로 맞추었다. 이 반응액을 37 $^{\circ}$ C 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 2% acetic acid 1000 μ l, Griess 시약(30% acetic acid로 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것, 사용직전에 조제) 80 μ l를 가하여 잘 혼합시켜 빛을 차단한 상온에서 15분간 반응시킨 후 520nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 아질산염 소거능을 구하였다(Gray와 Dugan, 1975).

$$N(\%) = [1-(A-C)/B] \times 100$$

N : nitrite scavenging ability

A : absorbance of 1mM NaNO₂ added sample after standing for 1hour

B : absorbance of 1NaNO₂

C : absorbance of control

(3) 가향처리(roasting) 시간에 따른 유효성분 및 기능성 변화

민들레 잎을 가향(roasting)을 각각 0, 3, 6, 9분 동안 처리한 후 시료를 메타올 추출물을 조제한 후 2)항과 같은 방법으로 총 페놀 화합물 함량, 총 플라보노이드 함량 및 DPPH radical-scavenging activity를 각각 측정·비교하였다.

(4) 추출 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화

(가) 재료

민들레 시료는 함평군에서 채취한 것을 세척 후 지상부와 지하부로 분리하고 각각을 동결건조하여 분말화한 것을 시료로 사용하였다.

(나) 시료 처리 및 추출물 조제

추출 용매 조건에 따른 변화는 증류수와 에탄올을 각각 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100, 그리고 메탄올 100%의 용매를 사용하여 민들레 분말 시료를 추출하여 원심분리한 상등액을 분석 시료로 사용하였고, 추출 시간과 온도 조건에 따른 변화는 각각의 시료를 35 $^{\circ}$ C, 50 $^{\circ}$ C, 75 $^{\circ}$ C, 그리고 95 $^{\circ}$ C의 온도 조건에서 1시간, 3시간, 6시간, 그리고 9시간 동안 shaking water bath에서 추출한 후 원심분리한 상등액을 분석 시료로 사용하였다.

(다) 회수율

추출물의 회수율은 각각의 분석 시료 1ml를 취한 후 dry oven에서 건조하여 건조 전후의 무게를 측정하여 산출하였다.

(라) 총 페놀 화합물 함량

총 페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 방법(Singleton과 Rossi, 1965)에 따라 분석하였다. 추출물과 분획물을 1mg/ml 농도로 조제한 후, 이 시료액 1ml에 증류수 3ml를 첨가하고, Folin & Ciocalteu's phenol reagent 1ml를 첨가한 후 27°C Shaking bath에서 혼합하였다. 5분 후 NaCO₃ 포화용액 1ml를 넣어 혼합하여 실온에서 1시간 방치한 후 640nm에서 분광광도계(UV-1650PC, SHIMADZU)로 흡광도를 측정하였다. 페놀화합물 함량은 표준물질 catechin, tannic acid, chlorogenic acid의 농도를 이용하여 검량선을 작성한 다음 정량하였다.

(마) 총 플라보노이드 함량

플라보노이드 함량은 각 시료 0.1g에 Davis 변법(Chang 등, 2002)에 따라 75% methanol을 가하여 실온에서 하룻밤 동안 추출한 다음 이 검액 1.0mL를 시험관에 취하고 10mL의 diethylene glycol을 가하여 잘 혼합하였다. 다시 여기에 1N NaOH 0.1mL를 잘 혼합시켜 37°C의 water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420nm에서 흡광도를 측정하였다. 공시험은 시료용액 대신 50% methanol 용액을 동일하게 처리하였으며, 표준곡선은 Naringin(Sigma co., USA)을 이용하여 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

(바) DPPH radical-scavenging activity

HPLC에 의해 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl radical) scavenging activity 검정 방법(Blois, 1958)으로서 분석대상이 DPPH 용액의 흡광도(500 ~ 550nm)와 같은 영역에 있을 경우 HPLC를 이용하여 정량적 분석조건이 가능하다. 900uL DPPH 용액(100uM)과 시료용액 100uL을 혼합한 후 암조건에서 10분 동안 반응시킨다. 900uL DPPH 용액(100uM)과 시료추출물의 용해한 용액(100uL)을 혼합하여 상기방법으로 측정하여 시료가 첨가되지 않은 DPPH 용액의 용출 peak의 면적으로 한다. Column: Shim pack(4.6 × 250mm), mobile phase: MeOH-H₂O (70:30, v/v), wavelength: 517nm, flow rate: 0.8mL/min, attenuation: 32, injection volume: 20uL의 HPLC 조건으로 실시하며 HPLC에 의한 DPPH radical-scavenging 활성은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$An = (A - A_0) / A_0 \times 100$$

An : DPPH radical-scavenging 활성 (%)

A : 시료가 첨가된 반응용액 중의 DPPH radical의 용출피크면적

Ao : 시료가 첨가되지 않은 DPPH radical용액의 용출피크면적

필요에 따라 각 식물체의 메탄올 추출물을 처리하여 DPPH 라디칼을 50% 소거하는 시료의 농도를 IC₅₀ 또는 RC₅₀으로 하여 결과를 나타내고 저해율(inhibition rate or reduction concentration, %)을 산출하였다.

(사) 아질산염 소거능

시료 추출물의 아질산염 소거작용의 측정은 1mM NaNO₂ 20μl에 시료의 추출액 40μl와 0.1N HCl(pH 1.2) 또는 0.2M citrate buffer(pH 4.2) 또는 0.2M citrate buffer(pH 6.0) 140μl를

사용하여 부피를 200 μ l로 맞추었다. 이 반응액을 37 $^{\circ}$ C 항온수조에서 1시간 반응시킨 후 2% acetic acid 1000 μ l, Griess 시약(30% acetic acid로 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것, 사용직전에 조제) 80 μ l를 가하여 잘 혼합시켜 빛을 차단한 상온에서 15분간 반응시킨 후 520nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 아질산염 소거능을 구하였다(Gray와 Dugan, 1975).

$$N(\%) = [1-(A-C)/B] \times 100$$

N : nitrite scavenging ability

A : absorbance of 1mM NaNO₂ added sample after standing for 1hour

B : absorbance of 1NaNO₂

C : absorbance of control

라. 기능성 식이 발효식품 개발

(1) 비발효 차 음료 제조공정

- (가) 찌기 : 원료세척 후 통상의 온도 100 $^{\circ}$ C에서 증기처리 하되 고미성분을 제어하는 증기 처리를 위한 적정 시간 및 횟수 설정
- (나) 마르기 : 증기 처리된 민들레 열풍건조(건조기)
- (다) 볶기 : 가향기의 볶는 적정온도 및 시간 설정
- (라) 우려내기 : 가공된 민들레를 물과 혼합시 추출 온도, 시간, 및 혼합비율 설정

(2) 발효 차 음료 제조공정

- (가) 준비물 : 민들레, 사과, 황설탕, 향아리 등
- (나) 절단 : 민들레의 잎과 줄기 그리고 사과를 2 ~ 4cm 크기로 절단
- (다) 혼합 : 원료와 설탕의 적정 혼합비율 설정
- (라) 발효 : 적정 발효기간 설정
- (마) 숙성 : 적정 숙성기간 설정

(3) 민들레꽃 식혜 제조공정

- (가) 엿기름 조제 : 물과 혼합비율 및 침지시간 설정
- (나) 민들레 꽃 열수추출 온도 및 시간 설정
- (다) 찹쌀 또는 현미밥과 엿기름 물의 혼합 및 숙성 : 혼합비율, 숙성온도 및 시간 설정

(4) 민들레 시제품 개발 및 평가

- (가) 민들레 차 음료

건조된 민들레 잎을 일정시간 동안 정해진 온도와 시간에서 볶아주어 제조한다. 제조된 민들레 차 음료로 입병하고 시제품을 완성하며 시제품에 대한 유효성분 및 기능성 평가, 관능 및 기호도 평가를 실시하였다.

(나) 민들레 발효음료

민들레 잎을 당화 발효시킨 후 3개월이 지난 후 완전 숙성된 발효 효소액을 입병하고 시제품을 완성하며 시제품에 대한 유효성분 및 기능성 평가, 관능 및 기호도 평가를 실시하였다.

(다) 민들레 식혜

민들레꽃 식혜 조제를 위해 엿기름 물, 민들레 꽃 성분 추출액, 엿기름 물과 추출액을 혼합하여 열탕시켜서 완성한 후 입병하고 시제품을 완성한다. 그 후 시제품에 대한 유효성분 및 기능성 평가, 관능 및 기호도 평가를 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(1) 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(가) 민들레 수집종의 생리활성물질

① 총 페놀 함량

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레로 총 페놀 함량(표준물질: chlorogenic acid)을 분석한 결과, 지상부에서 곡성군 오산면, 강원 양구읍, 순천시 해룡면, 영광군 법성포에서 수집한 것이 각각 52.23, 51.77, 51.43, 51.37 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다. 그 다음으로 여수시 소라면 45.48 mg kg⁻¹로, 여수시 상암동, 여수시 삼일동에서는 각각 38.73, 37.43 mg kg⁻¹로 앞의 지역보다 유의적으로 낮은 함량을 보였다. 한편, 뿌리의 총 페놀 함량은 지상부보다 낮은 경향이 뚜렷하였으나 강원 양구읍과 영광군 법성포에서 수집한 것이 각각 31.55, 32.17 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고 반면에 순천시 해룡면에서 수집한 것이 20.59 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다(그림 74).

② 총 플라보노이드 함량

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레로 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, 지상부에서 곡성군 오산면, 강원 양구읍, 영광군 법성포에서 수집한 것이 가장 높은 함량을 보인 각각 28.9, 25.9, 25.8 mg kg⁻¹로 나타났다. 그 다음으로 여수시 소라면, 여수시 삼일동, 순천시 해룡면, 여수시 상암동에서 각각 21.4, 17.7, 16.2, 14.8 mg kg⁻¹로 앞의 지역보다 유의적으로 낮은 함량을 보였다. 한편, 뿌리의 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결

과, 지상부보다 낮은 경향이 뚜렷하였으나 여수 상암동에서 수집한 것이 10.1 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고 반면에 여수시 소라면과 순천시 해룡면에서 수집한 것이 각각 5.7, 5.5 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다(그림 75).

이들 결과들은 이미 보고되었듯이 비타민 A와 C 그리고 tocopherol과 무기질 Ca, Fe, K 등이 풍부하고, 고미성분인 taraxin, inulin이 많고, carotenoid 성분인 taraxathin, triterpene인 taraxerol, taraxasterol, β -sitosterol, 그리고 caffeic acid, chlorogenic acid, taraxacine 등이 풍부한 것으로 알려진 바와 같다고 볼 수 있다(Racz-Kotilla 등, 1974; Williams 등, 1996; 강 등, 2000).

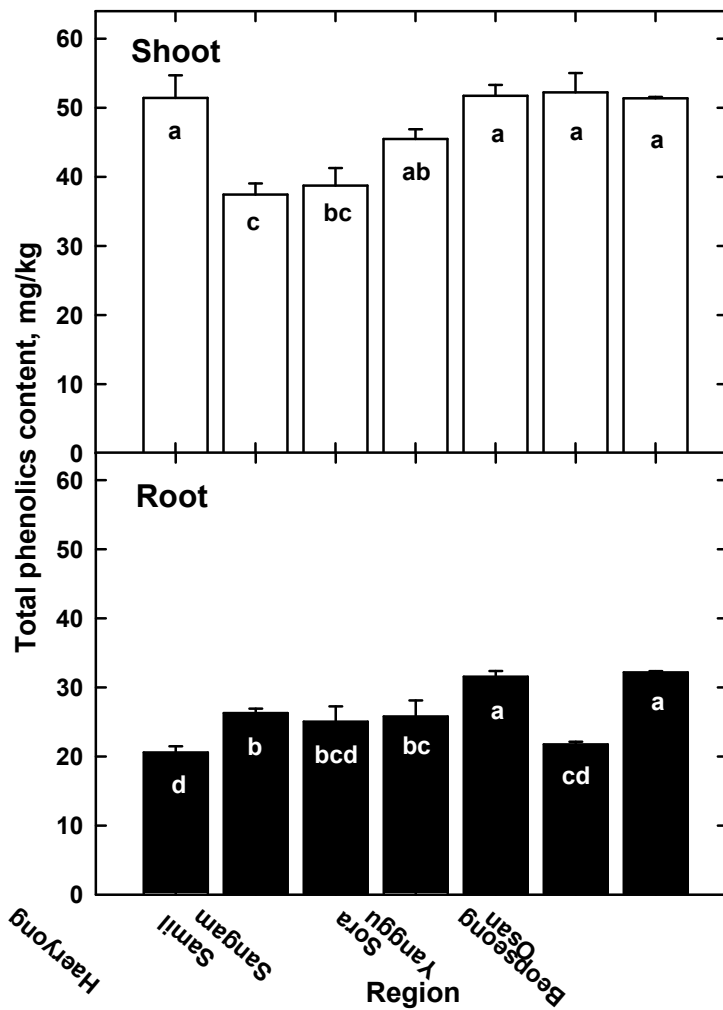


Fig. 74. Total phenolics contents (chlorogenic acid) of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different regions.

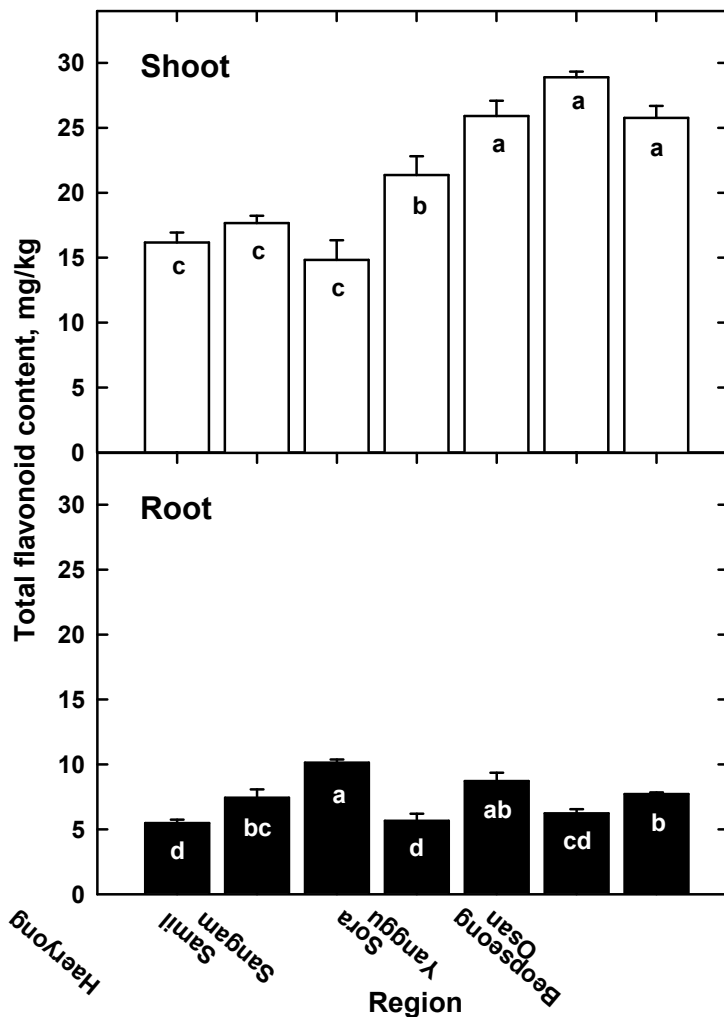


Fig. 75. Total flavonoid contents of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different regions.

(나) 민들레 수집종의 기능성

① DPPH radical-scavenging activity

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레로부터 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과 지상부보다는 지하부가 더 높았으며, 지상부에서는 여수시 상암동과 곡성군 오산면이 높았으며, 여수시 소라면이 가장 낮게 나타났다. 지하부에서는 여수시 상암동과 강원도 양구군이 가장 높았으며, 순천시 해룡면과 여수시 소라면이 가장 낮게 나타났다(그림 76).

민들레 추출물 1,000 mg kg⁻¹을 기준으로 지상부에서는 여수시 상암동과 곡성군 오산면이 각각 44.2와 47.3%로 높았으며, 여수시 소라면이 26.0%로 가장 낮게 나타났다. 한편 지하부는 여수시 상암동과 강원도 양구군이 각각 69.5와 71.8%로 가장 높았으며, 순천시 해룡면과 여수시

소라면이 각각 30.7과 30.0%로 가장 낮게 나타났다(그림 76).

유사한 연구로서 한 등(2005)은 민들레 분획물 중 *n*-butanol 분획물이 가장 우수한 효과를 나타내었으며 DPPH 라디칼 소거능의 SC₅₀ 값은 47 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 이라고 보고하였고, 강 등(2002)은 민들레 물추출물이 높은 DPPH 라디칼 소거능을 갖고 있다고 하였다.

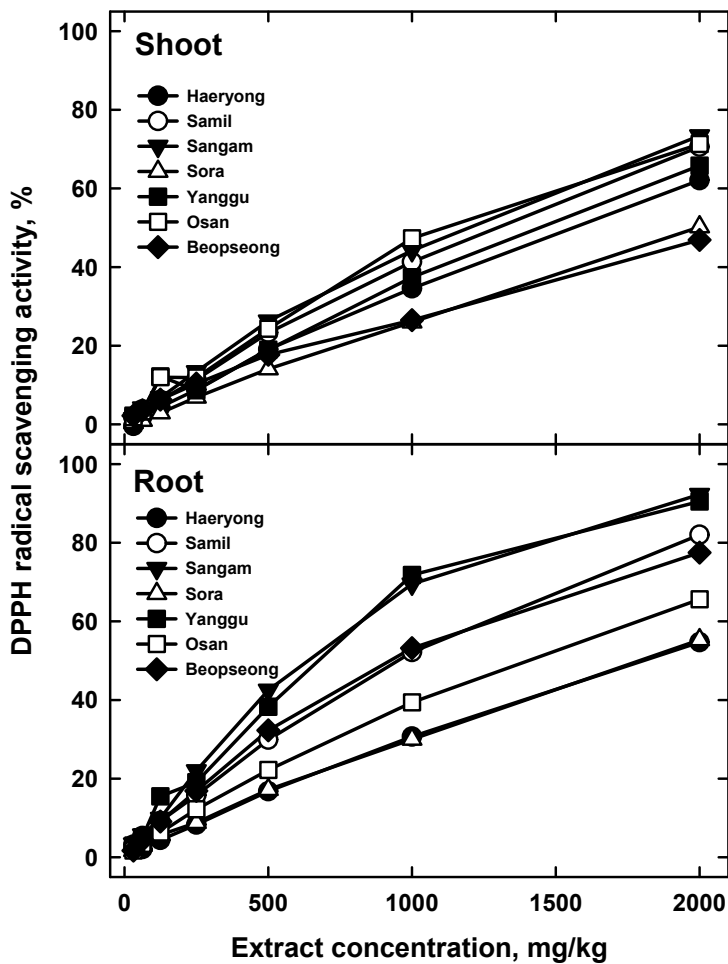


Fig. 76. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from the *Taraxacum officinale* plants grown under different regions.

② Nitrite 소거능

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레로부터 아질산염(Nitrite) 소거능을 분석한 결과 지상부보다 지하부가 조금 더 높았으나 전체적으로 60%정도의 활성을 보였고 지역 수집종간의 유의적인 차이는 없었으며, 뿌리에서도 지상부와 같은 유사경향을 보였다(그림 77).

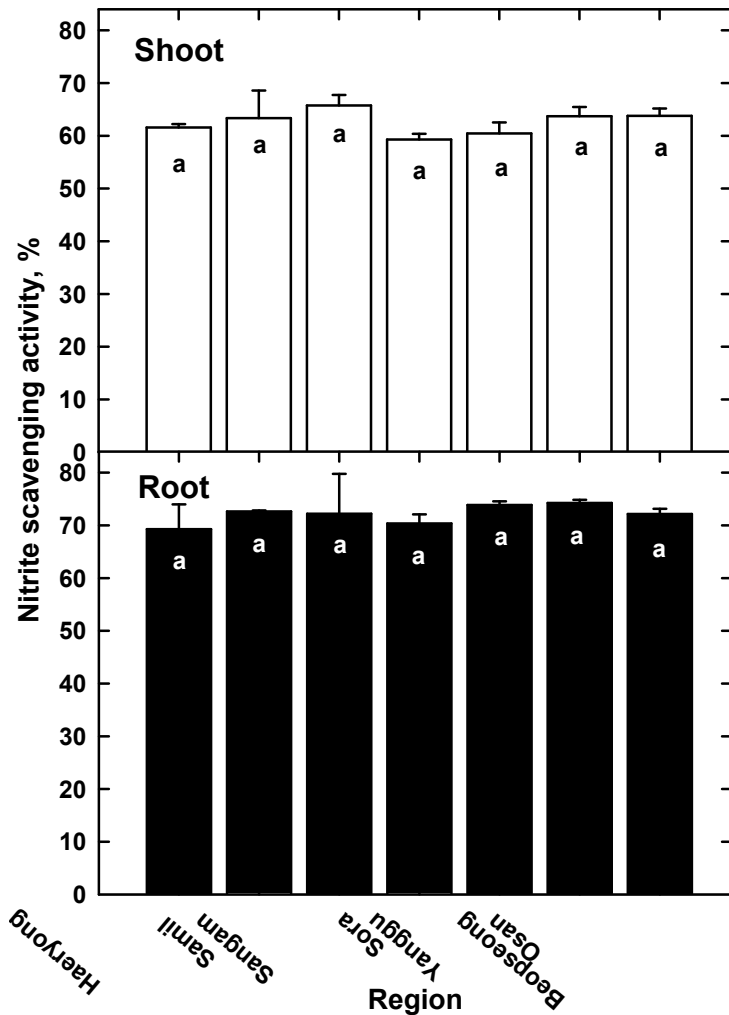


Fig. 77. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from the *Taraxacum officinale* plants grown under different regions.

③ 항암성

지역별로 수집한 민들레의 폐암 세포주(CALU-6)에 대한 세포독성은 지상부가 지하부보다 높았으며 지상부에서 삼일에서 높은 활성을 보였고, 소라, 양구, 해룡, 상암, 오산, 법성 순으로 높았다. 한편 지하부에서는 법성, 양구에서 가장 높은 활성을 보였고, 오산, 삼일, 상암, 소라, 해룡 순으로 높았다(그림 78).

민들레 추출물 400 mg kg⁻¹을 기준으로 지상부에서 삼일에서 8.3 %로 높은 활성을 보였고, 소라, 양구, 해룡, 상암, 오산, 법성 순으로 각각 12.5, 21.2, 21.3, 32.5, 43.2, 60.5%로 높게 나타났다. 한편 지하부에서는 법성, 양구에서 각각 42.2와 42.8%로 나타나 가장 높은 활성을 보였고, 오산, 삼일, 상암, 소라, 해룡 순으로 각각 59.4, 66.0, 66.8, 70.2, 87.2%로 높게 나타났다(그림 78).

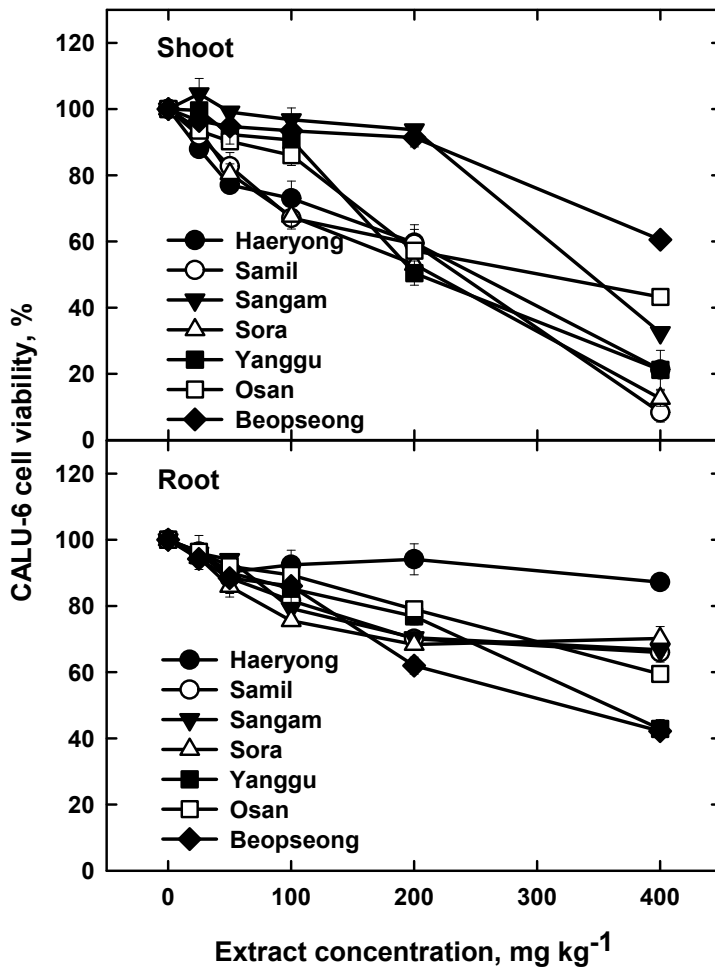


Fig. 78. Cytotoxic effect of *Taraxacum officinale* on a human cancer cell line, CALU-6 for human pulmonary carcinoma at different regions.

지역별로 수집한 서양민들레의 위암 세포주(SNU-601)에 대한 세포독성은 지상부가 지하부보다 더 높은 활성을 보였으며, 지상부에서 순천시 해룡면에서 높은 활성을 보였고, 여수시 소라면에서는 낮은 활성을 나타냈다. 한편 지하부에서는 영광군 법성포에서 가장 높은 활성을 보였고, 순천시 해룡면에서 낮게 나타났다(그림 79).

민들레 추출물 400 mg kg⁻¹을 기준으로 지상부에서 순천시 해룡면에서 42.3%로 높은 활성을 보였고, 여수시 소라면에서는 95.5%로 낮은 활성을 나타냈다. 한편 지하부에서는 영광군 법성포에서 48.7%로 가장 높은 활성을 보였고, 순천시 해룡면에서 87.6%로 낮게 나타났다(그림 79).

항암성에 대한 다른 연구로서 Kotobuki 등(1965)은 민들레 함유 화합물4(or 5)-aminoimidazole-5(or 4)-carboxamide derivatives에서 항종양 활성을, Takasaki 등(1999a, 1999b)는 민들레 추출물에 항암활성이 있음을 각각 보고한 바 있다.

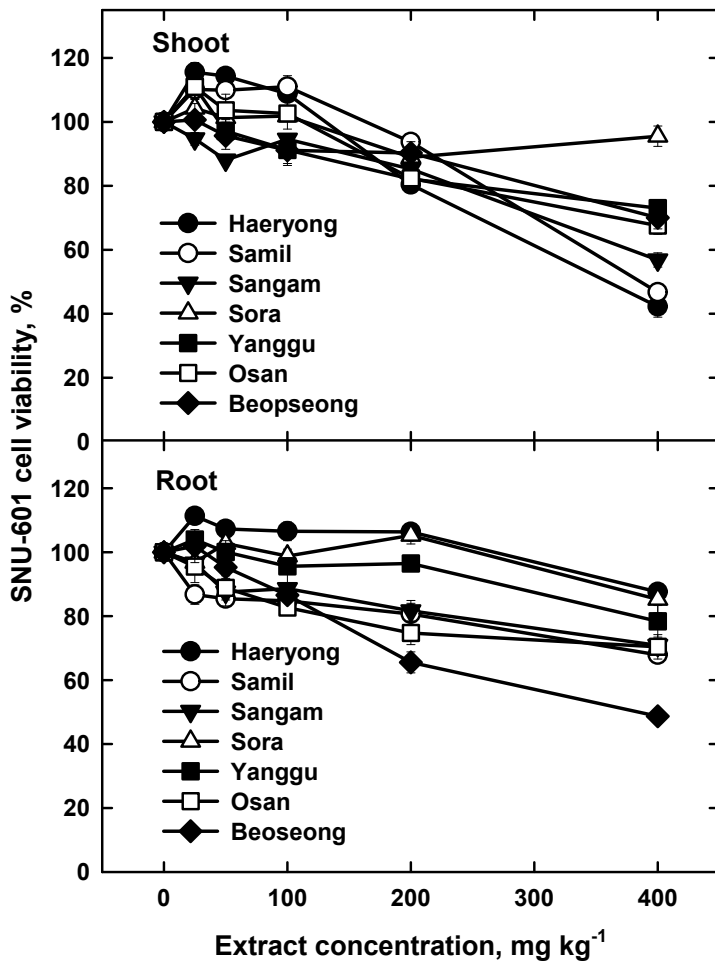


Fig. 79. Cytotoxic effect of *Taraxacum officinale* on a human cancer cell line, SNU-601 for human gastric carcinoma at different regions.

(2) 입지별 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(가) 민들레 식물체 부위별 생리활성물질 및 기능성

① 총 페놀 함량

Folin-Denis방법에 따라 표준물질 chlorogenic acid를 근거로 분석된 민들레 부위별 추출물 농도 1,000 mg kg⁻¹에 대한 총 페놀 함량이 정량되었다. 그 결과 꽃 추출물이 73.0 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났으며, 그 다음이 잎 추출물로 51.4 mg kg⁻¹이었고 뿌리와 꽃대는 각각 20.6과 20.4 mg kg⁻¹로 가장 낮은 함량을 보였다(그림 80).

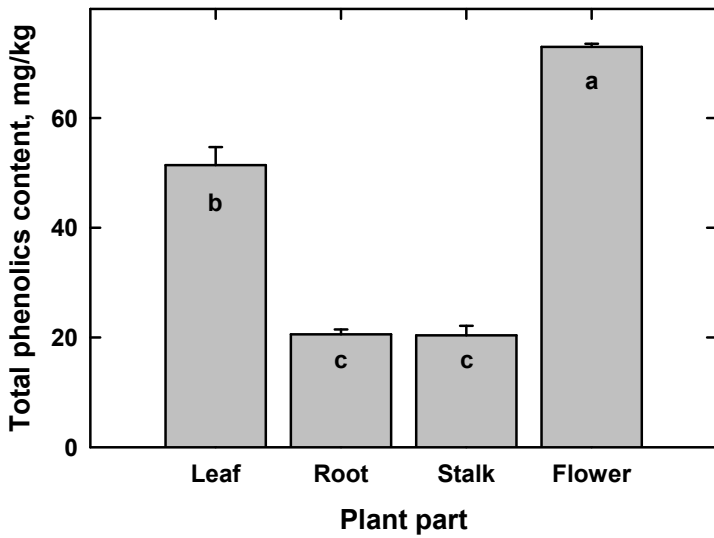


Fig. 80. Total phenolics contents (chlorogenic acid) of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different plant parts.

② 총 플라보노이드 함량

한편, naringin을 표준물질로 분석한 총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량 보다는 낮은 함량을 보였으나 민들레 부위별 함량 차이 같은 경향을 보였다. 꽃 추출물은 21.4 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 잎, 꽃대, 뿌리 순으로 각각 16.2, 8.0, 5.5 mg kg⁻¹로 나타났다(그림 81).

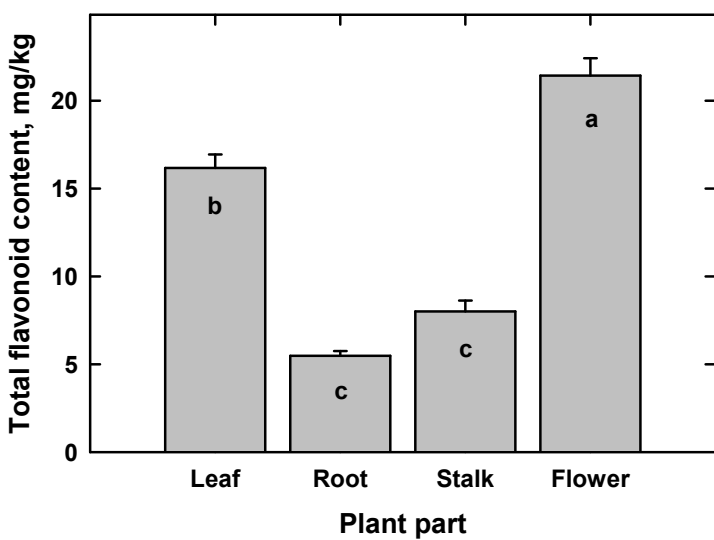


Fig. 81. Total flavonoid contents of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different plant parts.

고 등(2008)은 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량 추출방법 연구에서 추출온도가 증가함에 따라 그 함량이 크게 증가하였으며, DPPH 라디컬, ABTS 라디컬, superoxide 라디컬 소거활성도 추출온도가 증가함에 따라 증가하다가 최적온도 이후에 약간 감소한다고 보고하였다.

③ DPPH radical-scavenging activity

민들레 부위별 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디컬 소거능을 HPLC로 분석한 결과 꽃 추출물 (IC_{50} 값 = 624.3 mg kg^{-1})에서 가장 높은 활성을 보였고 그 다음으로 잎($1,627.9 \text{ mg kg}^{-1}$), 뿌리($1,881.4 \text{ mg kg}^{-1}$), 꽃대 추출물($3,765.6 \text{ mg kg}^{-1}$) 순으로 꽃대가 가장 낮은 활성을 보였다. 특히, 메탄올 추출물 $2,000 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서 DPPH 라디컬 소거능은 꽃 추출물이 89%로 가장 높았고 다음이 잎, 뿌리, 꽃대 순으로 각각 62.1, 54.7, 37.2%로 나타났다(그림 82). 이는 앞의 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량의 결과와 유사한 경향으로(Sun 등, 2002), Zhou와 Yu (2006)도 공시된 채소 추출물의 페놀 함량은 DPPH 라디컬 소거능과 상관관계가 있다고 보고한 바 있으며 폴리페놀이 식물체의 항산화성에 주요한 역할을 할 수 있음을 보여주고 있다.

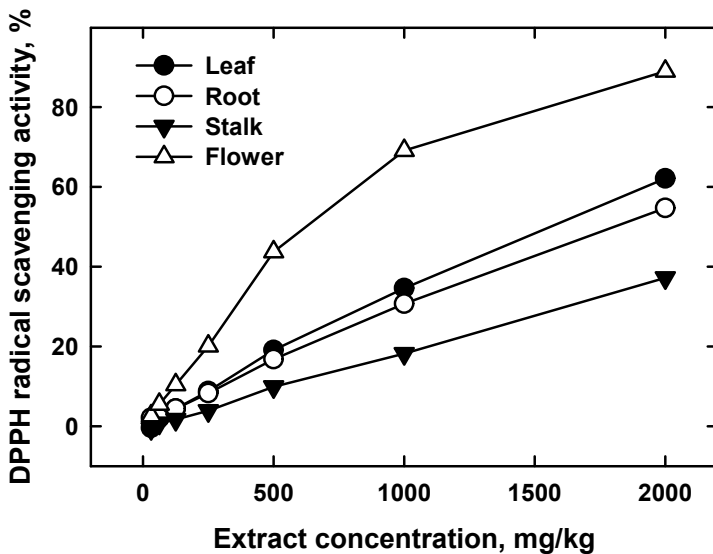


Fig. 82. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from the *Taraxacum officinale* plants grown under different plant parts.

④ Nitrite 소거능

한편, 민들레 부위별 메탄올 추출물 $1,000 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서 아질산염 소거능은 꽃대에서 70.1%로 가장 높았고 뿌리가 69.3%로 그 다음으로 높게 나타났고, 잎과 꽃은 가장 낮은 활성인 61.6과 56.5%로 나타나 유의성은 인정되지 않았고 앞의 DPPH 라디컬 소거능과는 다른 양상을 보였다(그림 83).

민들레의 생리활성은 민들레의 열수 및 에탄올 추출물이 항산화 활성(Shahidi 등, 1992), hydroxyl radical 소거 활성(Kang, 2001)을 가지고 있다는 보고가 있고, 특히 강 등(2002)은 민

들레 잎의 물추출물이 뿌리의 물추출물보다 지방산에 대한 과산화물 생성 저해율이 높았고, DPPH 라디칼, hydroxyl 라디칼, superoxide anion 라디칼 및 hydrogen peroxide에 대한 소거 활성 역시 매우 높은 것으로 보고한 바 있다.

또 다른 연구에서 한 등(2005)은 민들레(*T. mongolicum*) 각 분획물의 총 플라보노이드 함량을 측정하고 결과 *n*-butanol 분획에서 각각 27.75%로 다른 분획들보다 많이 함유하고 있었으며 위장 장애의 간접적인 요인이 될 수 있는 라디칼의 소거작용 및 활성산소로부터 세포막 보호에 대한 각 분획물의 시험에서도 *n*-butanol 분획물이 가장 우수한 효과를 나타내었으며 DPPH 라디칼 소거능의 SC₅₀ 값은 47 µg ml⁻¹이었다고 보고하였다.

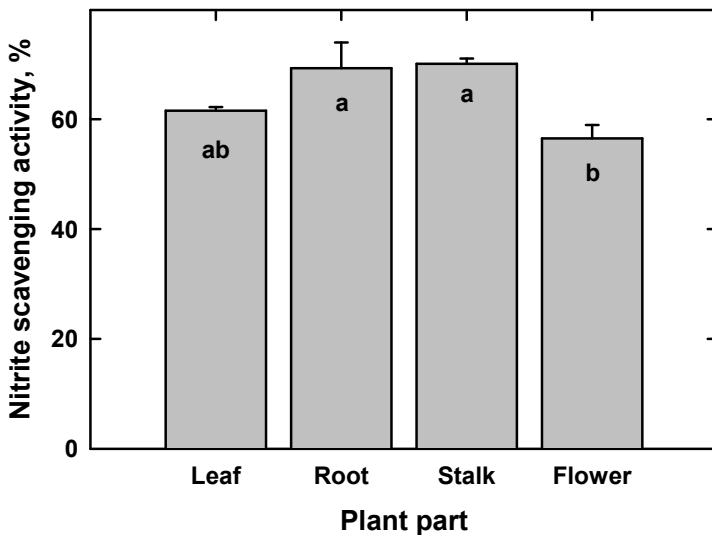


Fig. 83. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from the *Taraxacum officinale* plants grown under different plant parts.

⑤ 항암성

민들레 부위별 지상부의 폐암 세포주(CALU-6)에 대한 세포 생존율은 꽃 추출물에서 가장 낮았고(IC₅₀ 값 = 85.7 mg kg⁻¹), 그 다음으로 잎(IC₅₀ 값 = 251.3 mg kg⁻¹), 꽃대(IC₅₀ 값 = 284.5 mg kg⁻¹), 뿌리 추출물(IC₅₀ 값 = 775.4 mg kg⁻¹) 순으로 뿌리 추출물이 가장 높은 생존율을 보였다. 특히, 메탄올 추출물 400 mg kg⁻¹에서 각 부위별 세포 생존율은 꽃 추출물이 7.8%로 가장 낮았고 그 다음으로 잎(21.3%), 꽃대(32.9%), 뿌리(87.2%)로 나타났다. 이는 꽃 추출물이 가장 높은 세포독성을 보였고, 뿌리가 가장 낮은 것을 보여 준다(그림 84-A).

한편, 민들레 부위별 지상부의 위암 세포주(SNU-601)에 대한 세포 생존율은 폐암 세포주보다 상대적으로 높은 경향으로 더 낮은 세포독성을 나타냈다. 하지만 부위별 차이는 앞의 폐암 세포주의 결과와 유사한 경향이였다. 즉, 꽃 추출물에서 역시 가장 낮은 세포 생존율(IC₅₀ 값 = 311.4 mg kg⁻¹)을 보였고, 그 다음으로 잎(IC₅₀ 값 = 369.1 mg kg⁻¹), 꽃대(IC₅₀ 값 = 551.3 mg kg⁻¹), 뿌리 추출물(IC₅₀ 값 = 731.4 mg kg⁻¹) 순으로 뿌리 추출물이 가장 높은 생존율을 보였다. 특히, 메탄올 추출물 400 mg kg⁻¹에서 각 부위별 세포 생존율은 꽃 추출물이 34.2%로 가장 낮

있고 그 다음으로 잎(42.3%), 꽃대(69.8%), 뿌리(87.6%)로 나타났다. 이는 세포독성이 꽃 추출물에서 가장 높고, 뿌리에서 가장 낮은 것을 보여 준다(그림 84-B).

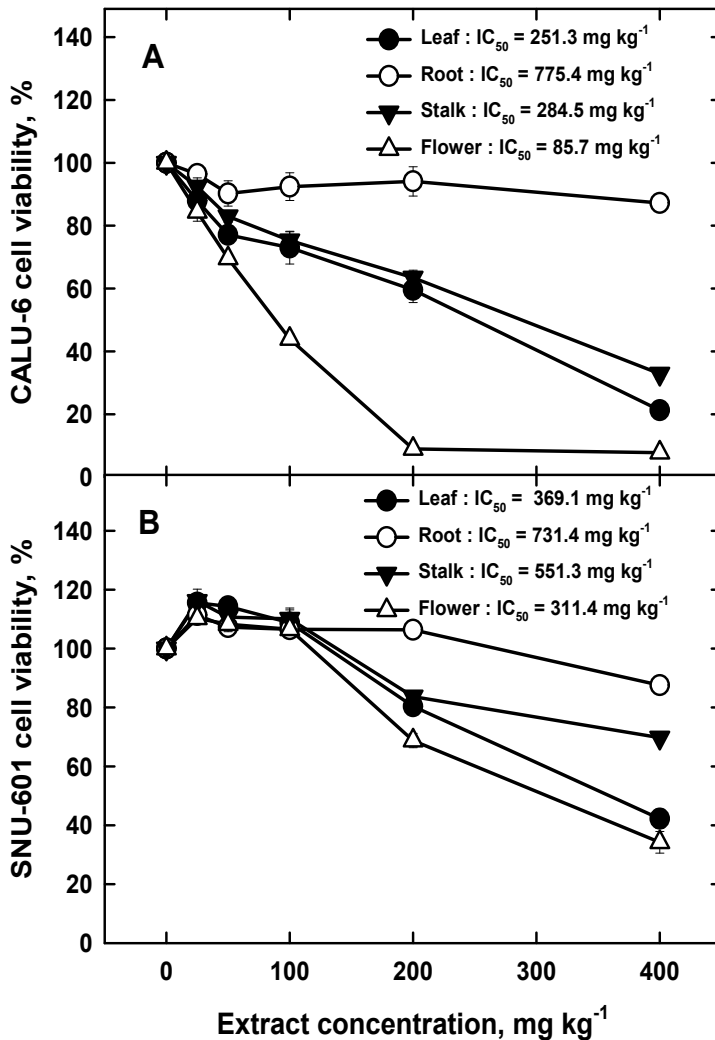


Fig. 84. Cytotoxic effect of methanol extracts from different plant parts of *Taraxacum officinale* on human cancer cell lines, CALU-6 for human pulmonary carcinoma (A) and SNU-601 for human gastric carcinoma (B).

(나) 재배 지형별 민들레의 생리활성물질 및 기능성

① 총 페놀 함량

서식장소의 지형에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과, 지상부(51.4 ~ 52.2 mg kg⁻¹)가 지하부(21.8 ~ 32.2 mg kg⁻¹)보다 높게 나타났다. 한편, 지상부는 평야지 오산, 산간지 양구, 해안가 법성 지역이 각각 52.2, 51.8, 51.4 mg kg⁻¹로 나타나 지형별 유의적인 차이를 보이지 않았다. 지하부는 산간지 양구와 해안가 법성이 각각 31.6과 32.2 mg kg⁻¹로 평야지 오산(21.8 mg kg⁻¹)보다 높게 나타났다(그림 85).

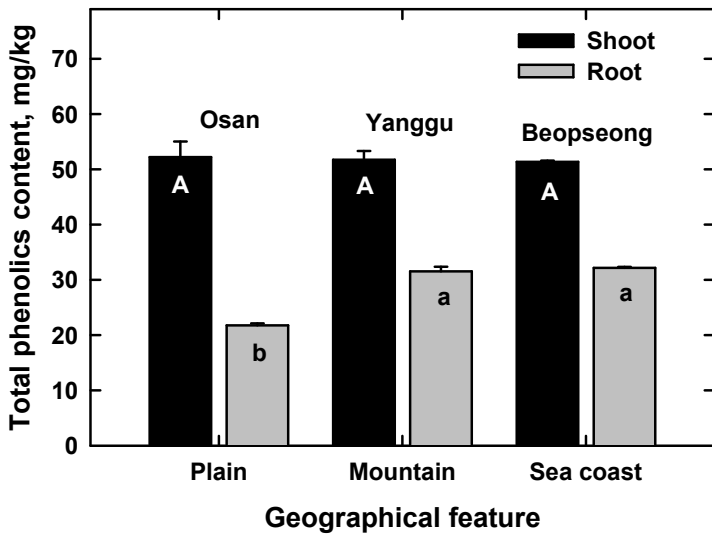


Fig. 85. Total phenolics contents (chlorogenic acid) of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different geographical features.

② 총 플라보노이드 함량

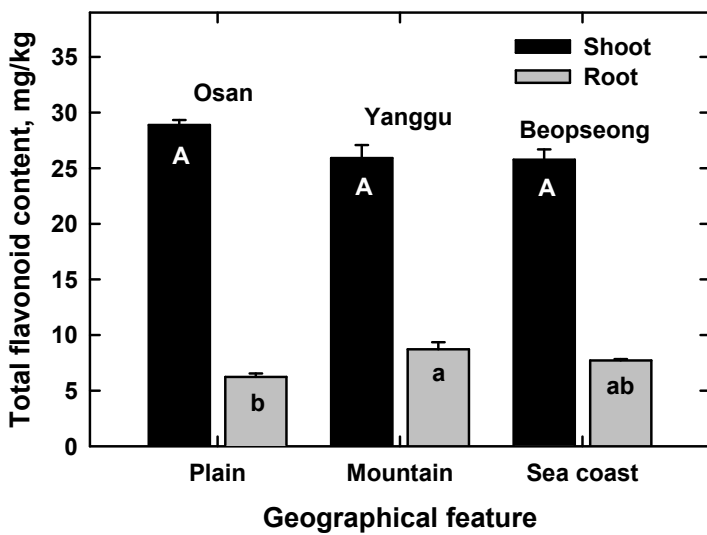


Fig. 86. Total flavonoid contents of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different geographical features.

서식장소의 지형에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과, 지상부(25.8 ~ 28.9 mg kg⁻¹)가 지하부(6.2 ~ 8.7 mg kg⁻¹)보다 높게 나타났다. 한편, 지상부는 평야지 오산, 산간지 양구, 해안가 법성 지역이 각각 28.9, 25.9, 25.8 mg kg⁻¹로 나타나 지형별

유의적인 차이를 보이지 않았다. 지하부는 산간지 양구가 8.7 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났으며, 평야지 오산이 6.2 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다(그림 86).

③ DPPH radical-scavenging activity

민들레 지형별 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 2,000 mg kg⁻¹에서 측정한 결과, 지상부(46.9 ~ 71.3%)보다 지하부(65.6 ~ 90.5%)가 높게 나타났다. 한편, 지하부 추출물은 산간지, 해안가, 평야지 순으로 각각 90.5, 77.5, 65.6%를 나타냈고, 지상부 추출물은 평야지, 산간지, 해안가 순으로 각각 71.3, 65.8, 46.9%로 나타나 지상부보다 지하부가 높은 활성을 보였다(그림 87).

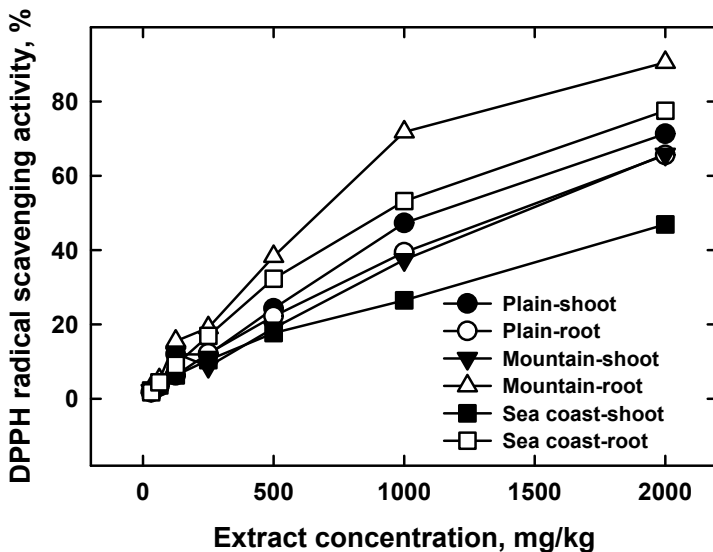


Fig. 87. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from the *Taraxacum officinale* plants grown under different geographical features.

④ Nitrite 소거능

서식장소의 지형에 따른 아질산염 소거능은 메탄올 추출물 1,000 mg kg⁻¹에서 지상부(60.5 ~ 63.8%)보다 지하부(72.2 ~ 74.2%)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 평야지 오산, 산간지 양구, 해안가 법성 지역이 각각 63.7, 60.5, 63.8%로 나타나 지형별 유의적인 차이를 보이지 않았다. 지하부 역시 평야지 오산, 산간지 양구, 해안가 법성 지역이 각각 74.2, 73.9, 72.2%로 나타나 지형별 유의적인 차이를 보이지 않았다(그림 88).

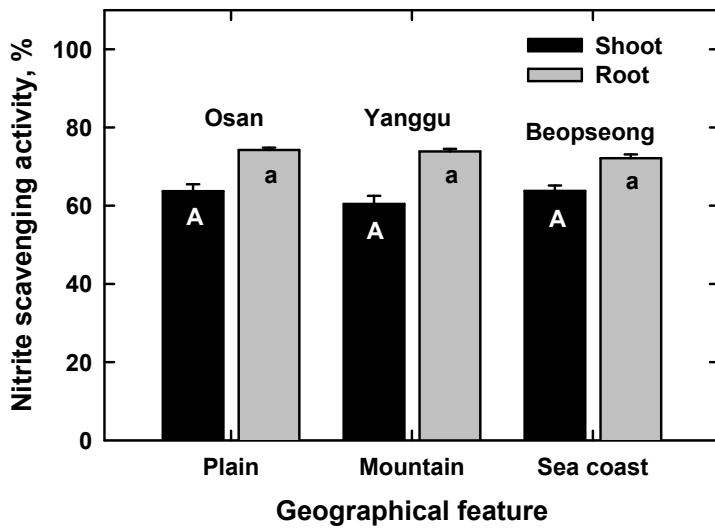


Fig. 88. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from the *Taraxacum officinale* plants grown under different geographical features.

(다) 오염지별 민들레의 생리활성물질 및 기능성

① 총 페놀 함량

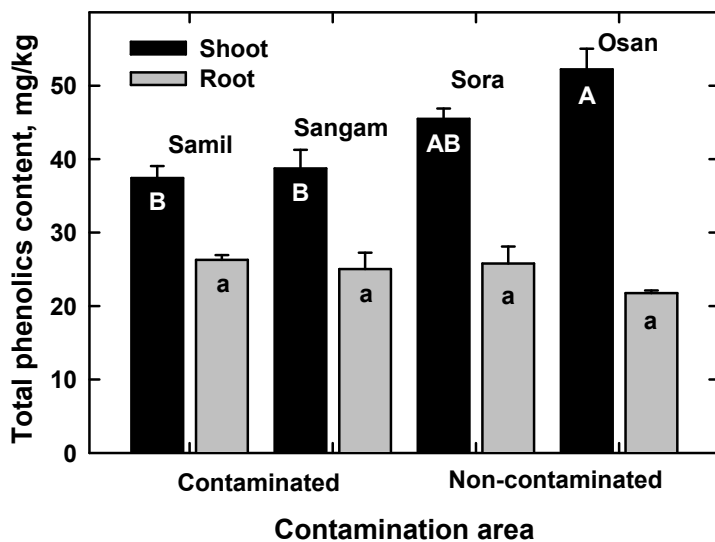


Fig. 89. Total phenolics contents (chlorogenic acid) of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different contamination areas.

오염지별 민들레의 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과, 지상부 (37.4 ~ 52.2 mg kg⁻¹)가 지하부(21.8 ~ 26.3 mg kg⁻¹)보다 높게 나타났다. 한편, 지상부는 비오염지인 오산과 소라가 각각 52.2와 45.5 mg kg⁻¹로 높게 나타났고, 오염지인 상암과 삼일이 각

각 38.7과 37.4 mg kg⁻¹로 낮게 나타났다. 지하부는 오염지인 삼일이 26.3 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났으나 오염지별 유의적인 차이는 없었다(그림 89).

② 총 플라보노이드 함량

오염지별 민들레의 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과, 지상부(14.8 ~ 28.9 mg kg⁻¹)가 지하부(5.7 ~ 10.1 mg kg⁻¹)보다 높게 나타났다. 지상부는 비오염지인 오산이 28.9 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났고, 다음으로 비오염지 소라, 오염지 삼일, 상암이 각각 7.4, 6.2, 5.7 mg kg⁻¹ 순으로 높게 나타났다. 지하부는 오염지인 상암이 10.1 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났고, 비오염지인 소라와 오산이 5.7과 6.2 mg kg⁻¹로 낮게 나타났다(그림 90).

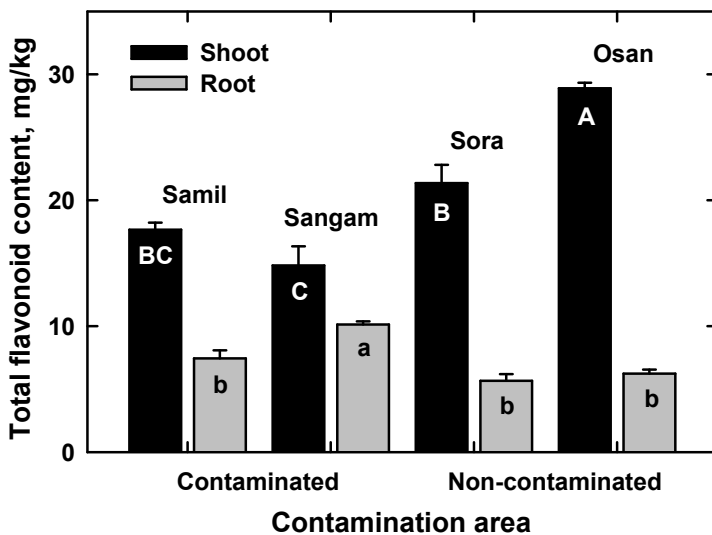


Fig. 90. Total flavonoid contents of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different contamination areas.

③ DPPH radical-scavenging activity

오염지별 민들레의 메탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 2,000 mg kg⁻¹에서 측정한 결과, 지상부(50.2 ~ 73.4%)보다 지하부(55.3 ~ 92.3%)가 높게 나타났다. 한편, 지하부 추출물은 오염지 상암이 92.3%로 가장 높게 나타났고, 다음으로 오염지 삼일, 비오염지 오산, 소라가 각각 82.0, 65.6, 55.3%를 나타냈고, 지상부 추출물은 오염지 상암, 비오염지 오산, 오염지 삼일 순으로 각각 73.4, 71.3, 70.6%로 높게 나타났고 비오염지 소라가 50.2%로 가장 낮게 나타났다(그림 91).

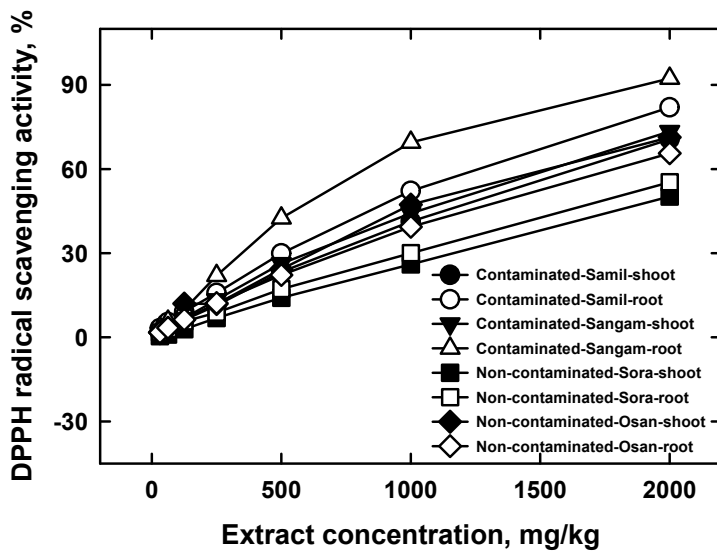


Fig. 91. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from the *Taraxacum officinale* plants grown under different contamination areas.

④ Nitrite 소거능

오염지별 민들레의 아질산염 소거능은 메탄올 추출물 1,000 mg kg⁻¹에서 지상부(59.3 ~ 65.8%)보다 지하부(70.4 ~ 74.2%)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 오염지 상압이 65.8%로 가장 높게 나타났으나 오염지별 유의적인 차이를 보이지 않았고, 지하부 역시 오염지별 유의적인 차이를 보이지 않았다(그림 92).

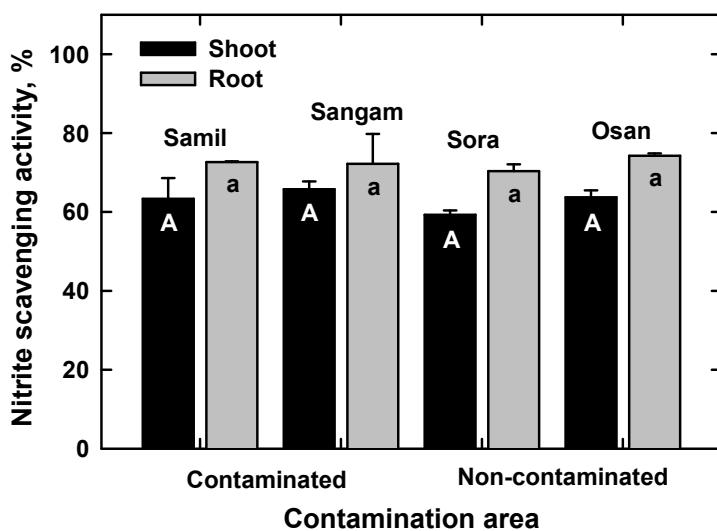


Fig. 92. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from the *Taraxacum officinale* plants grown under different contamination areas.

(라) 민들레 종류별 생리활성물질 및 기능성

① 폴리페놀 함량 및 개별 페놀산

Folin Denis방법에 따라 표준물질 chlorogenic acid를 근거로 분석된 민들레 부위별 1,000 mg kg⁻¹ 농도의 메탄올 추출물에 대한 총 페놀 함량이 정량되었다. 그 결과 지상부 추출물에서 함량이 50.2 ~ 76.8 mg kg⁻¹ 범위로 지하부 추출물 24.9 ~ 40.0 mg kg⁻¹ 범위보다 높게 나타났으며, 종별로는 민들레가 지상부 및 뿌리 추출물에서 각각 76.8와 40.0 mg kg⁻¹을 보여 다른 종보다 유의적으로 높게 나타났다(그림 93).

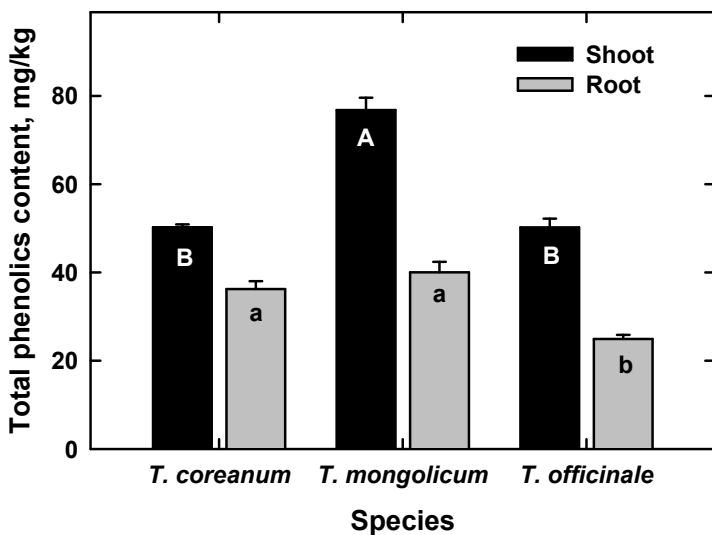


Fig. 93. Total phenolics content of methanol extracts from shoots and roots of *Taraxacum* species. Means of total phenolics content from shoots (upper case) and roots (lower case) with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 67. Contents of phenolic acids in methanol extracts of 4,000 ppm from leaves of different *Taraxacum* species.

Sample	Phenolic acids (ppm)										
	3HC*	CAF	CHL	FER	GAL	GEN	SAL	SYR	OCO	PCO	Total
<i>T. coreanum</i>	2.583	1.698	10.286	0.118	0.852	5.008	10.692	1.221	8.658	1.396	42.512
<i>T. mongolicum</i>	0.555	2.844	4.177	0.824	2.180	10.824	ND	1.074	9.834	17.786	50.098
<i>T. officinale</i>	0.263	ND**	6.925	ND	9.269	4.797	4.503	0.168	0.123	0.095	26.143

* 3HC: 3 hydroxycinnamic acid, CAF: caffeic acid, CHL: chlorogenic acid, FER: ferulic acid, GAL: gallic acid, GEN: Gentistic acid, SAL: salicylic acid, SYR: syringic acid, OCO: o coumaric acid, PCO: p coumaric acid. ** ND: No detected.

한편, 흰민들레, 민들레, 서양민들레의 개별 페놀산 함량은 총량으로 각각 42.5, 50.1, 26.1 mg kg⁻¹로서 민들레가 가장 높았고, 흰민들레, 서양민들레 순으로 나타났다(표 67). 개별 페놀산의 함량은 종별로 달리 나타났는데 흰민들레에서는 salicylic acid와 chlorogenic acid가 각각 10.7과 10.3 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고, 민들레는 p-coumaric acid와 gentistic acid가 각각 17.8과 10.8 mg kg⁻¹로 나타났고, 서양민들레는 gallic acid와 chlorogenic acid가 각각 9.3과 6.9 mg kg⁻¹로 높은 함량을 보였다(표 67).

② 총 플라보노이드 함량 및 개별 플라보노이드 함량

Naringin을 표준물질로 분석한 총 플라보노이드 함량은 6.5 ~ 36.4 mg kg⁻¹ 범위로 총 페놀 함량(24.9 ~ 76.8 mg kg⁻¹)보다 훨씬 낮은 함량을 보였으나 지하부보다는 지상부가 높은 함량을 보였고 종간에는 민들레가 36.4 mg kg⁻¹로 다른 두 종보다 유의적으로 높았고, 뿌리에서는 6.5 ~ 7.3 mg kg⁻¹ 범위로 보였으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다(그림 94).

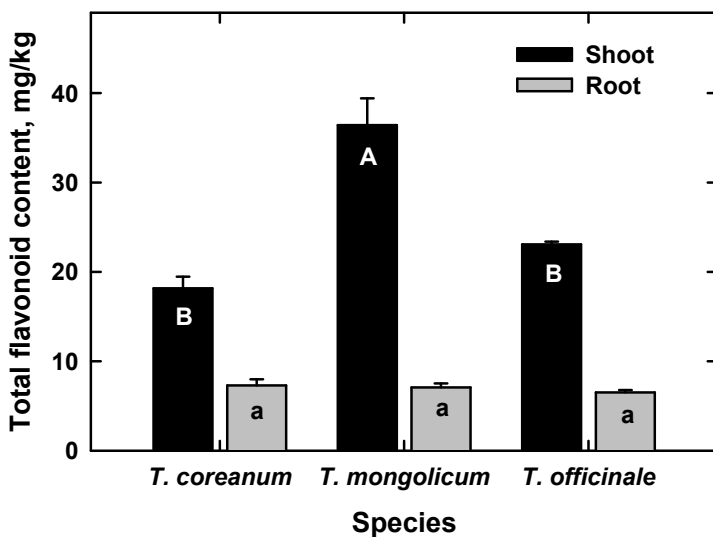


Fig. 94. Total flavonoid content of methanol extracts from shoots and roots of *Taraxacum* species. Means of total flavonoid content from shoots (upper case) and roots (lower case) of *Taraxacum* species with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

민들레, 흰민들레, 서양민들레의 개별 플라보노이드 함량은 총량으로 각각 4.6, 2.2, 3.0 mg kg⁻¹로서 민들레가 가장 높았고, 서양민들레, 흰민들레 순으로 나타났다(표 68). 종별로 민들레에서는 quercetin dihydrate가 2.77 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 흰민들레에서는 quercetin dihydrate가 1.36 mg kg⁻¹이었고, 서양민들레에서는 naringin이 각각 1.8 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다(표 68).

이와 같은 함량 수치는 고 등(2008)의 결과 보다는 낮은 함량인 것으로 나타났다. 그들은 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량 추출방법 연구에서 최적 추출조건은 추출온도 83.77±1.07 °C, 시료에 대한 용매비 20.85±0.24 ml/g, 추출시간 1.59±0.12 hr이었고 이때 예측된 수율은 38.98%, 총 폴리페놀 함량은 74.28 µg/mg, 총 플라보노이드 함량은 74.00 µg/mg이었으며, DPPH

라디컬, ABTS 라디컬, superoxide 라디컬 소거활성(IC₅₀)의 예측 특성값은 각각 0.14 mg/ml, 3.24 mg/ml, 2.49 mg/ml로 나타났다고 한 바 있다.

Table 68. Contents of flavonoids in methanol extracts of 4,000 ppm from leaves of different *Taraxacum* species.

Sample	Flavonoids (ppm)			
	Naringin	Quercetin dihydrate	Rutin	Total
<i>T. coreanum</i>	ND*	1.356	0.863	2.219
<i>T. mongolicum</i>	1.178	2.774	0.668	4.620
<i>T. officinale</i>	1.804	0.904	0.324	3.032

* ND: No detected.

③ 항산화성: DPPH radical-scavenging activity

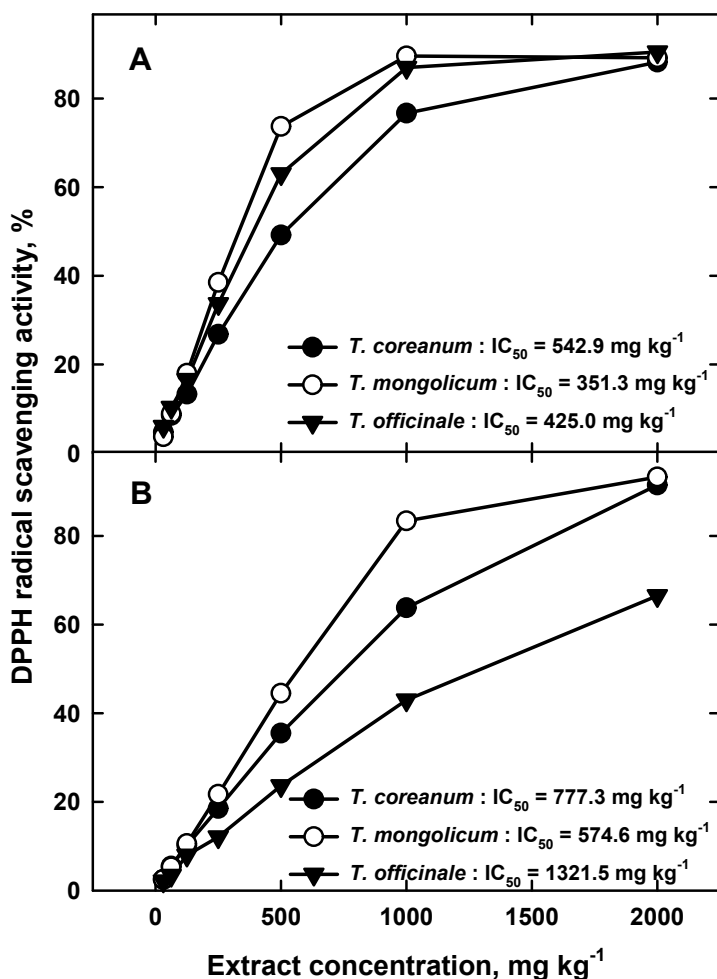


Fig. 95. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from shoots (A) and roots (B) of *Taraxacum* species.

지상부 추출물에서 DPPH 라디칼 소거능은 민들레, 서양민들레, 흰민들레 순으로 IC₅₀값이 각각 351.3, 425.0, 542.9 mg kg⁻¹로 민들레가 가장 높았고(그림 95-A), 뿌리 추출물에서도 민들레, 흰민들레, 서양민들레 순으로 IC₅₀값이 각각 574.6, 777.3, 1,321.5 mg kg⁻¹로 민들레가 가장 높은 활성을 보였다(그림 95-B). 특히, 지상부 추출물 1,000 mg kg⁻¹에서 민들레 추출물이 89.6%의 소거능을 보여 가장 높았고(그림 95-A), 지하부 추출물에서 민들레가 83.4% 소거능을 보여 다른 두 종보다 높은 활성을 보였다(그림 95-B).

따라서 민들레 종류별 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 HPLC로 분석한 결과 앞의 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량의 결과와 유사한 경향으로 나타나(Sun 등, 2002), Zhou와 Yu(2006)이 보고하였듯이 공시된 채소 추출물의 페놀 함량은 DPPH 라디칼 소거능과 상관관계가 있다고 보고한 바 있으며 폴리페놀이 식물체의 항산화성에 주요한 역할을 할 수 있음을 보여주고 있다.

④ 항산화성: Nitrite 소거능

한편, 종별 민들레의 아질산염 소거능은 흰민들레, 민들레, 서양민들레 모두에서 활성이 비슷하고 유의성도 인정되지 않았다. 지상부 추출물 1,000 mg kg⁻¹에서 각각 61.0, 72.1, 61.3% 소거능을 보여 민들레가 비교적 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 또한 지하부 추출물의 경우도 각각 69.6, 70.8, 71.9% 소거능을 보여 종간의 유의성은 인정되지 않았다. 또한 지상부와 뿌리 추출물간의 활성 차이는 없는 것으로 나타났다(그림 96).

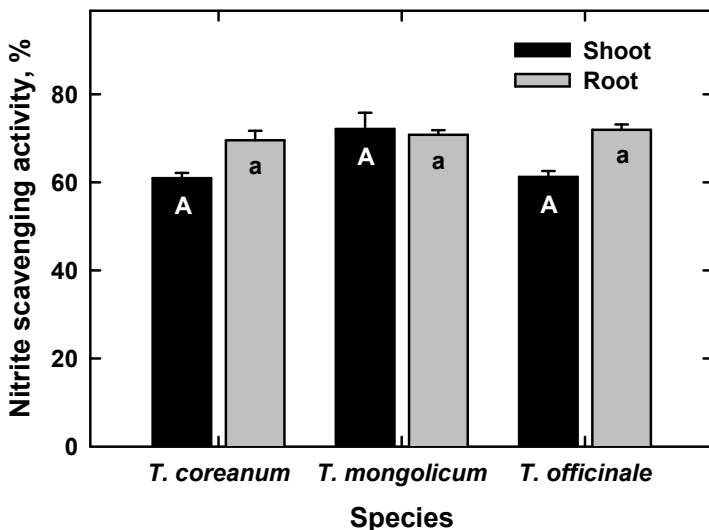


Fig. 96. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from shoots and roots of *Taraxacum* species. Means of nitrite scavenging activity of methanol extracts from shoots (upper case) and roots (lower case) of *Taraxacum* species with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

민들레의 생리활성은 민들레의 열수 및 에탄올 추출물이 항산화 활성(Shahidi 등, 1992), hydroxyl radical 소거 활성(Kang, 2001)을 가지고 있다는 보고가 있고, 특히 강 등(2002)은 민들레 잎의 물추출물이 뿌리의 물추출물보다 지방산에 대한 과산화물 생성 저해율이 높았고, DPPH radical, hydroxyl radical, superoxide anion radical 및 hydrogen peroxid에 대한 소거 활성 역시 매우 높은 것으로 보고한 바 있다.

또 다른 연구에서 한 등(2005)은 민들레(*T. mongolicum*) 각 분획물의 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과 n-butanol 분획에서 각각 27.75%로 다른 분획들보다 많이 함유하고 있었으며 위장 장애의 간접적인 요인이 될 수 있는 라디칼 소거작용 및 활성산소로부터 세포막 보호에 대한 각 분획물의 시험에서도 n-butanol 분획물이 가장 우수한 효과를 나타내었으며 DPPH 라디칼 소거능의 SC_{50} 값은 $47 \mu\text{g}/\text{ml}$ 이었다고 보고하였다.

⑤ 항암성

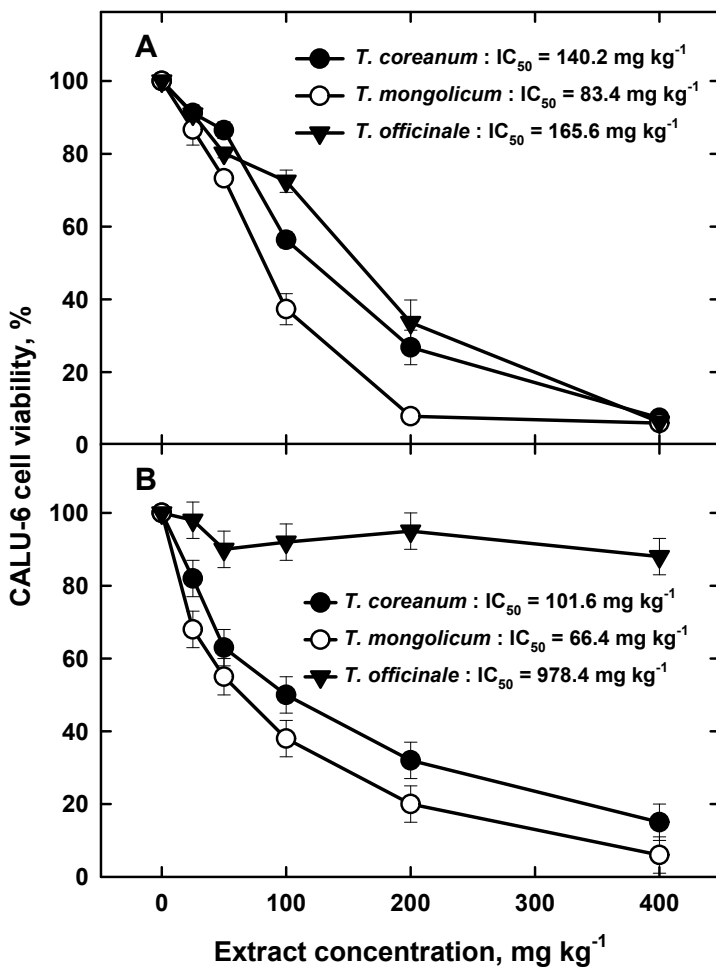


Fig. 97. Cytotoxic effect of shoot (A) and root (B) extracts from different *Taraxacum* species on a human cancer cell line, CALU-6 for human pulmonary carcinoma.

민들레 종류별 지상부의 폐암 세포주(CALU-6)에 대한 세포 생존율은 민들레 추출물에서 가장 낮았고(IC_{50} 값 = 83.4 mg kg^{-1}), 그 다음으로 흰민들레(IC_{50} 값 = 140.2 mg kg^{-1}), 서양민들레(IC_{50} 값 = 165.6 mg kg^{-1}) 순으로 높은 생존율을 보였다. 특히, 메탄올 추출물 200 mg kg^{-1} 에서 각 종류별 세포 생존율은 민들레 추출물이 7.9%로 가장 낮았고 그 다음으로 흰민들레(26.8%), 서양민들레(33.6%)로 나타났다. 이는 민들레 추출물이 가장 높은 항암활성을 보였고, 서양민들레가 가장 낮은 것을 보여 준다(그림 97-A).

한편, 뿌리의 폐암 세포주(CALU-6)에 대한 세포 생존율은 지상부보다 높은 경향으로 민들레 추출물에서 역시 가장 낮았고(IC_{50} 값 = 66.4 mg kg^{-1}), 그 다음으로 흰민들레(IC_{50} 값 = 101.6 mg kg^{-1}), 서양민들레(IC_{50} 값 = 978.4 mg kg^{-1}) 순으로 생존율을 나타냈다. 메탄올 추출물 400 mg kg^{-1} 에서 각 종류별 세포 생존율은 민들레 추출물이 6.0%로 가장 낮았고 그 다음으로 흰민들레(15.0%), 서양민들레(88.0%)로 나타났다. 이는 민들레 추출물이 가장 높은 항암활성을 나타낼 수 있었다(그림 97-B).

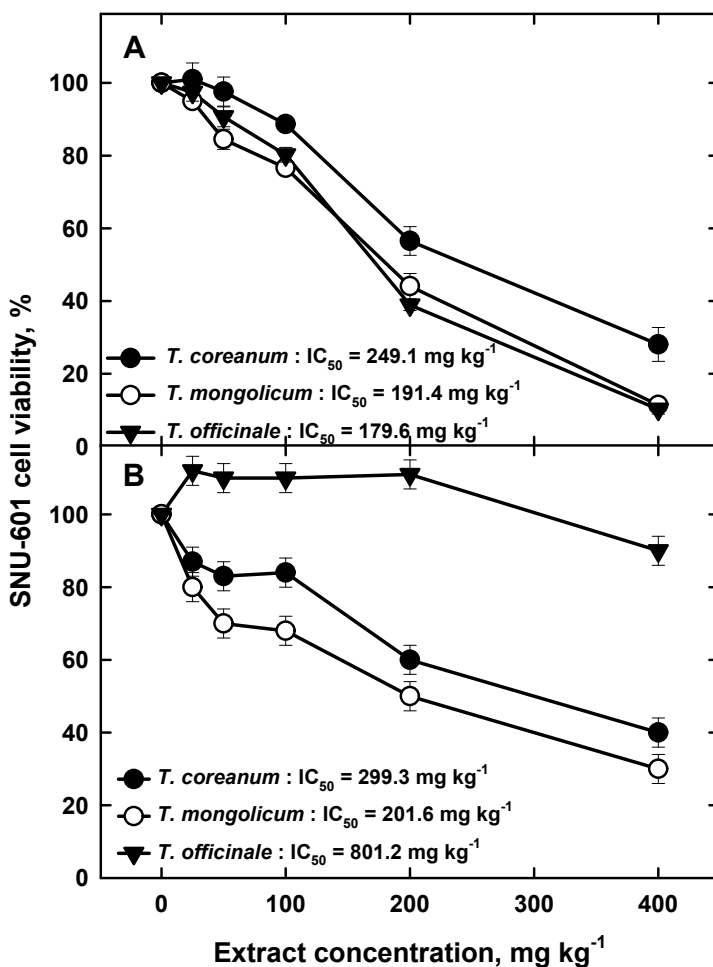


Fig. 98. Cytotoxic effect of shoot (A) and root (B) extracts from different *Taraxacum* species on a human cancer cell line, SNU-601 for human gastric carcinoma.

민들레 종별 지상부 추출물의 위암 세포주(SNU-601)에 대한 세포 생존율은 폐암 세포주에 비해 상대적으로 높은 경향으로 더 낮은 항암활성을 나타냈다. 서양민들레 추출물에서 가장 낮은 세포 생존율(IC₅₀값 = 179.6 mg kg⁻¹)을 보였고, 그 다음으로 민들레(IC₅₀값 = 191.4 mg kg⁻¹), 흰민들레(IC₅₀값 = 249.1 mg kg⁻¹) 순으로 흰민들레 추출물에서 가장 높은 생존율을 보였다. 특히, 메탄올 추출물 200 mg kg⁻¹에서 각 종류별 세포 생존율은 서양민들레 추출물이 38.9%로 가장 낮아 항암활성이 서양민들레 추출물에서 가장 높은 것으로 나타났다(그림 98-A).

민들레 종류별 뿌리 추출물의 위암 세포주(SNU-601)에 대한 세포 생존율은 민들레 추출물에서 가장 낮은 세포 생존율(IC₅₀값 = 201.6 mg kg⁻¹)을 보였고, 그 다음으로 흰민들레(IC₅₀값 = 299.8 mg kg⁻¹), 서양민들레(IC₅₀값 = 801.2 mg kg⁻¹) 순으로 서양민들레 추출물에서 가장 높은 생존율을 보였다. 이는 민들레 추출물이 가장 높은 항암활성을 보여준 것으로 나타났다(그림 98-B).

다른 연구에서도 민들레의 열수 추출물을 이용하여 항종양 효과(Baba 등, 1981; Kotobuki 등, 1965)가 구명하였으며, Takasaki 등(1999a, 1999b)은 일반적인 항암활성을 보고하였고, 특히 또 다른 연구에서는 sarcoma 180 고형암에 대해서도 강력한 항암 활성을 지닌다(Kim, 1995)고 알려져 있다.

각 성분과 생리활성 항목간의 상관관계에 있어서 총 페놀 함량과 항산화 활성 또는 세포독성 항목간의 상관관계는 r²= 0.0097 ~ 0.6213으로써 총 플라보노이드 함량과 항산화 활성 또는 항암 활성 항목간 상관관계 r²= 0.0027 ~ 0.4627 보다 다소 높게 나타났다. 특히, 항목 중 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량 간에는 r²=0.9050로 가장 높은 상관관계를 보였고, 총 페놀 함량과 폐암 세포주(CALU-6)와 위암 세포주(SNU-601) 세포독성 간에 각각 r²=0.4074와 r²=0.6213으로 비교적 높은 상관관계를 보였고, 그 다음이 총 플라보노이드 함량과 위암 세포주(SNU-601) 세포독성 간에 r²=0.4627로 높게 나타났다(표 69). 이들 결과는 생리활성물질 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량이 항산화성보다는 항암성에 더 연관성이 높음을 보여 준 것으로 해석된다.

Table 69. Correlation coefficients among physiological-active components and their activities of methanol extracts from different *Taraxacum* species.

	TP*	TF	DPPH	NSA	CALU	SNU
TP	1.0000	0.9050	0.0124	0.0097	0.4074	0.6213
TF		1.0000	0.0027	0.0299	0.2060	0.4627
DPPH			1.0000	0.6057	0.0266	0.0104
NSA				1.0000	0.1609	0.1823
CALU					1.0000	0.8944
SNU						1.0000

* Total phenolics content (TP), total flavonoids content (TF), DPPH radical scavenging activity (DPPH), nitrite scavenging activity (NSA), cytotoxicities on CALU-6 (CALU) and SNU-601 (SNU) in the different *Taraxacum* species. P-values of <0.05 were considered significant.

(마) 민들레 채취시기별 생리활성물질 및 기능성

① 총 페놀 함량

수집시기에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부

(23.4 ~ 28.0 mg kg⁻¹)보다는 지상부(44.4 ~ 114.7 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났다. 한편, 수집시기 차이는 지상부는 3월에 수집한 것이 가장 높은 함량을 보였으나 지하부는 수집시기간에 유의성은 없는 것으로 나타났다. 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 경향을 보였다(그림 99).

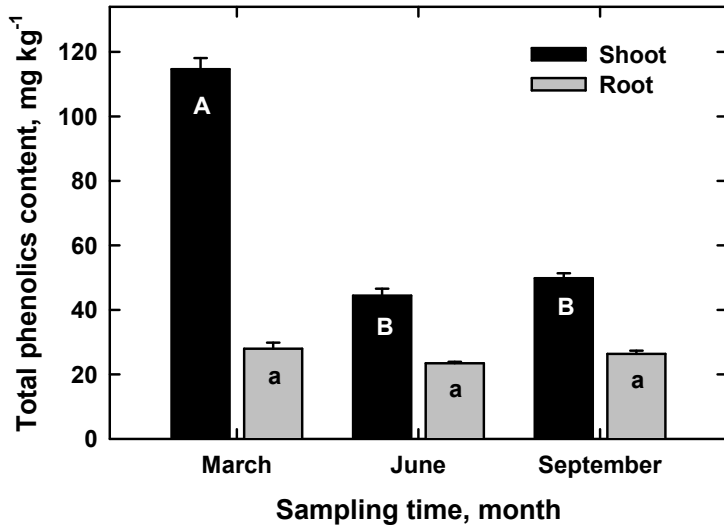


Fig. 99. Total phenolics contents (chlorogenic acid) of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different sampling time.

② 총 플라보노이드 함량

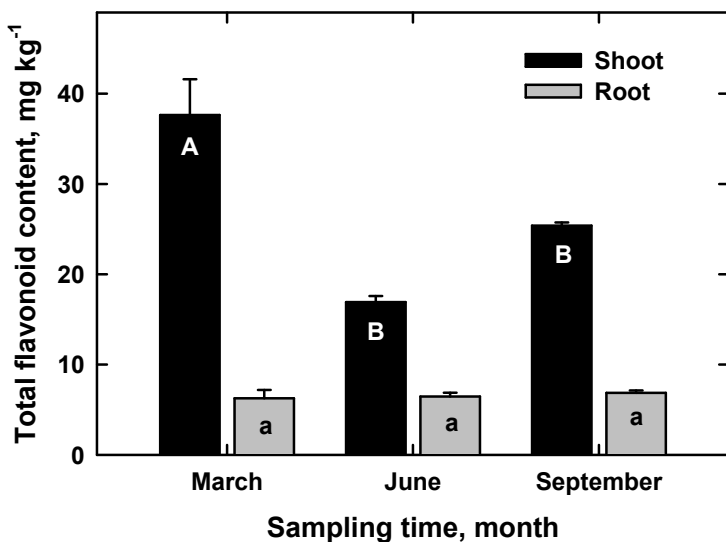


Fig. 100. Total flavonoid contents of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different sampling time (month).

수집시기에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(6.3 ~ 6.9 mg kg⁻¹)보다는 지상부(16.9 ~ 37.6 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났다. 한편, 수집시기 차이는 지상부는 3월에 수집한 것이 37.6 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 지하부는 수집시기 간에 유의성은 없는 것으로 나타났다(그림 100).

③ DPPH radical-scavenging activity

수집시기에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 2,000 mg kg⁻¹ 추출물 농도에서 지상부(62.4 ~ 88.4%)보다는 지하부(68.4 ~ 91.5%)가 더 높게 나타났고, 지상부와 지하부 모두 3월에 수집한 것이 각각 91.5와 88.4%로 6월과 9월에 수집한 것보다 높은 활성을 보였다(그림 101).

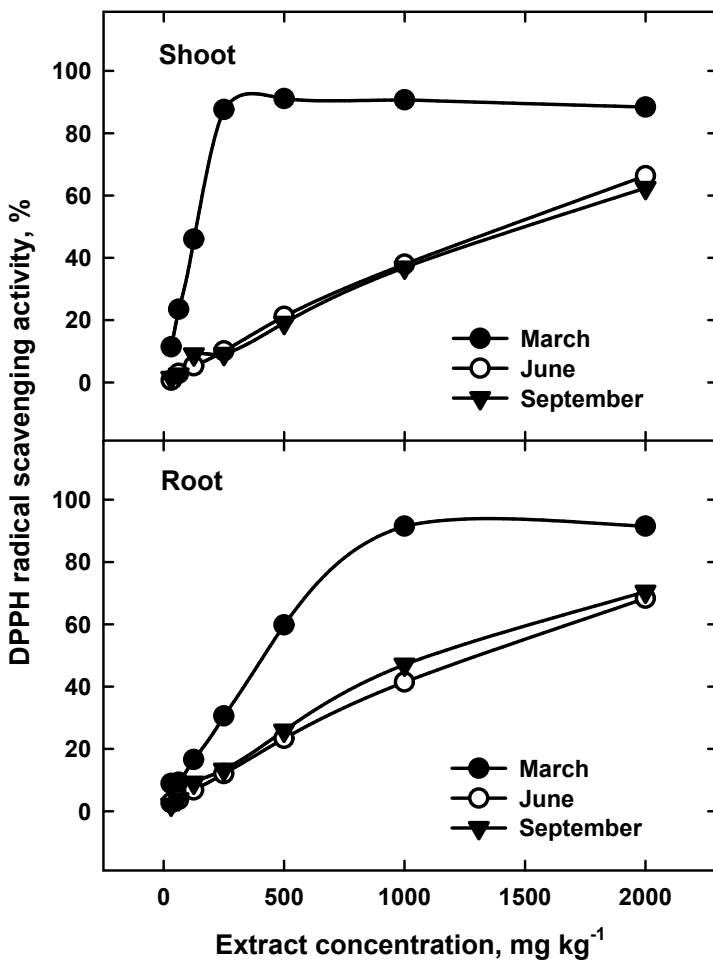


Fig. 101. DPPH radical scavenging activities of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different sampling time (month).

④ Nitrite 소거능

수집시기에 따른 아질산염 소거능은 메탄올 추출물 1,000 mg kg⁻¹에서 지상부(61.2 ~ 74.7%) 보다는 지하부(71.0 ~ 75.6%)가 약간 더 높게 나타났고, 수집시기는 지상부에서 3월 것이 74.7%로 유의적으로 높았으나 지하부는 유의성이 없는 것으로 나타났다(그림 102).

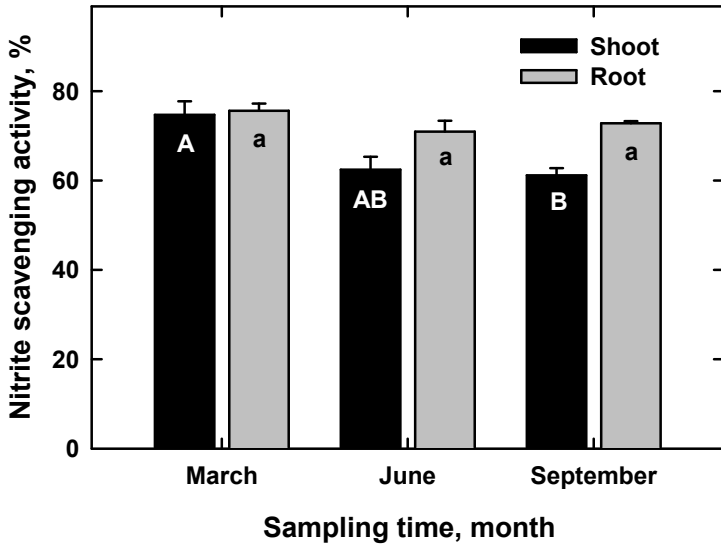


Fig. 102. Nitrite scavenging activities of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different sampling time (month).

(바) 용매분획별 민들레의 생리활성물질 및 기능성

① 폴리페놀 함량 및 개별 페놀산

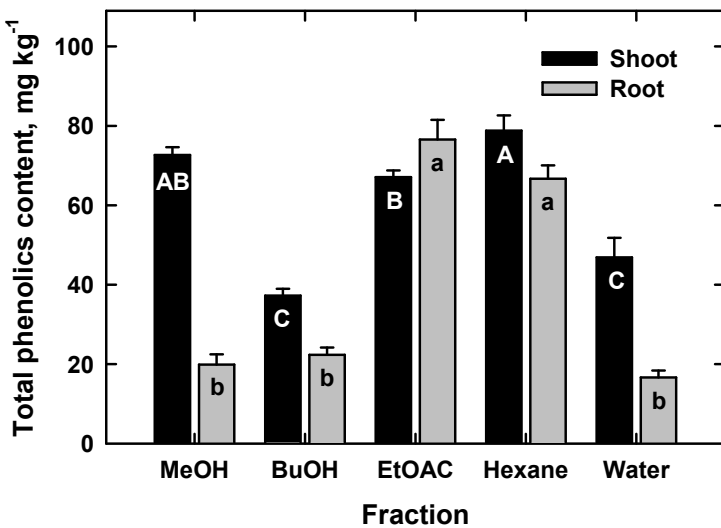


Fig. 103. Total phenolics contents (catechin) of various fractions from shoot and root parts of *Taraxacum officinale*

용매분획에 따른 총 페놀 함량을 catechin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(16.7 ~ 76.6 mg kg⁻¹)보다는 지상부(37.3 ~ 78.8 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 용매분획 차이는 지상부는 헥산층이 78.8 mg kg⁻¹, 지하부는 에틸아세테이트층이 76.6 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다(그림 103).

추출물 중에서는 메탄올 추출물이 가장 높은 함량의 개별페놀산이 검출되었으며 지상부가 19.3 mg kg⁻¹로 지하부 2.2 mg kg⁻¹보다 많았으며 지상부 중에서 분획별로는 부탄올 층에서 9.5 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 그 다음이 에틸아세테이트층, 헥산층, 물층 순으로 나타났다. 지하부에서는 에틸아세테이트층이 11.8 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 부탄올층, 물층, 헥산층 순으로 분포하였다. 한편, 가장 많이 함유된 페놀산은 지상부에서는 *p*-coumaric acid와 chlorogenic acid로 각각 9.0과 8.5 mg kg⁻¹이었고, 지하부에서 화합물별로는 *o*-coumaric acid와 chlorogenic acid로 각각 6.0과 5.8 mg kg⁻¹로 나타났다. 한편, gallic acid와 gentistic acid는 어느 용매분획에서도 검출되지 않았다(표 70).

Table 70. Contents of phenolic acids in various solvent fractions from *Taraxacum officinale* shoot and root parts.

Part	Fraction	Phenolic acids (ppm)										Total
		3HC	CAF	CHL	FER	GAL	GEN	SAL	SYR	OCO	PCO	
Shoot	MeOH	4.043	0.180	2.943	3.494	-	-	4.808	0.546	0.765	2.509	19.288
	BuOH	-	-	4.055	2.096	-	-	-	-	0.764	2.627	9.542
	EtOAC	-	0.732	1.454	0.591	-	-	-	-	0.280	3.503	6.560
	Hexane	-	-	-	0.595	-	-	1.283	-	0.145	-	2.023
	Water	-	-	-	-	-	-	0.150	0.358	0.145	0.405	1.058
	Total	4.043	0.912	8.452	6.776	0	0	6.241	0.904	2.099	9.044	38.471
Root	MeOH	-	-	0.763	0.544	-	-	0.369	-	0.132	0.400	2.208
	BuOH	-	-	2.572	0.550	-	-	0.254	-	0.125	-	3.501
	EtOAC	2.615	-	1.600	0.660	-	-	0.272	1.088	5.515	-	11.750
	Hexane	-	-	-	-	-	-	0.420	-	-	-	0.420
	Water	0.135	-	0.840	-	-	-	0.539	0.359	0.179	0.407	2.459
	Total	2.750	0	5.775	1.754	0	0	1.854	1.447	5.951	0.807	20.338

② 총 플라보노이드 함량 및 개별 플라보노이드 함량

용매분획에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(5.8 ~ 8.3 mg kg⁻¹)보다는 지상부(12.1 ~ 37.6 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 용매분획 차이는 지상부는 메탄올 추출물이 37.6 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 용매분획 중에서는 헥산층이 27.7 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다(그림 104).

개별 플라보노이드 함량을 측정한 결과, 총 함량에 있어서 지상부가 10.045 mg kg⁻¹로 지하부 4.351 mg kg⁻¹보다 많았으며 지상부에서 분획별로 함량은 부탄올층에서 4.836 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 지하부에서는 에틸아세테이트층이 1.202 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다. 지상부에서 rutin이, 지하부에서는 quercetin dihydrate가 가장 높은 함량을 보였다(표 71).

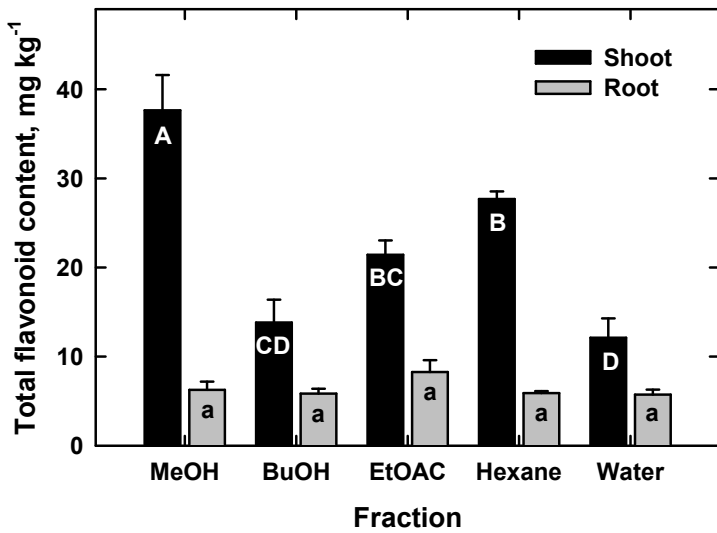


Fig. 104. Total flavonoid contents of various fractions from shoot and root parts of *Taraxacum officinale*.

Table 71. Contents of flavonoids in various solvent fractions from *Taraxacum officinale* shoot and root parts.

Part	Fraction	Flavonoids (ppm)			
		Naringin	Quercetin dihydrate	Rutin	Total
Shoot	MeOH	-	0.566	2.407	2.973
	BuOH	-	0.746	4.090	4.836
	EtOAC	-	0.784	0.313	1.097
	Hexane	-	0.590	-	0.590
	Water	-	0.549	-	0.549
	Total	0	3.235	6.81	10.045
Root	MeOH	-	0.547	0.112	0.659
	BuOH	-	0.737	0.249	0.986
	EtOAC	-	0.570	0.632	1.202
	Hexane	-	0.920	-	0.920
	Water	-	0.584	-	0.584
	Total	0	3.358	0.993	4.351

③ DPPH radical-scavenging activity

용매분획에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 1,000 mg kg⁻¹ 농도에서 지상부(30.4 ~ 92.4 mg kg⁻¹)보다는 지하부(36.3 ~ 91.5 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 헥산층(30.4 ~ 36.3 mg kg⁻¹)이 다른 용매분획에 비해 낮은 활성을 보였다(그림 105).

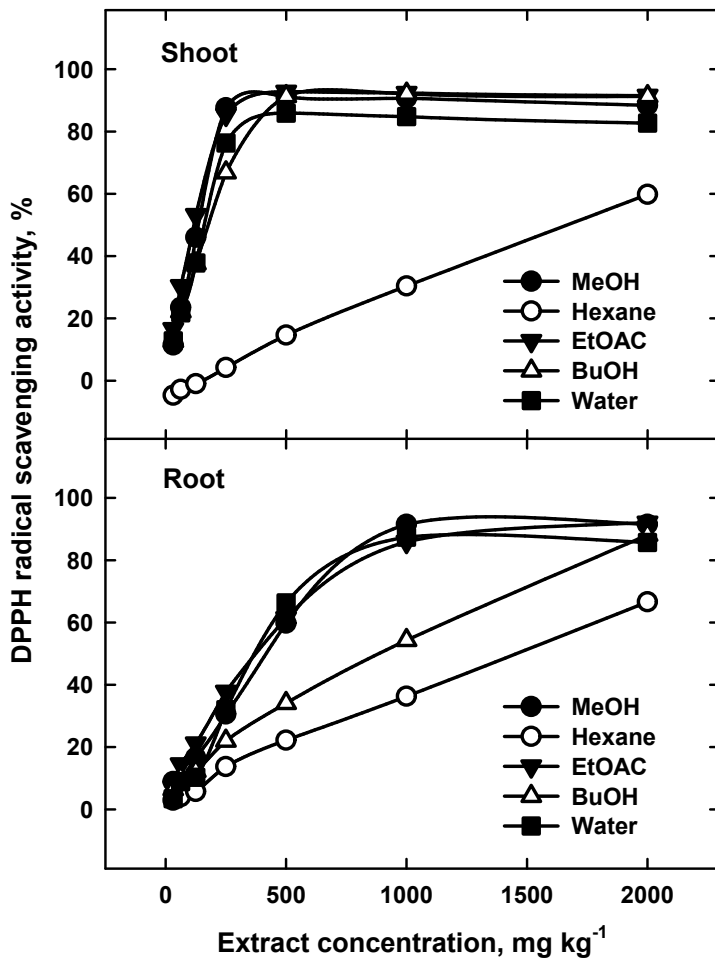


Fig. 105. DPPH radical scavenging activities of various fractions from shoot and root parts of *Taraxacum officinale*.

④ Nitrite 소거능

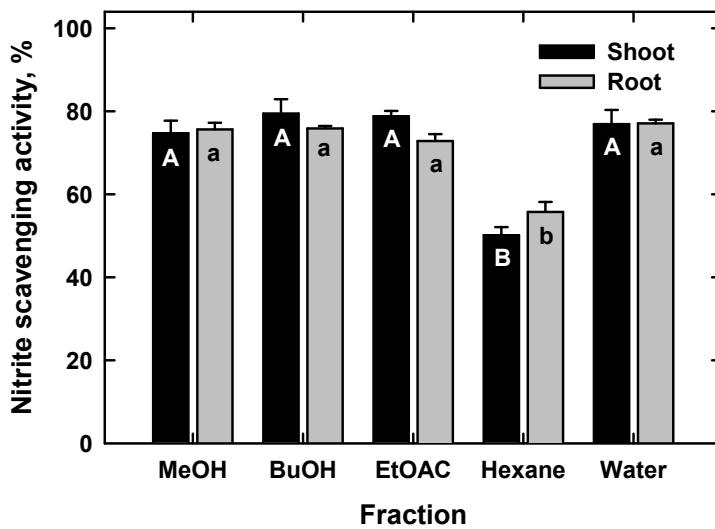


Fig. 106. Nitrite scavenging activities of various fractions from shoot and root parts of *Taraxacum officinale*.

용매분획에 따른 아질산염 소거능은 지하부(55.8 ~ 77.1 mg kg⁻¹)보다는 지상부(50.1 ~ 79.5 mg kg⁻¹)가 약간 더 높게 나타났고, 핵산층(50.1 ~ 55.8 mg kg⁻¹)이 다른 용매분획에 비해 특이하게 가장 낮은 활성을 보였다(그림 106).

(3) 제주지역 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(가) 제주 지역별 생리활성물질 및 기능성

① 총 페놀 함량

수집장소에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(27.3 ~ 47.5 mg kg⁻¹)보다는 지상부(51.9 ~ 73.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 수집장소별 차이는 지상부는 애월읍에서 수집한 것이 73.9 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 지하부는 조천읍에서 수집한 것이 47.5 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다. 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 경향을 보였다(그림 107).

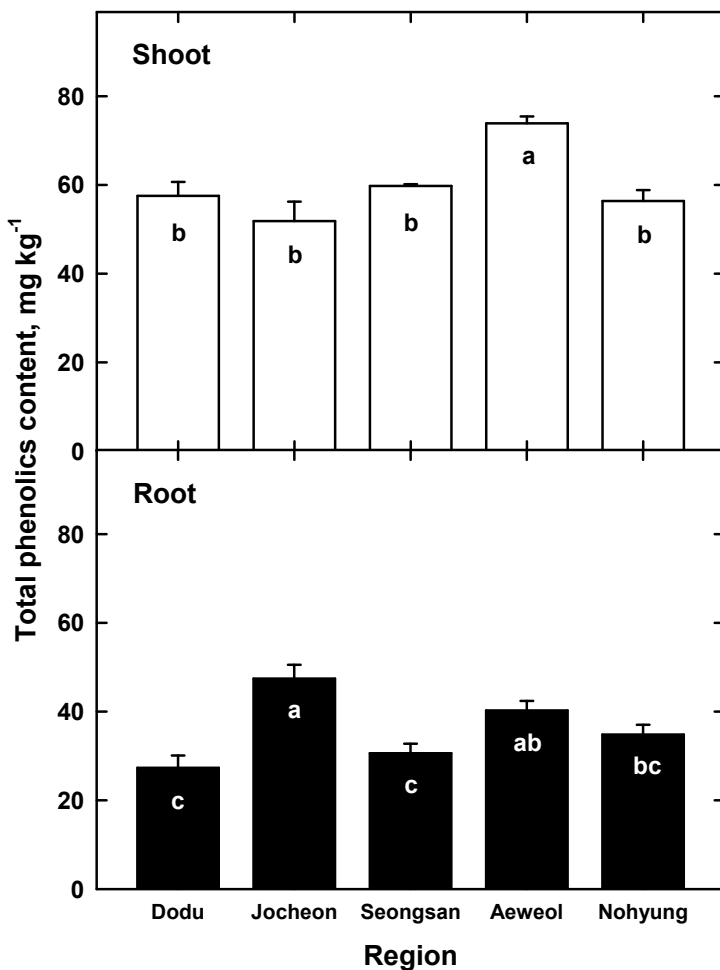


Fig. 107. Total phenolics contents (chlorogenic acid) of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different regions of Jeju island.

② 총 플라보노이드 함량

수집장소에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(6.1 ~ 7.7 mg kg⁻¹)보다는 지상부(18.5 ~ 35.3 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났으나 수집장소별 차이는 지상부는 애월읍에서 수집한 것이, 지하부는 조천읍과 성산읍에서 수집한 것이 가장 높게 나타났다(그림 108).

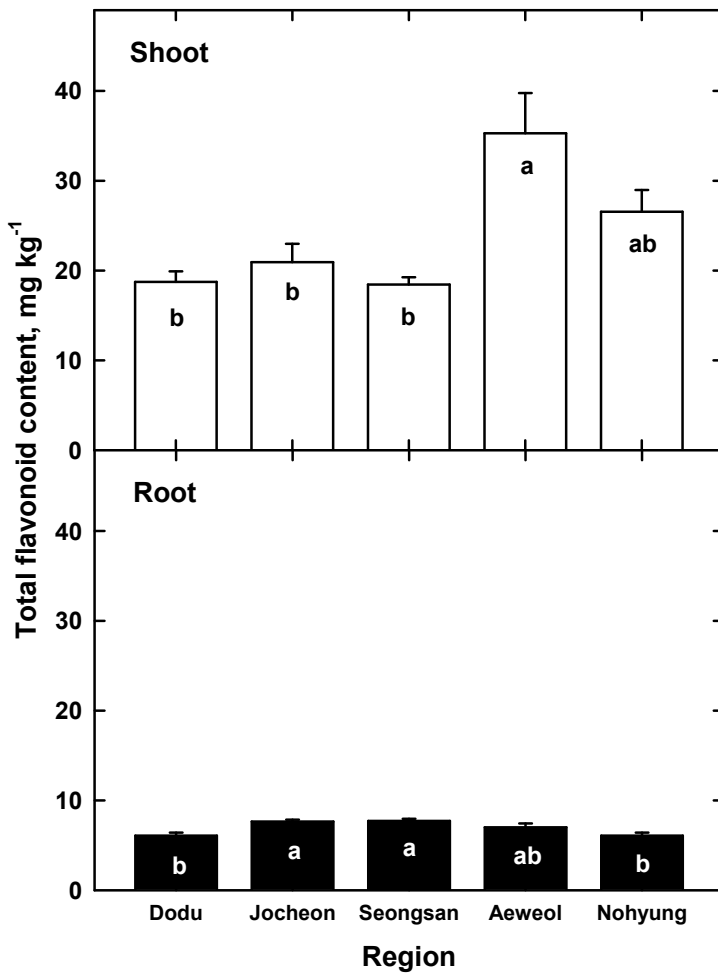


Fig. 108. Total flavonoid contents of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different regions of Jeju island.

③ DPPH radical scavenging activity

수집장소에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 2,000 mg kg⁻¹ 추출물 농도에서 지상부(87.4 ~ 90.2%)보다는 지하부(87.1 ~ 93.7%)가 높은 활성을 보였다. 지상부 추출물 500 mg kg⁻¹에서는 애월읍, 노형동, 조천읍에서 높은 활성을 보였고 지하부 추출물 1,000 mg kg⁻¹에서 성산읍, 조천읍, 애월읍에서 높은 활성을 보였다(그림 109).

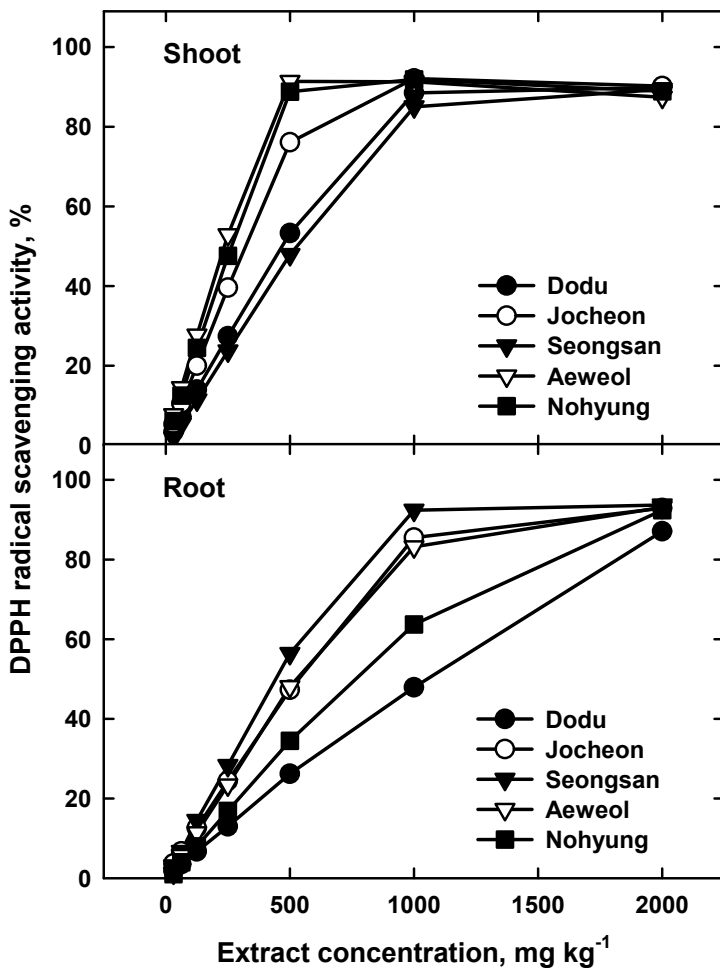


Fig. 109. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different regions of Jeju island.

④ Nitrite 소거능

수집장소에 따른 아질산염 소거능은 지상부(67.3 ~ 72.5%)와 지하부(66.8 ~ 69.8%) 모두 각각 유의성이 없는 것으로 나타났다(그림 110).

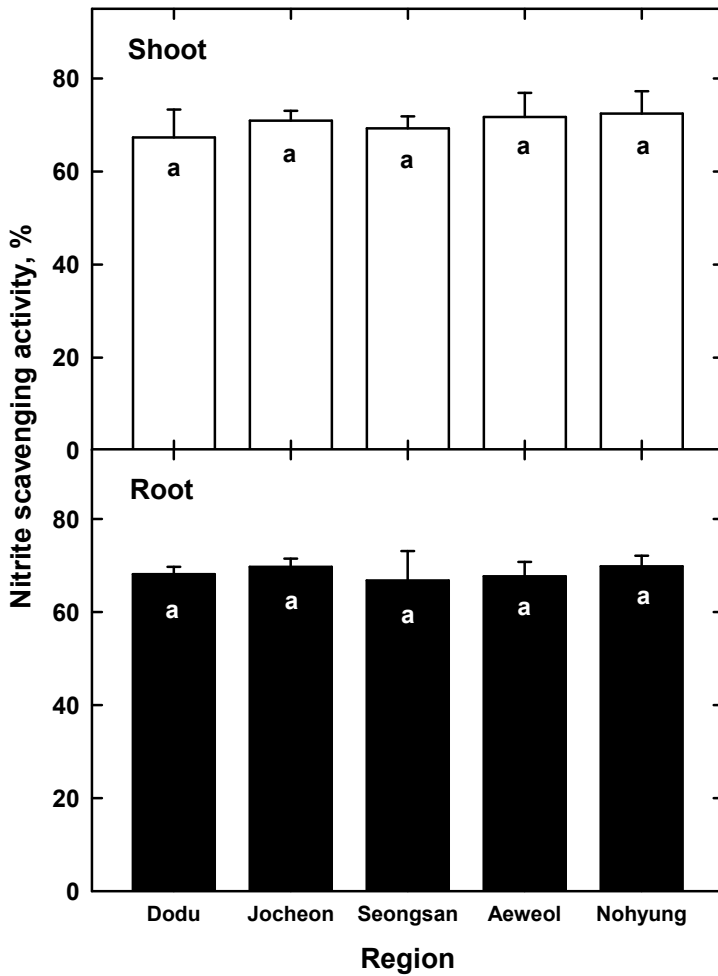


Fig. 110. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different regions of Jeju island.

(나) 제주 지형별 민들레 생리활성물질 및 기능성

① 총 페놀 함량

서식장소의 지형에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정된 결과 지하부(21.8 ~ 36.1 mg kg⁻¹)보다는 지상부(48.5 ~ 59.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 지상부와 지하부 모두에서 섬의 민들레가 각각 59.9와 36.1 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다(그림 111).

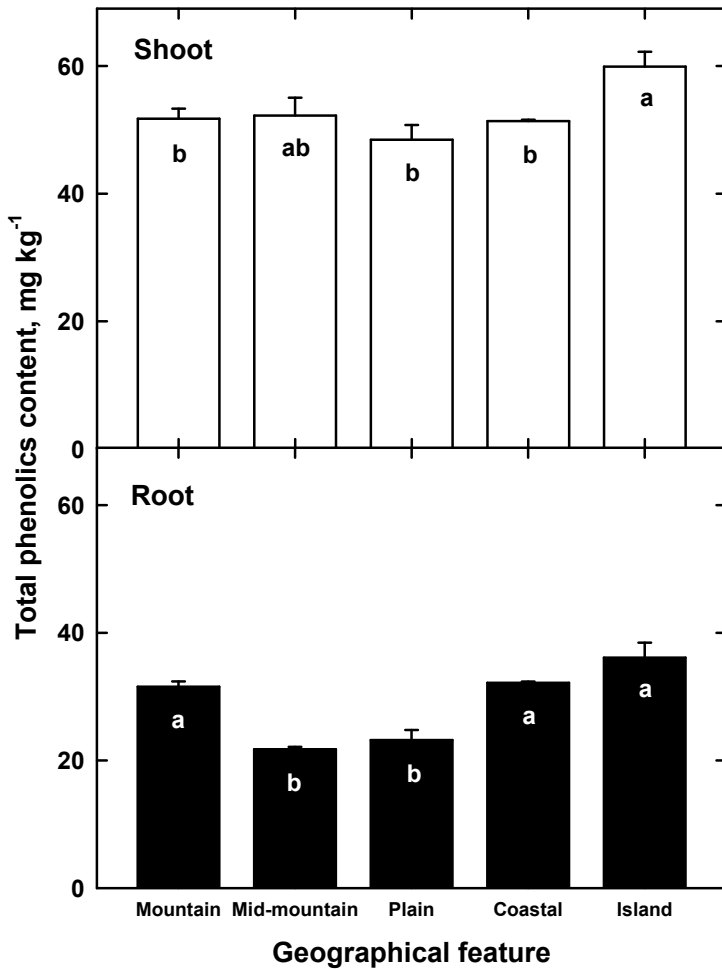


Fig. 111. Total phenolics contents (chlorogenic acid) of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different geographical features.

② 총 플라보노이드 함량

서식장소의 지형에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정된 결과 지하부(5.6 ~ 8.7 mg kg⁻¹)보다는 지상부(18.8 ~ 28.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 지상부에서 중산간지역의 민들레가 28.9 mg kg⁻¹, 지하부에서는 산간지역에서 8.7 mg kg⁻¹로 각각 높은 함량을 보였다(그림 112).

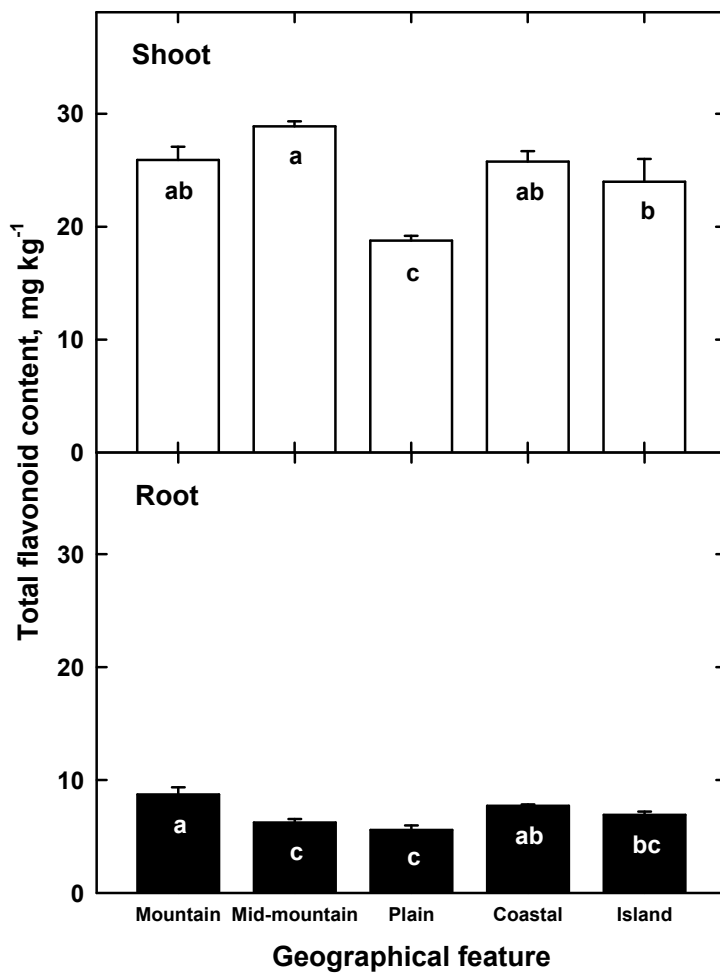


Fig. 112. Total flavonoid contents of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different geographical features.

③ DPPH radical scavenging activity

서식장소의 지형에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 2,000 mg kg⁻¹ 추출물 농도에서 지상부(46.9 ~ 89.2%)보다는 지하부(55.0 ~ 91.8%)가 더 높게 나타났고, 지상부에서 섬 지역의 민들레가 89.2%, 지하부에서는 섬과 산간지역에서 각각 90.5와 91.8%로 가장 높은 활성을 보였다(그림 113).

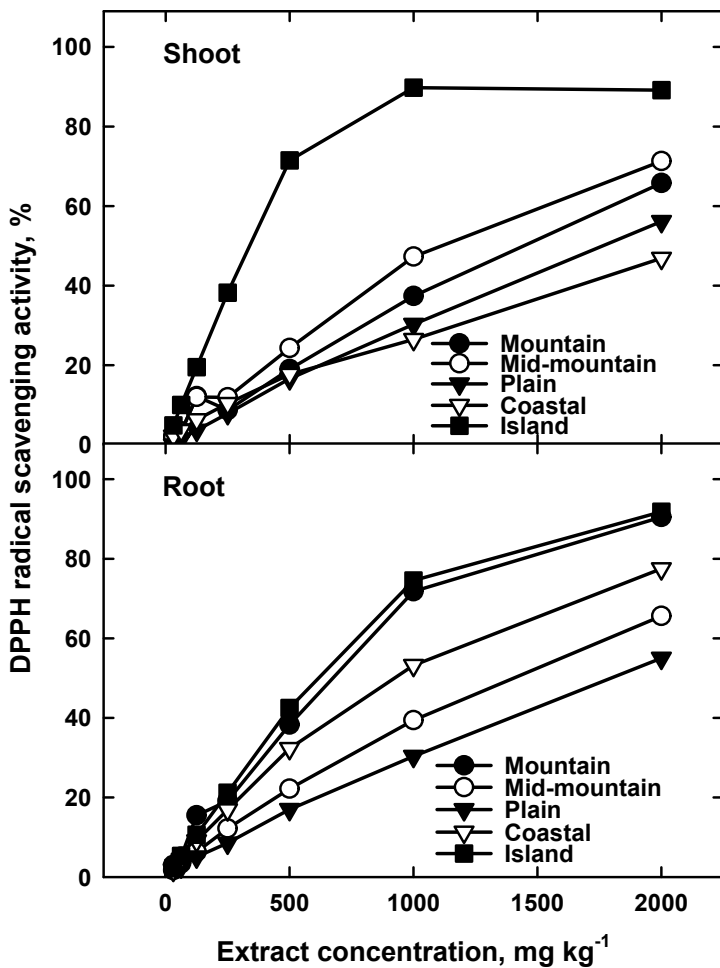


Fig. 113. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different geographical features.

④ Nitrite 소거능

서식장소의 지형에 따른 아질산염 소거능은 지상부(60.4 ~ 70.3%)보다는 지하부(68.4 ~ 74.2%)가 더 높게 나타났고, 지상부에서 섬 지역의 민들레가 70.3%, 지하부에서는 중산간 지역에서 74.2%로 가장 높은 활성을 보였다(그림 114).

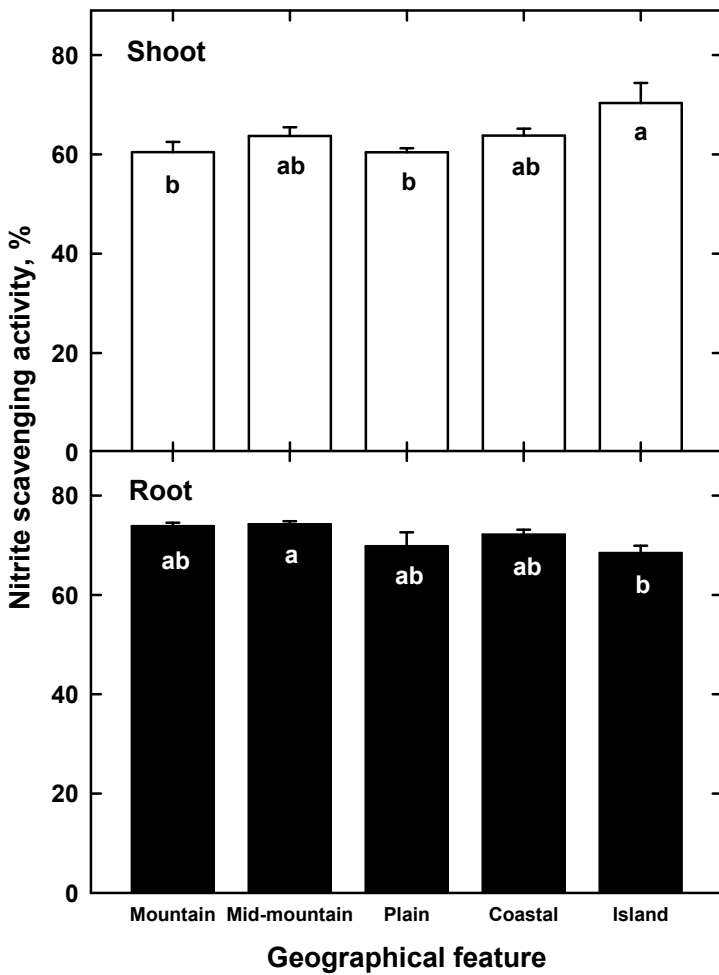


Fig. 114. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different geographical features.

(다) 제주 민들레의 항암성

제주도에서 채취한 민들레의 추출물 폐암 세포주(CALU-6)와 위암 세포주(SNU-601)에 대해 세포독성을 MTT assay로 측정한 결과 지상부보다는 지하부 추출물이, 위암 세포주(SNU-601) 보다는 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 더 높은 항암활성이 있는 것으로 나타났다. 이는 민들레

의 추출물에 대해 위암 세포주(SNU-601)보다는 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 더 민감한 것을 보여준다. 폐암 세포주(CALU-6)의 지상부와 지하부 추출물 800 mg kg⁻¹에서 세포생존율은 각각 89.7과 63.5%를 보였고, 위암 세포주(SNU-601)에서는 각각 101.4와 92.9%를 보여 높은 세포 생존율을 보임으로써 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 더 높은 항암활성을 보인 것으로 나타났다(그림 115).

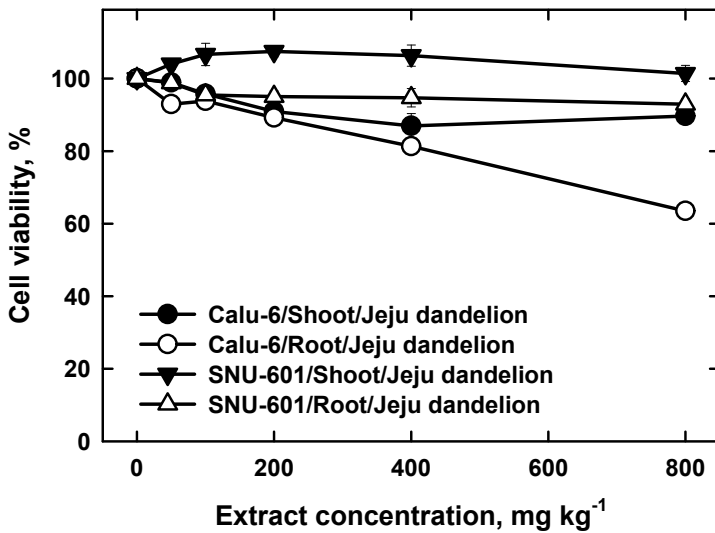


Fig. 115. Cytotoxic effects of shoot and root parts of *Taraxacum officinale* grown in Jeju island on human cancer lines, CALU-6 for human pulmonary carcinoma and SNU-601 for human gastric carcinoma.

나. 시설 재배환경에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(1) 배지조성에 따른 생리활성물질 및 기능성 변이

(가) 생리활성물질 함량 비교

① 총 페놀 함량

배지조성에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(14.5 ~ 19.4 mg kg⁻¹)보다는 지상부(32.3 ~ 41.4 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났다. 지하부는 배지 간 유의적인 차이를 보이지 않았으나 지상부는 코코피트와 펄라이트 70:30 혼합배지와 펄라이트 단독배지에서 각각 41.4와 40.7 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다. 또한 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 경향을 보였다(그림 116).

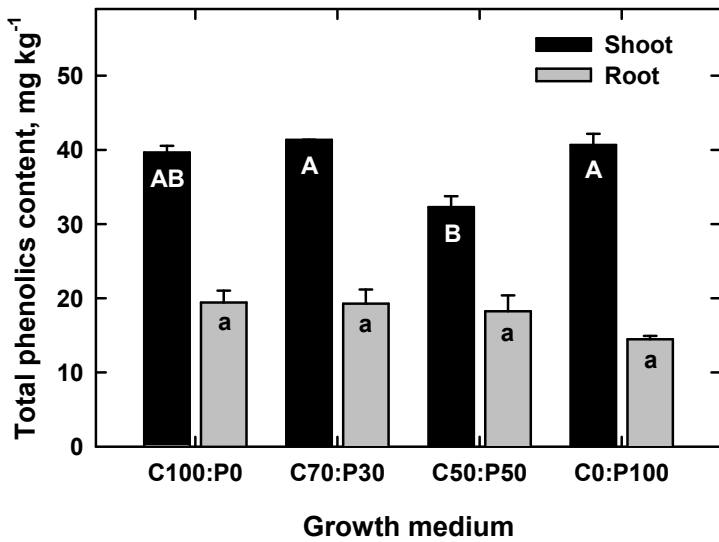


Fig. 116. Total phenolics contents (chlorogenic acid) of shoots and roots of methanol extracts from *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

② 총 플라보노이드 함량

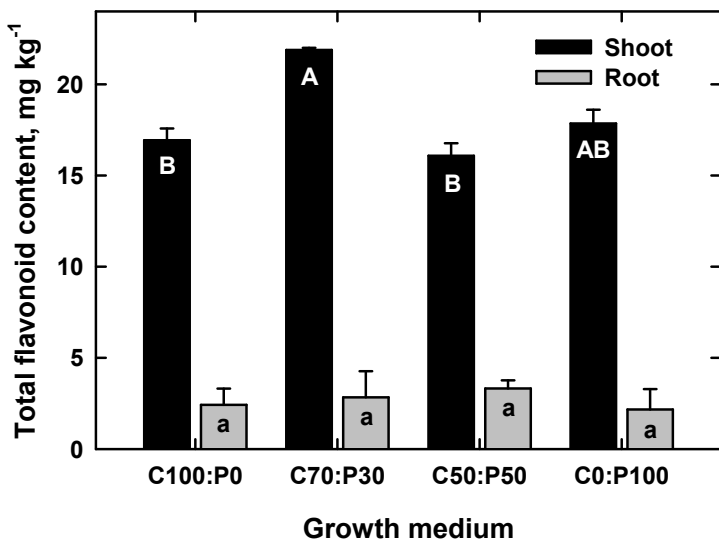


Fig. 117. Total flavonoid contents of shoots and roots of methanol extracts from *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

배지조성에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(2.2 ~ 3.3 mg kg⁻¹)보다는 지상부(16.1 ~ 21.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났다. 지상부의 배지별 함량 차이는 코코피트와 퍼라이트 70:30 혼합배지에서 21.9 mg kg⁻¹로 가장 높은 활성을 보였으나 지하부는 배지조성간에 유의적인 차이를 보이지 않았다(그림 117).

(나) 기능성

① 항산화성

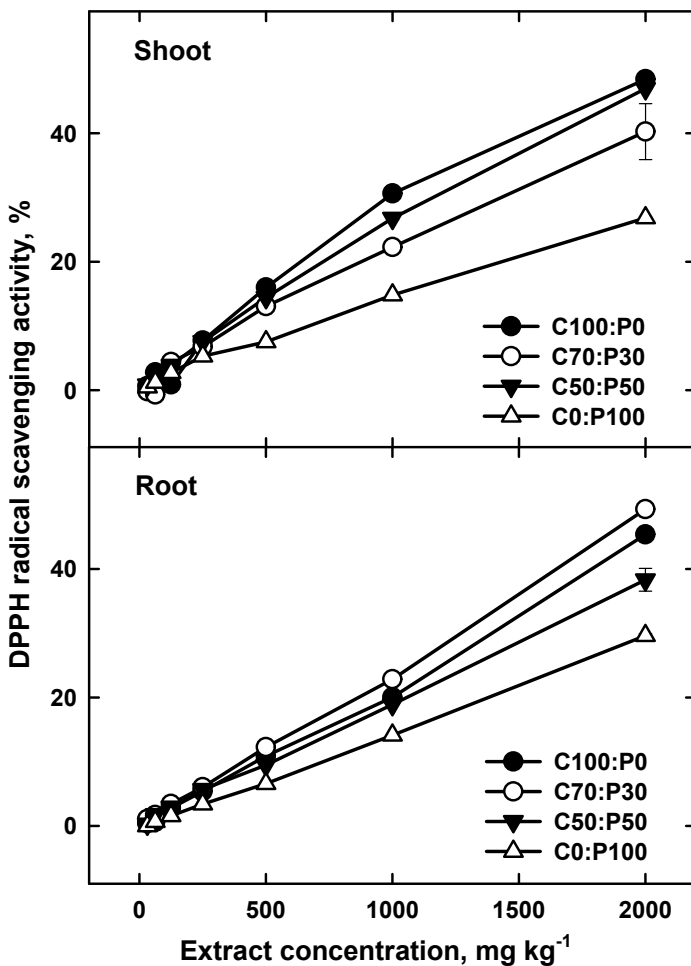


Fig. 118. DPPH radical scavenging activity of shoots (top) and roots (bottom) of methanol extracts from the *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

배지조성에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 2,000 mg kg⁻¹ 추출물 농도에서 지상부(26.8 ~ 48.4 %)보다는 지하부(29.6 ~ 49.3 %)에서 약간 더 높은 활성을 보였고, 지상부에서는 코코피트 단독배지가 48.4 %로 가장 높았고, 그 다음이 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지, 70:30 혼합배

지, 퍼라이트 단독배지 순으로서 각각 46.9, 40.3, 26.8%로 퍼라이트 단독배지에서 가장 낮았다. 한편, 지하부에서는 코코피트와 퍼라이트 70:30 혼합배지에서 49.3%로 가장 높은 활성을 보였고 그 다음이 코코피트 단독배지, 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지, 퍼라이트 단독배지 순으로서 각각 45.4, 38.3, 29.6%로 퍼라이트 단독배지에서 가장 낮았다. 따라서 민들레 재배시 배지조성별 항산화성은 코코피트가 높을수록 높은 경향을 보였다(그림 118).

배지조성에 따른 아질산염 소거능은 지상부(69.0 ~ 70.4 %)보다는 지하부(73.3 ~ 76.8 %)에서 약간 높은 활성을 보였으나 배지조성별 활성 차이는 없는 것으로 나타났다(그림 119).

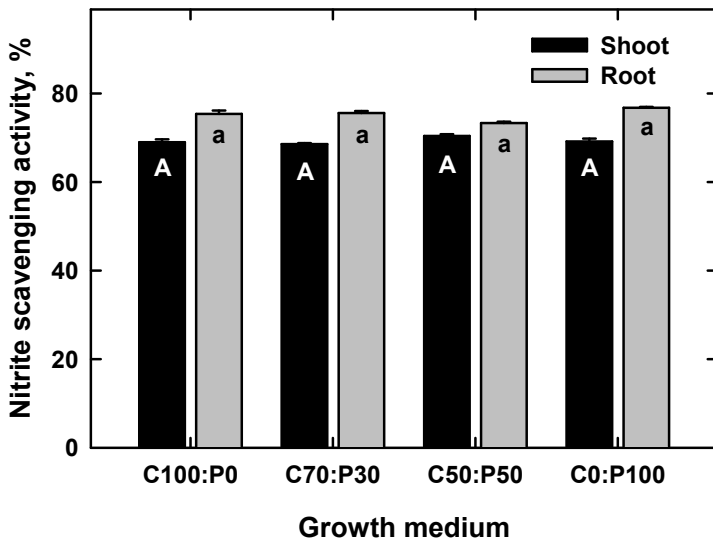


Fig. 119. Nitrite scavenging activity of shoots and roots of methanol extracts from *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

② 항산화효소 활성

배지조성별 민들레의 APX 활성은 지상부(273.2 ~ 379.0 unit)보다는 지하부(540.6 ~ 934.2 unit)가 뚜렷하게 높았으나 각 배지 간의 활성차이는 없는 것으로 나타났다. 지상부에서는 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지가 379.0 unit으로 가장 높았고 지하부에서는 코코피트 단독배지에서 934.2 unit으로 가장 높았다(그림 120).

배지조성별 민들레 Catalase (CAT) 활성은 지하부(18.9 ~ 21.4 unit)보다는 지상부(31.9 ~ 47.2 unit)가 뚜렷하게 높았으나 지상부는 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지가 47.2 unit으로 가장 높은 활성을 보였고 지하부는 코코피트와 퍼라이트 70:30 혼합배지가 21.4unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 배지조성간의 유의적인 차이는 인정되지 않았다(그림 121).

생육 초기의 배지조성별 민들레 POX 활성은 지상부(14.5 ~ 22.0 unit)보다는 지하부(52.4 ~ 79.9 unit)가 뚜렷하게 높았으나 지상부는 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지가 각각

21.9unitd로 가장 높은 활성을 보였으나 배지조성간에 차이는 없는 것으로 나타났다. 한편, 지하부는 코코피트와 펄라이트 단독 배지에서 각각 79.3과 79.9 unit으로 코코피트와 펄라이트 혼합배지보다 높은 활성을 보였다(그림 122).

생육 초기의 배지조성별 민들레의 Superoxide dismutase (SOD) 활성은 지상부(78.2 ~ 90.6 unit)보다는 지하부(83.5 ~ 92.6 unit)가 약간 높았으나 지상부와 지하부 모두 각 배지별 활성차이는 없는 것으로 나타났다(그림 123).

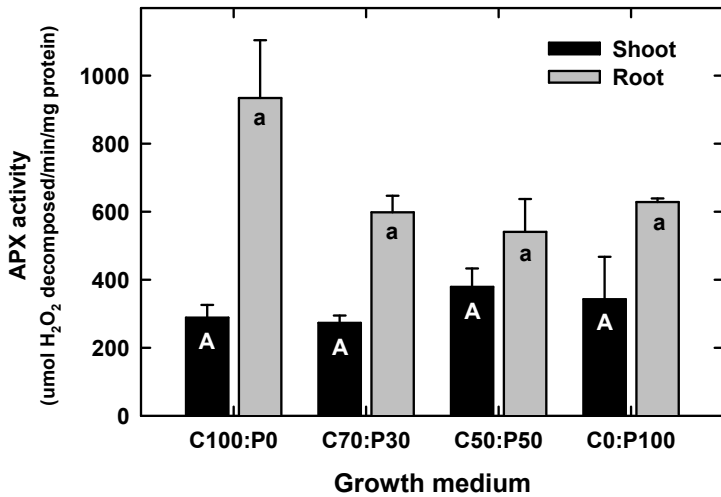


Fig. 120. APX activities in shoots (top) and roots (bottom) of *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

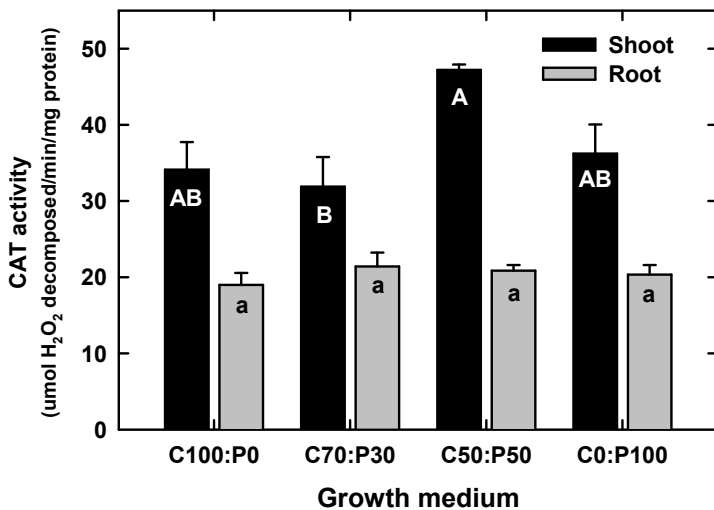


Fig. 121. CAT activities in shoots and roots of *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

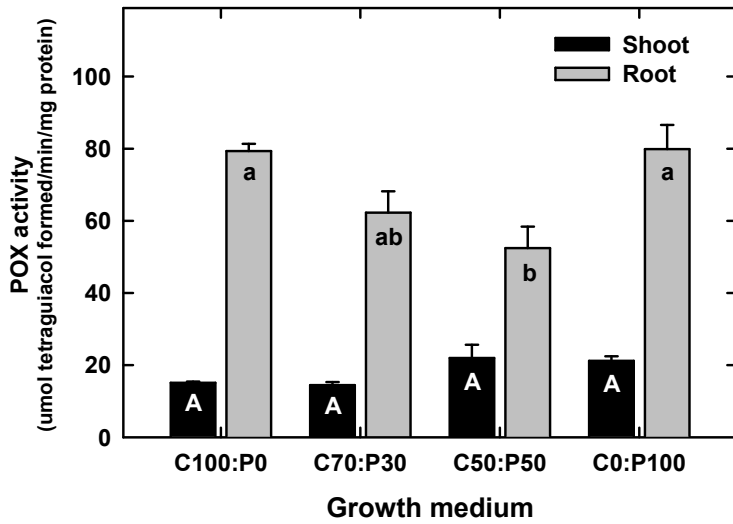


Fig. 122. POX activities in shoots and roots of *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

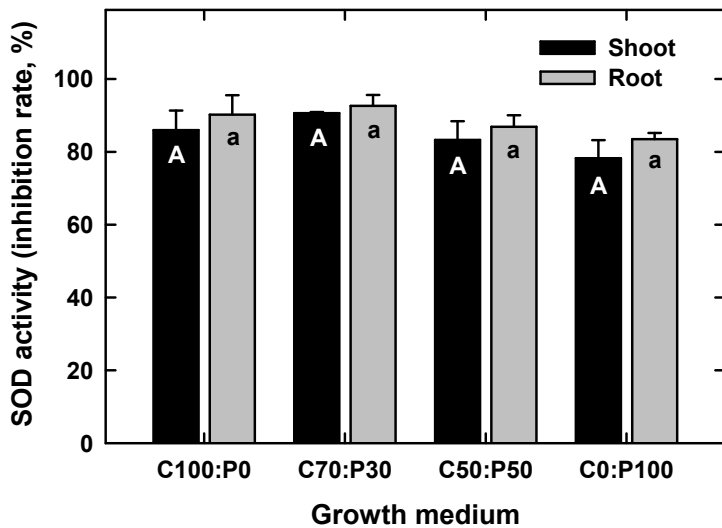


Fig. 123. SOD activities in shoots and roots of *Taraxacum officinale* under different growth media mixed with coco peat and perlite.

(2) 차광정도에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(가) 재배 민들레의 생리활성물질 함량 비교

① 총 페놀 함량

차광정도에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부 (17.1 ~ 19.2 mg kg⁻¹)보다는 지상부(36.8 ~ 40.2 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났으나 차광별 함량 차이는 유의성이 없는 것으로 나타났다. 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 경향을 보였다(그림 124).

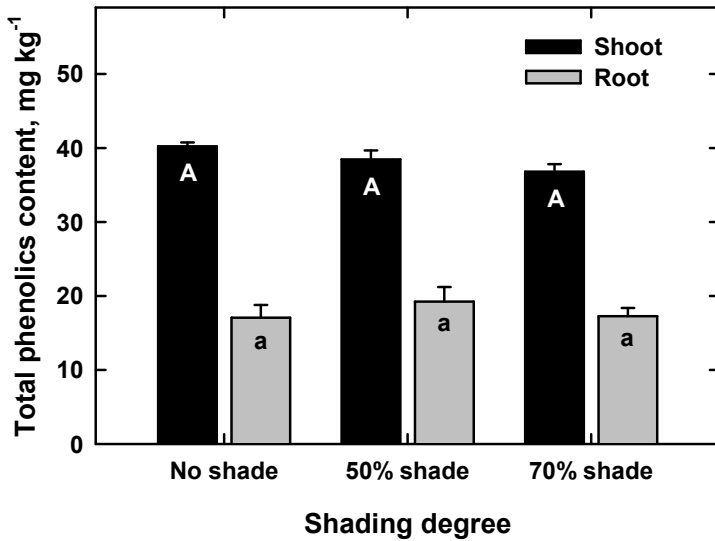


Fig. 124. Total phenolics contents (chlorogenic acid) of shoots and roots of methanol extracts from *Taraxacum officinale* under different shading degrees.

② 총 플라보노이드 함량

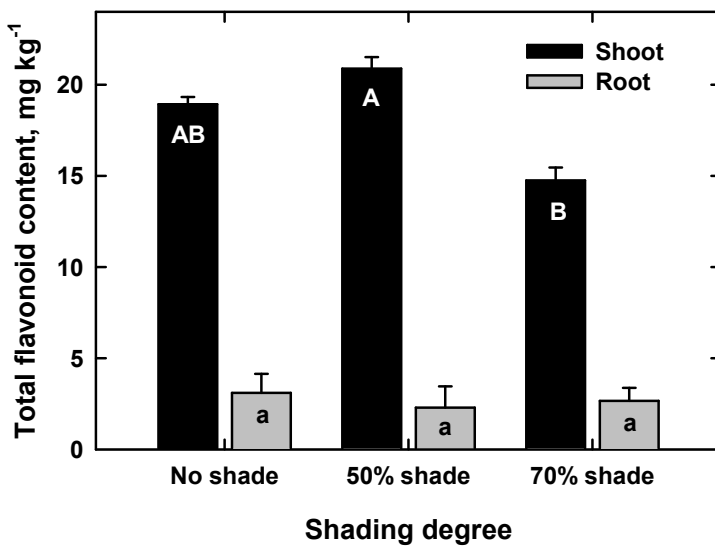


Fig. 125. Total flavonoid contents of shoots and roots of methanol extracts from *Taraxacum officinale* under different shading degrees.

차광정도에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(2.3 ~ 3.1 mg kg⁻¹)보다는 지상부(14.8 ~ 20.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났다. 지상부의 차광별 함량 차이는 50%차광에서 20.9 mg kg⁻¹로 가장 높았고 무차광과 70%차광 순으로 각각 18.9와 14.8 mg kg⁻¹로 나타났고, 지하부는 차광별 유의성을 보이지 않았다(그림 125).

(나) 재배 민들레의 기능성 비교

① 항산화성

차광정도에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 지상부보다는 지하부에서, 차광보다는 무차광에서 지상부와 지하부 모두 더 높은 활성을 보였고 차광이 높을수록 낮은 활성을 보였다. 지상부와 지하부의 추출물 농도 2,000 mg kg⁻¹에서 무차광의 DPPH 라디칼 소거능은 각각 69.7와 50.8%로 가장 높게 나타났고, 50%차광에서는 각각 28.6와 40.6%, 70%차광에서 각각 23.5와 30.7%로 나타났었다(그림 126).

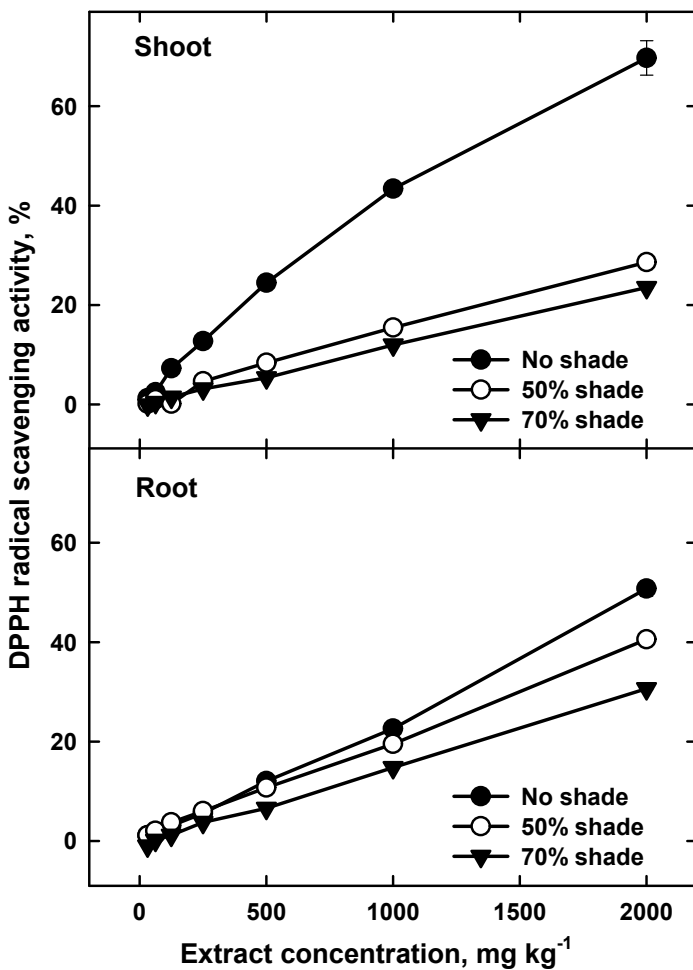


Fig. 126. DPPH radical scavenging activity of shoots (top) and roots (bottom) of methanol extracts from the *Taraxacum officinale* under different shading degrees.

수종의 작물과 식물종은 광량에 따라 그들의 생리활성이 달라질 수 있으며(Al-Saadawi 등, 1985; Balakumar 등, 1993), 일반적으로 부적 환경조건에 처한 식물은 생리적 화학물질의 생성 증가로 인하여 생리활성이 증가하는 경향이 뚜렷하며(Niemeyer, 1988) 이 스트레스에 기인한 생리활성의 증가는 바로 환경 스트레스에 대한 식물의 방어 기작 중 하나인 것으로 알려지고 있다(Bell, 1981).

차광정도에 따른 아질산염 소거능은 지상부(67.9 ~ 70.9%)보다는 지하부(74.3 ~ 77.1%)에서 약간 높은 활성을 보였으나 지상부와 지하부 모두 차광정도별 활성 차이는 없는 것으로 나타났다(그림 127).

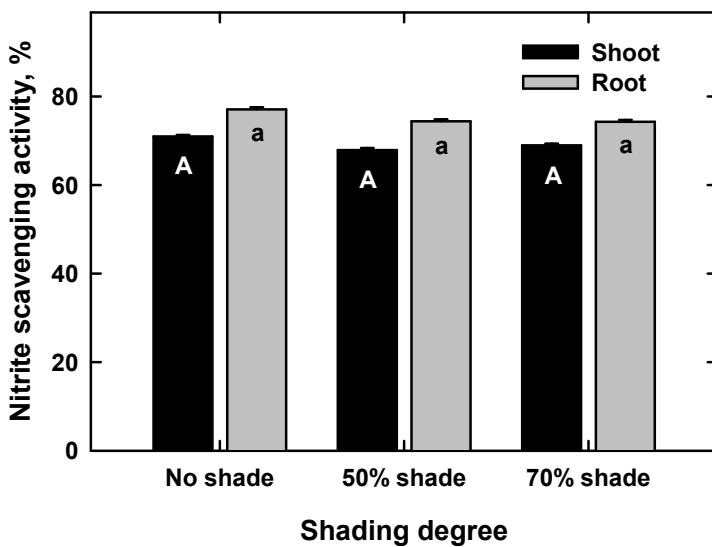


Fig. 127. Nitrite scavenging activity of shoots and roots of methanol extracts from *Taraxacum officinale* under different shading degrees.

② 항산화효소 활성

차광별 민들레의 APX 활성은 지상부(115.4 ~ 150.4 unit)보다는 지하부(331.6 ~ 442.1 unit)가 뚜렷하게 높았으며, 지상부는 무차광보다는 차광조건에서, 지하부에서는 50%차광에서 442.1 unit으로 가장 높게 나타났다(그림 128).

차광별 민들레 Catalase (CAT) 활성은 지상부와 지하부 모두 차광이 높을수록 높은 활성을 보였고 지상부(5.8 ~ 25.4 unit)보다는 지하부(9.3 ~ 73.8 unit)가 더 높게 나타났다. 지상부에서는 70%차광에서 25.4 unit으로 가장 높은 활성을 보였고, 지하부에서는 역시 70%차광에서 73.8 unit으로 가장 높은 활성을 보였다(그림 129).

차광별 민들레 POX 활성은 역시 지상부와 지하부 모두 차광이 높을수록 높은 활성을 보였고 지상부(3.2 ~ 11.3 unit)보다는 지하부(14.3 ~ 19.8 unit)가 더 높게 나타났다. 지상부에서는 70%차광에서 11.3 unit으로 가장 높은 활성을 보였고, 지하부에서는 50%차광에서 19.8 unit으로

로 가장 높은 활성을 보였다(그림 130).

차광별 민들레의 Superoxide dismutase (SOD) 활성도 지상부와 지하부 모두 차광이 높을수록 높은 활성을 보였고 지하부(45.1 ~ 71.1 unit)보다는 지상부(40.6 ~ 77.6 unit)가 높게 나타났다. 지상부에서는 70%차광에서 77.6 unit으로, 지하부에서 역시 70%차광에서 71.1 unit으로 가장 높은 활성을 보여 차광정도별로 유의적인 차이를 보였다(그림 131).

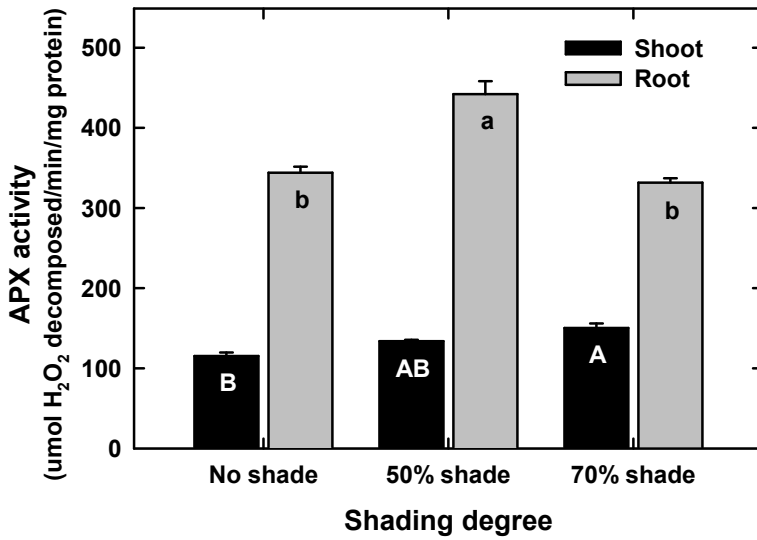


Fig. 128. APX activities in shoots and roots of *Taraxacum officinale* under different shading degrees.

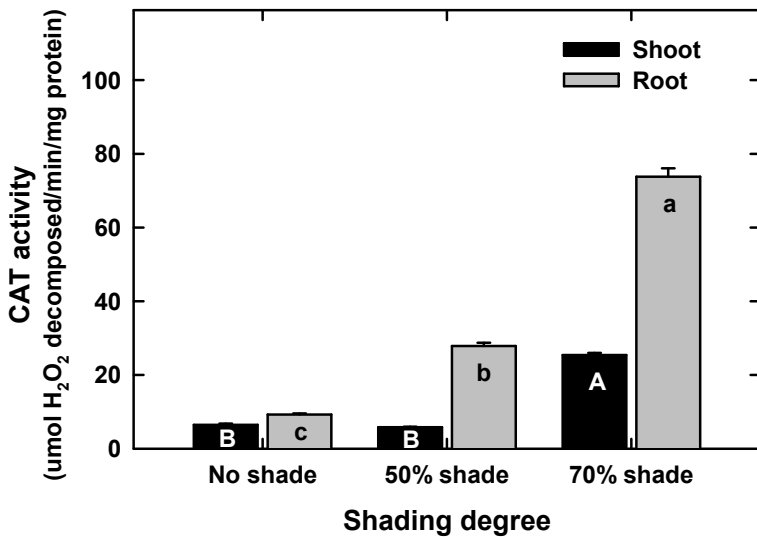


Fig. 129. CAT activities in shoots and roots of *Taraxacum officinale* under different shading degrees.

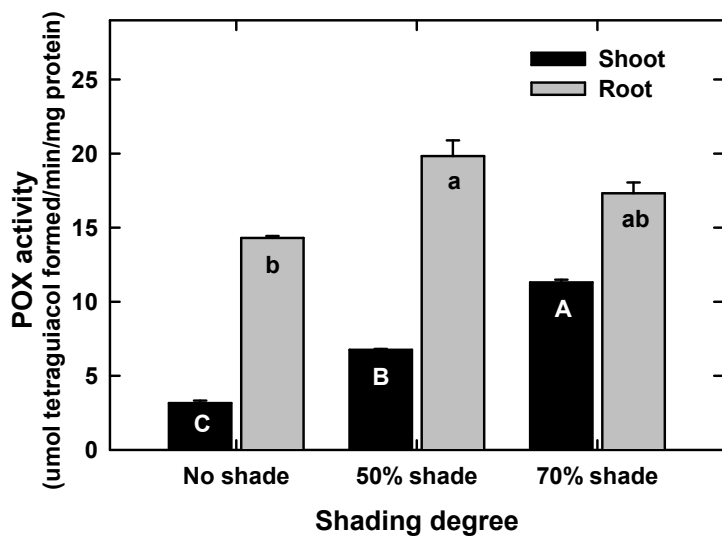


Fig. 130. POX activities in shoots and roots of *Taraxacum officinale* under different shading degrees.

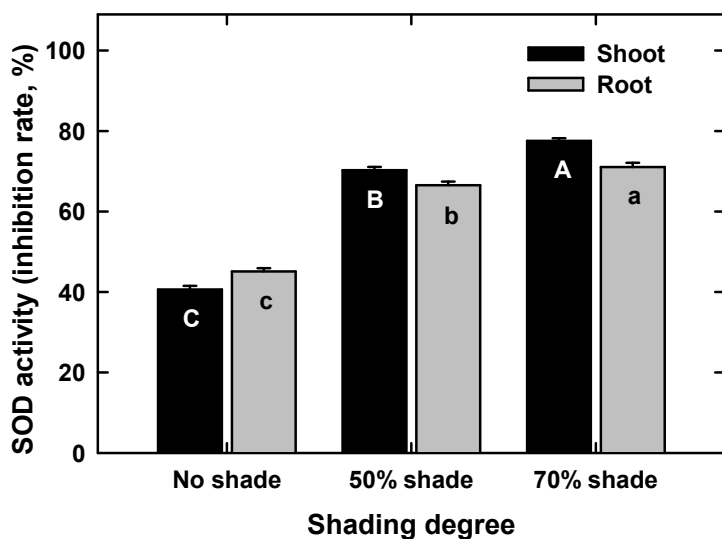


Fig. 131. SOD activities in shoots and roots of *Taraxacum officinale* under different shading degrees.

③ 항암성

차광별 민들레의 MTT assay에 의한 세포독성은 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 지상부보다는 지하부가 더 높은 항암활성을 보였으나 차광정도에 따른 항암활성 차이는 없는 것으로 나타났다. 지상부 추출물 800 mg kg⁻¹에서 세포생존율은 86.3 ~ 89.9%를 보인 반면 지하부의 세포생존율은 51.9 ~ 56.3%를 보였다(그림 132).

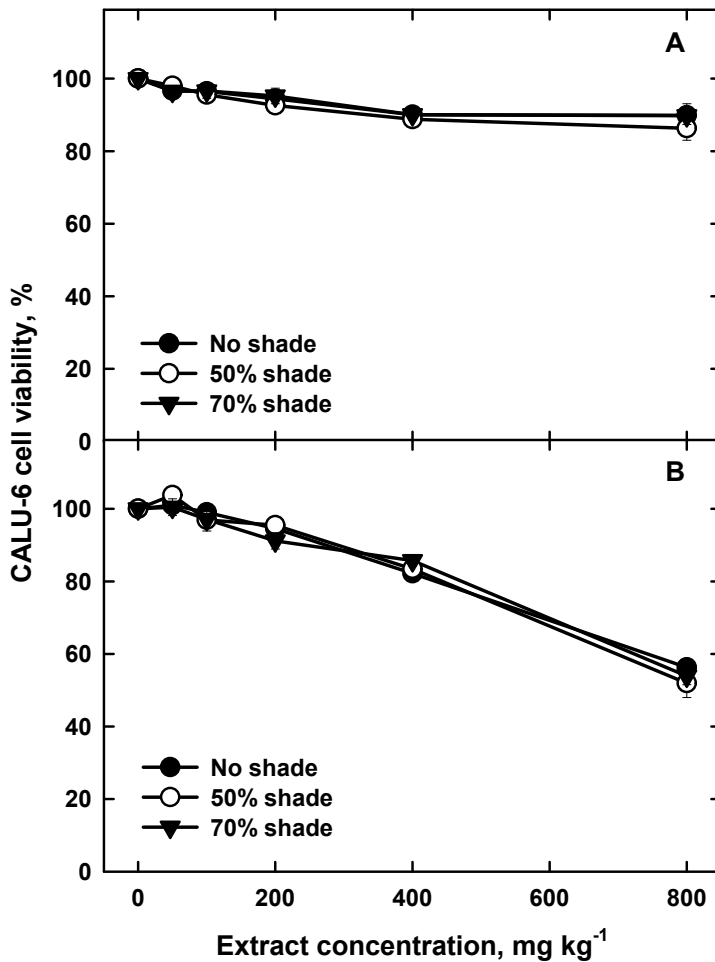


Fig. 132. Cytotoxic effect of different shading degrees from shoot (A) and root (B) parts of *Taraxacum officinale* on human cancer line, CALU-6 for human pulmonary carcinoma.

한편, 위암 세포주(SNU-601)에 대한 항암활성은 폐암 세포주(CALU-6)의 결과와 유사하였으나 폐암 세포주보다는 높은 활성을 보였다. 지상부 추출물 800 mg kg⁻¹에서 세포생존율은 76.3 ~ 89.4%를 보인 반면 지하부는 12.1 ~ 19.9%를 보여 지상부에 비해 지하부가 80.1 ~ 87.9% 더 높은 항암활성을 보였다. 또한 무차광보다는 차광조건에서 재배된 민들레 추출물이 더 높은 활성을 보인 것으로 나타났다(그림 133).

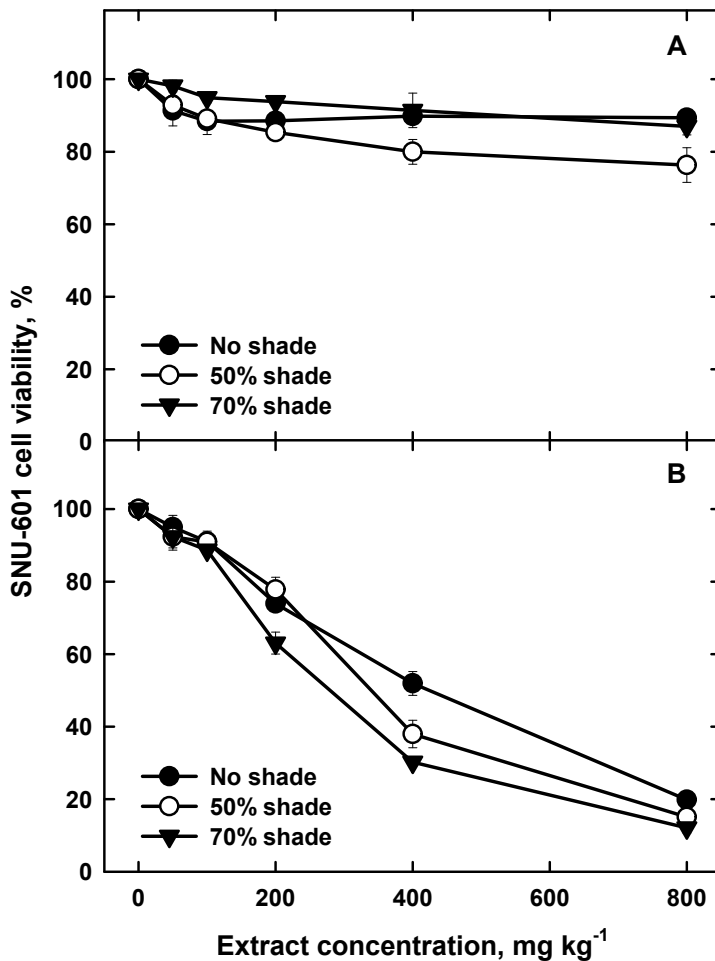


Fig. 133. Cytotoxic effect of different shading degrees from shoot (A) and root (B) parts of *Taraxacum officinale* on human cancer line, SNU-601 for human gastric carcinoma.

(3) 온도변이에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(가) 온도변이에 따른 재배 민들레의 생리활성물질 함량

① 총 페놀 함량

온도변이에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부 (34.8 ~ 44.2 mg kg⁻¹)보다는 지상부(41.8 ~ 75.7 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 지상부에서 온도별 총 페놀 함량 차이는 30°C에서 75.7 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고 그 다음이 20°C와 25°C순이었으나 온도 간에 유의성은 없는 것으로 나타났다. 한편, 지하부에서 온도별 총 페놀 함량은 역시 30°C에서 44.2 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 그 다음이 20°C와 25°C순이었으나 온도 간에 유의성은 없는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 것으로 나타났다(그림 134).

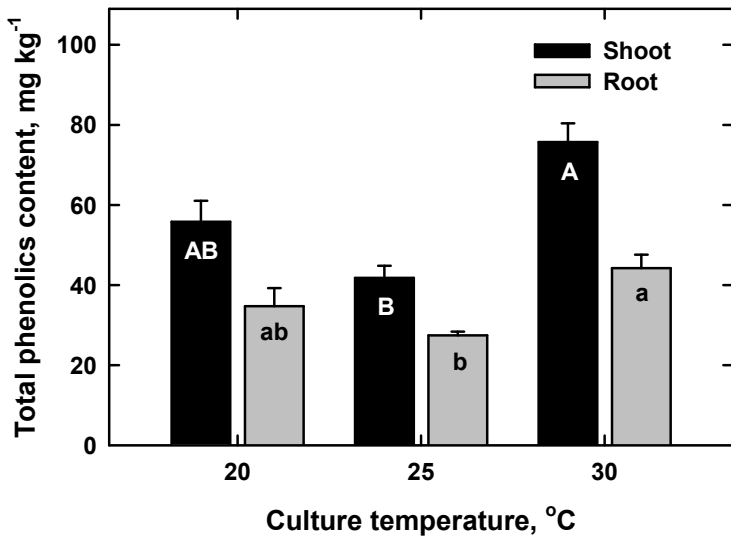


Fig. 134. Total phenolics contents (chlorogenic acid) of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different temperatures.

② 총 플라보노이드 함량

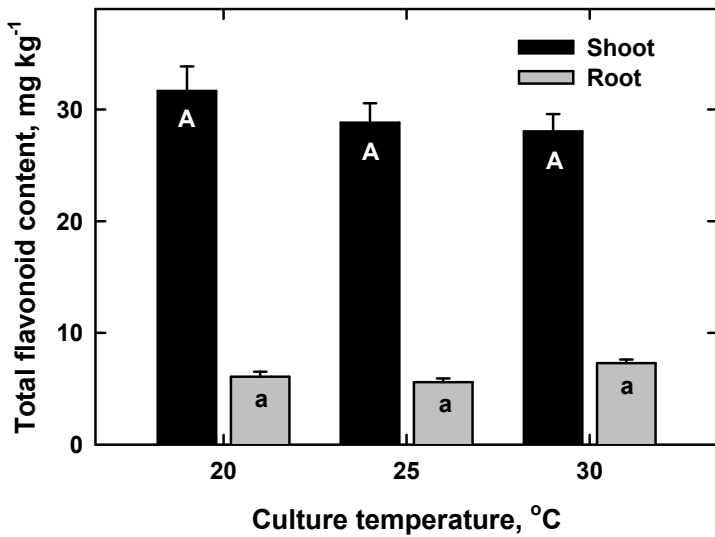


Fig. 135. Total flavonoid contents of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different temperatures.

온도변이에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(5.6 ~ 7.3 mg kg⁻¹)보다는 지상부(28.0 ~ 31.7 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 온도별 함량 차이는 지상부가 20℃에서 31.7 mg kg⁻¹, 지하부가 30℃에서 7.3 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 온도간 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다(그림 135).

(나) 온도변이에 따른 재배 민들레의 기능성

① 항산화성

온도변이에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 지상부(29.2 ~ 81.1%)보다는 지하부(87.6 ~ 93.0%)가 높은 활성을 보였고 그 중 2,000 mg kg⁻¹ 농도에서 지상부는 25℃에서 29.3%로 가장 낮은 활성을 보인 반면 20과 30℃에서는 각각 81.1%와 78.4%로 더 높은 활성을 보였다. 한편 지하부는 2,000 mg kg⁻¹에서 DPPH 라디칼 소거능은 20℃에서 93%의 가장 높은 활성을 보였고 30℃에서는 92.4% 활성을 보였다(그림 136).

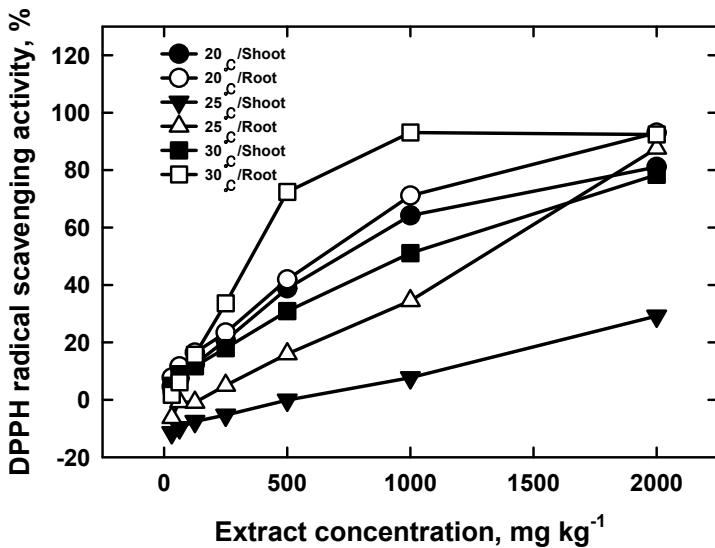


Fig. 136. DPPH radical scavenging activity of methanol extracts from the *Taraxacum officinale* grown under different temperatures.

온도변이에 따른 아질산염 소거능은 지상부(67.6 ~ 77.0%)보다는 지하부(78.8 ~ 82.6%)에서 약간 높은 활성을 보였으나 온도간의 활성 차이는 없는 것으로 나타났다(그림 137).

따라서 온도별로 재배된 민들레 추출물의 항산화성은 지상부보다는 지하부에서, 적정 재배온도인 25℃에서 보다는 20℃와 30℃온도에서 더 높은 활성을 보였다.

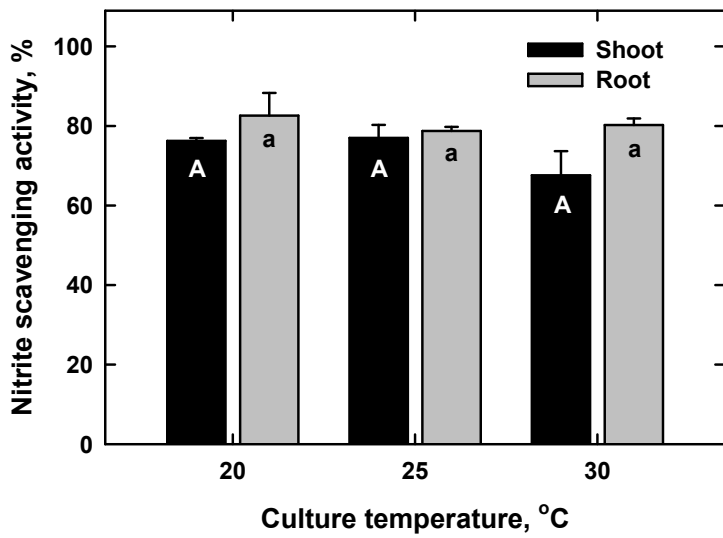


Fig. 137. Nitrite scavenging activity of methanol extracts from *Taraxacum officinale* grown under different temperatures.

② 항산화효소 활성

재배온도별 민들레의 APX 활성은 지상부(369.6 ~ 694.1unit)보다는 지하부(840.3 ~ 1,480.5 unit)가 뚜렷하게 높았다. 온도별 활성차이는 지상부에서는 30°C에서 694.1 unit으로 가장 높은 활성을 보였고 그 다음이 20°C와 25°C순으로 온도간의 유의성은 있는 것으로 나타났다. 지하부는 25°C에서 1,480.5 unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다(그림 138).

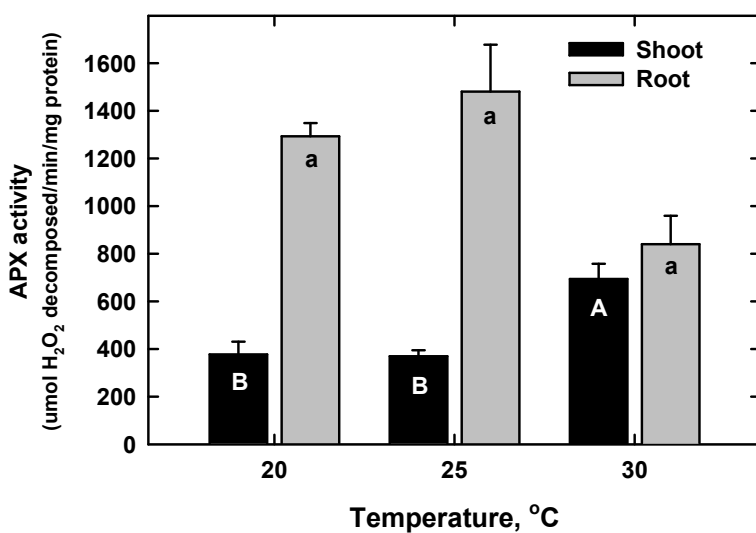


Fig. 138. APX activities in shoots and roots of *Taraxacum officinale* under different temperatures.

재배온도별 민들레 Catalase (CAT) 활성은 지하부(41.0 ~ 42.9 unit)보다는 지상부(38.3 ~ 57.3 unit)가 높았다. 재배온도별 활성차이는 지상부에서는 25°C에서 57.3 unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다. 또한 지하부도 25°C에서 42.9 unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다(그림 139).

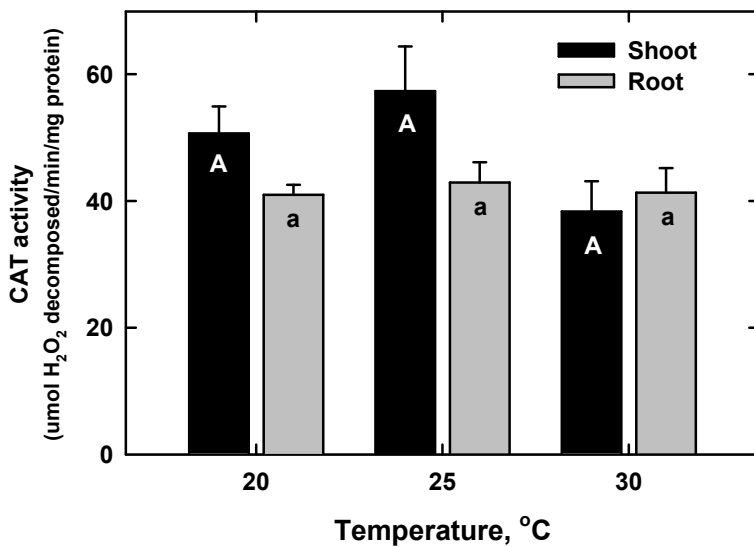


Fig. 139. CAT activities in shoots and roots of *Taraxacum officinale* under different temperatures.

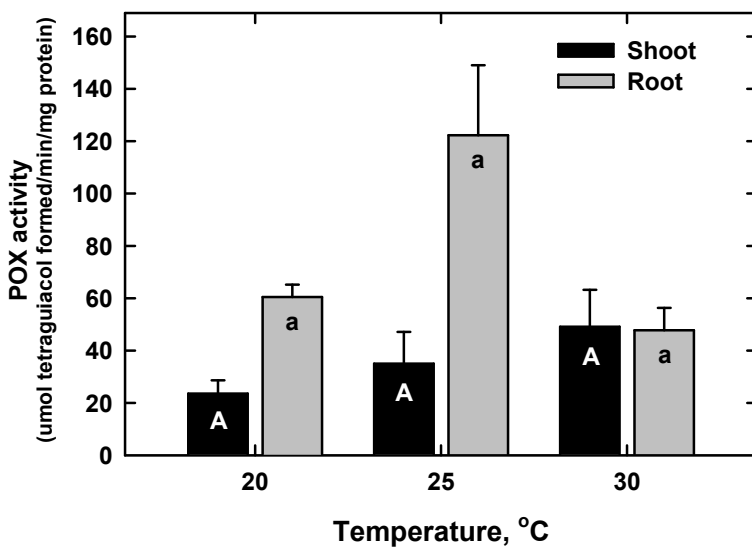


Fig. 140. POX activities in shoots and roots of *Taraxacum officinale* under different temperatures.

재배온도별 민들레 POX 활성은 지상부(23.6 ~ 49.1 unit)보다는 지하부(47.8 ~ 122.3 unit)가 뚜렷하게 높았다. 온도별 활성차이는 지상부에서는 30℃에서 49.1 unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다. 지하부도 25℃에서 122.3 unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다(그림 140).

재배온도별 민들레의 Superoxide dismutase (SOD) 활성은 지상부(75.6 ~ 97.3 unit)보다는 지하부(93.1 ~ 97.0 unit)가 약간 높았으나 각 온도별 활성차이는 없는 것으로 나타났다(그림 141).

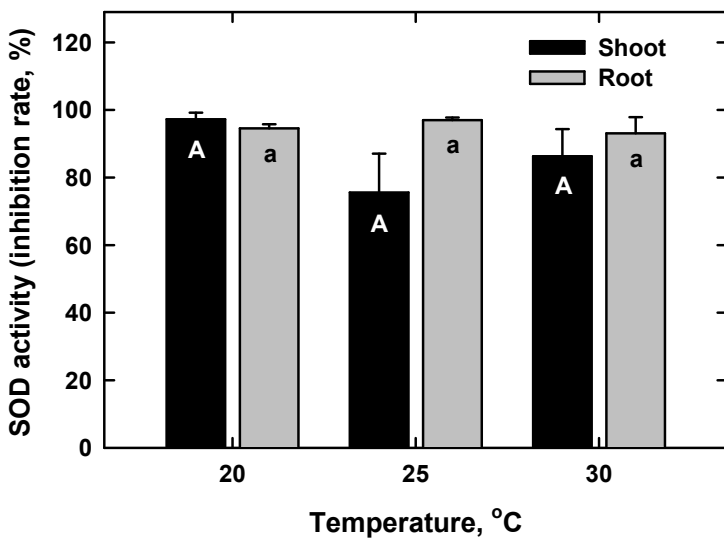


Fig. 141. SOD activities in shoots and roots of *Taraxacum officinale* under different temperatures.

③ 항암성

재배온도별 민들레의 MTT assay에 의한 세포독성은 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 지상부와 지하부 모두 30℃에서 각각 9.4와 21.3%로 가장 낮은 세포생존율을 보여 높은 항암활성을 보였고 그 다음이 20℃, 25℃순으로 나타났다. 지상부 추출물 800 mg kg⁻¹에서 세포생존율은 25℃, 20℃, 30℃에서 각각 80.4, 73.4, 9.4%를 보였는데, 이는 30℃에서 90.6%의 가장 높은 항암활성을 의미한다. 추출물 800 mg kg⁻¹에서 지하부의 세포독성은 25℃, 20℃, 30℃순으로 각각 53.2, 32.2, 21.3%를 보여 지상부보다는 낮은 생존율을 보였고 역시 30℃에서 21.3%로 가장 낮은 세포생존율을 보여 높은 항암활성을 보였다(그림 142).

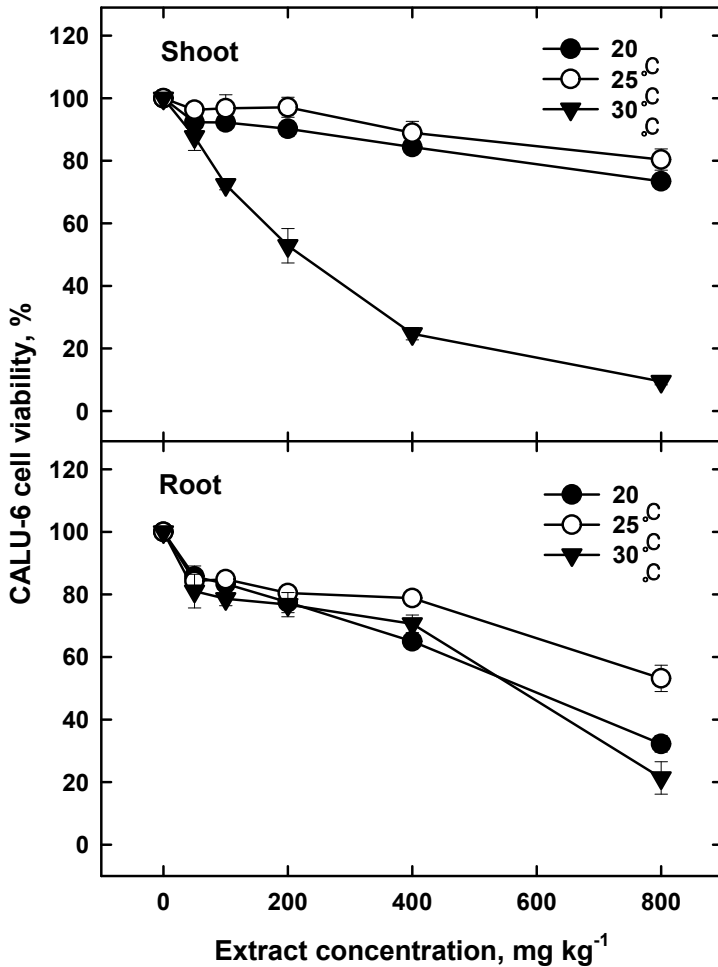


Fig. 142. Cytotoxic effect of different temperature from shoot (top) and root (bottom) parts of *Taraxacum officinale* on human cancer line, CALU-6 for human pulmonary carcinoma.

한편, 위암 세포주(SNU-601)에 대한 항암활성은 폐암 세포주(CALU-6)의 결과와 유사하였다. 지상부의 경우 30°C에서 가장 낮은 세포생존율을 보여 높은 항암활성을 보였고 20°C와 25°C는 낮은 활성을 보였다. 지상부 추출물 800 mg kg⁻¹에서 세포생존율은 25°C, 20°C, 30°C에서 각각 64.7, 64.1, 37.8%를 보였는데, 이는 30°C에서 62.2%의 가장 높은 항암활성을 의미한다. 추출물 800 mg kg⁻¹에서 지하부의 세포독성은 25°C, 30°C, 20°C순으로 각각 66.7, 52.0, 43.3%를 보여 역시 지상부보다는 높은 생존율을 보였고 20°C에서 가장 낮은 세포생존율을 보여 높은 항암활성을 보였다(그림 143).

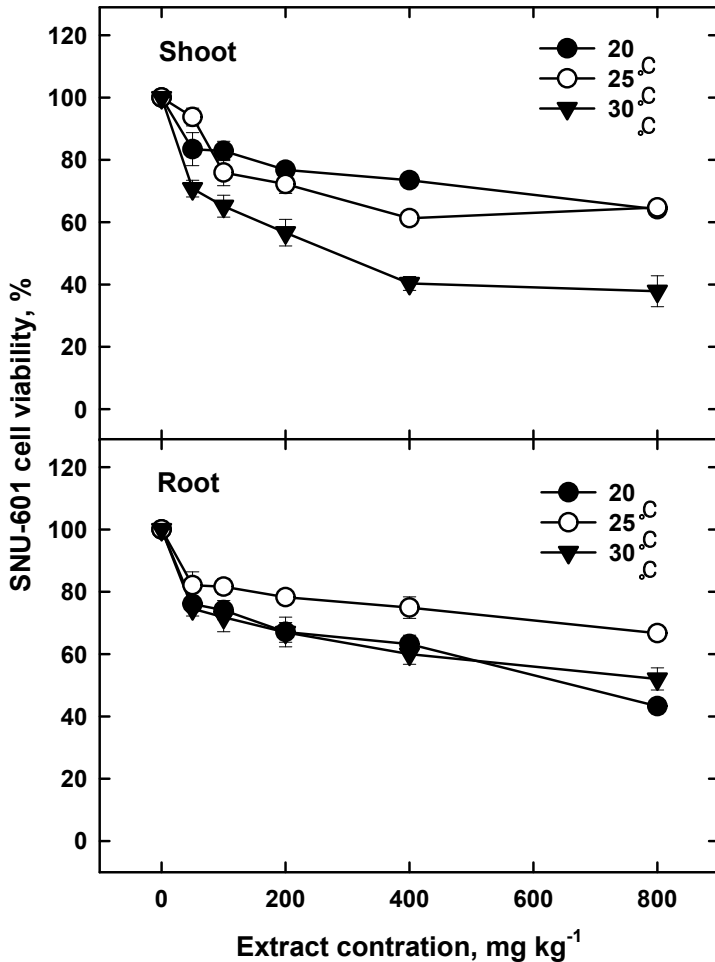


Fig. 143. Cytotoxic effect of different temperature from shoot (top) and root (bottom) parts of *Taraxacum officinale* on human cancer line, SNU-601 for human gastric carcinoma.

다른 연구사례를 보면 민들레의 열수 추출물을 이용하여 항종양 효과(Baba 등, 1981; Kotobuki 등, 1965)가 구명되었으며, Takasaki 등(1999a, 1999b)은 일반적인 항암활성을 보고하였고, 특히 또 다른 연구에서는 sarcoma 180 고형암에 대해서도 강력한 항암활성을 지닌다 (Kim, 1995)고 알려져 있다.

(4) 생육단계별 민들레의 기능성 변이

(가) 배지별 생육단계별 항산화효소 활성

배지별 생육단계별 민들레의 APX 활성은 지상부(112.8 ~ 379.1 unit)보다는 지하부(283.6 ~ 934.2 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(273.2 ~ 379.1 unit)가 생육후기(112.8 ~ 152.6 unit)보다 높게 나타났으나, 각 배지별로는 활성차이는 없는 것으로 나타났다. 지하부 역시 생육초기(540.6 ~ 934.2 unit)가 생육후기(283.6 ~ 504.3 unit)보다 높게 나타났으나, 생육초기는 각 배지별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 cocopeat 단독배지가 934.2 unit으로 가장 높게 나타났다(그림 144).

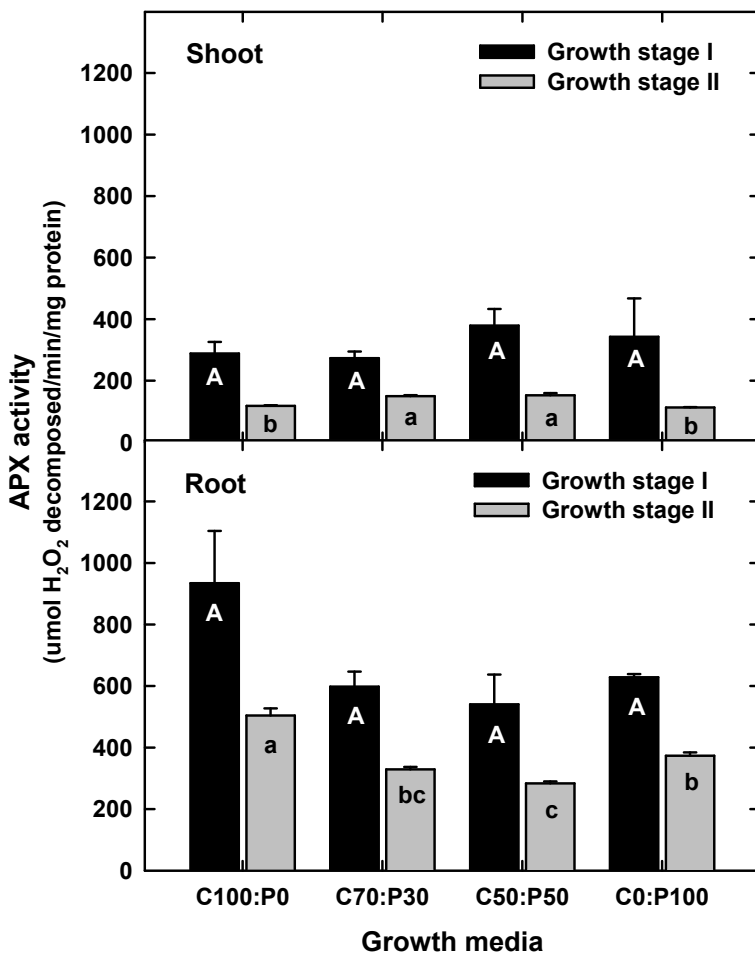


Fig. 144. APX activities in shoots (top) and roots (bottom) of *Taraxacum officinale* at different growth stages under different growth media mixed with coco peat and perlite.

배지별 생육단계별 민들레의 Catalase (CAT) 활성은 지상부(7.3 ~ 47.2 unit)보다는 지하부(19.0 ~ 61.6 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(31.9 ~ 47.2 unit)가 생육후기(7.3 ~ 14.8 unit)보다 높게 나타났고, 각 배지별 활성차이를 보면 생육초기는 cocopeat50:perlite50 혼합배지가 47.2 unit으로 가장 높았으며, 생육후기는 cocopeat 단독배지가 7.3 unit으로 가장 낮게 나타났다. 지하부는 생육초기(19.0 ~ 21.4 unit)보다 생육후기(19.2 ~ 61.6 unit)가 높게 나타났으며, 생육초기는 각 배지별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 perlite 단독배지가 61.6 unit으로 가장 높게 나타났다(그림 145).

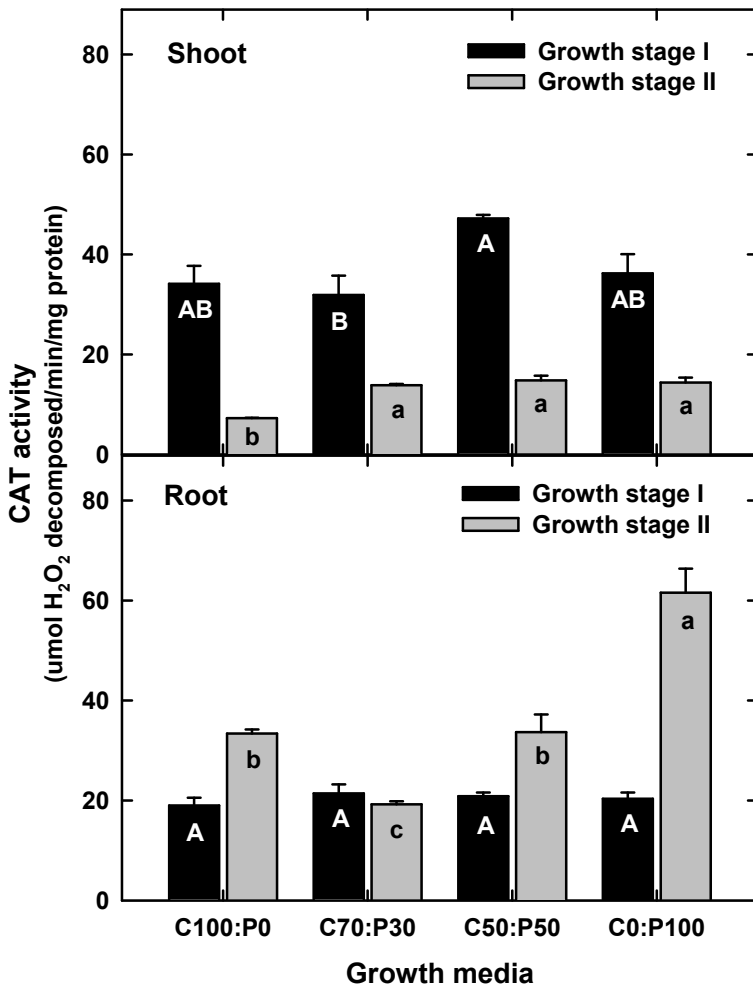


Fig. 145. CAT activities in shoots (top) and roots (bottom) of *Taraxacum officinale* at different growth stages under different growth media mixed with coco peat and perlite.

배지별 생육단계별 민들레의 POX 활성은 지상부(4.1 ~ 22.0 unit)보다는 지하부(13.4 ~ 79.9 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(4.1 ~ 8.1 unit)가 생육후기(4.1 ~ 8.1 unit)보다 높게 나타났고, 생육초기는 각 배지별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 cocopeat 단독배지가 4.1 unit으로 가장 낮게 나타났다. 지하부는 생육초기(52.5 ~ 79.9 unit)가 생육후기(13.4 ~ 19.6 unit)보다 높게 나타났으며, 각 배지별 활성차이를 보면 생육초기는 cocopeat와 perlite 단독배지가 각각 79.3과 79.9 unit으로 가장 높게 나타났고, 생육후기는 cocopeat50:perlite50 혼합배지와 perlite 단독배지가 각각 19.6과 18.2 unit으로 가장 높게 나타났다(그림 146).

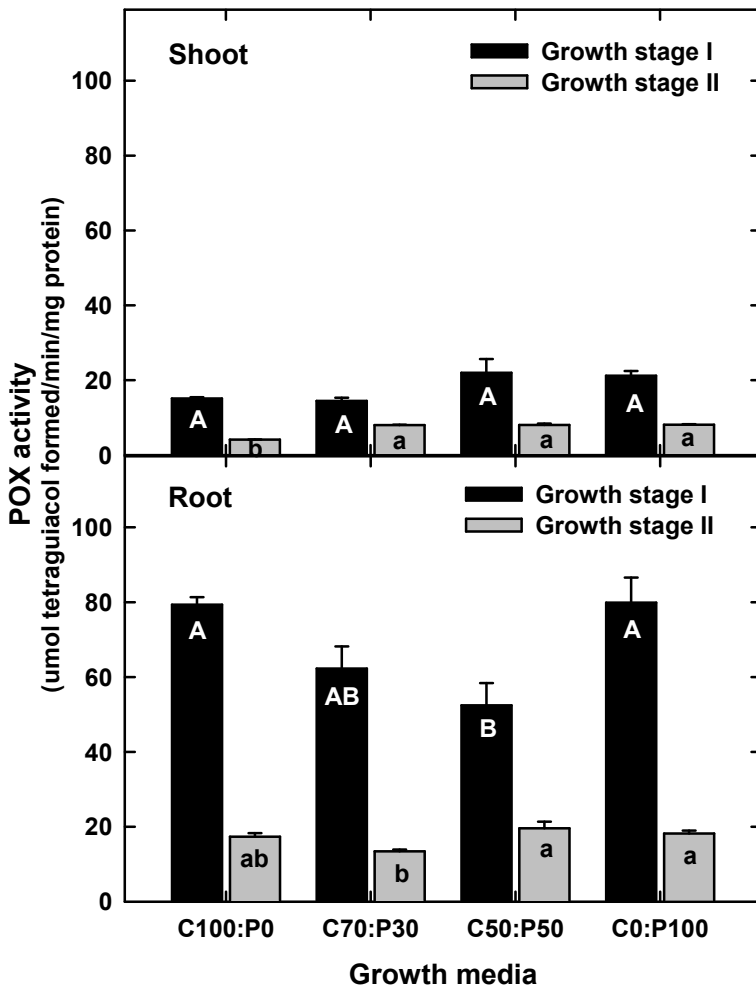


Fig. 146. POX activities in shoots (top) and roots (bottom) of *Taraxacum officinale* at different growth stages under different growth media mixed with coco peat and perlite.

배지별 생육단계별 민들레의 SOD 활성은 지상부(55.9 ~ 90.6 unit)보다는 지하부(56.9 ~ 92.6 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(78.2 ~ 90.6 unit)가 생육후기(55.9 ~ 71.1 unit)보다 높게 나타났고, 생육초기는 각 배지별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 perlite 단독배지가 71.1 unit으로 가장 높게 나타났다. 지하부 역시 생육초기(83.5 ~ 92.6 unit)가 생육후기(56.9 ~ 69.8 unit)보다 높게 나타났으며, 생육초기는 각 배지별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 perlite 단독배지가 69.8 unit으로 가장 높게 나타났다(그림 147).

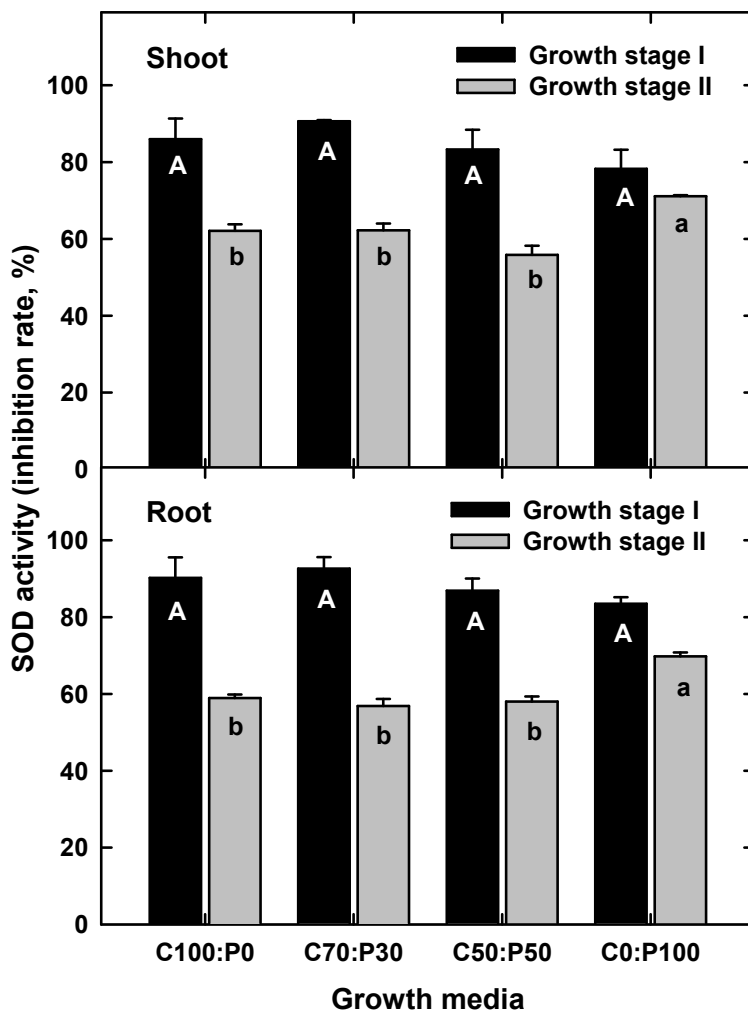


Fig. 147. SOD activities in shoots (top) and roots (bottom) of *Taraxacum officinale* at different growth stages under different growth media mixed with coco peat and perlite.

(나) 차광재배에 따른 생육단계별 항산화효소 활성

차광별 생육단계별 민들레의 APX 활성은 지상부(115.4 ~ 329.8 unit)보다는 지하부(331.6 ~ 770.9 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(309.7 ~ 329.8 unit)가 생육후기(115.4 ~ 150.4 unit)보다 높게 나타났으나, 생육초기는 차광별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 70%차광이 150.4 unit으로 가장 높게 나타났다. 지하부는 생육초기(555.4 ~ 770.9 unit)가 생육후기(331.6 ~ 442.1 unit)보다 높게 나타났고, 차광별 활성은 생육초기가 무차광과 70%차광에서 770.9와 699.7 unit으로 높았으며, 생육후기는 50%차광에서 442.1 unit으로 가장 높게 나타났다 (그림 148).

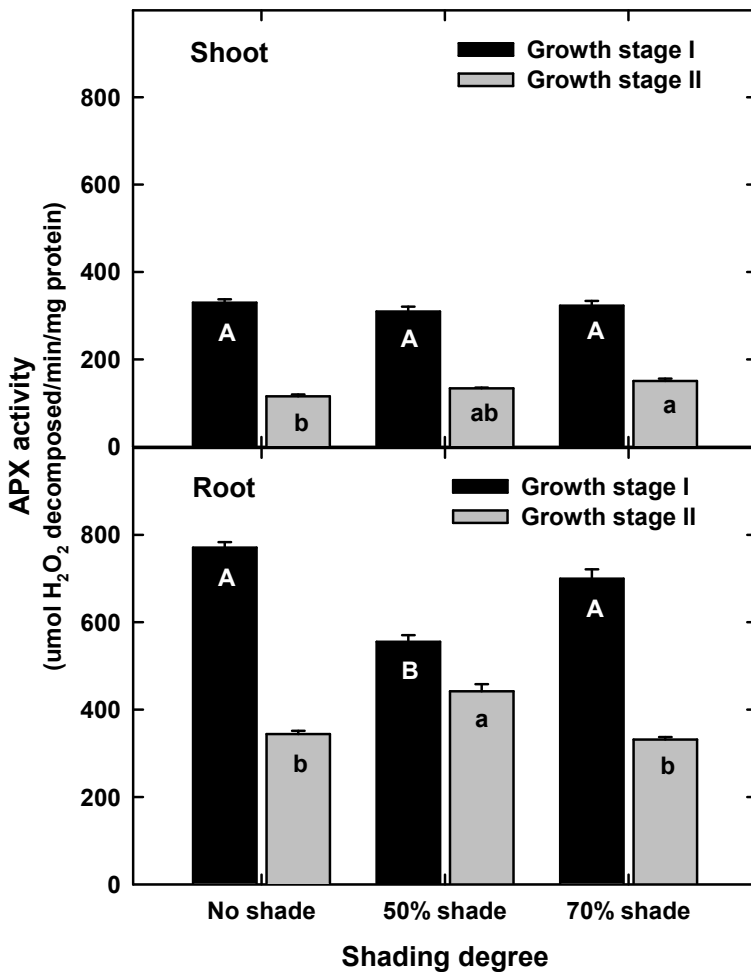


Fig. 148. APX activities in shoots (top) and roots (bottom) of *Taraxacum officinale* at different growth stages under different shading degrees.

차광별 생육단계별 민들레의 CAT 활성은 지상부(5.8 ~ 49.8 unit)보다는 지하부(9.3 ~ 73.8 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(28.4 ~ 49.8 unit)가 생육후기(5.8 ~ 25.4 unit)보다 높게 나타났고, 차광별 활성은 생육초기와 생육후기가 70%차광에서 각각 49.8과 25.4 unit으로 가장 높았다. 지하부는 생육초기(17.6 ~ 22.7 unit)보다 생육후기(9.3 ~ 73.8 unit)가 높게 나타났으나, 생육초기는 차광별 활성차이가 없었고, 생육후기는 70%차광에서 73.8 unit으로 가장 높게 나타났다(그림 149).

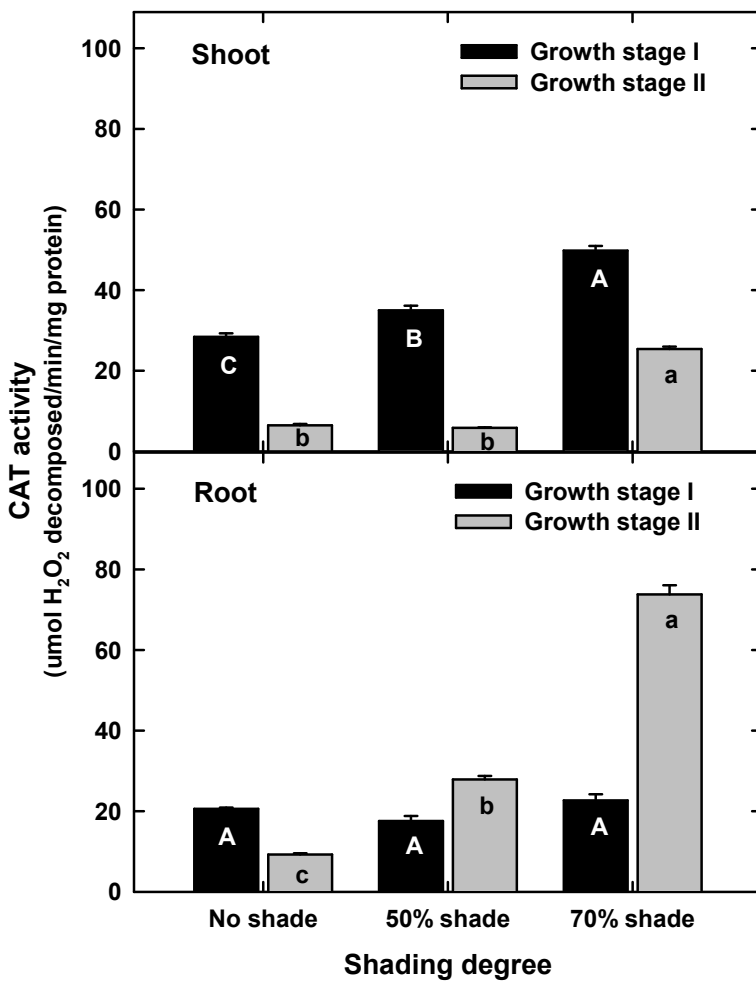


Fig. 149. CAT activities in shoots (top) and roots (bottom) of *Taraxacum officinale* at different growth stages under different shading degrees.

차광별 생육단계별 민들레의 POX 활성은 지상부(3.2 ~ 23.4 unit)보다는 지하부(14.3 ~ 91.4 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(13.8 ~ 23.4 unit)가 생육후기(3.2 ~ 11.3 unit)보다 높게 나타났고, 차광별 활성은 생육초기와 생육후기가 70%차광에서 각각 23.4와 11.3 unit으로 가장 높았다. 지하부 역시 생육초기(48.4 ~ 91.4 unit)가 생육후기(14.3 ~ 19.8 unit)보다 높게 나타났으나, 차광별 활성은 생육초기가 70%차광에서 91.4 unit으로 가장 높았고, 생육후기는 50%차광에서 19.8 unit으로 가장 높게 나타났다(그림 150).

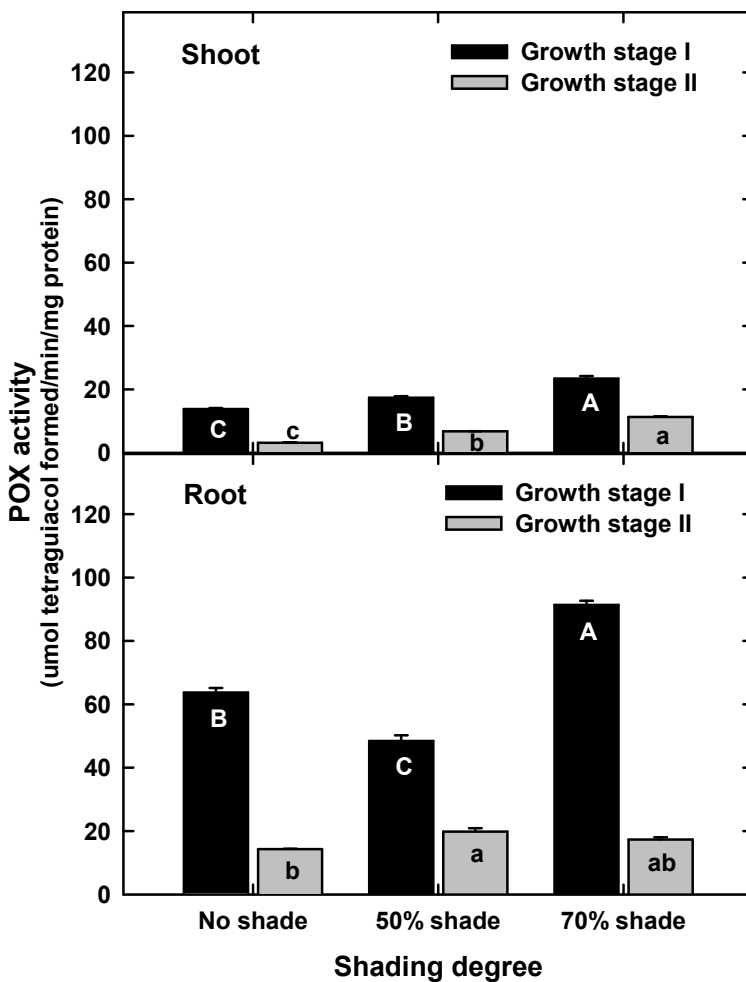


Fig. 150. POX activities in shoots (top) and roots (bottom) of *Taraxacum officinale* at different growth stages under different shading degrees.

차광별 생육단계별 민들레의 SOD 활성은 지상부(40.6 ~ 87.4 unit)보다는 지하부(45.1 ~ 91.7 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(82.7 ~ 87.4 unit)가 생육후기(40.6 ~ 77.6 unit)보다 높게 나타났으나, 생육초기는 차광별 활성차이가 없었고, 생육후기가 70%차광에서 77.6 unit으로 가장 높았다. 지하부 역시 생육초기(83.1 ~ 91.7 unit)가 생육후기(45.1 ~ 71.1 unit)보다 높게 나타났으나, 생육초기는 차광별 활성차이가 없었고, 생육후기는 70%차광에서 71.1 unit으로 가장 높게 나타났다(그림 151).

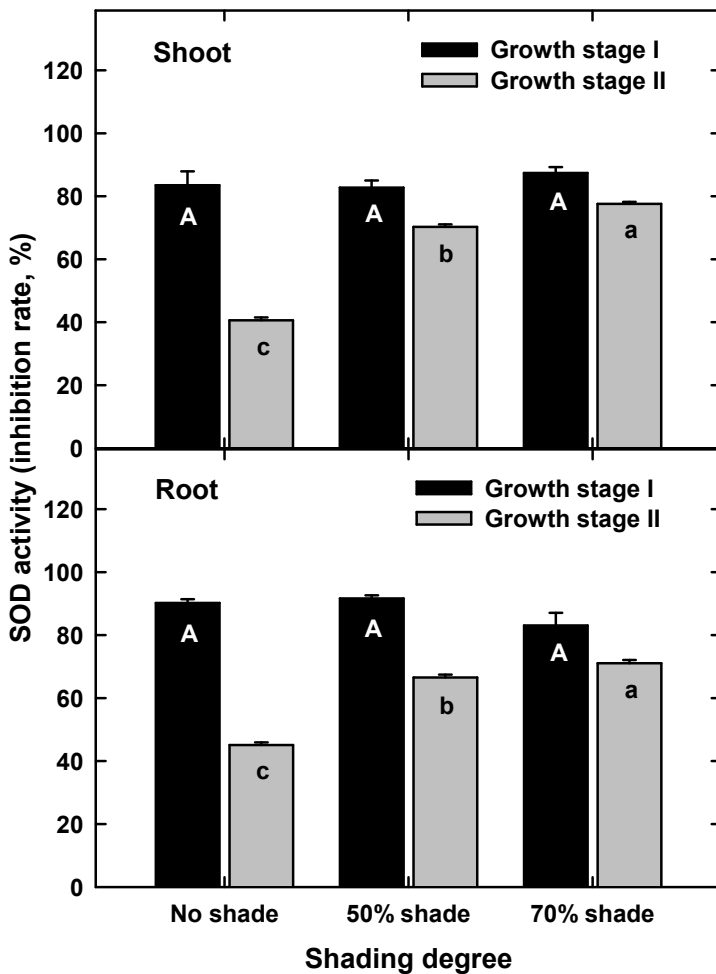


Fig. 151. SOD activities in shoots (top) and roots (bottom) of *Taraxacum officinale* at different growth stages under different shading degrees.

다. 민들레 원료의 건조 및 가공법 개발

(1) 발효균주에 의한 민들레 시료 발효기술

(가) *Bacillus subtilis*와 발효처리

Bacillus subtilis(BAS)를 처리한 것과 그렇지 않은 것(control)의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical scavenging activity 및 nitrite scavenging activity를 12일 동안 비교한 결과, 민들레 잎과 뿌리에서의 성분 함량과 활성은 큰 변화가 없거나 오히려 처음보다 감소하는 경향이였다.

① 총 페놀 함량

지상부 잎에 있어서 총 페놀 함량은 무처리가 처음 718.8 mg kg⁻¹에서 12일째는 671.6 mg kg⁻¹로 감소하였고 BAS를 처리한 민들레 잎은 처음 718.8 mg kg⁻¹에서 12일째는 649.7 mg kg⁻¹로 뚜렷한 감소가 있었으나 민들레 뿌리는 무처리가 처음 242.9 mg kg⁻¹에서 12일째는 218.2 mg kg⁻¹로 감소한 반면 BAS를 처리한 민들레 뿌리는 273.9 mg kg⁻¹로 증가한 것으로 나타났다(그림 152). 따라서 민들레에 *Bacillus subtilis* (BAS)를 처리하여 발효시키는 경우 지상부보다는 지하부에 있어서 성분 함량의 증가가 있는 것으로 나타났다.

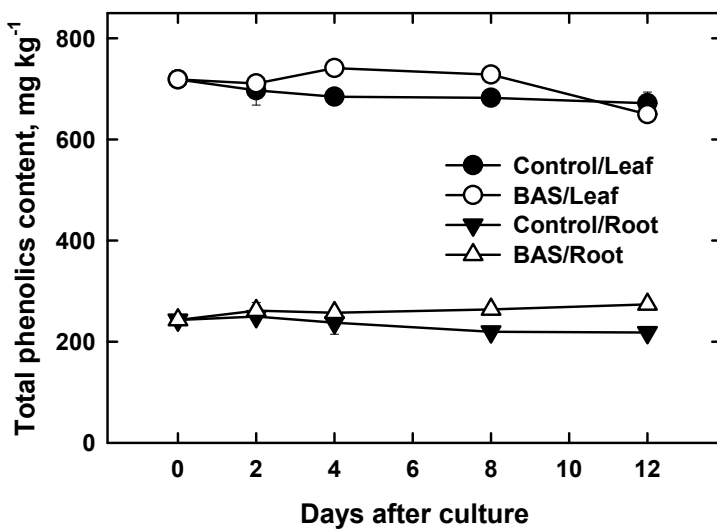


Fig. 152. Change in contents of total phenolics (chlorogenic acid) of dandelion leaves and roots after fermentation by *Bacillus subtilis*.

② 총 플라보노이드 함량

지상부 잎에 있어서 총 플라보노이드 함량은 무처리가 처음 321.1 mg kg⁻¹에서 12일째는 291.5 mg kg⁻¹로 감소하였고 BAS를 처리한 민들레 잎은 처음 321.1 mg kg⁻¹에서 12일째는 297.4 mg kg⁻¹로 뚜렷한 감소가 있었으나 민들레 뿌리는 무처리가 처음 68.3 mg kg⁻¹에서 12일

제는 60.5 mg kg⁻¹로 감소한 반면 BAS를 처리한 민들레 뿌리는 78.4 mg kg⁻¹로 증가한 것으로 나타났다(그림 153).

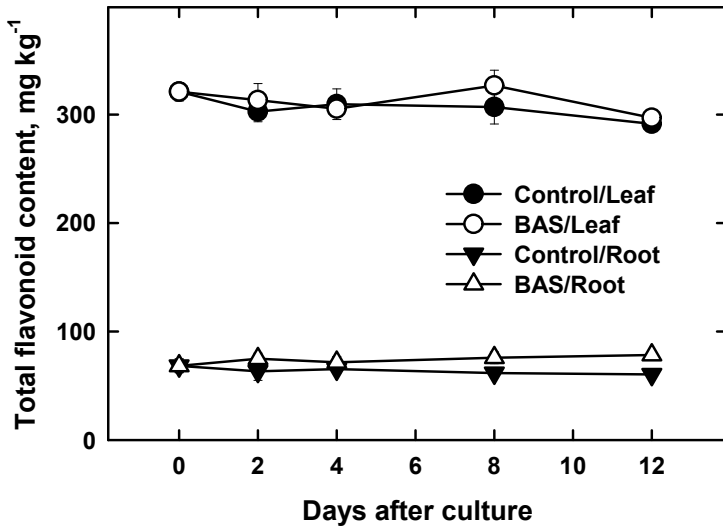


Fig. 153. Change in total flavonoid contents of dandelion leaves and roots after fermentation by *Bacillus subtilis*.

③ 향산화성: DPPH radical-scavenging activity (IC₅₀)

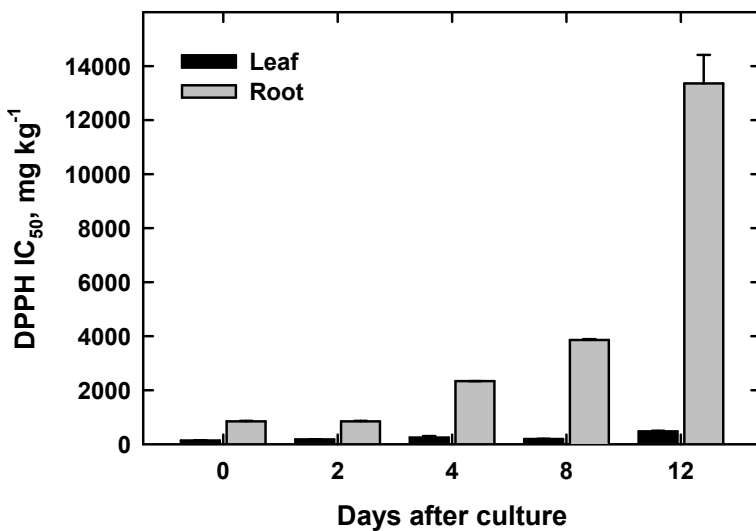


Fig. 154. Change in DPPH IC₅₀ values of dandelion leaves and roots after fermentation by *Bacillus subtilis*.

지상부 잎에 있어서 DPPH 라디칼 소거능을 IC₅₀값으로 환산한 결과 무처리가 처음 137.3

mg kg⁻¹에서 BAS를 처리에 의해서 12일째는 476.1 mg kg⁻¹로 크게 경시적으로 증가한 것으로 나타나 이는 항산화성이 감소하였음을 의미하며 민들레 뿌리의 IC₅₀값은 무처리가 처음 848.3 mg kg⁻¹에서 BAS를 처리에 의해서 12일째는 13,360 mg kg⁻¹로 증가한 바 항산화성이 감소한 것으로 나타났다(그림 154). 따라서, DPPH법에 의한 항산화성 측정은 경시적으로 발효가 진행됨에 따라 그 효능에 있어서 다소 낮아지는 경향을 보였다.

④ 항산화성: Nitrite 소거능

지상부 잎에 있어서 아질산염 소거능은 무처리가 처음 78.0%에서 12일째는 78.9%로 변화가 없는 것으로 나타났으며 BAS를 처리한 민들레 잎은 처음 78.0%에서 12일째는 81.2%로 증가한 바 항산화성이 조금씩 증가한 것으로 나타났다. 한편 지하부 뿌리에 있어서 아질산염 소거능은 무처리가 처음 71.0%에서 12일째는 66.6%로 낮아졌으나 BAS를 처리한 민들레 뿌리는 처음 71.0%에서 12일째는 77.9%로 약간 증가한 것으로 나타났다(그림 155).

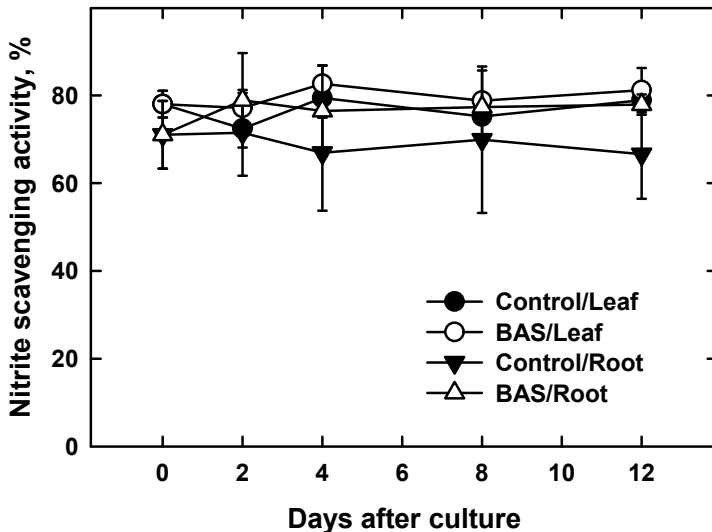


Fig. 155. Change in nitrite scavenging activities of dandelion leaves and roots after fermentation by *Bacillus subtilis*.

(나) Yeast로 발효처리

Yeast를 처리한 것과 그렇지 않은 것의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical scavenging activity 및 nitrite scavenging activity를 12일 동안 비교한 결과, 민들레 잎과 뿌리에서의 성분 함량과 활성은 큰 변화가 없거나 오히려 처음보다 감소하는 경향이였다.

① 총 페놀 함량

지상부 잎에 있어서 총 페놀 함량은 무처리가 처음 438.5 mg kg⁻¹에서 효모처리에 의해서 12일째는 422.2 mg kg⁻¹로 감소하였고 민들레 뿌리는 무처리가 처음 149.1 mg kg⁻¹에서 변함없는

반면 효모를 처리한 민들레 뿌리는 155.0 mg kg⁻¹에서 133.9 mg kg⁻¹로 감소한 것으로 나타났다(그림 156).

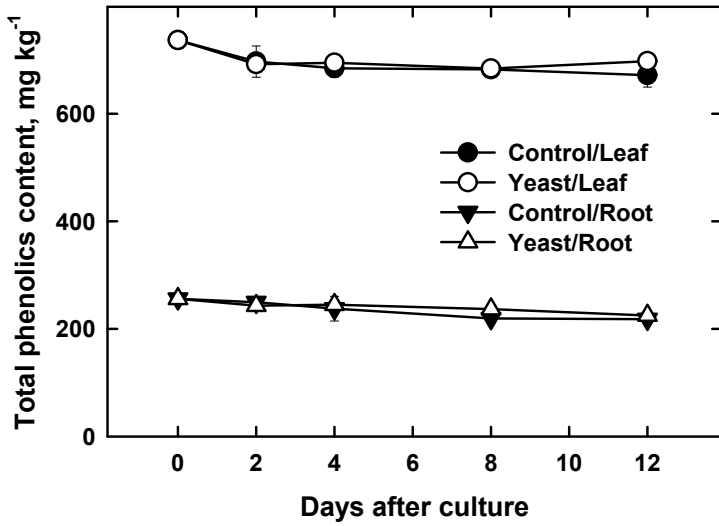


Fig. 156. Change in total phenolics (chlorogenic acid) of leaves and roots of dandelion after fermentation by Yeast.

② 총 플라보노이드 함량

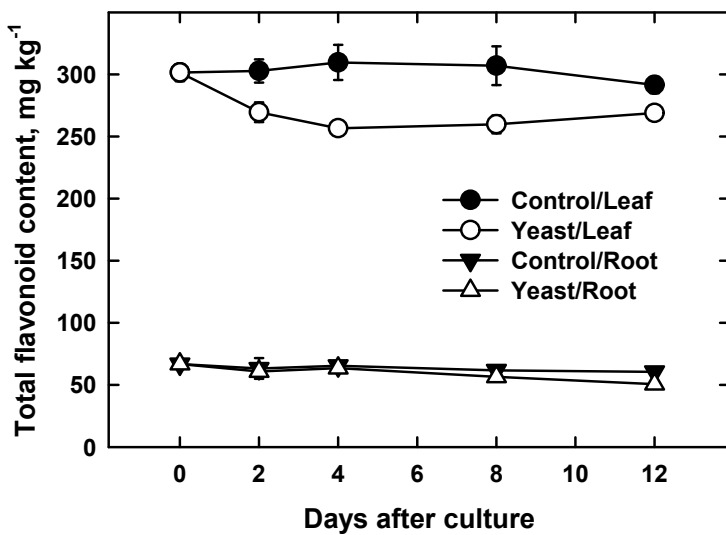


Fig. 157. Change in total flavonoid contents of dandelion leaves and roots after fermentation by yeast.

총 플라보노이드 함량은 무처리 지상부 잎에 있어서 처음 454.3 mg kg⁻¹에서 454.3 mg kg⁻¹로 변함이 없었으나 효모 처리에 의해서 12일째는 454.3 mg kg⁻¹에서 438.7 mg kg⁻¹로 감소한 것으로 나타났으며 민들레 뿌리는 무처리가 처음 154.3 mg kg⁻¹에서 154.3 mg kg⁻¹로 변함이 없었으나 효모 처리에 의해서 12일째는 160.2 mg kg⁻¹에서 139.0 mg kg⁻¹로 감소한 것으로 나타났다(그림 157). 따라서, 총 플라보노이드 함량은 경시적으로 발효가 진행됨에 따라 그 함량이 낮아지는 경향을 보였다.

③ 항산화성: DPPH radical-scavenging activity (IC₅₀)

지상부 잎에 있어서 DPPH 라디칼 소거능을 IC₅₀값으로 환산한 결과 무처리가 처음 166.8 mg kg⁻¹에서 효모 처리에 의해서 12일째는 214.7 mg kg⁻¹로 크게 경시적으로 증가한 것으로 나타나 이는 항산화성이 감소하였음을 의미하며 민들레 뿌리의 IC₅₀값은 무처리가 처음 970.2 mg kg⁻¹에서 효모 처리에 의해서 12일째는 1,541.7 mg kg⁻¹로 증가한 바 항산화성이 감소한 것으로 나타났다(그림 158). 따라서, DPPH법에 의한 항산화성 측정은 경시적으로 발효가 진행됨에 따라 그 효능에 있어서 다소 낮아지는 경향을 보였다.

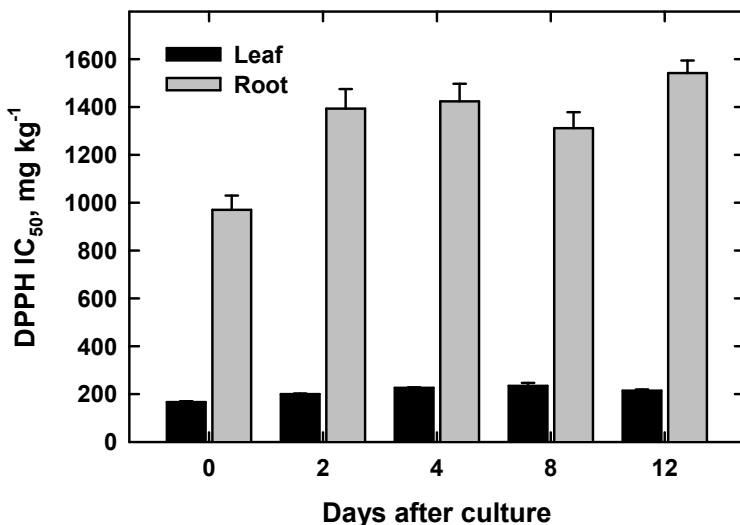


Fig. 158. Change in DPPH IC₅₀ values of leaves and roots of dandelion after fermentation by yeast.

④ 항산화성: Nitrite 소거능

지상부 잎에 있어서 아질산염 소거능은 무처리가 처음 86.3%에서 12일째는 78.9%로 낮아지는 것으로 나타났으며 효모를 처리한 민들레 잎은 처음 86.3%에서 12일째는 87.5%로 약간 증가한 바 항산화성이 조금씩 증가한 것으로 나타났다. 한편 지하부 뿌리에 있어서 아질산염 소거능은 무처리가 처음 85.9%에서 12일째는 66.6%로 낮아졌으나 효모를 처리한 민들레 뿌리는 처음 85.9%에서 12일째까지 89.0%로 증가한 것으로 나타났다(그림 159).

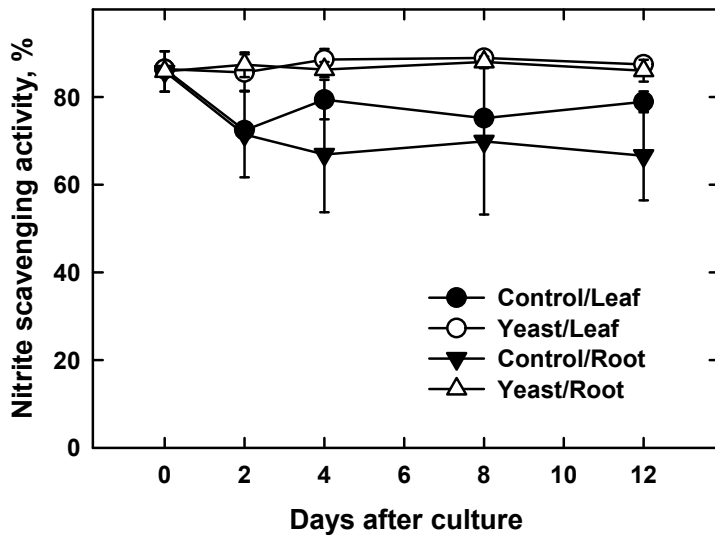


Fig. 159. Change in nitrite scavenging activities of leaves and roots of dandelion after fermentation by yeast.

(2) 건조 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화

(가) 총 페놀 함량

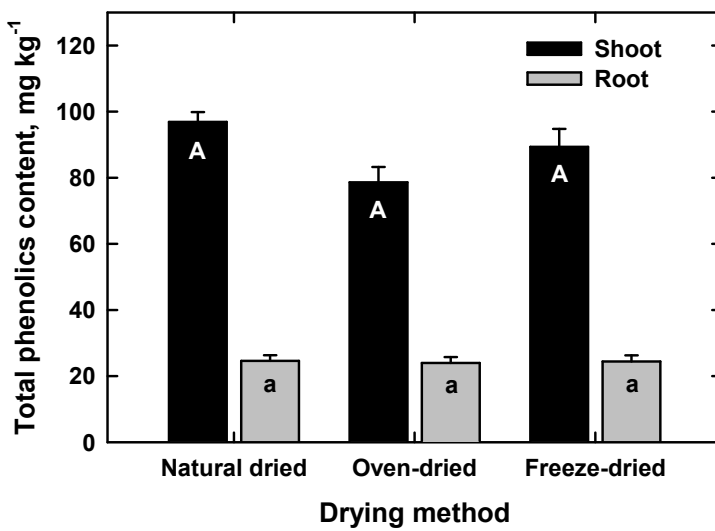


Fig. 160. Total phenolics content (chlorogenic acid) in the methanol extracts of *Taraxacum officinale* at different drying methods.

민들레의 건조방법에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(23.9 ~ 24.6 mg kg⁻¹)보다는 지상부(78.6 ~ 96.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났으나 건조방법별 함량 차이는 지상부와 지하부 모두 유의성은 없는 것으로 나타났고, 지상부와 지하부에서는 자연건조법이 각각 96.9과 24.6 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다. 한편, 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 경향을 보였다(그림 160).

(나) 총 플라보노이드 함량

민들레의 건조방법에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 총 페놀 함량의 결과와 유사한 경향이였다. 지하부(7.7 ~ 8.8 mg kg⁻¹)보다는 지상부(61.2 ~ 64.2 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났으나 건조방법별 함량 차이는 유의성은 없는 것으로 나타났다. 지상부에서는 동결건조법이 64.2 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고 지하부에서는 상온건조법이 8.8 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다(그림 161).

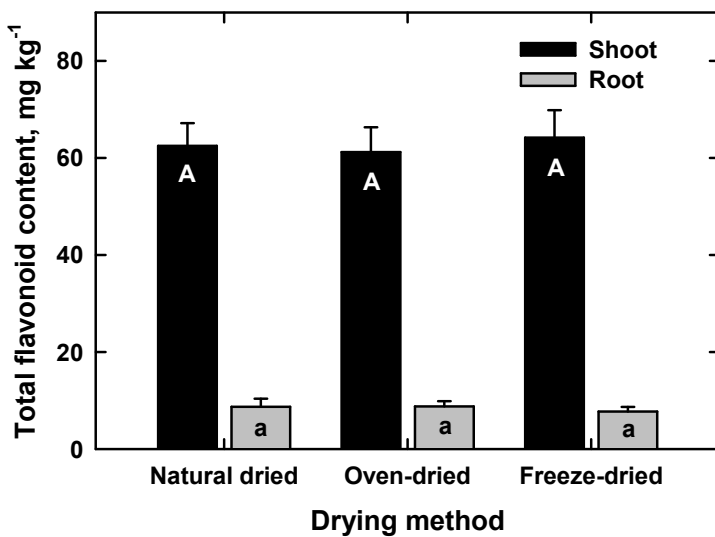


Fig. 161. Total flavonoid level in the methanol extracts of *Taraxacum officinale* at different drying methods.

(다) DPPH 소거능

민들레의 건조방법에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 500 mg kg⁻¹ 추출물 농도에서 지하부(21.9 ~ 51.5%)보다는 지상부(71.2 ~ 89.1%)가 높은 활성을 보였고 지상부는 고온건조(89.1%), 자연건조, 동결건조 순으로 지하부는 자연건조(51.5%), 고온건조, 동결건조 순으로 각각 높은 활성을 보였다(그림 162).

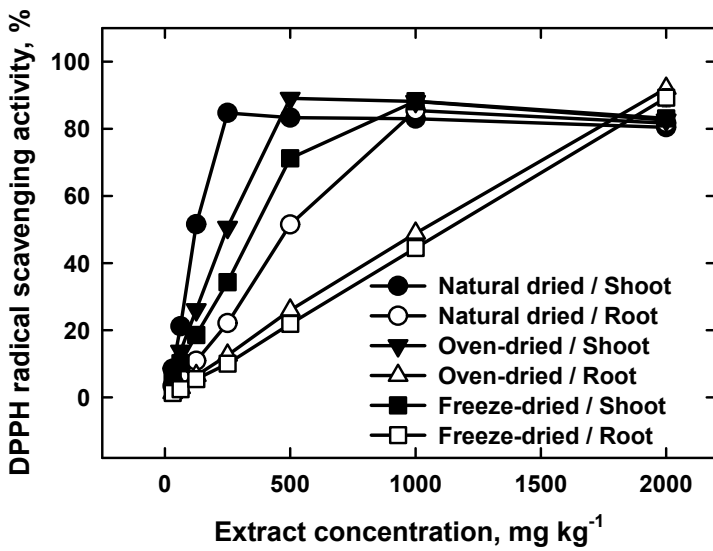


Fig. 162. DPPH radical scavenging activity in the methanol extracts of *Taraxacum officinale* at different drying methods.

(라) Nitrite 소거능

민들레의 건조방법에 따른 아질산염 소거능은 지상부(66.5 ~ 71.5%)보다는 지하부(73.3 ~ 78.5%)가 약간 높은 활성을 보였으나 건조방법별 함량 차이는 유의성은 없었다. 지상부는 자연 건조(71.5%), 고온건조, 동결건조 순으로 지하부는 동결건조(78.5%), 고온건조, 자연건조 순으로 각각 높은 활성을 보였다(그림 163).

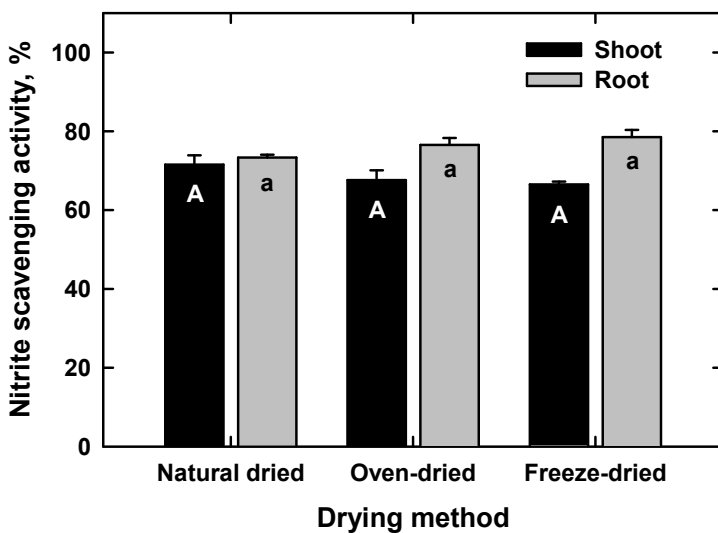


Fig. 163. Nitrite scavenging activity in the methanol extracts of *Taraxacum officinale* at different drying methods.

(3) 가향처리(roasting) 시간에 따른 유효성분 및 기능성 변화

볶음시간에 따른 총 페놀 함량을 catechin, chlorogenic acid 및 tannic acid를 표준물질로 하여 측정된 결과, 9분 동안 볶음처리한 민들레 차가 37.2 ~ 56.3 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고, 그 다음이 6분 볶음처리(29.2 ~ 43.0 mg kg⁻¹), 3분 볶음처리(20.9 ~ 28.3 mg kg⁻¹), 무처리(12.3 ~ 14.7 mg kg⁻¹) 순으로 높게 나타났다(표 72).

Table 72. Effect of roasting time on content of total phenolics in the leaf extracts of *Taraxacum officinale*.

Roasting time	Total phenol compound (mg/kg)		
	catechin	chlorogenic acid	tannic acid
0 min.	12.3 ± 0.3 d	14.7 ± 0.1 d	13.2 ± 0.3 d
3 min.	20.9 ± 0.4 c	28.3 ± 0.6 c	21.3 ± 0.3 c
6 min.	29.2 ± 0.3 b	43.0 ± 0.5 b	29.2 ± 0.3 b
9 min.	37.6 ± 0.5 a	56.3 ± 0.8 a	37.2 ± 0.5 a
LSD _{0.05}	2.67	3.99	2.65

볶음시간에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정된 결과, 9분 동안 볶음처리한 민들레 차가 17.5 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다. 그 다음이 6분 볶음처리(16.5 mg kg⁻¹)와 3분 볶음처리(14.4 mg kg⁻¹)였으며, 무처리는 11.0 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다.

Table 73. Effect of roasting time on content of total flavonoids in the leaf extracts of *Taraxacum officinale*.

Roasting time	총 플라보노이드 (mg/kg)
0 min.	11.0 ± 0.7 b
3 min.	14.4 ± 0.9 ab
6 min.	16.5 ± 1.1 ab
9 min.	17.5 ± 0.9 a
LSD _{0.05}	6.42

볶음시간에 따른 민들레의 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 2,500 mg kg⁻¹에서 측정된 결과, 9분과 6분 동안 볶음처리한 민들레 차가 각각 85.4%와 83.8%로 가장 높은 함량을 보였다. 다음으로 3분 볶음처리한 민들레 차(76.7%)였고, 볶지 않은 민들레 차가 55.9%로 가장 낮게 나타났다.

Table 74. Effect of roasting time on DPPH radical scavenging activity in the leaf extracts of *Taraxacum officinale*.

Roasting time	DPPH 라디칼 소거능 (ppm)							IC ₅₀
	39.0625	78.125	156.25	312.5	625	1250	2500	
0 min.	-0.5±0.0 d	1.9±0.0 d	4.2±0.0 d	6.4±0.1 d	15.6±0.4 d	27.1±0.8 c	55.9±0.7 b	2,262
3 min.	2.3±0.0 c	4.4±0.0 c	6.9±0.0 c	11.9±0.0 c	24.9±0.3 c	41.0±0.2 b	76.7±3.9 ab	1,617
6 min.	4.6±0.0 b	5.2±0.0 b	9.4±0.1 b	16.7±0.3 b	30.4±0.8 b	49.4±0.5 a	83.8±5.9 a	1,335
9 min.	5.3±0.0 a	7.4±0.1 a	11.8±0.0 a	18.9±0.0 a	35.5±0.2 a	55.4±1.9 a	85.4±2.1 a	1,101
LSD _{0.05}	0.07	0.28	0.29	1.03	3.41	7.48	26.44	

(4) 추출 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화

(가) 회수율

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 회수율은 지상부(잎)(3.3 ~ 35.0%)보다는 지하부(뿌리)(3.3 ~ 57.3%)가 뚜렷하게 높게 나타났다. 지상부에서 증류수와 에탄올 100:0과 75:25의 추출 조합은 각각 35.0과 32.7%로 가장 높은 회수율을 보였고, 지하부에서도 역시 증류수와 에탄올 100:0과 75:25의 추출 조합은 각각 57.3과 53.3%로 가장 높은 회수율을 보였다. 이는 증류수가 많은 조합일수록 회수율이 높음을 알 수 있었다(그림 164).

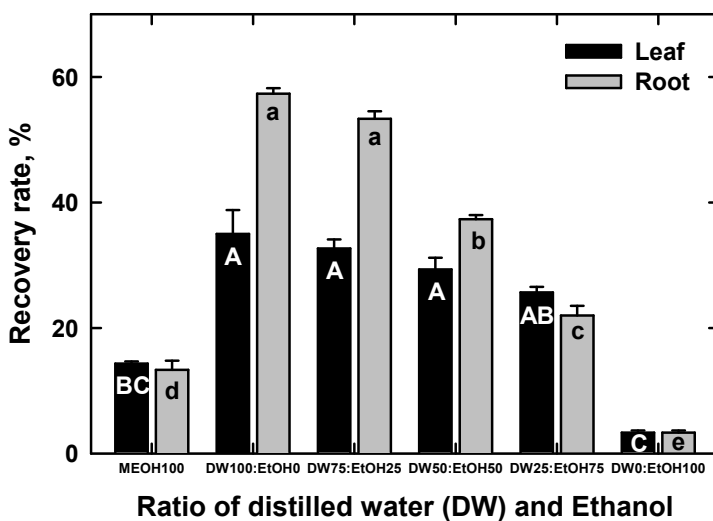


Fig. 164. Recovery rates in the methanol extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction methods.

한편, 지상부에서 추출온도와 시간에 따른 회수율은 온도가 높을수록 회수율이 높았으나 같은 온도에서 추출시간에 따른 회수율은 유의성이 없었다(그림 165). 한편, 지하부의 경우도 지상부와 같이 온도가 높을수록 회수율이 높았으나 같은 온도에서 추출시간에 따른 회수율은 유의성이 없는 경향을 보였다(그림 166). 따라서 회수율은 추출시간보다는 추출온도가 영향을 미치며 추출온도가 높을수록 회수율이 높은 것으로 나타났다.

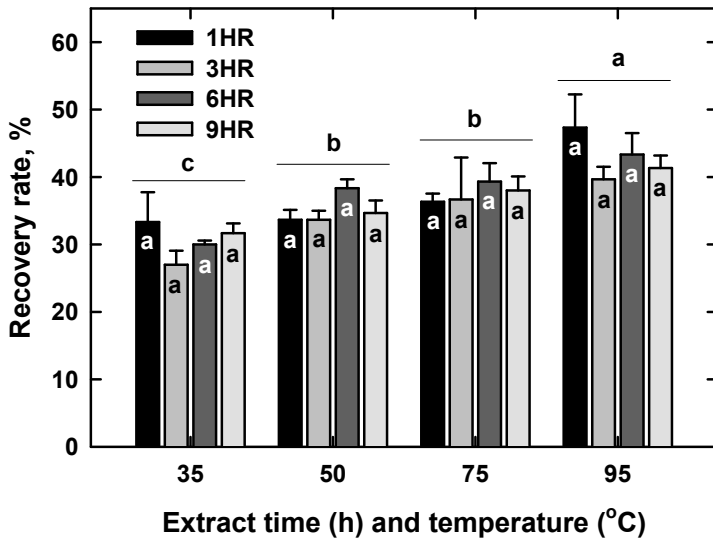


Fig. 165. Recovery rates in the methanol leaf extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction temperatures and durations.

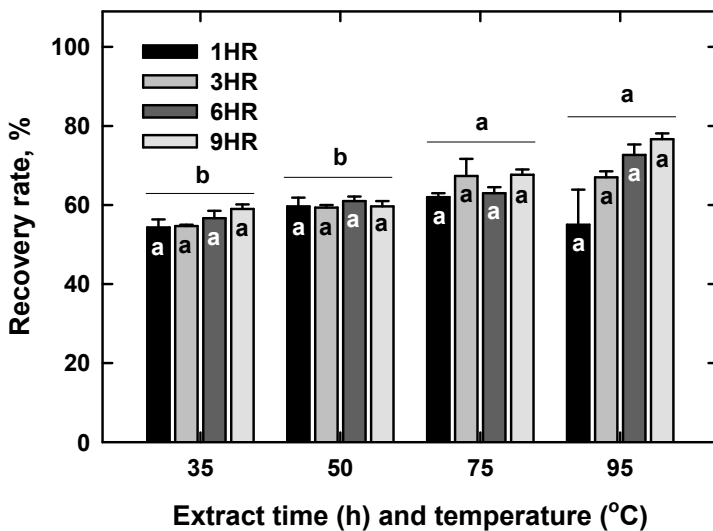


Fig. 166. Recovery rates in the methanol root extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction temperatures and durations.

(나) 총 페놀 함량

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정된 결과 지하부(21.0 ~ 37.7 mg kg⁻¹)보다는 지상부(50.5 ~ 163.1 mg kg⁻¹)가 뚜렷이 더 높게 나타났으며 지상부는 증류수와 에탄올 25:75와 50:50의 추출 조합이 각각 163.1과 144.0 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고 지하부는 증류수와 에탄올 25:75 조합이 37.7 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다. 이와 같은 경향은 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 것으로 나타났다(그림 167).

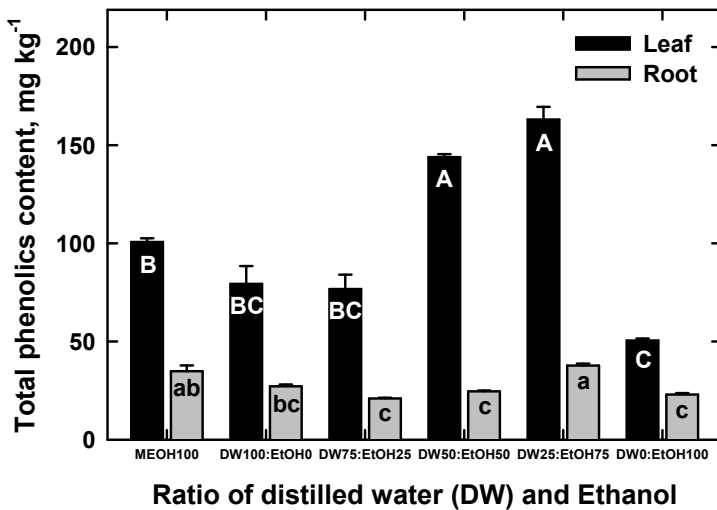


Fig. 167. Total phenolics content (chlorogenic acid) in the methanol extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction methods.

추출온도와 시간에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정된 결과 지상부는 온도가 높을수록 함량이 높았으나 추출시간에 따른 함량은 유의성이 없었다(그림 168). 추출온도 35°C에서 78.1 ~ 94.4 mg kg⁻¹ 범위였고, 추출온도 50°C에서 88.3 ~ 113.1 mg kg⁻¹, 추출온도 75°C에서 140.9 ~ 150.8 mg kg⁻¹, 추출온도 95°C에서 186.3 ~ 192.9 mg kg⁻¹로 나타나 추출온도가 높을수록 총 페놀 함량이 높은 것으로 나타났다.

지하부의 경우 추출온도 35°C에서 17.7 ~ 19.0 mg kg⁻¹ 범위였고, 추출온도 50°C에서 19.4 ~ 21.5 mg kg⁻¹, 추출온도 75°C에서 25.5 ~ 28.2 mg kg⁻¹, 추출온도 95°C에서 30.5 ~ 43.1 mg kg⁻¹로 나타나 추출온도가 높을수록 총 페놀 함량이 높은 것으로 나타났다(그림 169).

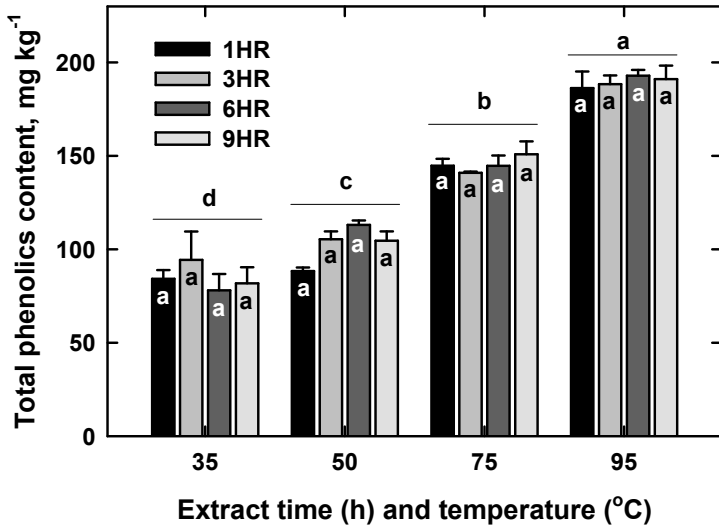


Fig. 168. Total phenolics content (chlorogenic acid) in the methanol leaf extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction temperatures and durations.

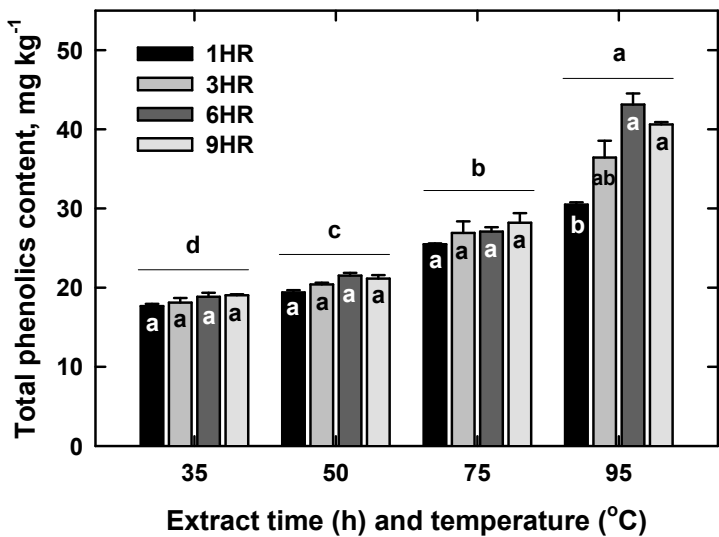


Fig. 169. Total phenolics content (chlorogenic acid) in the methanol root extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction temperatures and durations.

(다) 총 플라보노이드 함량

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(4.9 ~ 23.0 mg kg⁻¹)보다는 지상부(49.0 ~ 142.8 mg kg⁻¹)가 뚜렷이 더 높게 나타났으며 지상부는 증류수와 에탄올 25:75의 추출 조합에서 142.8 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 지하부는 증류수와 에탄올 50:50과 25:75의 추출 조합이 각각 23.0과 20.7 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다(그림 170).

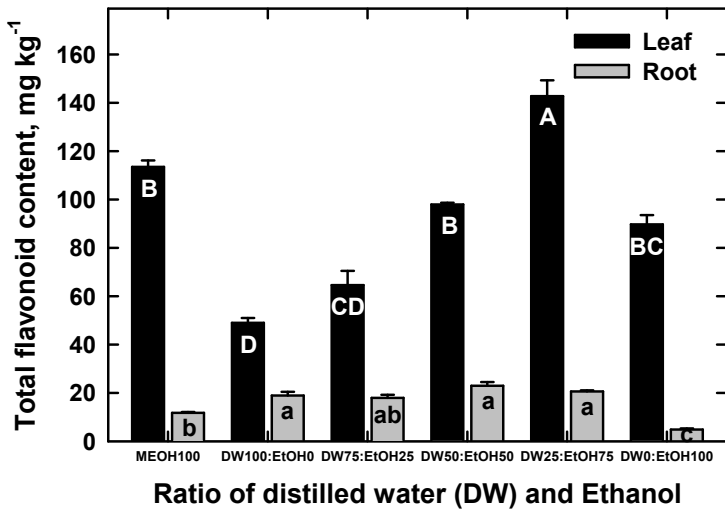


Fig. 170. Total flavonoid level in the methanol extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction methods.

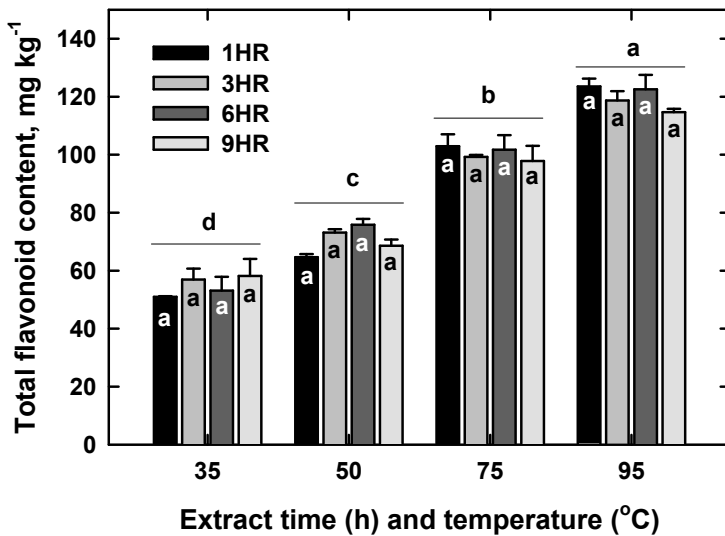


Fig. 171. Total flavonoid level in the methanol leaf extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction temperatures and durations.

추출온도와 시간에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 온도가 높을수록 함량이 높았으나 추출시간에 따른 함량은 유의성이 없었고(그림 171), 지하부의 경우도 지상부와 같은 경향을 보였다(그림 172).

지상부는 추출온도 35°C에서 51.0 ~ 58.2 mg kg⁻¹ 범위였고, 추출온도 50°C에서 64.6 ~ 75.9 mg kg⁻¹, 추출온도 75°C에서 97.8 ~ 102.9 mg kg⁻¹, 추출온도 95°C에서 114.7 ~ 123.5 mg kg⁻¹로 나타나 추출온도가 높을수록 총 플라보노이드 함량이 높은 것으로 나타났다(그림 171).

지하부의 경우 추출온도 35°C에서 13.6 ~ 15.3 mg kg⁻¹ 범위였고, 추출온도 50°C에서 15.0 ~ 16.3 mg kg⁻¹, 추출온도 75°C에서 19.9 ~ 20.8 mg kg⁻¹, 추출온도 95°C에서 23.3 ~ 28.6 mg kg⁻¹로 나타나 추출온도가 높을수록 총 플라보노이드 함량이 높은 것으로 나타났다(그림 172).

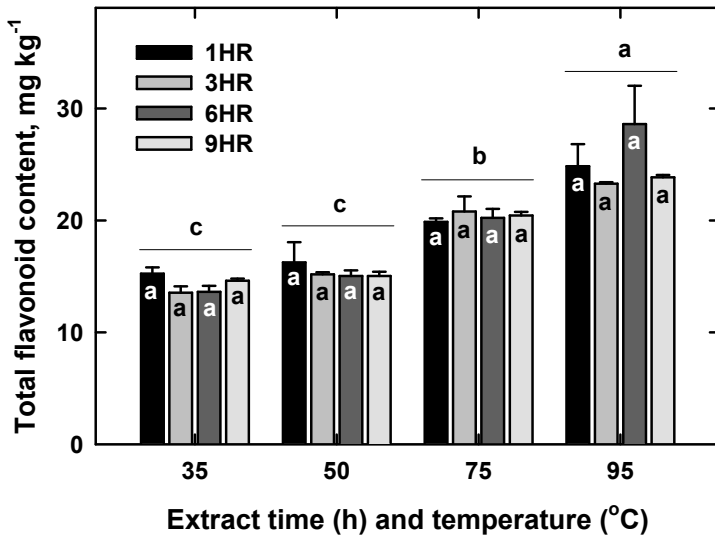


Fig. 172. Total flavonoid level in the methanol root extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction temperatures and durations.

(라) DPPH 소거능

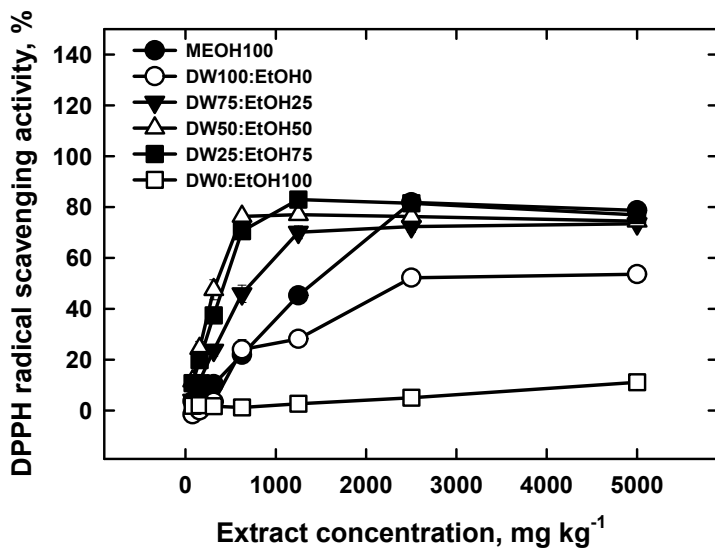


Fig. 173. DPPH radical scavenging activity in the methanol leaf extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction methods.

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도 5,000 mg kg⁻¹에서 지상부가 메탄올 100%, 증류수와 에탄올 25:75 조합, 50:50 조합, 75:25 조합 순으로 각각 78.7, 76.9, 74.4, 73.5%로 높았고 증류수 100%와 에탄올 100%는 각각 53.6과 11.1%로 낮은 활성을 보였다(그림 173), 지하부는 증류수와 에탄올 25:75 조합, 50:50 조합, 메탄올 100%, 75:25 조합 순으로 각각 73.1, 67.1, 59.5, 52.1%로 높았고, 증류수 100%와 에탄올 100%는 각각 38.3과 6.4%로 낮은 활성을 보였다(그림 174).

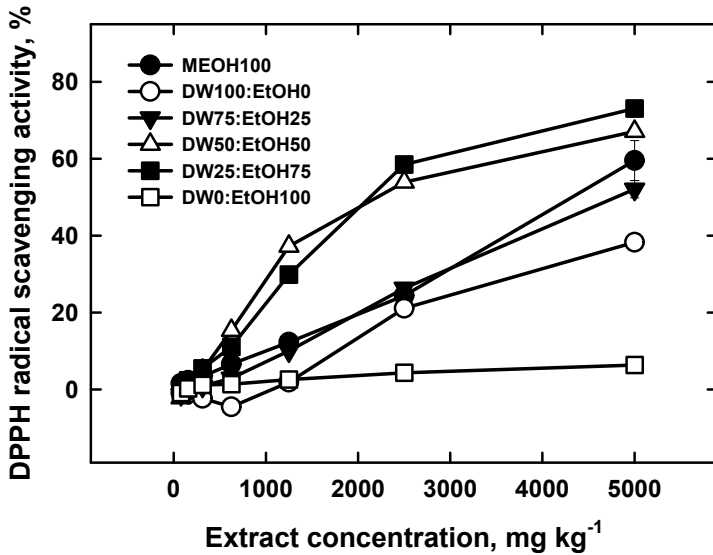


Fig. 174. DPPH radical scavenging activity in the methanol root extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction methods.

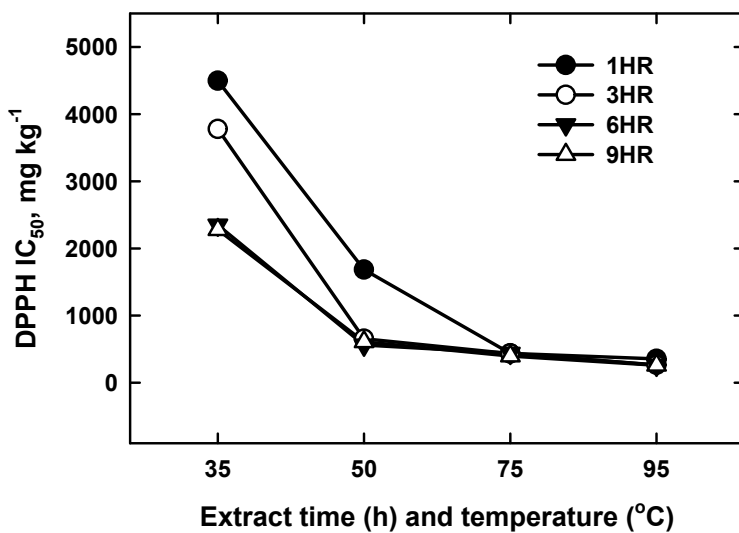


Fig. 175. DPPH radical scavenging activity in the methanol leaf extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction temperatures and durations.

추출온도와 시간에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 IC₅₀값으로 나타낸 결과 지상부에서는 온도가 높을수록, 추출시간이 길수록 낮은 수치를 나타내 항산화 활성이 높음을 알 수 있었고(그림 175), 지하부의 경우도 지상부와 같이 유사한 경향을 보였다(그림 176).

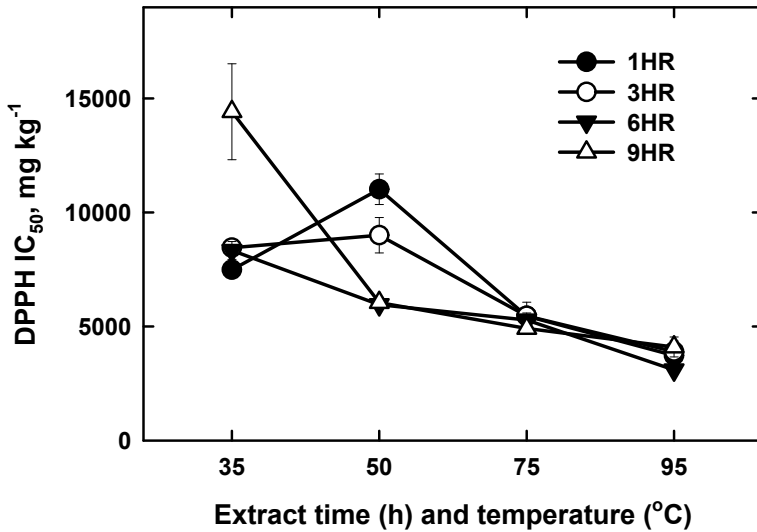


Fig. 176. DPPH radical scavenging activity in the methanol root extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction temperatures and durations.

(마) Nitrite 소거능

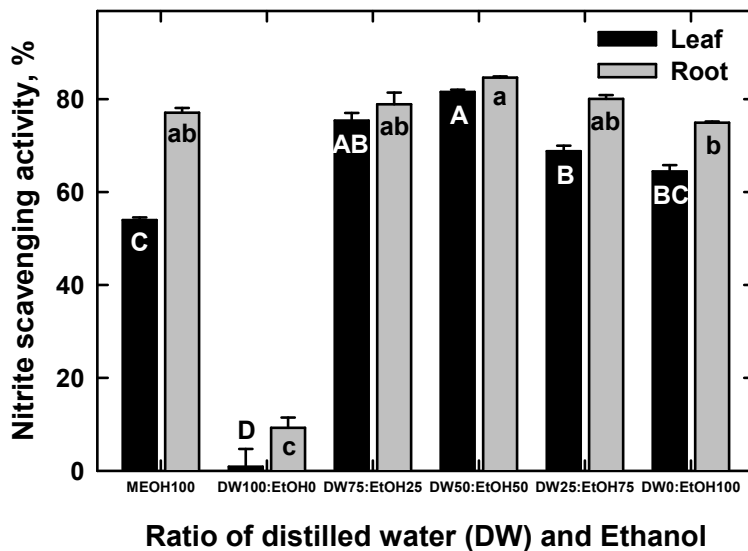


Fig. 177. Nitrite scavenging activity in the methanol extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction methods.

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 아질산염 소거능은 지상부보다는 지하부가 더 높게 나타났으며 지상부와 지하부 모두 증류수와 에탄올 50:50의 추출 조합에서 각각 81.6과 84.7%로 가장 높은 활성을 보였다(그림 177).

추출온도와 시간에 따른 아질산염 소거능은 지상부는 온도가 높을수록(69.5%) 지하부는 온도가 낮을수록(21.3%) 활성이 높았으나 추출시간에 따른 함량은 유의성이 없었다(그림 178-179).

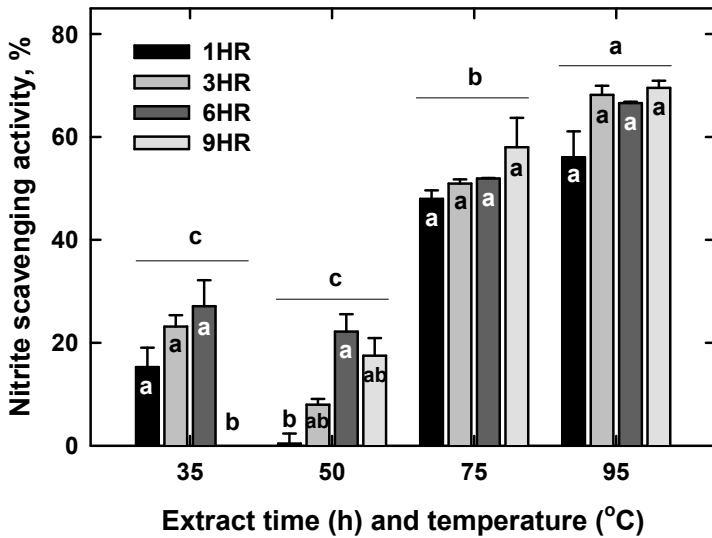


Fig. 178. Nitrite scavenging activity in the methanol leaf extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction temperatures and durations.

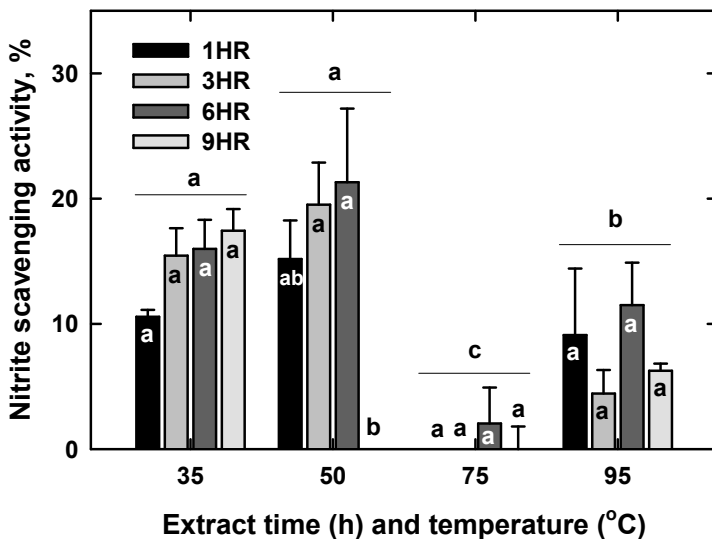


Fig. 179. Nitrite scavenging activity in the methanol root extracts of *Taraxacum officinale* at different extraction temperatures and durations.

라. 기능성 식이 발효식품 개발

(1) 비발효 차 음료 개발

(가) 제조공정

민들레가 가지고 있는 특유의 쓴맛을 최소화하고 함유된 유효성분의 물질인 페놀화합물량을 다량 함유하면서 DPPH radical 소거능 및 아질산염 소거능이 우수하도록 민들레를 이용한 차 음료를 개발하였다.

제조공정은 1) 민들레를 증기처리 시키는 단계, 2) 증기 처리된 민들레를 건조시킨 후에 볶아주는 단계, 3) 볶아진 민들레를 일정한 비율로 물과 혼합한 후에 일정한 온도와 시간에서 추출시키는 단계로 구성되었다.

민들레 차 음료는 물에 장시간 우려내는 전통적인 방법이 아닌 가공과정에서 증기 처리함으로써 쓴맛을 최소화시키는 동시에 가공 비용과 시간이 절감될 수 있고, 또한 다량의 페놀화합물을 함유하고 DPPH radical 소거능 및 아질산염 소거능이 우수하여 노화를 최소화시키고 인체 건강을 증진시키는 효과가 있다.

(나) 민들레를 이용한 차 음료 제조방법

민들레를 흐르는 물에 잘 세척한 후 통상의 온도인 100℃에서 증기(증열)를 이용해 찐다. 이때 증기처리 시간은 30초에서 1분 30초 동안이 바람직하다. 일반적으로 민들레를 섭취하는 데는 쓴맛과 강한 특성을 제어할 필요가 있다. 그러나 전통적인 방법인 소금물에 24 ~ 48시간 우려 사용하는 방법은 민들레의 약성과 물성을 나쁘게 한다. 이러한 방법은 상업적으로 가공제품을 제조할 때 민들레가 수분을 다량 함유하여 가공이 어려울 뿐만 아니라 유효성분이 유실될 수 있어 적당하지 않다. 따라서 본 발명에서는 민들레의 제조과정에서 이용되는 증열기를 이용하여 증기로 쪄 쓴맛을 최소화함으로써 다량의 원료를 기계적으로 가공할 수 있을 뿐만 아니라 동시에 가공시간을 최소화할 수 있어 전체적으로 민들레를 이용한 가공식품의 대량생산이 가능하게 되었다.

또한 민들레의 증기(증열)처리 횟수는 2회가 바람직하다. 증기처리 횟수가 2회 미만이면 쓴맛이 남아 있어 기호도를 감소시킬 수 있고, 2회를 초과하면 유효성분의 함량이 감소할 뿐만 아니라 비용 상승과 품질 저하의 원인이 될 수 있다. 이어, 증기 처리된 민들레를 건조시킨다. 이때 건조는 열풍건조(건조기) 가장 바람직하다. 이어, 건조된 민들레를 고소한 맛을 더하기 위해 가향기에서 적정 시간 볶아준다. 이때 가향기의 온도는 140℃ 내지 200℃ 인 것이 바람직하고 볶아주는 시간은 2 내지 5분이 바람직하다. 시간이 2분 미만이면 폴리페놀함량이 감소할 뿐만 아니라 고소한 맛이 감소하는 문제점이 있고, 5분이 초과되면 탄맛이 나서 향미를 감소시키는 문제점이 있다. 이때, 볶아주는 온도는 140 내지 200℃인 것이 바람직하다. 온도가 140℃ 미만이면 볶아주는 시간이 길어지고 고소한 맛이 잘 살아나지 않으며, 온도가 200℃를 초과하게 되면 추가되는 이득없이 재료가 부분적으로 타버려 제품의 품질을 저하시킬 뿐만 아니라 온도 상승에 따른 비용만 올라가는 문제점이 있다. 보다 바람직한 온도는 150 내지 170℃이다.

이어, 상기 가공된 민들레를 물과 혼합한 후에 일정한 온도와 시간에 따라 혼합물을 추출시켜 차 음료를 제조하게 된다. 이때 상기의 민들레와 물의 혼합비율은 중량비 기준으로 1 : 300

~ 1500인 것이 바람직하다. 상기 혼합물과 물의 혼합비율이 1 : 300 미만이면 쓴맛이 남아있어 기호도가 떨어지는 문제점이 있었으며, 1 : 1500을 초과하면 맛과 향이 약한 문제점이 있었다. 가공 민들레와 물의 혼합비율이 1 : 400 ~ 800인 것이 보다 바람직하다. 여기에서, 추출시 혼합물을 60 ~ 80℃에서 3 ~ 7분 동안 추출시키는 것이 바람직하다. 60℃ 미만에서 추출시키면 추출되는 폴리페놀 양이 적은 문제점이 있고, 80℃를 초과하면 추출되는 폴리페놀 양에 큰 차이가 없어 비효율적이다. 또한 3분 미만으로 추출시키면 맛과 향이 약하고 7분을 초과하면 기호도가 떨어지는 문제점이 있었다.

(다) 유효성분 및 효능 검정

표 75에서 알 수 있는 바와 같이, 실시예 1과 2의 가공된 민들레 차 음료가 비교예 1과 2의 가공된 민들레 차 음료에 비하여 페놀화합물을 많이 함유함을 확인할 수 있었다.

Table 75. 민들레 차 음료의 총 페놀 함량($\mu\text{g}/\text{ml}$ 또는 ppm)

Total phenol compound contents ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	
실시예 1	413.1
실시예 2	425.1
비교예 1	397.8
비교예 2	373.4

표 76에서 알 수 있는 바와 같이, 실시예 1의 가공 민들레 차 음료가 비교예 1과 2의 가공 민들레 차 음료에 비하여 DPPH radical 소거능에 있어 활성이 증가됨을 확인할 수 있었다.

Table 76. 민들레 차 음료의 DPPH 라디칼 소거능

DPPH radical-scavenging activity, RC_{50} ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	
실시예 1	264.9
실시예 2	324.6
비교예 1	313.2
비교예 2	431.1

표 77에서 알 수 있는 바와 같이, 실시예 1과 2의 가공 민들레 차 음료가 비교예 1과 2의 가공 민들레 차 음료에 비하여 아질산염 소거능에 있어 활성이 높음을 확인할 수 있었다.

Table 77. 민들레 차 음료의 아질산염 소거능(%)

Nitrite scavenging activity, % of control	
실시예 1	80.1
실시예 2	79.8
비교예 1	61.2
비교예 2	62.1

(라) 소비자 호응도 및 관능평가

관능검사는 어린이 20명(남녀 10명씩), 청소년 20명(남녀 10명씩), 일반주부 20명, 성인남성 20명, 65세 이상 일반인 20명(남녀 10명씩)하여 총 100명을 대상으로 색, 향, 맛, 기호도를 구분하여 1점 매우 나쁘다, 2점 나쁘다, 3점 보통이다, 4점 좋다, 5점 매우 좋음으로 나타나는 5점 기호척도법을 사용하였다.

표 78에서 나타낸 바와 같이, 본 발명에 따라 제조된 민들레 차 음료인 실시예 1, 2는 비교예 1, 2에 비해 월등히 우수함을 확인할 수가 있고, 특히 비교예 1과 비교예 2를 통해 제조되는 민들레 차 음료는 일반인들의 입맛에 적응하기에는 부족한 상태임을 고려할 때 이 또한 본 발명에 의해 제조된 민들레 차 음료의 상품성은 높다고 할 것이다.

Table 78. 민들레 차 음료의 관능평가

구분	색	향	맛	기호도
실시예 1	4.7	4.3	5.1	4.7
실시예 2	4.5	4.1	4.8	4.4
비교예 1	3.3	3.6	3.1	3.3
비교예 2	3.8	3.2	3.5	3.5

(2) 발효 차 음료 개발

(가) 민들레 발효음료 제조공정

① 준비물

- ㉠ 민들레 10kg + 사과 2kg
- ㉡ 황설탕 5 ~ 7kg
- ㉢ 향아리(한 말 반 정도의 용량이면 된다. 대략 27ℓ가 들어간다.)
- ㉣ 토마, 칼 또는 작두, 눌림 돌, 대야, 한지, 고무줄, 저울, 펜 등

② 향아리에 넣기

- ㉠ 민들레의 잎과 줄기 그리고 사과를 2 ~ 4cm 크기로 적당하게 썬 다음 설탕에 잘 버무려 향아리에 넣는다.
- ㉡ 미리 썰어 놓은 것은 썰린 단면이 공기 중의 산소에 의해 산화되므로 2kg 정도씩 썰고 1kg의 설탕에 버무려 향아리에 넣기를 반복하면 된다.
- ㉢ 마지막 썬 것을 버무려 향아리에 넣은 후 손으로 골고루 눌러 주고 남은 1kg의 설탕을 재료가 보이지 않도록 위에 고루 뿌린다.
- ㉣ 설탕에 버무린 야채를 향아리 입구까지 아무리 꾹꾹 눌러 담되 향아리의 3/4만 채워야 한다(공기가 통하도록).
- ㉤ 한지로 덮개를 하고 만든 날짜 등을 기록한다.
 - 연월일, 효소 이름, 설탕의 양 등을 적는다.
 - 고무줄로 매어 이물질이 들어가지 않도록 한다.
- ㉥ 햇볕이 들지 않는 어두운 곳에 둔다.
 - 재료를 매일 한 번씩 뒤집어 준다.

- ㉔ 7일 정도면 발효가 완성된다.
 - 달면서도 약간 톡 쏘는 듯한 신맛이 난다.
 - 재료의 성분과 수액이 빠져나오면 가벼워진 재료는 남아 있는 섬유질에 의해 떠오르며, 재료의 색깔도 녹색에서 연두색이나 황록색으로, 또는 붉은색에서 분홍색으로 탈색된다.
- ㉕ 소쿠리로 즙액을 거른다.
- ㉖ 거른 즙액을 항아리에 숙성시킨다.
 - 2차 발효에 의해 거품이 올라온다.
- ㉗ 2개월(60일) 숙성시킨다.
 - 촉촉한 망으로 거품과 앙금을 걷어 내고 숙성시킨다.
- ㉘ 저온 저장 창고나 냉장고에 보관하면서 음용한다.
- ㉙ 오래 보관하는 것은 설탕을 더 넣는다.
 - 당분이 증가하면 미생물의 활동이 줄어 오래 보관할 수 있다.

(나) 유효성분 및 효능 검정

표 79에서 알 수 있는 바와 같이, 민들레 당화발효음료가 다른 두 가공 음료에 비하여 페놀 화합물을 많이 함유함을 확인할 수 있었다.

Table 79. 민들레 발효음료의 총 페놀 함량(mg/kg 또는 ppm)

음료 종류	Total phenol content (mg/kg)
당화발효음료	77.8 ± 3.4 a
열수추출음료	70.9 ± 2.1 a
주정추출음료	54.2 ± 2.0 b

표 80에서 알 수 있는 바와 같이, 민들레 당화발효음료가 다른 두 가공 음료에 비하여 총 플라보노이드가 유의적으로 높게 함유되어 있음을 확인할 수 있었다.

Table 80. 민들레 발효음료의 총 플라보노이드 함량(mg/kg 또는 ppm)

음료 종류	Total flavonoid level (mg/kg)
당화발효음료	40.6 ± 4.4 a
열수추출음료	21.2 ± 2.6 b
주정추출음료	37.6 ± 3.9 a

표 81에서 알 수 있는 바와 같이, 민들레 당화발효음료가 다른 두 가공 음료에 비하여 DPPH radical 소거능에 있어 활성이 유의적으로 높음을 확인할 수 있었다.

Table 81. 민들레 발효음료의 DPPH 라디칼 소거능

음료 종류	DPPH radical-scavenging activity (%)				
	32	65	125	250	500
당화발효음료	12.5±0.6 a	25.9±1.2 a	50.6±2.0 a	90.4±2.4 a	92.2±3.1 a
열수추출음료	12.8±1.0 a	21.6±1.8 a	37.8±1.9 c	76.3±2.0 c	85.9±2.8 b
주정추출음료	11.4±0.6 a	23.5±1.4 a	46.3±1.5 b	87.6±1.9 b	89.1±3.0 b

표 82에서 알 수 있는 바와 같이, 민들레 당화발효음료가 다른 두 가공 음료에 비하여 아질산염 소거능에 있어 활성이 비교적 높으나 유의성이 없음을 확인할 수 있었다.

Table 82. 민들레 발효음료의 아질산염 소거능(%)

	Nitrite scavenging activity, % of control
당화발효음료	77.2 ± 2.9 a
열수추출음료	76.9 ± 3.4 a
주정추출음료	72.7 ± 3.0 a

(다) 소비자 호응도 및 관능평가

관능검사는 어린이 20명(남녀 10명씩), 청소년 20명(남녀 10명씩), 일반주부 20명, 성인남성 20명, 65세 이상 일반인 20명(남녀 10명씩)으로 구성된 총 100명을 대상으로 색, 향, 맛, 기호도를 구분하여 1점 매우 나쁘다, 2점 나쁘다, 3점 보통이다, 4점 좋다, 5점 매우 좋음으로 나타나는 5점 기호척도법을 사용하였다.

상기 표 83에서 나타낸 바와 같이, 본 발명에 따라 제조된 민들레 발효음료는 색, 향, 맛의 경우 4.7이상이었고 기호도에 있어서도 4.8로 다른 두 음료에 비해 월등히 우수함을 확인할 수 있어 본 발명에 의해 제조된 민들레 발효음료의 상품성은 높다고 할 수 있다.

Table 83. 민들레 발효음료의 관능평가

구분	색	향	맛	기호도
당화발효음료	4.7	4.8	4.9	4.8
열수추출음료	4.1	4.3	4.1	4.3
주정추출음료	4.5	4.5	4.5	4.5

(3) 민들레꽃 식혜 개발

(가) 제조공정

합성 감미료나 인공첨가물을 사용하지 않고 민들레 꽃만을 이용하면서도 맛과 향이 우수하고 민들레의 기능성 성분을 다량 함유하는 식혜음료를 제조하였다.

우리나라 전통식품의 하나인 식혜를 얻는 공정에 친환경적으로 재배되고 기능성이 높은 민들레 꽃의 유효성분을 식혜 발효공정에 포함시켜 민들레꽃 식혜를 얻고, 민들레꽃 식혜의 상품화 가능성을 확인하고자 하였다.

우리나라 전통식품의 하나인 식혜를 얻는 공정에 민들레 꽃의 유효성분을 추가시키되, 민들레 꽃이 갖고 있는 폴리페놀 및 플라보노이드 물질 등 다양한 기능성 물질이 훼손되거나 파손되지 않는 범위의 제조공정을 찾고, 식혜의 당화과정에 의해 생성되는 말토오스에 의한 독특한 풍미, 식혜의 외관, 담백한 맛 등을 훼손시키지 않는 범위 내에서의 민들레꽃 식혜의 제조방법 및 그 제조방법에 의해 만들어진 민들레꽃 식혜를 제공하고자 한다.

(나) 민들레꽃 식혜 제조방법

(1) 분말상 엿기름 가루를 5 ~ 10배의 따뜻한 물에 풀어 3 ~ 4시간 두어 엿기름 물을 얻는 단계; (2) 민들레 꽃에 3 ~ 5배의 물을 붓고 50 ~ 60°C에서 2 ~ 3 시간 범위로 열수추출하여 민들레 꽃 성분을 추출시킨 후 이를 여과기로 여과시켜 얻은 여과액을 50~60°C의 저온 분위기하에서 50±5% 범위로 진공농축시켜 민들레 꽃 엑기스 추출물을 얻는 단계; (3) 찹쌀이나 현미로 밥을 해서 먼저 제1단계에서 얻은 엿기름 물을 붓되 밥 10kg 기준에 10 ~ 20ℓ의 엿기름 물을 붓고 30 ~ 45°C 범위에서 5 ~ 7시간 숙성시키는 단계 및 상기 공정이 완료된 후 민들레꽃 엑기스추출물을 2 ~ 3kg 추가하여 90 ~ 100°C에서 30 ~ 60분 열탕시키는 단계를 포함하는 공정을 통하여 민들레 꽃이 포함된 식혜의 독특한 풍미, 외관, 담백한 맛 등을 훼손시키지 않는 민들레꽃 식혜를 제공할 수 있음을 확인하여 완성된 발명이다.

(다) 유효성분 및 효능 검정

표 84에서 알 수 있는 바와 같이, 민들레 식물체 부위별로 총 페놀 함량을 분석한 결과, 꽃, 잎, 뿌리, 꽃대 순으로 높은 함량을 보여 각각 73.0, 51.4, 20.6, 20.4 mg kg⁻¹로 나타났다.

Table 84. 민들레 부위별 식혜의 총 페놀 함량(mg/kg 또는 ppm)

부위별	총 페놀 함량 (mg/kg)
잎	51.43 ± 3.28 b
뿌리	20.59 ± 0.88 c
꽃대	20.40 ± 1.73 c
꽃	72.98 ± 0.57 a
LSD _{0.05}	7.92

표 85에서 알 수 있는 바와 같이, 민들레 식물체 부위별로 총 플라보노이드 함량을 분석한 결과, 잎, 뿌리, 꽃대, 꽃 순으로 높은 함량을 보여 각각 21.4, 16.2, 8.0, 5.5 mg kg⁻¹로 나타났다.

Table 85. 민들레 부위별 식체의 총 플라보노이드 함량(mg/kg 또는 ppm)

부위별	총 플라보노이드 함량 (mg/kg)
잎	16.17 ± 0.77 b
뿌리	5.48 ± 0.27 c
꽃대	8.01 ± 0.62 c
꽃	21.43 ± 0.99 a
LSD _{0.05}	2.92

표 86에서 알 수 있는 바와 같이, 민들레 식물체 부위별로 DPPH 라디칼 소거능은 꽃, 잎, 뿌리, 꽃대 순으로 높은 활성을 보여 추출물 2,000 mg kg⁻¹에서 각각 89, 62, 55, 37%로 나타났다. 이는 총 페놀 함량의 결과와 유사한 경향을 보여 항산화 활성에 폴리페놀이 기여한 것으로 해석된다.

Table 86. 민들레 부위별 식체의 DPPH 라디칼 소거능

부위별	DPPH radical scavenging activity (%)							
	31.25	62.5	125	250	500	1000	2000	IC ₅₀
잎	-0.4	2.0	4.4	8.8	19.1	34.6	62.1	1,568.1
뿌리	2.1	2.1	4.4	8.3	16.8	30.7	54.7	1,796.4
꽃대	-0.6	0.8	1.7	3.9	9.9	18.2	37.2	2,687.5
꽃	2.6	5.5	10.4	20.1	43.7	69.1	89.0	680.4

(다) 소비자 호응도 및 관능평가

관능검사는 어린이 20명(남녀 10명씩), 청소년 20명(남녀 10명씩), 일반주부 20명, 성인남성 20명, 65세 이상 일반인 20명(남녀 10명씩)으로 구성된 총 100명을 대상으로 색, 향, 맛, 기호도를 구분하여 1점 매우 나쁘다, 2점 나쁘다, 3점 보통이다, 4점 좋다, 5점 매우 좋음으로 나타나는 5점 기호척도법을 사용하였다.

표 87에서 알 수 있는 바와 같이, 관능평가에 있어서 향은 꽃, 뿌리, 잎, 꽃대 순으로 높았고, 색향과 맛향은 꽃, 잎, 뿌리, 꽃대 식체 순으로 높아 민들레꽃이 가장 높게 나타났다.

Table 87. 민들레 부위별 식체의 관능평가

	향(10점 만점)	색향(10점 만점)	맛향(10점 만점)
잎	7.9	8.0	7.8
뿌리	8.0	7.7	7.7
꽃대	6.8	7.2	7.2
꽃	8.8	9.0	8.2

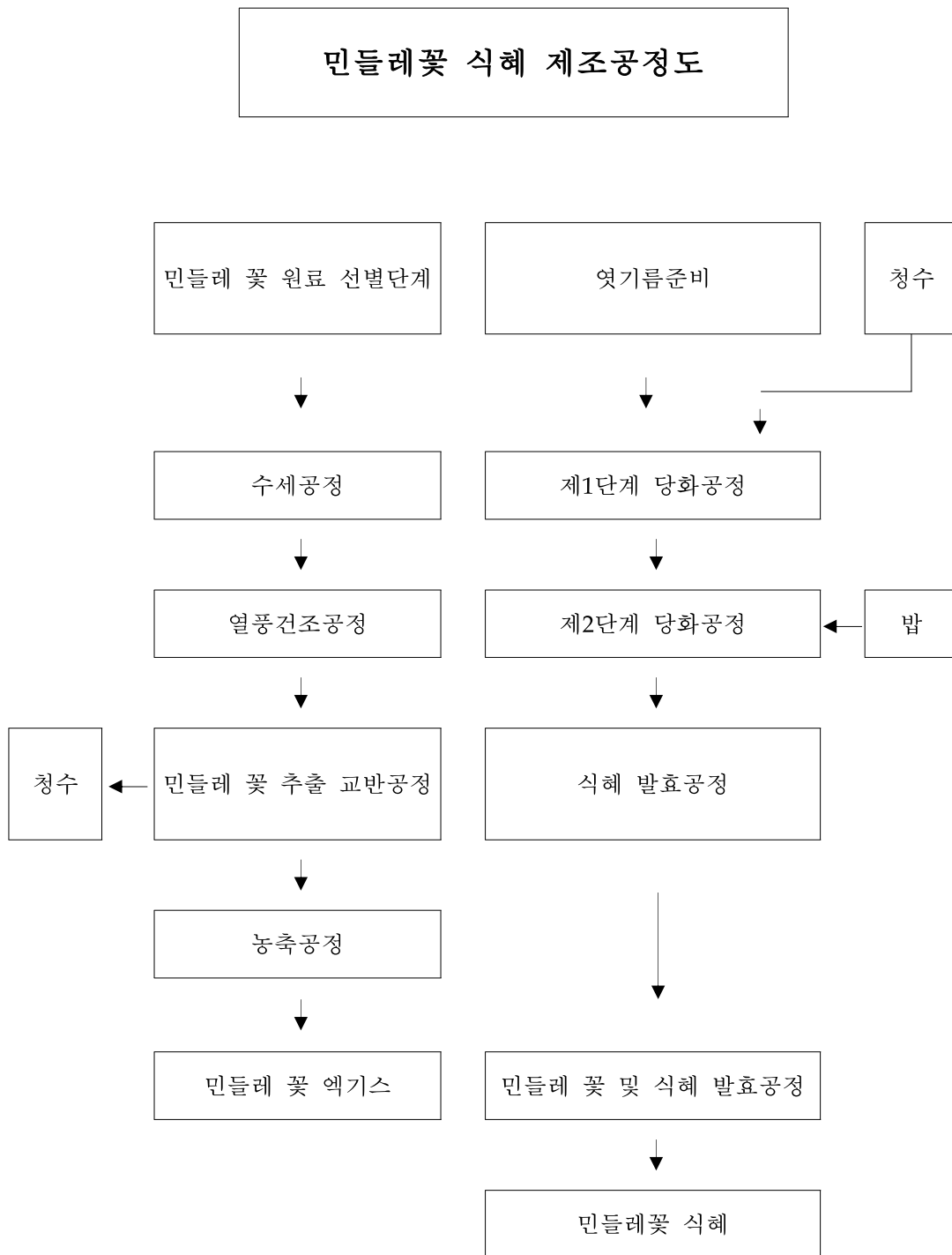


Fig. 180. 민들레꽃 식혜 제조공정도

(4) 민들레 시제품 개발

(가) 민들레 차 음료



Fig. 181. Non-fermented dandelion beverage.



Fig. 182. Packing sheet for non-fermented dandelion beverage.

(나) 민들레 발효음료



Fig. 183. Fermented dandelion beverage.



Fig. 184. Packing sheet for fermented dandelion beverage.

(3) 민들레 식혜



Fig. 185. Dandelion "Sikhae".



Fig. 186. Packing sheet for dandelion "Sikhae".

4. 결과 요약 및 종합 결론

가. 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(1) 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(가) 민들레 수집종의 생리활성물질

① 총 페놀 함량

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레로 총 페놀 함량(표준물질: chlorogenic acid)을 분석한 결과, 지상부에서 곡성군 오산면, 강원 양구읍, 순천시 해룡면, 영광군 법성포에서 수집한 것이 각각 52.23, 51.77, 51.43, 51.37 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다. 그 다음으로 여수시 소라면 45.48 mg kg⁻¹로, 여수시 상암동, 여수시 삼일동에서는 각각 38.73, 37.43 mg kg⁻¹로 앞의 지역보다 유의적으로 낮은 함량을 보였다. 한편, 뿌리의 총 페놀 함량은 지상부보다 낮은 경향이 뚜렷하였으나 강원 양구읍과 영광군 법성포에서 수집한 것이 각각 31.55, 32.17 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고 반면에 순천시 해룡면에서 수집한 것이 20.59 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다.

② 총 플라보노이드 함량

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레로 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, 지상부에서 곡성군 오산면, 강원 양구읍, 영광군 법성포에서 수집한 것이 가장 높은 함량을 보인 각각 28.9, 25.9, 25.8 mg kg⁻¹로 나타났다. 그 다음으로 여수시 소라면, 여수시 삼일동, 순천시 해룡면, 여수시 상암동에서 각각 21.4, 17.7, 16.2, 14.8 mg kg⁻¹로 앞의 지역보다 유의적으로 낮은 함량을 보였다. 한편, 뿌리의 총 플라보노이드 함량(표준물질: naringin)을 분석한 결과, 지상부보다 낮은 경향이 뚜렷하였으나 여수 상암동에서 수집한 것이 10.1 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고 반면에 여수시 소라면과 순천시 해룡면에서 수집한 것이 각각 5.7, 5.5 mg kg⁻¹로 가장 낮게 나타났다.

(나) 민들레 수집종의 기능성

① DPPH radical-scavenging activity

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레로부터 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과 지상부보다는 지하부가 더 높았으며, 지상부에서는 여수시 상암동과 곡성군 오산면이 높았으며, 여수시 소라면이 가장 낮게 나타났다. 지하부에서는 여수시 상암동과 강원도 양구군이 가장 높았으며, 순천시 해룡면과 여수시 소라면이 가장 낮게 나타났다.

민들레 추출물 1,000 mg kg⁻¹을 기준으로 지상부에서는 여수시 상암동과 곡성군 오산면이 각각 44.2와 47.3%로 높았으며, 여수시 소라면이 26.0%로 가장 낮게 나타났다. 한편 지하부는 여수시 상암동과 강원도 양구군이 각각 69.5와 71.8%로 가장 높았으며, 순천시 해룡면과 여수시 소라면이 각각 30.7과 30.0%로 가장 낮게 나타났다.

② Nitrite 소거능

전국 7개 지역에서 수집된 서양민들레로부터 아질산염(Nitrite) 소거능을 분석한 결과 지상부보다 지하부가 조금 더 높았으나 전체적으로 60%정도의 활성을 보였고 지역 수집종간의 유의적인 차이는 없었으며, 뿌리에서도 지상부와 같은 유사경향을 보였다.

③ 항암성

지역별로 수집한 민들레의 폐암 세포주(CALU-6)에 대한 세포독성은 지상부가 지하부보다 높았으며 지상부에서 삼일에서 높은 활성을 보였고, 소라, 양구, 해룡, 상암, 오산, 법성 순으로 높았다. 한편 지하부에서는 법성, 양구에서 가장 높은 활성을 보였고, 오산, 삼일, 상암, 소라, 해룡 순으로 높았다. 민들레 추출물 400 mg kg⁻¹을 기준으로 지상부에서 삼일에서 8.3 %로 높은 활성을 보였고, 소라, 양구, 해룡, 상암, 오산, 법성 순으로 각각 12.5, 21.2, 21.3, 32.5, 43.2, 60.5%로 높게 나타났다. 한편 지하부에서는 법성, 양구에서 각각 42.2와 42.8%로 나타나 가장 높은 활성을 보였고, 오산, 삼일, 상암, 소라, 해룡 순으로 각각 59.4, 66.0, 66.8, 70.2, 87.2%로 높게 나타났다.

지역별로 수집한 서양민들레의 위암 세포주(SNU-601)에 대한 세포독성은 지상부가 지하부보다 더 높은 활성을 보였으며, 지상부에서 순천시 해룡면에서 높은 활성을 보였고, 여수시 소라면에서는 낮은 활성을 나타냈다. 한편 지하부에서는 영광군 법성포에서 가장 높은 활성을 보였고, 순천시 해룡면에서 낮게 나타났다. 민들레 추출물 400 mg kg⁻¹을 기준으로 지상부에서 순천시 해룡면에서 42.3%로 높은 활성을 보였고, 여수시 소라면에서는 95.5%로 낮은 활성을 나타냈다. 한편 지하부에서는 영광군 법성포에서 48.7%로 가장 높은 활성을 보였고, 순천시 해룡면에서 87.6%로 낮게 나타났다.

(2) 입지별 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(가) 민들레 식물체 부위별 생리활성물질 및 기능성

① 총 페놀 함량

Folin-Denis방법에 따라 표준물질 chlorogenic acid를 근거로 분석된 민들레 부위별 추출물 농도 1,000 mg kg⁻¹에 대한 총 페놀 함량이 정량되었다. 그 결과 꽃 추출물이 73.0 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났으며, 그 다음이 잎 추출물로 51.4 mg kg⁻¹이었고 뿌리와 꽃대는 각각 20.6과 20.4 mg kg⁻¹로 가장 낮은 함량을 보였다.

② 총 플라보노이드 함량

한편, naringin을 표준물질로 분석한 총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량 보다는 낮은 함량을 보였으나 민들레 부위별 함량 차이 같은 경향을 보였다. 꽃 추출물은 21.4 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 잎, 꽃대, 뿌리 순으로 각각 16.2, 8.0, 5.5 mg kg⁻¹로 나타났다.

③ DPPH radical-scavenging activity

민들레 부위별 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 HPLC로 분석한 결과 꽃 추출물 (IC₅₀ 값 = 624.3 mg kg⁻¹)에서 가장 높은 활성을 보였고 그 다음으로 잎(1,627.9 mg kg⁻¹),

뿌리(1,881.4 mg kg⁻¹), 꽃대 추출물(3,765.6 mg kg⁻¹) 순으로 꽃대가 가장 낮은 활성을 보였다. 특히, 메탄올 추출물 2,000 mg kg⁻¹에서 DPPH 라디칼 소거능은 꽃 추출물이 89%로 가장 높았고 다음이 잎, 뿌리, 꽃대 순으로 각각 62.1, 54.7, 37.2%로 나타났다.

④ Nitrite 소거능

한편, 민들레 부위별 메탄올 추출물 1,000 mg kg⁻¹에서 아질산염 소거능은 꽃대에서 70.1%로 가장 높았고 뿌리가 69.3%로 그 다음으로 높게 나타났고, 잎과 꽃은 가장 낮은 활성인 61.6과 56.5%로 나타나 유의성은 인정되지 않았고 앞의 DPPH 라디칼 소거능과는 다른 양상을 보였다.

⑤ 항암성

민들레 부위별 지상부의 폐암 세포주(CALU-6)에 대한 세포 생존율은 꽃 추출물에서 가장 낮았고(IC₅₀ 값 = 85.7 mg kg⁻¹), 그 다음으로 잎(IC₅₀ 값 = 251.3 mg kg⁻¹), 꽃대(IC₅₀ 값 = 284.5 mg kg⁻¹), 뿌리 추출물(IC₅₀ 값 = 775.4 mg kg⁻¹) 순으로 뿌리 추출물이 가장 높은 생존율을 보였다. 특히, 메탄올 추출물 400 mg kg⁻¹에서 각 부위별 세포 생존율은 꽃 추출물이 7.8%로 가장 낮았고 그 다음으로 잎(21.3%), 꽃대(32.9%), 뿌리(87.2%)로 나타났다. 이는 꽃 추출물이 가장 높은 세포독성을 보였고, 뿌리가 가장 낮은 것을 보여 준다.

한편, 민들레 부위별 지상부의 위암 세포주(SNU-601)에 대한 세포 생존율은 폐암 세포주보다 상대적으로 높은 경향으로 더 낮은 세포독성을 나타냈다. 하지만 부위별 차이는 앞의 폐암 세포주의 결과와 유사한 경향이었다. 즉, 꽃 추출물에서 역시 가장 낮은 세포 생존율(IC₅₀ 값 = 311.4 mg kg⁻¹)을 보였고, 그 다음으로 잎(IC₅₀ 값 = 369.1 mg kg⁻¹), 꽃대(IC₅₀ 값 = 551.3 mg kg⁻¹), 뿌리 추출물(IC₅₀ 값 = 731.4 mg kg⁻¹) 순으로 뿌리 추출물이 가장 높은 생존율을 보였다. 특히, 메탄올 추출물 400 mg kg⁻¹에서 각 부위별 세포 생존율은 꽃 추출물이 34.2%로 가장 낮았고 그 다음으로 잎(42.3%), 꽃대(69.8%), 뿌리(87.6%)로 나타났다. 이는 세포독성이 꽃 추출물에서 가장 높고, 뿌리에서 가장 낮은 것을 보여 준다.

(다) 재배 지형별 민들레의 생리활성물질 및 기능성

① 총 페놀 함량

서식장소의 지형에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과, 지상부(51.4 ~ 52.2 mg kg⁻¹)가 지하부(21.8 ~ 32.2 mg kg⁻¹)보다 높게 나타났다. 한편, 지상부는 평야지 오산, 산간지 양구, 해안가 법성 지역이 각각 52.2, 51.8, 51.4 mg kg⁻¹로 나타나 지형별 유의적인 차이를 보이지 않았다. 지하부는 산간지 양구와 해안가 법성이 각각 31.6과 32.2 mg kg⁻¹로 평야지 오산(21.8 mg kg⁻¹)보다 높게 나타났다.

② 총 플라보노이드 함량

서식장소의 지형에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과, 지상부(25.8 ~ 28.9 mg kg⁻¹)가 지하부(6.2 ~ 8.7 mg kg⁻¹)보다 높게 나타났다. 한편, 지상부는 평야지 오산, 산간지 양구, 해안가 법성 지역이 각각 28.9, 25.9, 25.8 mg kg⁻¹로 나타나 지형별

유의적인 차이를 보이지 않았다. 지하부는 산간지 양구가 8.7 mg kg^{-1} 로 가장 높게 나타났으며, 평야지 오산이 6.2 mg kg^{-1} 로 가장 낮게 나타났다.

③ DPPH radical-scavenging activity

민들레 지형별 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 $2,000 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서 측정한 결과, 지상부(46.9 ~ 71.3%)보다 지하부(65.6 ~ 90.5%)가 높게 나타났다. 한편, 지하부 추출물은 산간지, 해안가, 평야지 순으로 각각 90.5, 77.5, 65.6%를 나타냈고, 지상부 추출물은 평야지, 산간지, 해안가 순으로 각각 71.3, 65.8, 46.9%로 나타나 지상부보다 지하부가 높은 활성을 보였다.

④ Nitrite 소거능

서식장소의 지형에 따른 아질산염 소거능은 메탄올 추출물 $1,000 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서 지상부(60.5 ~ 63.8%)보다 지하부(72.2 ~ 74.2%)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 평야지 오산, 산간지 양구, 해안가 법성 지역이 각각 63.7, 60.5, 63.8%로 나타나 지형별 유의적인 차이를 보이지 않았다. 지하부 역시 평야지 오산, 산간지 양구, 해안가 법성 지역이 각각 74.2, 73.9, 72.2%로 나타나 지형별 유의적인 차이를 보이지 않았다.

(다) 오염지별 민들레의 생리활성물질 및 기능성

① 총 페놀 함량

오염지별 민들레의 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과, 지상부($37.4 \sim 52.2 \text{ mg kg}^{-1}$)가 지하부($21.8 \sim 26.3 \text{ mg kg}^{-1}$)보다 높게 나타났다. 한편, 지상부는 비오염지인 오산과 소라가 각각 52.2와 45.5 mg kg^{-1} 로 높게 나타났고, 오염지인 상암과 삼일이 각각 38.7과 37.4 mg kg^{-1} 로 낮게 나타났다. 지하부는 오염지인 삼일이 26.3 mg kg^{-1} 로 가장 높게 나타났으나 오염지별 유의적인 차이는 없었다.

② 총 플라보노이드 함량

오염지별 민들레의 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과, 지상부($14.8 \sim 28.9 \text{ mg kg}^{-1}$)가 지하부($5.7 \sim 10.1 \text{ mg kg}^{-1}$)보다 높게 나타났다. 한편, 지상부는 비오염지인 오산이 28.9 mg kg^{-1} 로 가장 높게 나타났고, 다음으로 비오염지 소라, 오염지 삼일, 상암이 각각 7.4, 6.2, 5.7 mg kg^{-1} 순으로 높게 나타났다. 지하부는 오염지인 상암이 10.1 mg kg^{-1} 로 가장 높게 나타났고, 비오염지인 소라와 오산이 5.7과 6.2 mg kg^{-1} 로 낮게 나타났다.

③ DPPH radical-scavenging activity

오염지별 민들레의 메탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 $2,000 \text{ mg kg}^{-1}$ 에서 측정한 결과, 지상부(50.2 ~ 73.4%)보다 지하부(55.3 ~ 92.3%)가 높게 나타났다. 한편, 지하부 추출물은 오염지 상암이 92.3%로 가장 높게 나타났고, 다음으로 오염지 삼일, 비오염지 오산, 소라가 각각 82.0, 65.6, 55.3%를 나타냈고, 지상부 추출물은 오염지 상암, 비오염지 오산, 오염지 삼일 순으로 각각 73.4, 71.3, 70.6%로 높게 나타났고 비오염지 소라가 50.2%로 가장 낮게 나타났다.

④ Nitrite 소거능

오염지별 민들레의 아질산염 소거능은 메탄올 추출물 1,000 mg kg⁻¹에서 지상부(59.3 ~ 65.8%)보다 지하부(70.4 ~ 74.2%)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 오염지 상암이 65.8%로 가장 높게 나타났으나 오염지별 유의적인 차이를 보이지 않았고, 지하부 역시 오염지별 유의적인 차이를 보이지 않았다.

(라) 민들레 종류별 생리활성물질 및 기능성

① 폴리페놀 함량 및 개별 페놀산

Folin Denis방법에 따라 표준물질 chlorogenic acid를 근거로 분석된 민들레 부위별 1,000 mg kg⁻¹ 농도의 메탄올 추출물에 대한 총 페놀 함량이 정량되었다. 그 결과 지상부 추출물에서 함량이 50.2 ~ 76.8 mg kg⁻¹ 범위로 지하부 추출물 24.9 ~ 40.0 mg kg⁻¹ 범위보다 높게 나타났으며, 종별로는 민들레가 지상부 및 뿌리 추출물에서 각각 76.8와 40.0 mg kg⁻¹을 보여 다른 종보다 유의적으로 높게 나타났다.

한편, 흰민들레, 민들레, 서양민들레의 개별 페놀산 함량은 총량으로 각각 42.5, 50.1, 26.1 mg kg⁻¹로서 민들레가 가장 높았고, 흰민들레, 서양민들레 순으로 나타났다. 개별 페놀산의 함량은 종별로 달리 나타났는데 흰민들레에서는 salicylic acid와 chlorogenic acid가 각각 10.7과 10.3 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고, 민들레는 p-coumaric acid와 gentistic acid가 각각 17.8과 10.8 mg kg⁻¹로 나타났고, 서양민들레는 gallic acid와 chlorogenic acid가 각각 9.3과 6.9 mg kg⁻¹로 높은 함량을 보였다.

② 총 플라보노이드 함량 및 개별 플라보노이드 함량

Naringin을 표준물질로 분석한 총 플라보노이드 함량은 6.5 ~ 36.4 mg kg⁻¹ 범위로 총 페놀 함량(24.9 ~ 76.8 mg kg⁻¹)보다 훨씬 낮은 함량을 보였으나 지하부보다는 지상부가 높은 함량을 보였고 종간에는 민들레가 36.4 mg kg⁻¹로 다른 두 종보다 유의적으로 높았고, 뿌리에서는 6.5 ~ 7.3 mg kg⁻¹ 범위로 보였으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다.

민들레, 흰민들레, 서양민들레의 개별 플라보노이드 함량은 총량으로 각각 4.6, 2.2, 3.0 mg kg⁻¹로서 민들레가 가장 높았고, 서양민들레, 흰민들레 순으로 나타났다. 종별로 민들레에서는 quercetin dihydrate가 2.77 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 흰민들레에서는 quercetin dihydrate가 1.36 mg kg⁻¹이었고, 서양민들레에서는 naringin이 각각 1.8 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다.

③ 항산화성: DPPH radical-scavenging activity

지상부 추출물에서 DPPH 라디칼 소거능은 민들레, 서양민들레, 흰민들레 순으로 IC₅₀값이 각각 351.3, 425.0, 542.9 mg kg⁻¹로 민들레가 가장 높았고, 뿌리 추출물에서도 민들레, 흰민들레, 서양민들레 순으로 IC₅₀값이 각각 574.6, 777.3, 1,321.5 mg kg⁻¹로 민들레가 가장 높은 활성을 보였다. 특히, 지상부 추출물 1,000 mg kg⁻¹에서 민들레 추출물이 89.6%의 소거능을 보여 가장 높았고, 지하부 추출물에서 민들레가 83.4% 소거능을 보여 다른 두 종보다 높은 활성을 보였다.

④ 항산화성: Nitrite 소거능

한편, 종별 민들레의 아질산염 소거능은 흰민들레, 민들레, 서양민들레 모두에서 활성이 비슷하고 유의성도 인정되지 않았다. 지상부 추출물 1,000 mg kg⁻¹에서 각각 61.0, 72.1, 61.3% 소거능을 보여 민들레가 비교적 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 또한 지하부 추출물의 경우도 각각 69.6, 70.8, 71.9% 소거능을 보여 종간의 유의성은 인정되지 않았다. 또한 지상부와 뿌리 추출물간의 활성 차이는 없는 것으로 나타났다.

⑤ 항암성

㉠ 폐암 세포주(CALU-6)

민들레 종류별 지상부의 폐암 세포주(CALU-6)에 대한 세포 생존율은 민들레 추출물에서 가장 낮았고(IC₅₀값 = 83.4 mg kg⁻¹), 그 다음으로 흰민들레(IC₅₀값 = 140.2 mg kg⁻¹), 서양민들레(IC₅₀값 = 165.6 mg kg⁻¹) 순으로 높은 생존율을 보였다. 특히, 메탄올 추출물 200 mg kg⁻¹에서 각 종류별 세포 생존율은 민들레 추출물이 7.9%로 가장 낮았고 그 다음으로 흰민들레(26.8%), 서양민들레(33.6%)로 나타났다. 이는 민들레 추출물이 가장 높은 항암활성을 보였고, 서양민들레가 가장 낮은 것을 보여 준다.

한편, 뿌리의 폐암 세포주(CALU-6)에 대한 세포 생존율은 지상부보다 높은 경향으로 민들레 추출물에서 역시 가장 낮았고(IC₅₀값 = 66.4 mg kg⁻¹), 그 다음으로 흰민들레(IC₅₀값 = 101.6 mg kg⁻¹), 서양민들레(IC₅₀값 = 978.4 mg kg⁻¹) 순으로 생존율을 나타냈다. 메탄올 추출물 400 mg kg⁻¹에서 각 종류별 세포 생존율은 민들레 추출물이 6.0%로 가장 낮았고 그 다음으로 흰민들레(15.0%), 서양민들레(88.0%)로 나타났다. 이는 민들레 추출물이 가장 높은 항암활성을 나타낼 수 있었다.

㉡ 위암 세포주(SNU-601)

민들레 종별 지상부 추출물의 위암 세포주(SNU-601)에 대한 세포 생존율은 폐암 세포주에 비해 상대적으로 높은 경향으로 더 낮은 항암활성을 나타냈다. 서양민들레 추출물에서 가장 낮은 세포 생존율(IC₅₀값 = 179.6 mg kg⁻¹)을 보였고, 그 다음으로 민들레(IC₅₀값 = 191.4 mg kg⁻¹), 흰민들레(IC₅₀값 = 249.1 mg kg⁻¹) 순으로 흰민들레 추출물에서 가장 높은 생존율을 보였다. 특히, 메탄올 추출물 200 mg kg⁻¹에서 각 종류별 세포 생존율은 서양민들레 추출물이 38.9%로 가장 낮아 항암활성이 서양민들레 추출물에서 가장 높은 것으로 나타났다. 민들레 종류별 뿌리 추출물의 위암 세포주(SNU-601)에 대한 세포 생존율은 민들레 추출물에서 가장 낮은 세포 생존율(IC₅₀값 = 201.6 mg kg⁻¹)을 보였고, 그 다음으로 흰민들레(IC₅₀값 = 299.8 mg kg⁻¹), 서양민들레(IC₅₀값 = 801.2 mg kg⁻¹) 순으로 서양민들레 추출물에서 가장 높은 생존율을 보였다. 이는 민들레 추출물이 가장 높은 항암활성을 보여준 것으로 나타났다.

(마) 민들레 채취시기별 생리활성물질 및 기능성

① 총 페놀 함량

수집시기에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(23.4 ~ 28.0 mg kg⁻¹)보다는 지상부(44.4 ~ 114.7 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났다. 한편, 수집시기 차이는 지상부는 3월에 수집한 것이 가장 높은 함량을 보였으나 지하부는 수집시기에 유의성은 없는 것으로 나타났다. 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 경향을 보였다.

② 총 플라보노이드 함량

수집시기에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(6.3 ~ 6.9 mg kg⁻¹)보다는 지상부(16.9 ~ 37.6 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났다. 한편, 수집시기 차이는 지상부는 3월에 수집한 것이 37.6 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 지하부는 수집시기 간에 유의성은 없는 것으로 나타났다.

③ DPPH radical-scavenging activity

수집시기에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 2,000 mg kg⁻¹ 추출물 농도에서 지상부(62.4 ~ 88.4%)보다는 지하부(68.4 ~ 91.5%)가 더 높게 나타났고, 지상부와 지하부 모두 3월에 수집한 것이 각각 91.5와 88.4%로 6월과 9월에 수집한 것보다 높은 활성을 보였다.

④ Nitrite 소거능

수집시기에 따른 아질산염 소거능은 메탄올 추출물 1,000 mg kg⁻¹에서 지상부(61.2 ~ 74.7%)보다는 지하부(71.0 ~ 75.6%)가 약간 더 높게 나타났고, 수집시기는 지상부에서 3월 것이 74.7%로 유의적으로 높았으나 지하부는 유의성이 없는 것으로 나타났다.

(바) 용매분획별 민들레의 생리활성물질 및 기능성

① 폴리페놀 함량 및 개별 페놀산

용매분획에 따른 총 페놀 함량을 catechin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(16.7 ~ 76.6 mg kg⁻¹)보다는 지상부(37.3 ~ 78.8 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 용매분획 차이는 지상부는 헥산층이 78.8 mg kg⁻¹, 지하부는 에틸아세테이트층이 76.6 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다.

추출물 중에서는 메탄올 추출물이 가장 높은 함량의 개별페놀산이 검출되었으며 지상부가 19.3 mg kg⁻¹로 지하부 2.2 mg kg⁻¹보다 많았으며 지상부 중에서 분획별로는 부탄올 층에서 9.5 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 그 다음이 에틸아세테이트층, 헥산층, 물층 순으로 나타났다. 지하부에서는 에틸아세테이트층이 11.8 mg kg⁻¹로 가장 높았고, 부탄올층, 물층, 헥산층 순으로 분포하였다. 한편, 가장 많이 함유된 페놀산은 지상부에서는 *p*-coumaric acid와 chlorogenic acid로 각각 9.0과 8.5 mg kg⁻¹이었고, 지하부에서 화합물별로는 *o*-coumaric acid와 chlorogenic acid로 각각 6.0과 5.8 mg kg⁻¹로 나타났다. 한편, gallic acid와 gentistic acid는 어느 용매분획에서도 검출되지 않았다.

② 총 플라보노이드 함량 및 개별 플라보노이드 함량

용매분획에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(5.8 ~ 8.3 mg kg⁻¹)보다는 지상부(12.1 ~ 37.6 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 용매분획 차이는 지상부는 메탄올 추출물이 37.6 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 용매분획 중에서는 헥산층이 27.7 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다.

개별 플라보노이드 함량을 측정한 결과, 총 함량에 있어서 지상부가 10.045 mg kg⁻¹로 지하부 4.351 mg kg⁻¹보다 많았으며 지상부에서 분획별로 함량은 부탄올층에서 4.836 mg kg⁻¹로 가

장 높았고, 지하부에서는 에틸아세테이트층이 1.202 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다. 지상부에서 rutin이, 지하부에서는 quercetin dihydrate가 가장 높은 함량을 보였다.

③ DPPH radical-scavenging activity

용매분획에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 1,000 mg kg⁻¹ 농도에서 지상부(30.4 ~ 92.4 mg kg⁻¹)보다는 지하부(36.3 ~ 91.5 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 헥산층(30.4 ~ 36.3 mg kg⁻¹)이 다른 용매분획에 비해 낮은 활성을 보였다.

④ Nitrite 소거능

용매분획에 따른 아질산염 소거능은 지하부(55.8 ~ 77.1 mg kg⁻¹)보다는 지상부(50.1 ~ 79.5 mg kg⁻¹)가 약간 더 높게 나타났고, 헥산층(50.1 ~ 55.8 mg kg⁻¹)이 다른 용매분획에 비해 특이하게 가장 낮은 활성을 보였다.

(3) 제주지역 민들레 수집종의 생리활성물질 및 기능성

(가) 제주 지역별 생리활성물질 및 기능성

① 총 페놀 함량

수집장소에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(27.3 ~ 47.5 mg kg⁻¹)보다는 지상부(51.9 ~ 73.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 수집장소별 차이는 지상부는 애월읍에서 수집한 것이 73.9 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 지하부는 조천읍에서 수집한 것이 47.5 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다. 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 경향을 보였다.

② 총 플라보노이드 함량

수집장소에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(6.1 ~ 7.7 mg kg⁻¹)보다는 지상부(18.5 ~ 35.3 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났으나 수집장소별 차이는 지상부는 애월읍에서 수집한 것이, 지하부는 조천읍과 성산읍에서 수집한 것이 가장 높게 나타났다.

③ DPPH radical scavenging activity

수집장소에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 2,000 mg kg⁻¹ 추출물 농도에서 지상부(87.4 ~ 90.2%)보다는 지하부(87.1 ~ 93.7%)가 높은 활성을 보였다. 지상부 추출물 500 mg kg⁻¹에서는 애월읍, 노형동, 조천읍에서 높은 활성을 보였고 지하부 추출물 1,000 mg kg⁻¹에서 성산읍, 조천읍, 애월읍에서 높은 활성을 보였다.

④ Nitrite 소거능

수집장소에 따른 아질산염 소거능은 지상부(67.3 ~ 72.5%)와 지하부(66.8 ~ 69.8%) 모두 각각 유의성이 없는 것으로 나타났다.

(나) 제주 지형별 민들레 생리활성물질 및 기능성

① 총 페놀 함량

서식장소의 지형에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(21.8 ~ 36.1 mg kg⁻¹)보다는 지상부(48.5 ~ 59.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 지상부와 지하부 모두에서 섬의 민들레가 각각 59.9와 36.1 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다.

② 총 플라보노이드 함량

서식장소의 지형에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(5.6 ~ 8.7 mg kg⁻¹)보다는 지상부(18.8 ~ 28.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 지상부에서 중산간지역의 민들레가 28.9 mg kg⁻¹, 지하부에서는 산간지역에서 8.7 mg kg⁻¹로 각각 높은 함량을 보였다.

③ DPPH radical scavenging activity

서식장소의 지형에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 2,000 mg kg⁻¹ 추출물 농도에서 지상부(46.9 ~ 89.2%)보다는 지하부(55.0 ~ 91.8%)가 더 높게 나타났고, 지상부에서 섬 지역의 민들레가 89.2%, 지하부에서는 섬과 산간지역에서 각각 90.5와 91.8%로 가장 높은 활성을 보였다.

④ Nitrite 소거능

서식장소의 지형에 따른 아질산염 소거능은 지상부(60.4 ~ 70.3%)보다는 지하부(68.4 ~ 74.2%)가 더 높게 나타났고, 지상부에서 섬 지역의 민들레가 70.3%, 지하부에서는 중산간 지역에서 74.2%로 가장 높은 활성을 보였다.

(다) 제주 민들레의 항암성

제주도에서 채취한 민들레의 추출물 폐암 세포주(CALU-6)와 위암 세포주(SNU-601)에 대해 세포독성을 MTT assay로 측정한 결과 지상부보다는 지하부 추출물이, 위암 세포주(SNU-601) 보다는 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 더 높은 항암활성이 있는 것으로 나타났다. 이는 민들레의 추출물에 대해 위암 세포주(SNU-601)보다는 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 더 민감한 것을 보여준다. 폐암 세포주(CALU-6)의 지상부와 지하부 추출물 800 mg kg⁻¹에서 세포생존율은 각각 89.7과 63.5%를 보였고, 위암 세포주(SNU-601)에서는 각각 101.4와 92.9%를 보여 높은 세포생존율을 보임으로써 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 더 높은 항암활성을 보인 것으로 나타났다.

나. 시설 재배환경에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(1) 배지조성에 따른 생리활성물질 및 기능성 변이

(가) 배지조성에 따른 생리활성물질 함량 비교

① 총 페놀 함량

배지조성에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(14.5 ~ 19.4 mg kg⁻¹)보다는 지상부(32.3 ~ 41.4 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났다. 지하부는 배지간 유의적인 차이를 보이지 않았으나 지상부는 코코피트와 퍼라이트 70:30 혼합배지와 퍼라이트 단독배지에서 각각 41.4와 40.7 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다. 또한 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 경향을 보였다.

② 총 플라보노이드 함량

배지조성에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(2.2 ~ 3.3 mg kg⁻¹)보다는 지상부(16.1 ~ 21.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났다. 지상부의 배지별 함량 차이는 코코피트와 퍼라이트 70:30 혼합배지에서 21.9 mg kg⁻¹로 가장 높은 활성을 보였으나 지하부는 배지조성간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

(나) 배지조성에 따른 기능성 비교

① 항산화성

배지조성에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 2,000 mg kg⁻¹ 추출물 농도에서 지상부(26.8 ~ 48.4 %)보다는 지하부(29.6 ~ 49.3 %)에서 약간 더 높은 활성을 보였고, 지상부에서는 코코피트 단독배지가 48.4 %로 가장 높았고, 그 다음이 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지, 70:30 혼합배지, 퍼라이트 단독배지 순으로서 각각 46.9, 40.3, 26.8%로 퍼라이트 단독배지에서 가장 낮았다. 한편, 지하부에서는 코코피트와 퍼라이트 70:30 혼합배지에서 49.3%로 가장 높은 활성을 보였고 그 다음이 코코피트 단독배지, 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지, 퍼라이트 단독배지 순으로서 각각 45.4, 38.3, 29.6%로 퍼라이트 단독배지에서 가장 낮았다. 따라서 민들레 재배시 배지조성별 항산화성은 코코피트가 높을수록 높은 경향을 보였다.

배지조성에 따른 아질산염 소거능은 지상부(69.0 ~ 70.4 %)보다는 지하부(73.3 ~ 76.8 %)에서 약간 높은 활성을 보였으나 배지조성별 활성 차이는 없는 것으로 나타났다.

② 항산화효소 활성

배지조성별 민들레의 APX 활성은 지상부(273.2 ~ 379.0 unit)보다는 지하부(540.6 ~ 934.2 unit)가 뚜렷하게 높았으나 각 배지간의 활성차이는 없는 것으로 나타났다. 지상부에서는 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지가 379.0 unit으로 가장 높았고 지하부에서는 코코피트 단독배지에서 934.2 unit으로 가장 높았다.

배지조성별 민들레 Catalase (CAT) 활성은 지하부(18.9 ~ 21.4 unit)보다는 지상부(31.9 ~ 47.2 unit)가 뚜렷하게 높았으나 지상부는 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지가 47.2 unit으로 가장 높은 활성을 보였고 지하부는 코코피트와 퍼라이트 70:30 혼합배지가 21.4unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 배지조성간의 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

배지조성별 민들레 POX 활성은 지상부(14.5 ~ 22.0 unit)보다는 지하부(52.4 ~ 79.9 unit)가 뚜렷하게 높았으나 지상부는 코코피트와 퍼라이트 50:50 혼합배지가 각각 21.9unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 배지조성간에 차이는 없는 것으로 나타났다. 한편, 지하부는 코코피트와 퍼라이트 단독 배지에서 각각 79.3과 79.9 unit으로 코코피트와 퍼라이트 혼합배지보다 높은 활성을 보였다.

배지조성별 민들레의 Superoxide dismutase (SOD) 활성은 지상부(78.2 ~ 90.6 unit)보다는 지하부(83.5 ~ 92.6 unit)가 약간 높았으나 지상부와 지하부 모두 각 배지별 활성차이는 없는 것으로 나타났다.

(2) 차광정도에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(가) 재배 민들레의 생리활성물질 함량 비교

① 총 페놀 함량

차광정도에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(17.1 ~ 19.2 mg kg⁻¹)보다는 지상부(36.8 ~ 40.2 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났으나 차광별 함량 차이는 유의성이 없는 것으로 나타났다. 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 경향을 보였다.

② 총 플라보노이드 함량

차광정도에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(2.3 ~ 3.1 mg kg⁻¹)보다는 지상부(14.8 ~ 20.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났다. 지상부의 차광별 함량 차이는 50%차광에서 20.9 mg kg⁻¹로 가장 높았고 무차광과 70%차광 순으로 각각 18.9와 14.8 mg kg⁻¹로 나타났고, 지하부는 차광별 유의성을 보이지 않았다.

(나) 재배 민들레의 기능성 비교

① 항산화성

차광정도에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 지상부보다는 지하부에서, 차광보다는 무차광에서 지상부와 지하부 모두 더 높은 활성을 보였고 차광이 높을수록 낮은 활성을 보였다. 지상부와 지하부의 추출물 농도 2,000 mg kg⁻¹에서 무차광의 DPPH 라디칼 소거능은 각각 69.7와 50.8%로 가장 높게 나타났고, 50%차광에서는 각각 28.6와 40.6%, 70%차광에서 각각 23.5와 30.7%로 나타났다.

차광정도에 따른 아질산염 소거능은 지상부(67.9 ~ 70.9%)보다는 지하부(74.3 ~ 77.1%)에서 약간 높은 활성을 보였으나 지상부와 지하부 모두 차광정도별 활성 차이는 없는 것으로 나타났다.

② 항산화효소 활성

차광별 민들레의 APX 활성은 지상부(115.4 ~ 150.4 unit)보다는 지하부(331.6 ~ 442.1 unit)가 뚜렷하게 높았으며, 지상부는 무차광보다는 차광조건에서, 지하부에서는 50%차광에서 442.1 unit으로 가장 높게 나타났다.

차광별 민들레 Catalase (CAT) 활성은 지상부와 지하부 모두 차광이 높을수록 높은 활성을 보였고 지상부(5.8 ~ 25.4 unit)보다는 지하부(9.3 ~ 73.8 unit)가 더 높게 나타났다. 지상부에서는 70%차광에서 25.4 unit으로 가장 높은 활성을 보였고, 지하부에서는 역시 70%차광에서 73.8 unit으로 가장 높은 활성을 보였다.

차광별 민들레 POX 활성은 역시 지상부와 지하부 모두 차광이 높을수록 높은 활성을 보였고 지상부(3.2 ~ 11.3 unit)보다는 지하부(14.3 ~ 19.8 unit)가 더 높게 나타났다. 지상부에서는 70%차광에서 11.3 unit으로 가장 높은 활성을 보였고, 지하부에서는 50%차광에서 19.8 unit으로 가장 높은 활성을 보였다.

차광별 민들레의 Superoxide dismutase (SOD) 활성도 지상부와 지하부 모두 차광이 높을수록 높은 활성을 보였고 지하부(45.1 ~ 71.1 unit)보다는 지상부(40.6 ~ 77.6 unit)가 높게 나타났다. 지상부에서는 70%차광에서 77.6 unit으로, 지하부에서 역시 70%차광에서 71.1 unit으로 가장 높은 활성을 보여 차광정도별로 유의적인 차이를 보였다.

③ 항암성

차광별 민들레의 MTT assay에 의한 세포독성은 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 지상부보다는 지하부가 더 높은 항암활성을 보였으나 차광정도에 따른 항암활성 차이는 없는 것으로 나타났다. 지상부 추출물 800 mg kg⁻¹에서 세포생존율은 86.3 ~ 89.9%를 보인 반면 지하부의 세포생존율은 51.9 ~ 56.3%를 보였다.

한편, 위암 세포주(SNU-601)에 대한 항암활성은 폐암 세포주(CALU-6)의 결과와 유사하였으나 폐암 세포주보다는 높은 활성을 보였다. 지상부 추출물 800 mg kg⁻¹에서 세포생존율은 76.3 ~ 89.4%를 보인 반면 지하부는 12.1 ~ 19.9%를 보여 지상부에 비해 지하부가 80.1 ~ 87.9% 더 높은 항암활성을 보였다. 또한 무차광보다는 차광조건에서 재배된 민들레 추출물이 더 높은 활성을 보인 것으로 나타났다.

(3) 온도변이에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이

(가) 온도변이에 따른 재배 민들레의 생리활성물질 함량

① 총 페놀 함량

온도변이에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(34.8 ~ 44.2 mg kg⁻¹)보다는 지상부(41.8 ~ 75.7 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 지상부에서 온도별 총 페놀 함량 차이는 30°C에서 75.7 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고 그 다음이 20°C와 25°C순이었으나 온도 간에 유의성은 없는 것으로 나타났다. 한편, 지하부에서 온도별 총 페놀 함량은 역시 30°C에서 44.2 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 그 다음이 20°C와 25°C순이었으나 온도 간에 유의성은 없는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 것으로 나타났다.

② 총 플라보노이드 함량

온도변이에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(5.6 ~ 7.3 mg kg⁻¹)보다는 지상부(28.0 ~ 31.7 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났고, 온도별 함량 차이는 지상부가 20°C에서 31.7 mg kg⁻¹, 지하부가 30°C에서 7.3 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였으나 온도간 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다.

(나) 온도변이에 따른 재배 민들레의 기능성

① 항산화성

온도변이에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 지상부(29.2 ~ 81.1%)보다는 지하부(87.6 ~ 93.0%)가 높은 활성을 보였고 그 중 2,000 mg kg⁻¹ 농도에서 지상부는 25℃에서 29.3%로 가장 낮은 활성을 보인 반면 20과 30℃에서는 각각 81.1%와 78.4%로 더 높은 활성을 보였다. 한편 지하부는 2,000 mg kg⁻¹에서 DPPH 라디칼 소거능은 20℃에서 93%의 가장 높은 활성을 보였고 30℃에서는 92.4% 활성을 보였다.

온도변이에 따른 아질산염 소거능은 지상부(67.6 ~ 77.0%)보다는 지하부(78.8 ~ 82.6%)에서 약간 높은 활성을 보였으나 온도간의 활성 차이는 없는 것으로 나타났다.

따라서 온도별로 재배된 민들레 추출물의 항산화성은 지상부보다는 지하부에서, 적정 재배온도인 25℃에서 보다는 20℃와 30℃온도에서 더 높은 활성을 보였다.

② 항산화효소 활성

재배온도별 민들레의 APX 활성은 지상부(369.6 ~ 694.1unit)보다는 지하부(840.3 ~ 1,480.5 unit)가 뚜렷하게 높았다. 온도별 활성차이는 지상부에서는 30℃에서 694.1 unit으로 가장 높은 활성을 보였고 그 다음이 20℃와 25℃순으로 온도간의 유의성은 있는 것으로 나타났다. 지하부는 25℃에서 1,480.5 unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다.

재배온도별 민들레 Catalase (CAT) 활성은 지하부(41.0 ~ 42.9 unit)보다는 지상부(38.3 ~ 57.3 unit)가 높았다. 재배온도별 활성차이는 지상부에서는 25℃에서 57.3 unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다. 또한 지하부도 25℃에서 42.9 unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다.

재배온도별 민들레 POX 활성은 지상부(23.6 ~ 49.1 unit)보다는 지하부(47.8 ~ 122.3 unit)가 뚜렷하게 높았다. 온도별 활성차이는 지상부에서는 30℃에서 49.1 unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다. 지하부도 25℃에서 122.3 unit으로 가장 높은 활성을 보였으나 온도간의 유의성은 없는 것으로 나타났다.

재배온도별 민들레의 Superoxide dismutase (SOD) 활성은 지상부(75.6 ~ 97.3 unit)보다는 지하부(93.1 ~ 97.0 unit)가 약간 높았으나 각 온도별 활성차이는 없는 것으로 나타났다.

③ 항암성

재배온도별 민들레의 MTT assay에 의한 세포독성은 폐암 세포주(CALU-6)에 대해 지상부와 지하부 모두 30℃에서 각각 9.4와 21.3%로 가장 낮은 세포생존율을 보여 높은 항암활성을 보였고 그 다음이 20℃, 25℃순으로 나타났다. 지상부 추출물 800 mg kg⁻¹에서 세포생존율은 25℃, 20℃, 30℃에서 각각 80.4, 73.4, 9.4%를 보였는데, 이는 30℃에서 90.6%의 가장 높은 항암활성을 의미한다. 추출물 800 mg kg⁻¹에서 지하부의 세포독성은 25℃, 20℃, 30℃순으로 각각 53.2, 32.2, 21.3%를 보여 지상부보다는 낮은 생존율을 보였고 역시 30℃에서 21.3%로 가장 낮은 세포생존율을 보여 높은 항암활성을 보였다.

한편, 위암 세포주(SNU-601)에 대한 항암활성은 폐암 세포주(CALU-6)의 결과와 유사하였다. 지상부의 경우 30℃에서 가장 낮은 세포생존율을 보여 높은 항암활성을 보였고 20℃와 25℃는 낮은 활성을 보였다. 지상부 추출물 800 mg kg⁻¹에서 세포생존율은 25℃, 20℃, 30℃에서 각각

64.7, 64.1, 37.8%를 보였는데, 이는 30℃에서 62.2%의 가장 높은 항암활성을 의미한다. 추출물 800 mg kg⁻¹에서 지하부의 세포독성은 25℃, 30℃, 20℃순으로 각각 66.7, 52.0, 43.3%를 보여 역시 지상부보다는 높은 생존율을 보였고 20℃에서 가장 낮은 세포생존율을 보여 높은 항암활성을 보였다.

(4) 생육단계별 민들레의 기능성 변이

(가) 배지별 생육단계별 항산화효소 활성

배지별 생육단계별 민들레의 APX 활성은 지상부(112.8 ~ 379.1 unit)보다는 지하부(283.6 ~ 934.2 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(273.2 ~ 379.1 unit)가 생육후기(112.8 ~ 152.6 unit)보다 높게 나타났으나, 각 배지별로는 활성차이는 없는 것으로 나타났다. 지하부 역시 생육초기(540.6 ~ 934.2 unit)가 생육후기(283.6 ~ 504.3 unit)보다 높게 나타났으나, 생육초기는 각 배지별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 cocopeat 단독배지가 934.2 unit으로 가장 높게 나타났다.

배지별 생육단계별 민들레의 Catalase (CAT) 활성은 지상부(7.3 ~ 47.2 unit)보다는 지하부(19.0 ~ 61.6 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(31.9 ~ 47.2 unit)가 생육후기(7.3 ~ 14.8 unit)보다 높게 나타났고, 각 배지별 활성차이를 보면 생육초기는 cocopeat50:perlite50 혼합배지가 47.2 unit으로 가장 높았으며, 생육후기는 cocopeat 단독배지가 7.3 unit으로 가장 낮게 나타났다. 지하부는 생육초기(19.0 ~ 21.4 unit)보다 생육후기(19.2 ~ 61.6 unit)가 높게 나타났으며, 생육초기는 각 배지별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 perlite 단독배지가 61.6 unit으로 가장 높게 나타났다.

배지별 생육단계별 민들레의 POX 활성은 지상부(4.1 ~ 22.0 unit)보다는 지하부(13.4 ~ 79.9 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(14.5 ~ 22.0 unit)가 생육후기(4.1 ~ 8.1 unit)보다 높게 나타났고, 생육초기는 각 배지별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 cocopeat 단독배지가 4.1 unit으로 가장 낮게 나타났다. 지하부는 생육초기(52.5 ~ 79.9 unit)가 생육후기(13.4 ~ 19.6 unit)보다 높게 나타났으며, 각 배지별 활성차이를 보면 생육초기는 cocopeat와 perlite 단독배지가 각각 79.3과 79.9 unit으로 가장 높게 나타났고, 생육후기는 cocopeat50:perlite50 혼합배지와 perlite 단독배지가 각각 19.6과 18.2 unit으로 가장 높게 나타났다.

배지별 생육단계별 민들레의 SOD 활성은 지상부(55.9 ~ 90.6 unit)보다는 지하부(56.9 ~ 92.6 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(78.2 ~ 90.6 unit)가 생육후기(55.9 ~ 71.1 unit)보다 높게 나타났고, 생육초기는 각 배지별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 perlite 단독배지가 71.1 unit으로 가장 높게 나타났다. 지하부 역시 생육초기(83.5 ~ 92.6 unit)가 생육후기(56.9 ~ 69.8 unit)보다 높게 나타났으며, 생육초기는 각 배지별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 perlite 단독배지가 69.8 unit으로 가장 높게 나타났다.

(나) 차광재배에 따른 생육단계별 항산화효소 활성

차광별 생육단계별 민들레의 APX 활성은 지상부(115.4 ~ 329.8 unit)보다는 지하부(331.6 ~ 770.9 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(309.7 ~ 329.8 unit)가 생육후기(115.4 ~ 150.4 unit)보다 높게 나타났으나, 생육초기는 차광별로 활성차이가 없었고, 생육후기는 70%차

광이 150.4 unit으로 가장 높게 나타났다. 지하부는 생육초기(555.4 ~ 770.9 unit)가 생육후기(331.6 ~ 442.1 unit)보다 높게 나타났고, 차광별 활성은 생육초기가 무차광과 70%차광에서 770.9와 699.7 unit으로 높았으며, 생육후기는 50%차광에서 442.1 unit으로 가장 높게 나타났다.

차광별 생육단계별 민들레의 CAT 활성은 지상부(5.8 ~ 49.8 unit)보다는 지하부(9.3 ~ 73.8 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(28.4 ~ 49.8 unit)가 생육후기(5.8 ~ 25.4 unit)보다 높게 나타났고, 차광별 활성은 생육초기와 생육후기가 70%차광에서 각각 49.8과 25.4 unit으로 가장 높았다. 지하부는 생육초기(17.6 ~ 22.7 unit)보다 생육후기(9.3 ~ 73.8 unit)가 높게 나타났으나, 생육초기는 차광별 활성차이가 없었고, 생육후기는 70%차광에서 73.8 unit으로 가장 높게 나타났다.

차광별 생육단계별 민들레의 POX 활성은 지상부(3.2 ~ 23.4 unit)보다는 지하부(14.3 ~ 91.4 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(13.8 ~ 23.4 unit)가 생육후기(3.2 ~ 11.3 unit)보다 높게 나타났고, 차광별 활성은 생육초기와 생육후기가 70%차광에서 각각 23.4와 11.3 unit으로 가장 높았다. 지하부 역시 생육초기(48.4 ~ 91.4 unit)가 생육후기(14.3 ~ 19.8 unit)보다 높게 나타났으나, 차광별 활성은 생육초기가 70%차광에서 91.4 unit으로 가장 높았고, 생육후기는 50%차광에서 19.8 unit으로 가장 높게 나타났다.

차광별 생육단계별 민들레의 SOD 활성은 지상부(40.6 ~ 87.4 unit)보다는 지하부(45.1 ~ 91.7 unit)가 높게 나타났다. 한편, 지상부는 생육초기(82.7 ~ 87.4 unit)가 생육후기(40.6 ~ 77.6 unit)보다 높게 나타났으나, 생육초기는 차광별 활성차이가 없었고, 생육후기가 70%차광에서 77.6 unit으로 가장 높았다. 지하부 역시 생육초기(83.1 ~ 91.7 unit)가 생육후기(45.1 ~ 71.1 unit)보다 높게 나타났으나, 생육초기는 차광별 활성차이가 없었고, 생육후기는 70%차광에서 71.1 unit으로 가장 높게 나타났다.

다. 민들레 원료의 건조 및 가공법 개발

(1) 발효균주에 의한 민들레 시료 발효기술

(가) *Bacillus subtilis*와 발효처리

Bacillus subtilis(BAS)를 처리한 것과 그렇지 않은 것(control)의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical scavenging activity 및 nitrite scavenging activity를 12일 동안 비교한 결과, 민들레 잎과 뿌리에서의 성분 함량과 활성은 큰 변화가 없거나 오히려 처음보다 감소하는 경향이였다.

① 총 페놀 함량

지상부 잎에 있어서 총 페놀 함량은 무처리가 처음 718.8 mg kg⁻¹에서 12일째는 671.6 mg kg⁻¹로 감소하였고 BAS를 처리한 민들레 잎은 처음 718.8 mg kg⁻¹에서 12일째는 649.7 mg kg⁻¹로 뚜렷한 감소가 있었으나 민들레 뿌리는 무처리가 처음 242.9 mg kg⁻¹에서 12일째는 218.2 mg kg⁻¹로 감소한 반면 BAS를 처리한 민들레 뿌리는 273.9 mg kg⁻¹로 증가한 것으로 나타났다. 따라서 민들레에 *Bacillus subtilis* (BAS)를 처리하여 발효시키는 경우 지상부보다는 지하부에 있어서 성분 함량의 증가가 있는 것으로 나타났다.

② 총 플라보노이드 함량

지상부 잎에 있어서 총 플라보노이드 함량은 무처리가 처음 321.1 mg kg⁻¹에서 12일째는 291.5 mg kg⁻¹로 감소하였고 BAS를 처리한 민들레 잎은 처음 321.1 mg kg⁻¹에서 12일째는 297.4 mg kg⁻¹로 뚜렷한 감소가 있었으나 민들레 뿌리는 무처리가 처음 68.3 mg kg⁻¹에서 12일째는 60.5 mg kg⁻¹로 감소한 반면 BAS를 처리한 민들레 뿌리는 78.4 mg kg⁻¹로 증가한 것으로 나타났다.

③ 항산화성: DPPH radical-scavenging activity (IC₅₀)

지상부 잎에 있어서 DPPH 라디칼 소거능을 IC₅₀값으로 환산한 결과 무처리가 처음 137.3 mg kg⁻¹에서 BAS를 처리에 의해서 12일째는 476.1 mg kg⁻¹로 크게 경시적으로 증가한 것으로 나타나 이는 항산화성이 감소하였음을 의미하며 민들레 뿌리의 IC₅₀값은 무처리가 처음 848.3 mg kg⁻¹에서 BAS를 처리에 의해서 13,360 mg kg⁻¹로 증가한 바 항산화성이 감소한 것으로 나타났다. 따라서, DPPH법에 의한 항산화성 측정은 경시적으로 발효가 진행됨에 따라 그 효능에 있어서 다소 낮아지는 경향을 보였다.

④ 항산화성: Nitrite 소거능

지상부 잎에 있어서 아질산염 소거능은 무처리가 처음 78.0%에서 12일째는 78.9%로 변화가 없는 것으로 나타났으며 BAS를 처리한 민들레 잎은 처음 78.0%에서 12일째는 81.2%로 증가한 바 항산화성이 조금씩 증가한 것으로 나타났다. 한편 지하부 뿌리에 있어서 아질산염 소거능은 무처리가 처음 71.0%에서 12일째는 66.6%로 낮아졌으나 BAS를 처리한 민들레 뿌리는 처음 71.0%에서 12일째는 77.9%로 약간 증가한 것으로 나타났다.

(나) Yeast로 발효처리

Yeast를 처리한 것과 그렇지 않은 것의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical scavenging activity 및 nitrite scavenging activity를 12일 동안 비교한 결과, 민들레 잎과 뿌리에서의 성분 함량과 활성은 큰 변화가 없거나 오히려 처음보다 감소하는 경향이였다.

① 총 페놀 함량

지상부 잎에 있어서 총 페놀 함량은 무처리가 처음 438.5 mg kg⁻¹에서 효모처리에 의해서 12일째는 422.2 mg kg⁻¹로 감소하였고 민들레 뿌리는 무처리가 처음 149.1 mg kg⁻¹에서 변함없는 반면 효모를 처리한 민들레 뿌리는 155.0 mg kg⁻¹에서 133.9 mg kg⁻¹로 감소한 것으로 나타났다.

② 총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 무처리 지상부 잎에 있어서 처음 454.3 mg kg⁻¹에서 454.3 mg kg⁻¹로 변함이 없었으나 효모 처리에 의해서 12일째는 454.3 mg kg⁻¹에서 438.7 mg kg⁻¹로 감소한 것으로 나타났으며 민들레 뿌리는 무처리가 처음 154.3 mg kg⁻¹에서 154.3 mg kg⁻¹로 변함이 없었으나 효모 처리에 의해서 12일째는 160.2 mg kg⁻¹에서 139.0 mg kg⁻¹로 감소한 것으로 나타났다. 따라서, 총 플라보노이드 함량은 경시적으로 발효가 진행됨에 따라 그 함량이 낮아지는 경향을 보였다.

③ 항산화성: DPPH radical-scavenging activity (IC₅₀)

지상부 잎에 있어서 DPPH 라디칼 소거능을 IC₅₀값으로 환산한 결과 무처리가 처음 166.8 mg kg⁻¹에서 효모 처리에 의해서 12일째는 214.7 mg kg⁻¹로 크게 경시적으로 증가한 것으로

나타나 이는 항산화성이 감소하였음을 의미하며 민들레 뿌리의 IC₅₀값은 무처리가 처음 970.2 mg kg⁻¹에서 효모 처리에 의해서 12일째는 1,541.7 mg kg⁻¹로 증가한 바 항산화성이 감소한 것으로 나타났다. 따라서, DPPH법에 의한 항산화성 측정은 경시적으로 발효가 진행됨에 따라 그 효능에 있어서 다소 낮아지는 경향을 보였다.

④ 항산화성: Nitrite 소거능

지상부 잎에 있어서 아질산염 소거능은 무처리가 처음 86.3%에서 12일째는 78.9%로 낮아지는 것으로 나타났으며 효모를 처리한 민들레 잎은 처음 86.3%에서 12일째는 87.5%로 약간 증가한 바 항산화성이 조금씩 증가한 것으로 나타났다. 한편 지하부 뿌리에 있어서 아질산염 소거능은 무처리가 처음 85.9%에서 12일째는 66.6%로 낮아졌으나 효모를 처리한 민들레 뿌리는 처음 85.9%에서 12일째까지 89.0%로 증가한 것으로 나타났다.

(2) 건조 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화

(가) 총 페놀 함량

민들레의 건조방법에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(23.9 ~ 24.6 mg kg⁻¹)보다는 지상부(78.6 ~ 96.9 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났으나 건조방법별 함량 차이는 지상부와 지하부 모두 유의성은 없는 것으로 나타났고, 지상부와 지하부에서는 자연건조법이 각각 96.9과 24.6 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다. 한편, 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 경향을 보였다.

(나) 총 플라보노이드 함량

민들레의 건조방법에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 총 페놀 함량의 결과와 유사한 경향이였다. 지하부(7.7 ~ 8.8 mg kg⁻¹)보다는 지상부(61.2 ~ 64.2 mg kg⁻¹)가 더 높게 나타났으나 건조방법별 함량 차이는 유의성은 없는 것으로 나타났다. 지상부에서는 동결건조법이 64.2 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고 지하부에서는 상온건조법이 8.8 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다.

(다) DPPH 소거능

민들레의 건조방법에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 500 mg kg⁻¹ 추출물 농도에서 지하부(21.9 ~ 51.5%)보다는 지상부(71.2 ~ 89.1%)가 높은 활성을 보였고 지상부는 고온건조(89.1%), 자연건조, 동결건조 순으로 지하부는 자연건조(51.5%), 고온건조, 동결건조 순으로 각각 높은 활성을 보였다.

(라) Nitrite 소거능

민들레의 건조방법에 따른 아질산염 소거능은 지상부(66.5 ~ 71.5%)보다는 지하부(73.3 ~ 78.5%)가 약간 높은 활성을 보였으나 건조방법별 함량 차이는 유의성은 없었다. 지상부는 자연

건조(71.5%), 고온건조, 동결건조 순으로 지하부는 동결건조(78.5%), 고온건조, 자연건조 순으로 각각 높은 활성을 보였다.

(3) 추출 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화

(가) 회수율

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 회수율은 지상부(잎)(3.3 ~ 35.0%)보다는 지하부(뿌리)(3.3 ~ 57.3%)가 뚜렷하게 높게 나타났다. 지상부에서 증류수와 에탄올 100:0과 75:25의 추출 조합은 각각 35.0과 32.7%로 가장 높은 회수율을 보였고, 지하부에서도 역시 증류수와 에탄올 100:0과 75:25의 추출 조합은 각각 57.3과 53.3%로 가장 높은 회수율을 보였다. 이는 증류수가 많은 조합일수록 회수율이 높음을 알 수 있었다.

한편, 지상부에서 추출온도와 시간에 따른 회수율은 온도가 높을수록 회수율이 높았으나 같은 온도에서 추출시간에 따른 회수율은 유의성이 없었다. 한편, 지하부의 경우도 지상부와 같이 온도가 높을수록 회수율이 높았으나 같은 온도에서 추출시간에 따른 회수율은 유의성이 없는 경향을 보였다. 따라서 회수율은 추출시간보다는 추출온도가 영향을 미치며 추출온도가 높을수록 회수율이 높은 것으로 나타났다.

(나) 총 페놀 함량

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(21.0 ~ 37.7 mg kg⁻¹)보다는 지상부(50.5 ~ 163.1 mg kg⁻¹)가 뚜렷이 더 높게 나타났으며 지상부는 증류수와 에탄올 25:75와 50:50의 추출 조합이 각각 163.1과 144.0 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였고 지하부는 증류수와 에탄올 25:75 조합이 37.7 mg kg⁻¹로 가장 높게 나타났다. 이와 같은 경향은 표준물질을 catechin과 tannic acid로 할 경우도 마찬가지로 유사한 것으로 나타났다.

추출온도와 시간에 따른 총 페놀 함량을 chlorogenic acid를 표준물질로 하여 측정한 결과 지상부는 온도가 높을수록 함량이 높았으나 추출시간에 따른 함량은 유의성이 없었다. 추출온도 35°C에서 78.1 ~ 94.4 mg kg⁻¹ 범위였고, 추출온도 50°C에서 88.3 ~ 113.1 mg kg⁻¹, 추출온도 75°C에서 140.9 ~ 150.8 mg kg⁻¹, 추출온도 95°C에서 186.3 ~ 192.9 mg kg⁻¹로 나타나 추출온도가 높을수록 총 페놀 함량이 높은 것으로 나타났다.

지하부의 경우 추출온도 35°C에서 17.7 ~ 19.0 mg kg⁻¹ 범위였고, 추출온도 50°C에서 19.4 ~ 21.5 mg kg⁻¹, 추출온도 75°C에서 25.5 ~ 28.2 mg kg⁻¹, 추출온도 95°C에서 30.5 ~ 43.1 mg kg⁻¹로 나타나 추출온도가 높을수록 총 페놀 함량이 높은 것으로 나타났다.

(다) 총 플라보노이드 함량

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 지하부(4.9 ~ 23.0 mg kg⁻¹)보다는 지상부(49.0 ~ 142.8 mg kg⁻¹)가 뚜렷이 더 높게 나타났으며 지상부는 증류수와 에탄올 25:75의 추출 조합에서 142.8 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량

을 보였으나 지하부는 증류수와 에탄올 50:50과 25:75의 추출 조합이 각각 23.0과 20.7 mg kg⁻¹로 가장 높은 함량을 보였다.

추출온도와 시간에 따른 총 플라보노이드 함량을 naringin을 표준물질로 하여 측정한 결과 온도가 높을수록 함량이 높았으나 추출시간에 따른 함량은 유의성이 없었고, 지하부의 경우도 지상부와 같은 경향을 보였다.

지상부는 추출온도 35°C에서 51.0 ~ 58.2 mg kg⁻¹ 범위였고, 추출온도 50°C에서 64.6 ~ 75.9 mg kg⁻¹, 추출온도 75°C에서 97.8 ~ 102.9 mg kg⁻¹, 추출온도 95°C에서 114.7 ~ 123.5 mg kg⁻¹로 나타나 추출온도가 높을수록 총 플라보노이드 함량이 높은 것으로 나타났다.

지하부의 경우 추출온도 35°C에서 13.6 ~ 15.3 mg kg⁻¹ 범위였고, 추출온도 50°C에서 15.0 ~ 16.3 mg kg⁻¹, 추출온도 75°C에서 19.9 ~ 20.8 mg kg⁻¹, 추출온도 95°C에서 23.3 ~ 28.6 mg kg⁻¹로 나타나 추출온도가 높을수록 총 플라보노이드 함량이 높은 것으로 나타났다.

(라) DPPH 소거능

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 DPPH 라디칼 소거능은 추출물 농도 5,000 mg kg⁻¹에서 지상부가 메탄올 100%, 증류수와 에탄올 25:75 조합, 50:50 조합, 75:25 조합 순으로 각각 78.7, 76.9, 74.4, 73.5%로 높았고 증류수 100%와 에탄올 100%는 각각 53.6과 11.1%로 낮은 활성을 보였다, 지하부는 증류수와 에탄올 25:75 조합, 50:50 조합, 메탄올 100%, 75:25 조합 순으로 각각 73.1, 67.1, 59.5, 52.1%로 높았고, 증류수 100%와 에탄올 100%는 각각 38.3과 6.4%로 낮은 활성을 보였다

추출온도와 시간에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 IC₅₀값으로 나타낸 결과 지상부에서는 온도가 높을수록, 추출시간이 길수록 낮은 수치를 나타내 항산화 활성이 높음을 알 수 있었고, 지하부의 경우도 지상부와 같이 유사한 경향을 보였다.

(마) Nitrite 소거능

에탄올과 증류수의 추출액 조합에 따른 아질산염 소거능은 지상부보다는 지하부가 더 높게 나타났으며 지상부와 지하부 모두 증류수와 에탄올 50:50의 추출 조합에서 각각 81.6과 84.7%로 가장 높은 활성을 보였다. 추출온도와 시간에 따른 아질산염 소거능은 지상부는 온도가 높을수록(69.5%) 지하부는 온도가 낮을수록(21.3%) 활성이 높았으나 추출시간에 따른 함량은 유의성이 없었다.

라. 기능성 식이 발효식품 개발

(1) 비발효 차 음료 개발

(가) 제조공정

민들레가 가지고 있는 특유의 쓴맛을 최소화하고 함유된 유효성분의 물질인 페놀화합물 량을 다량 함유하면서 DPPH radical 소거능 및 아질산염 소거능이 우수하도록 민들레를 이용한

차 음료를 개발하였다.

제조공정은 민들레를 증기처리 시키는 단계, 증기 처리된 민들레를 건조시킨 후에 볶아주는 단계, 볶아진 민들레를 일정한 비율로 물과 혼합한 후에 일정한 온도와 시간에서 추출시키는 단계로 구성되었다.

민들레 차 음료는 물에 장시간 우려내는 전통적인 방법이 아닌 가공과정에서 증기 처리함으로써 쓴맛을 최소화시키는 동시에 가공비용과 시간이 절감될 수 있고, 또한 다량의 페놀화합물을 함유하고 DPPH radical 소거능 및 아질산염 소거능이 우수하여 노화를 최소화시키고 인체 건강을 증진시키는 효과가 있다.

(나) 민들레를 이용한 차 음료 제조방법

민들레를 흐르는 물에 잘 세척한 후 통상의 온도인 100℃에서 증기(증열)를 이용해 찐다. 이때 증기처리 시간은 30초에서 1분30초 동안이 바람직하다. 일반적으로 민들레를 섭취하는 데는 쓴맛과 강한 특성을 제어할 필요가 있다. 그러나 전통적인 방법인 소금물에 24 ~ 48시간 우려 사용하는 방법은 민들레의 약성과 물성을 나쁘게 한다. 이러한 방법은 상업적으로 가공제품을 제조할 때 민들레가 수분을 다량 함유하여 가공이 어려울 뿐만 아니라 유용성분이 유실될 수 있어 적당하지 않다. 따라서 본 발명에서는 민들레의 제조과정에서 이용되는 증열기를 이용하여 증기로 쪄 쓴맛을 최소화함으로써 다량의 원료를 기계적으로 가공할 수 있을 뿐만 아니라 동시에 가공시간을 최소화할 수 있어 전체적으로 민들레를 이용한 가공식품의 대량생산이 가능하게 되었다.

또한 민들레의 증기(증열)처리 횟수는 2회가 바람직하다. 증기처리 횟수가 2회 미만이면 쓴맛이 남아 있어 기호도를 감소시킬 수 있고, 2회를 초과하면 유효성분의 함량이 감소할 뿐만 아니라 비용 상승과 품질 저하의 원인이 될 수 있다. 이어, 증기 처리된 민들레를 건조시킨다. 이때 건조는 열풍건조(건조기) 가장 바람직한 것으로 나타났다. 이어, 건조된 민들레를 고소한 맛을 더하기 위해 가향기에서 적정시간 동안 볶아준다. 이때 가향기의 온도는 140℃ 내지 200℃ 인 것이 바람직하고 볶아주는 시간은 2 내지 5분이 바람직하다. 시간이 2분 미만이면 폴리페놀함량이 감소할 뿐만 아니라 고소한 맛이 감소하는 문제점이 있고, 5분이 초과되면 탄맛이 나서 향미를 감소시키는 문제점이 있다. 이때, 볶아주는 온도는 140 내지 200℃인 것이 좋게 나타났다. 온도가 140℃ 미만이면 볶아주는 시간이 길어지고 고소한 맛이 잘 살아나지 않으며, 온도가 200℃를 초과하게 되면 추가되는 이득 없이 재료가 부분적으로 타버려 제품의 품질을 저하시킬 뿐만 아니라 온도 상승에 따른 비용만 올라가는 문제점이 있다. 보다 바람직한 온도는 150 내지 170℃이다.

이어, 상기 가공된 민들레를 물과 혼합한 후에 일정한 온도와 시간에 따라 혼합물을 추출시켜 차 음료를 제조하게 된다. 이때 상기의 민들레와 물의 혼합비율은 중량비 기준으로 1 : 300 ~ 1500인 것이 바람직하다. 상기 혼합물과 물의 혼합비율이 1 : 300 미만이면 쓴맛이 남아있어 기호도가 떨어지는 문제점이 있었으며, 1 : 1500을 초과하면 맛과 향이 약한 문제점이 있었다. 가공 민들레와 물의 혼합비율이 1 : 400 ~ 800인 것이 보다 바람직하다. 여기에서, 추출시 혼합물을 60 ~ 80℃에서 3 ~ 7분 동안 추출시키는 것이 바람직하다. 60℃ 미만에서 추출시키면 추출되는 폴리페놀 양이 적은 문제점이 있고, 80℃를 초과하면 추출되는 폴리페놀 양에 큰 차이가 없어 비효율적이다. 또한 3분 미만으로 추출시키면 맛과 향이 약하고 7분을 초과하면 기

호도가 떨어지는 문제점이 있었다.

(다) 유효성분 및 효능 검정

민들레 차 음료가 비교 음료에 비하여 페놀화합물을 많이 함유함을 확인할 수 있었고, 민들레 차 음료가 비교 음료에 비하여 DPPH radical 소거능에 있어 활성이 증가됨을 확인할 수 있었다. 가공 민들레 차 음료가 비교 음료에 비하여 아질산염 소거능에 있어 활성이 높음을 확인할 수 있었다.

(라) 소비자 호응도 및 관능평가

민들레 차 음료는 대조치에 비해 월등히 우수함을 확인할 수가 있었고, 특히 대조치 민들레 차 음료는 일반인들의 입맛에 적응하기에는 부족한 상태임을 고려할 때 이 또한 본 발명에 의해 제조된 민들레 차 음료의 상품성은 높다고 할 것이다.

(2) 발효 차 음료 개발

(가) 민들레 발효음료 제조공정

준비물로는 민들레 10kg + 사과 2kg, 황설탕 5 ~ 7kg, 향아리, 도마, 칼 또는 작두, 놀림 돌, 대야, 한지, 고무줄, 저울, 펜 등이 필요하다.

준비된 향아리에 민들레의 잎과 줄기 그리고 사과를 2 ~ 4cm 크기로 적당하게 썬 다음 설탕에 잘 버무려 향아리에 넣는다. 미리 썰어 놓은 것은 썰린 단면이 공기 중의 산소에 의해 산화되므로 2kg 정도씩 썰고 1kg의 설탕에 버무려 향아리에 넣기를 반복하면 된다. 마지막 썬 것을 버무려 향아리에 넣은 후 손으로 골고루 눌러 주고 남은 1kg의 설탕을 재료가 보이지 않도록 위에 고루 뿌린다. 설탕에 버무린 야채를 향아리 입구까지 아무리 꼭꼭 눌러 담되 향아리의 3/4만 채워야 한다(공기가 통하도록). 한지로 덮개를 하고 만든 날짜 등을 기록한다. 연월일, 효소 이름, 설탕의 양 등을 적는다. 고무줄로 매어 이물질이 들어가지 않도록 한다. 햇볕이 들지 않는 어두운 곳에 둔다. 재료를 매일 한 번씩 뒤집어 준다. 여름엔 7일 정도면 발효가 완성된다. 완성된 발효침출물의 특징은 달면서도 약간 톡 쏘는 듯한 신맛이 난다. 재료의 성분과 수액이 빠져나오면 가벼워진 재료는 남아 있는 섬유질에 의해 떠오르며, 재료의 색깔도 녹색에서 연두색이나 황록색으로, 또는 붉은색에서 분홍색으로 탈색된다. 그 후 소쿠리로 즙액을 거르고 거른 즙액을 향아리에 숙성시키면 2차 발효에 의해 거품이 올라온다. 2개월(60일)간 숙성시킨 후 촉촉한 망으로 거품과 양금을 걸어 내고 숙성시킨다. 저온 저장 창고나 냉장고에 보관하면서 음용한다. 오래 보관하는 것은 설탕을 더 넣는다. 당분이 증가하면 미생물의 활동이 줄어들어 오래 보관할 수 있다.

(나) 유효성분 및 효능 검정

민들레 당화발효음료가 다른 두 가공 음료에 비하여 페놀 화합물을 많이 함유함을 확인할

수 있었다. 민들레 당화발효음료가 다른 두 가공 음료에 비하여 총 플라보노이드가 유의적으로 높게 함유되어 있음을 확인할 수 있었다. 민들레 당화발효음료가 다른 두 가공 음료에 비하여 DPPH radical 소거능에 있어 활성이 유의적으로 높음을 확인할 수 있었다. 민들레 당화발효음료가 다른 두 가공 음료에 비하여 아질산염 소거능에 있어 활성이 비교적 높으나 유의성이 없음을 확인할 수 있었다.

(다) 소비자 호응도 및 관능평가

민들레 발효음료는 색, 향, 맛의 경우 4.7이상이었고 기호도에 있어서도 4.8로 다른 두 음료에 비해 월등히 우수함을 확인할 수 있어 본 발명에 의해 제조된 민들레 발효음료의 상품성은 높다고 할 수 있다.

(3) 민들레꽃 식혜 개발

(가) 제조목적

합성 감미료나 인공첨가물을 사용하지 않고 민들레꽃만을 이용하면서도 맛과 향이 우수하고 민들레의 기능성 성분을 다량 함유하는 식혜음료를 제조하였다. 우리나라 전통식품의 하나인 식혜를 얻는 공정에 친환경적으로 재배되고 기능성이 높은 민들레꽃의 유효성분을 식혜 발효 공정에 포함시켜 민들레꽃 식혜를 얻고, 민들레꽃 식혜의 상품화 가능성을 확인하고자 하였다.

우리나라 전통식품의 하나인 식혜를 얻는 공정에 민들레꽃의 유효성분을 추가시키되, 민들레꽃이 갖고 있는 폴리페놀 및 플라보노이드 물질 등 다양한 기능성 물질이 훼손되거나 파손되지 않는 범위의 제조공정을 찾고, 식혜의 당화과정에 의해 생성되는 말토오스에 의한 독특한 풍미, 식혜의 외관, 담백한 맛 등을 훼손시키지 않는 범위 내에서의 민들레꽃 식혜의 제조방법 및 그 제조방법에 의해 만들어진 민들레꽃 식혜를 제공하고자 한다.

(나) 민들레꽃 식혜 제조방법

민들레꽃 식혜는 분말상 엿기름 가루를 5 ~ 10배의 따뜻한 물에 풀어 3 ~ 4시간 두어 엿기름 물을 얻는 단계, 민들레꽃에 3 ~ 5배의 물을 붓고 50 ~ 60℃에서 2 ~ 3 시간 범위로 열수 추출하여 민들레 꽃 성분을 추출시킨 후 이를 여과기로 여과시켜 얻은 여과액을 50~60℃의 저온 분위기하에서 50±5% 범위로 진공농축시켜 민들레 꽃 액기스 추출물을 얻는 단계, 찹쌀이나 현미로 밥을 해서 먼저 제1단계에서 얻는 엿기름 물을 붓되 밥 10kg 기준에 10 ~ 20ℓ의 엿기름 물을 붓고 30 ~ 45℃ 범위에서 5 ~ 7시간 숙성시키는 단계 및 상기 공정이 완료된 후 민들레 꽃 액기스추출물을 2 ~ 3kg 추가하여 90 ~ 100℃에서 30 ~ 60분 열탕시키는 단계를 포함하는 공정을 통하여 민들레 꽃이 포함된 식혜의 독특한 풍미, 외관, 담백한 맛 등을 훼손시키지 않는 민들레꽃 식혜를 제조하였다.

(다) 유효성분 및 효능 검정

민들레 식물체 부위별로 총 페놀 함량을 분석한 결과, 꽃, 잎, 뿌리, 꽃대 순으로 높은 함량을 보여 각각 73.0, 51.4, 20.6, 20.4 mg kg⁻¹로 나타났다. 민들레 식물체 부위별로 총 플라보노이드 함량을 분석한 결과, 꽃, 잎, 꽃대, 뿌리 순으로 높은 함량을 보여 각각 21.4, 16.2, 8.0, 5.5 mg kg⁻¹로 나타났다. 민들레 식물체 부위별로 DPPH 라디칼 소거능은 꽃, 잎, 뿌리, 꽃대 순으로 높은 활성을 보여 추출물 2,000 mg kg⁻¹에서 각각 89, 62, 55, 37%로 나타났다. 이는 총 페놀 함량의 결과와 유사한 경향을 보여 항산화 활성에 폴리페놀이 기여한 것으로 해석된다.

(라) 소비자 호응도 및 관능평가

관능평가에 있어서 향은 꽃, 뿌리, 잎, 꽃대 순으로 높았고, 색향과 맛향은 꽃, 잎, 뿌리, 꽃대 순으로 높아 꽃이 가장 높게 나타났다.

마. 종합결론

각 지역별로 수집된 서양민들레의 생리활성물질 함량과 기능성 정도는 유의적인 차이를 보여 원료 수집 및 재배시 표지물질의 정량적 특성파악은 필수적이라 사료되었다. 입지별로 차별화된 특성을 파악하고자 민들레 식물체 부위별, 재배 지형별, 민들레 종류별, 민들레 채취시기별, 용매분획별 민들레의 생리활성물질 및 기능성 정도는 유의적으로 다르게 나타났다. 하지만, 외국 문헌과 자료에 의존한 결과 인체세포에 대한 세포독성 등의 안전성 시험에 대한 필요성이 대두되었다. 왜냐하면 민들레가 갖고 있는 오염물질 등 유해성분에 대한 흡수/제거 능력과 인체에 대한 고기능성 때문이다. 물론 원료 수집과 재배에 있어서 친환경(유기농) 인증 절차는 필수적이다.

시설 재배환경에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이를 연구한 결과 배지조성, 차광정도, 온도변이 및 생육단계에 따른 민들레 생리활성물질 및 기능성 변이는 뚜렷한 차이를 보였다. 기존 노지재배에 비해 월등한 생육과 수량을 보여 최적의 재배환경 하에서 생산성이 있음을 확인하였다. 민들레 원료의 건조 및 가공법 개발을 위해 발효균주에 의한 민들레 시료의 발효에 따른 생리활성물질 및 기능성의 변이는 없는 것으로 나타났다. 건조방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화는 유의성이 인정되었고 최적의 가공 및 제품화 조건을 추출 방법 등의 연구를 통해 설정하였다. 또한 제품의 유효성분과 효능 그리고 관능검사와 소비자 호응도 조사가 이루어졌다. 그 결과 민들레를 이용한 차 음료, 발효침출 음료와 식혜가 개발되었다.

시중에 판매되고 있는 민들레를 재료로 한 음료는 전무한 실정이어서 제출된 시제품은 최적 가공기술과 자연발효 기술응용, 고기능성의 민들레꽃 사용 등이 기존의 민들레 제품들과의 기술적 차별성이므로, 항노화 및 항염성이 탁월한 식이요법용 맞춤형 틈새시장을 공략할 사업화를 추진할 계획이며 차후 기업으로 기술이전의 방식을 통해 완제품을 개발하여 마케팅 전략을 수립할 예정이다.

제 4 장 연구개발 목표 달성도 및 관련분야에 기여도

제1절 연도별 연구개발목표의 달성도

1. 1차년도 (2010. 7. ~ 2011. 6.)

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
1차 연도 (2010 -2011)	1. 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전자원 수집 및 육성 ○ 기내 대량증식 기술 연구 ○ 수집유전자원의 유전 변이 연구 	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전자원 수집 및 germplasm 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 유전자원 수집 및 식재 - 포장 조성 및 재료육성 ○ 기내 대량증식법 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 배지, 성장조절제별 - 계통(품종)별, 식물체부위별 ○ 생육지별 형태변이 연구 ○ 배수성 분석(flowcytometry) ○ 수집종의 유전적 다양성 분석 <ul style="list-style-type: none"> - RAPD 분석
	2. 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재배지별 민들레 수집종의 생리·생태 연구 ○ 지역별 민들레속의 생육 및 생태연구 ○ 지역별 민들레속 주변 기상 및 토양환경 분석 ○ 지역별 민들레속의 환경오염 (토양, 식물체) 제거능 연구 	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지역별 민들레속의 생육 및 생태연구 <ul style="list-style-type: none"> - 민들레속 수집종의 생육현황 조사 - 민들레속 수집종의 생태현황 조사 ○ 지역별 민들레속 주변 기상 및 토양 환경 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 토양의 물리화학적 조사 - 토양의 환경오염원 - 미생물 밀도조사 ○ 지역별 민들레속의 환경오염 (토양, 식물체) 제거능 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 민들레속 잎과 뿌리 내의 무기물 및 중금속 함량 분석
	3. 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 입지별 수집종의 성분 및 기능성 비교 ○ 입지별 민들레 수집종의 생리활성물질의 함량 비교 ○ 원료의 가공 처리별 성분 변화 연구 	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반성분 및 무기물 함량 ○ 항산화물질 및 총 페놀 함량 ○ 총 플라보노이드 함량 ○ 개별 페놀산 및 플라보노이드 함량 ○ 항산화성(DPPH) 변이 연구 ○ 원료의 가공 처리별 성분변화 연구

2. 2차년도 (2011. 7. ~ 2012. 6.)

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
2차 연도 (2011 -2012)	1. 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전자원 수집 및 germ-plasm 육성 ○ 기내 배양식물체의 특성 ○ 수집종의 유전적 다양성 분석 ○ 수집종간 유연관계 분석 ○ 기능성 형질인자 개선 연구 	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전자원 수집 및 germplasm 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 유전자원 수집 및 식재 ○ 기내 배양식물체의 특성 <ul style="list-style-type: none"> - 순화기술연구 - 배양체의 유전적 다양성 연구 ○ 수집종의 유전적 다양성 분석 <ul style="list-style-type: none"> - ISSR분석 ○ 수집종간 유연관계 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 유전적 유사도 분석 - Cluster 분석 ○ 기능성 형질인자 개선 연구 <ul style="list-style-type: none"> - LED 처리
	2. 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차광변이에 따른 민들레 수집종의 생육 및 수량특성 연구 ○ 온도변이에 따른 민들레 수집종의 생육 및 수량특성 연구 ○ 오염지 토양의 민들레에 의한 phytoremediation 효과 검정 	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차광변이에 따른 민들레 수집종의 생육 및 수량특성 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 하우스 내 무차광, 50%차광 및 70%차광조건의 생육특성 조사 ○ 온도변이에 따른 민들레 수집종의 생육 및 수량특성 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 생장상 내 20, 25 및 30℃ 온도 조건에서 생육 및 수량 조사 ○ 오염지 토양의 민들레에 의한 phytoremediation 효과 검정 <ul style="list-style-type: none"> - 오염토양의 화학성과 식물체 양분 및 중금속 흡수정도 분석
	3. 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수집종 자체의 항산화성, 항균활성 및 항염증 검정 ○ 시설지 내에 재배된 민들레의 환경처리별 기능성 변이 특성 ○ 제품화를 위한 건조 및 가공 기술 개발 ○ 제제화를 위한 원료확보 및 분말화 기술 개발 	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수집종 자체의 생리활성물질 분석 및 항산화성 검정 <ul style="list-style-type: none"> - 섬지방 제주 민들레 및 주변 토양의 수집 및 분석 ○ 시설지 내에 재배된 민들레의 환경처리별 기능성 변이 특성 <ul style="list-style-type: none"> - 여러 차광과 온도조건에서 생리활성물질 및 기능성 ○ 제품화를 위한 건조 및 가공 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시료의 건조방법별, 추출방법별 유효성분 및 기능성 변이 파악

3. 3차년도 (2012. 7. ~ 2013. 6.)

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	연구개발 수행내용
3차 연도 (2012 -2013)	1. 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전자원 수집 및 germ-plasm 육성 ○ 수집종의 유전적 다양성 분석 ○ 수집종간 유연관계 분석 ○ 기능성 형질인자 개선 연구 	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유전자원 수집 및 germplasm 육성 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 유전자원 수집 및 식재 ○ 수집종의 유전적 다양성 분석 <ul style="list-style-type: none"> - AFLP 분석 ○ 수집종간 유연관계 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 5.8S rDNA, cp gene을 이용한 분석 ○ 기능성 형질인자 개선연구 <ul style="list-style-type: none"> - Mutagen 처리에 따른 성분 함량 다양성 산출 - 기능성 화학 성분 분석 - 기능성 계통 선발 및 육성
	2. 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법 개발 ○ 고품질 다수확 양액재배 시스템 개발 	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 대량번식 종자 및 실생묘 번식 - 파종시기 및 환경별 발아율 및 생육 정도 조사 - 대량증식 용토 종류와 조성, 육묘기간, 육묘조건별 성장 조사 ○ 고품질 다수확 양액재배 시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 연중 대량생산 가능성 검토 - 번식특성 및 최적 양액방식 선정 - 양액 처방액 생육 및 수량반응 조사
	3. 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세포독성 등 검정 ○ 항염성 등 검정 ○ 비 발효차 제조 ○ 발효차 제조 ○ 민들레 차 음료 및 드링크 시제품 개발 	100%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세포독성 등 검정 ○ 항염성 등 검정 ○ 비 발효차 제조 <ul style="list-style-type: none"> - 민들레 덩어리와 증제차 제조 ○ 발효차 제조 <ul style="list-style-type: none"> - 민들레 생엽(또는 전초) 발효 ○ 민들레 차 음료 및 드링크 시제품 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 비 발효차와 발효차의 유효성분 및 기능성 비교평가 - 음료제품 또는 기능성 드링크 제품 개발

제2절 연구결과가 관련분야에의 기여도

1. 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구

- 유전자원 수집 및 육성, 기내 대량증식 기술 및 기내 배양 식물체의 특성 연구를 통한 대량증식법 관련 정보 확보
- 한국 자생 민들레 유전자원의 생육 및 형태학적 특성 파악, 유전적 다양성 분석 및 수집종간 유연관계 분석을 통한 유전변이 정보 확보
- 기능성 계통 선별 및 기능성 형질인자 개선 연구를 통한 기능강화 기술 확보
- 수집된 각 지역 및 종별 민들레의 유전 특성 분석을 통한 유연관계 및 기능성 인자 탐색

2. 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구

- 수집종 민들레의 일반성분, 무기질 함량 및 주변 토양환경 분석을 통해 생리생태적 다양성을 예측하고 서양민들레의 환경오염 제거능(phytoremediation) 검토
- 시설재배지 환경 분석하여 외부와 차이점을 파악하고 야생적용 식물을 시설재배할 경우 여러 가지 차광, 배지조성, 온도 및 계절변이에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 파악
- 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법 및 양액재배 시스템 농가 기술이전 가능
- 유사한 작물을 시설재배할 경우 적절한 배지, 양분 및 재배기술 관련된 실증적 정보 제공
- 친환경적 재배기술의 개발로 연중대량생산 기술 확보
- 자원식물의 시설재배지로 전환을 통한 대량생산 시스템 구축 및 생산성 향상 기술
- 민들레의 친환경적 시설 재배생산으로 안전성 및 생산성 향상 기술
- 생물학적 모니터링 indicator plant로서의 기능을 살린 환경오염원 예측 및 방지 기대

3. 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구

- 민들레 수집종과 입지별 특성에 따른 생리활성물질 및 기능성 변이 추적
- 배지조성, 차광정도, 온도변이 및 생육단계별 생리활성물질 및 기능성 변이 분석
- 기후변화에 따른 민들레의 생육, 품질 및 기능성 변화에 대한 탐구
- 기후변화 영향평가와 취약성 평가 자료에 기초자료 제공
- 발효균주에 의한 민들레 시료 발효기술과 건조 및 추출 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화 정도 파악
- 비발효 및 발효차 음료와 민들레꽃 식혜 개발
- 민들레를 작물 및 채소화 할 수 있는 과학적 정보 탐색 및 제품 개발
- 전통 발효식품과의 퓨전화, 현대화 및 양산화 기대
- 수집된 각 지역 및 종별 민들레의 원료를 이용한 기능성, 가공기술 및 상품성의 향상 기술 확보
- 기후변화 대응 민들레 생육 및 수량반응, 생리활성물질 함량 및 기능성 변화 조사 산정 기준 제시

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제1절 실용화·산업화 계획(기술 실시)

1. 재배분야

- 친환경적 시설재배 표준기술을 위한 적정 배지 선정
- 친환경적 민들레 양액재배 방법 제시
- 민들레 재배를 시설재배로 전환할 경우 표준 재배생산 매뉴얼 제시
- 민들레를 수도작 대체작물로 개발 가능성 제시
- 민들레 시설재배 시 수량지표 제시 및 예측 산정
- 기후변화 대응 민들레의 생육 및 수량 변이 시뮬레이션

2. 기능성 연구 분야

- 기후변화 대응 민들레의 기능성 변이 시뮬레이션 예측
- 가공(건조 및 추출)에 따른 민들레의 생리활성물질 함량 및 기능성 변이 측정
- 재배환경 조건에 따른 민들레의 생리활성물질 함량 및 기능성 변이 산정
- 민들레의 친환경적 재배생산으로 기능성 및 상품성 개선 기술 제공

3. 제품화 연구 분야

- 민들레 가공법 및 공정 과정별 성분함량 및 기능성 변이 추적
- 민들레 함유 약초 효소 조제법 개발
- 민들레와 전통식품과의 가공 및 퓨전화로 이용 기술 확보
- 민들레 가공, 분말화 및 품질 보전 기능 기술 확보
- 기존의 반찬 중심의 제품에서 벗어나 다양한 기능성 식재료로 활용 가능

4. 기후변화 분야

- 기후변화에 대한 자원식물의 생리생태적 영향 평가
- 온도와 광 변이에 따른 자원식물의 생산성 제고
- 기후변화 대응 생물 계절 변화 예측
- 기후변화 대응 재해 스트레스 유형에 따른 대처 기술
- 원예시설의 제작에 필요한 정보 제공
- 토양, 작물, 시설과 연관된 재배 시스템 개발

제2절 교육·지도·홍보 등 기술 확산 계획

1. 재배기술 연구 분야

- 유사한 작물을 시설 재배할 경우 적절한 배지, 양분 및 재배기술에 관련된 실증 또는 현장교육 가능
- 수집종 민들레의 일반성분, 무기질 함량 및 주변 토양환경 분석을 통해 생리생태적 다양성을 예측하고 서양민들레의 환경오염 제거능(phytoremediation) 기술 응용
- 시설재배지 환경 분석하여 외부와 차이점을 파악하고 시설재배 시 차광, 배지조성, 온도 및 계절변이에 따른 민들레의 생육 및 수량특성 파악
- 종자 및 실생묘를 이용한 대량증식법 및 양액재배 시스템 농가 기술이전
- 유사한 작물을 시설재배할 경우 적절한 배지, 양분 및 재배기술 관련된 실증적 정보 제공
- 친환경적 재배기술의 개발로 연중대량생산 기술 제공
- 자원식물의 시설재배지로 전환을 통한 대량생산 시스템 구축 및 생산성 향상 기술
- 민들레의 친환경적 시설 재배생산으로 안전성 및 생산성 향상 기술
- 생물학적 모니터링 indicator plant로서의 기능을 살린 환경오염원 예측 및 방지 기대

2. 기능성 연구 분야

- 기후변화 대응책으로써 기후변화에 따른 작물의 품질 및 기능성 변화에 대한 현장 적용 지도가 가능
- 민들레를 채소로 이용할 수 있음을 증명할 수 있는 많은 과학적 정보를 제공 및 제품개발 가능케 함
- 민들레 수집종과 입지별 특성에 따른 생리활성물질 및 기능성 변이 추적
- 배지조성, 차광정도, 온도변이 및 생육단계별 생리활성물질 및 기능성 변이 분석
- 기후변화에 따른 민들레의 생육, 품질 및 기능성 변화에 대한 탐구
- 기후변화 영향평가와 취약성 평가 자료에 품질 및 기능성 관련 기초자료 제공

3. 제품화 연구 분야

- 발효균주에 의한 민들레 시료 발효기술과 건조 및 추출 방법에 따른 유효성분 및 기능성 변화 정도 파악
- 비발효 및 발효차 음료와 민들레꽃 식혜 개발
- 민들레를 작물 및 채소화 할 수 있는 과학적 정보 탐색 및 제품 개발
- 전통 발효식품과의 퓨전화, 현대화 및 양산화 기대
- 수집된 각 지역 및 종별 민들레의 원료를 이용한 기능성, 가공기술 및 상품성의 향상 기술 확보
- 기후변화 대응 민들레 생육 및 수량반응, 생리활성물질 함량 및 기능성 변화 조사 산정 기준 제시

제3절 특허, 품종 및 논문 발표계획

1. 특허

- 가. (주)이파리넷, 천상욱, 이성춘 배창휴 김영민 백인자. <민들레를 이용한 차 음료의 제조방법> 10-2012-0115051 (2012.10.16)
- 나. (주)이파리넷, 천상욱, 이성춘 배창휴 백인자. <민들레 꽃 식혜의 제조방법> 10-2012-0115054 (2012.10.16)
- 다. (주)이파리넷, 천상욱, 이성춘 배창휴 백인자. <플라스틱 하우스 내에서 코코피트 및 펠라이트 혼합배지를 이용한 민들레의 재배방법> 10-2012-0116216 (2012.10.18)

2. 논문

- 가. Jai Hyunk Ryu, Kyoung Sun Seo, Gab Lim Choi, Eui Shik Rha, Sheong Chun Lee, Seong Kyu Choi, Si-Yong Kang and Chang-Hyu Bae. 2012. Effects of LED Light Illumination on Germination, Growth and Anthocyanin Content of Dandelion (*Taraxacum officinale*). Korean J. Plant Res. 25(6): 731-738.
- 나. 류재혁, 서경순, 국용인, 문제학, 마경호, 최성규, 나의식, 이성춘, 배창휴. 2012. 발광다이오드 처리가 서양민들레의 항산화 활성 및 기능성 성분 함량에 미치는 영향. 한국약용작물학회지 20(3): 165-170.
- 다. Jaihyunk Ryu and Chang-Hyu Bae. 2012. Genetic Diversity and Relationship Analysis of Genus *Taraxacum* Accessions Collected in Korea. Korean J. Plant Res. 25(3): 329-338.
- 라. 류재혁, 배창휴. 2011. ISSR 표지에 의한 서양민들레와 흰민들레 수집종의 유전적 다양성 및 유연관계 분석. 한국약용작물학회지 19(3):149-156.
- 마. 천상욱. 2012 국내 자생 민들레의 종류별 항산화성 및 세포독성 연구. 한국작물학회지 57(1):51-59.
- 바. 천상욱, 배창휴, 이성춘. 2012. 서양민들레의 부위별 추출물의 항산화 및 세포독성 연구. 한국자원식물학회지 25(2): 232-239.
- 사. 천상욱, 박정숙. 2012. 시설재배조건에서 차광 및 배지조성이 서양민들레의 생육과 생리활성에 미치는 영향. 한국작물학회지 57(4): 449-456.
- 아. Sang-Uk Chon. 2013. Positive effects of shade degrees and substrates in greenhouse on polyphenols, enzymatic and antioxidant status in *Taraxacum officinale*. Plant Science. (To be submitted)
- 자. Sang-Uk Chon. 2013. Effects of temperatures on polyphenols, enzymatic and antioxidant status in *Taraxacum officinale*. Plant Science. (To be submitted)

3. 국내·외 학·협회 발표

- 가. 류재혁, 배창휴. 2010. 국내 수집 민들레(*Taraxacum*)속 자원의 특성(1). 한국자원식물학회

학술심포지엄. p. 171.

- 나. 류재혁, 류재일, 배창휴. 2011. 양성자빔 조사가 서양민들레의 종자발아 및 초기생육에 미치는 영향 한국 자원식물학회 추계학술대회 p.127
- 다. 류재혁, 류재일, 배창휴. 2011 엽록체 DNA 영역을 이용한 국내 민들레속 수집종의 유전적 다양성 및 유연관계 분석 한국 자원식물학회 추계 학술대회 p. 128
- 라. 류재혁, 소현수, 이성춘, 국용인, 배창휴. 2011 LED 조사가 서양민들레(*Taraxacum officinale*)의 발아와 생장에 미치는 영향 한국자원식물학회 추계 학술대회 p.129
- 마. 류재혁, 소현수, 최갑림, 이성춘, 배창휴. 2011. 국내 수집 민들레속(*Taraxacum*)자원의 특성 (2). 한국자원식물학회 학술심포지엄 p. 42
- 바. Jai Hyunk Ryu, Jae Il Lyu, Hyun Su So, and Chang-Hyu Bae. 2011. Characterization of cp DNA *trnL-trnF* Region and Phylogenetic Relationship in genus *Taraxacum* Accessions. 한국작물학회 학술발표대회 논문집 p.97
- 사. JaiHyunk Ryu, Hyun Su So, Chang-Hyu Bae. 2011. Genetic Diversity of Genus *Taraxacum* Accessions by ISSR (Inter-Simple Sequence Repeats) Markers. 한국자원식물학회 학술심포지엄 p. 43
- 아. Jaihyunk Ryu, Hyun su So, Chang-Hyu Bae. 2011. The growth and development related characteristic and genetic diversity of *Taraxacum* accessions. (China)
- 자. Jaihyunk Ryu, Hyun su So, Gam-lim Choi, Chang-Hyu Bae. 2012. Growth and genetic diversity analysis of genus *Taraxacum* accessions collected in Korea. 2012 6th International Crop Science Congress (Brazil).
- 차. Jaihyunk Ryu, Eun-hwan Kim, Ji-hyung Kim, Hyun-su So, Haeng Hoon Kim, Eui Shik Rha, Sheong Chun Lee, Chang-Hyu Bae. 2013. Effect of Proton Beam Irradiation on Germination and Early Growth of Korean Native Dandelion (*Taraxacum coreanum*). 한국자원식물학회심포지움 p. 126.
- 카. 류재혁, 천상욱, 이성춘, 배창휴. 2013. 양성자빔 조사 민들레(*Taraxacum officinale*) M₂ 세대에서 유용 변이체 선발 및 선발체의 특성. 한국자원식물학회심포지움 p. 127.
- 타. 천상욱, 윤승섭, 신나리, 정순목, 이성춘, 배창휴. 2012. 시설하우스에서 차광정도에 따른 민들레의 생육 및 생리활성 변화. 한국자원식물학회 춘계학술발표회. pp. 127.
- 파. 우수 포스터상. Jaihyunk Ryu, Hyun su So, Chang-Hyu Bae. 2011. The growth and development related characteristic and genetic diversity of *Taraxacum* accessions. 국제 자원식물 학술발표회.
- 하. 최우수 포스터상. 류재혁, 류재일, 배창휴. 2011. 엽록체 DNA 영역을 이용한 국내 민들레속 수집종의 유전적 다양성 및 유연관계 분석. 2011 한국자원식물학회 추계 학술발표대회.
- 거. 최우수 포스터상. 류재혁, 류재일, 배창휴. 2011. 양성자빔 조사가 서양민들레 종자발아와 초기생육에 미치는 영향. 2011 한국자원식물학회 추계 학술발표대회.

제4절 추가연구, 타연구에 활용계획

1. 추가연구

- 가. 본 연구과제에서는 민들레 수집종의 증식 및 유연관계 분석 연구, 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구, 민들레 수집종의 생리활성 분석 및 식이발효식품 개발 연구 등 세 가지 큰 방향에서 별개로 추진되어 왔기 때문에 연관연구 또는 후속연구를 통해 좀 더 자세한 연구가 필요함
- 나. 본 연구과제를 통해 다양한 지역에서 수집한 국내 자원식물의 생육과 외부 형태학적 특성, 유전적 다양성을 분석하여 국내 자원식물 유전자원의 유연관계를 분석하고 양성자빔을 이용한 유전적 변이의 다양성 분석과 LED 조사에 따른 기능성물질의 함량을 조사하여 식물 자원화를 위한 개체 선발 및 고부가가치 민들레 소재개발의 가능성을 파악하고자 함
- 다. 본 연구과제에서는 배지 조성, 차광정도 및 온도변이에 따른 작물의 생육과 생리활성 연구를 항온적인 측면인 20~30℃ 정도의 범위에서만 영향을 다루는 연구가 진행되었으나 기후변화 대응 연구로서 항온적인 것 보다는 급격한 이상 저온 또는 고온에 이르렀을 때 생육 및 생리활성의 변화를 추가로 연구하는 것이 절실하다고 봄
- 라. 본 연구과제에서는 배지 조성, 차광정도 및 온도변이에 따른 작물의 생리학적 접근 연구로서 생태학적 측면인 환경변이에 따른 자원식물의 형태적 기능적 변이 등을 다루는 것과 재배학적인 측면에서는 실제적인 재배가 입장에서 기후변화 대응 재배관리 요점을 제시하는 연구가 필요함

2. 타연구에 활용계획

- 가. 본 연구과제의 결과를 바탕으로 타작물, 여러 가지 원예작물뿐만 아니라 약용식물을 시설 재배하는 경우의 작물의 경우 배지 조성, 차광정도 및 온도변이에 따른 대처 방안이 될 수 있는 결과를 활용할 수 있음
- 나. 본 연구과제의 사업화 또는 제품화 기술을 바탕으로 기능성 식제품 업체에 benchmarking 또는 기술이전을 통해 성과 공유 또는 확산을 가능케 할 수 있음
- 다. 기후변화 영향 평가에 부적합한 광과 온도에 의한 수량 및 생산성 저하에 관한 연구에서 그 피해 정도를 산정할 수 있게 함
- 라. 약용작물의 시설 생산을 위한 주요한 배지조합을 결정하는데 기초자료로 제공 가능
- 마. 약용작물의 시설 생산에 이용되는 표준 양액재배에 급액방식과 급액 양 및 횟수 등 적용
- 바. 발효균주에 의한 시료 발효기술과 가공공정(건조 및 추출 방법)에 따른 유효성분 및 기능성 변화 정도 파악
- 사. 비발효 및 발효차 음료와 민들레꽃 식혜 개발을 통해 타 자원식물을 작물 또는 채소화 할 수 있는 과학적 정보 탐색 및 제품 개발
- 아. 수집된 각 지역 및 종별 민들레의 원료를 이용한 기능성, 가공기술 및 상품성의 향상 기술 확보로 전통 발효식품과의 퓨전화, 현대화 및 양산화 기대
- 자. 기후변화 대응 식물생육 및 수량반응, 생리활성물질 함량 및 기능성 변화 산정 기준 제시

제 6 장 연구개발 과정에서 수집한 해외 과학기술정보

제1절 민들레 수집종의 생태 및 생물학적 환경 모니터링 특성 연구

1. 토양오염과 부유물과 연관된 서양민들레 잎의 금속함량 연구

Table 88. The mean concentrations (mg kg⁻¹) of trace metals in leaf samples collected at 29 sites in the United states.

Site	Season	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
1	fall	0.70	6.34	17.52	358	97.50	3.15	19.00	61.68
2	fall	1.39	8.99	9.62	1503	65.79	5.39	20.00	89.21
3	fall	0.55	6.04	13.10	263	80.75	3.05	13.50	73.98
4	fall	1.08	19.55	12.81	1246	92.96	9.95	11.00	56.23
5	fall	0.87	6.71	19.43	321	114.00	2.87	7.00	87.78
6	spring	2.26	5.54	3.48	584	41.80	3.89	1.50	40.72
6	fall	2.33	11.48	18.39	1511	60.67	5.86	28.50	116.70
7	spring	2.32	4.53	4.74	473	29.59	4.16	1.00	45.20
7	fall	3.11	19.65	58.41	3916	113.95	15.12	45.00	179.70
8	fall	1.93	8.72	15.43	2862	100.84	5.33	12.50	79.03
9	fall	0.85	13.25	9.35	649	63.44	7.39	7.00	66.93
10	fall	0.55	5.33	12.01	155	42.96	2.67	12.50	50.82
11	fall	0.56	7.76	15.89	358	56.63	3.77	20.00	65.64
12	spring	2.05	3.20	3.41	80	35.72	2.38	2.00	29.00
12	fall	0.73	6.17	17.92	450	66.47	4.59	10.00	93.92
13	fall	1.28	18.25	19.60	888	60.23	10.08	6.50	102.26
14	fall	0.90	8.74	19.25	688	80.10	3.93	12.50	261.40
15	fall	0.97	6.51	13.76	195	58.93	3.13	5.50	102.69
16	spring	2.22	3.35	2.55	114	28.28	2.52	0.50	34.17
16	fall	0.64	4.53	7.90	61	52.13	2.64	15.00	100.30
17	spring	2.15	2.83	1.62	81	21.70	2.30	0.50	18.60
17	fall	0.67	4.75	10.51	135	60.75	2.15	20.50	70.12
18	fall	0.56	6.67	19.39	349	58.12	4.07	15.00	69.07
19	fall	0.87	7.56	12.91	847	73.00	3.55	24.50	116.92
20	spring	2.26	4.51	3.33	184	40.30	3.03	1.50	33.85
20	fall	2.95	46.19	17.68	3195	276.95	22.69	16.00	91.42
21	spring	2.37	6.28	3.43	655	49.51	3.66	2.00	56.64
21	fall	2.10	19.24	11.78	2990	121.54	12.74	32.50	103.69
22	fall	0.77	7.43	14.08	678	66.09	3.38	8.50	66.98
23	spring	0.62	10.70	10.02	426	53.38	3.52	8.50	61.74
24	spring	2.16	3.56	2.10	85	25.51	2.71	1.00	18.50
24	fall	2.04	5.78	4.28	158	32.66	3.86	2.50	31.75
25	spring	2.14	3.66	4.63	192	25.12	2.77	1.50	41.04
26	spring	2.14	3.58	6.68	219	11.82	2.79	0.5	61.02
27	fall	1.97	21.40	11.68	1500	77.52	10.36	7.00	101.19
28	fall	1.31	40.16	7.59	1763	99.90	20.16	7.00	50.82
29	fall	2.36	61.72	9.32	2719	170.77	38.02	6.50	69.05

Site numbers correspond to those in Table 1.

Table 89. Correlation analysis of leaf metal concentrations.

Metals	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Cd	1.000							
Cr	0.282	1.000						
Cu	-0.007	0.196	1.000					
Fe	0.477**	0.703**	0.558**	1.000				
Mn	0.168	0.786**	0.408*	0.741**	1.000			
Ni	0.360	0.981**	0.232	0.735**	0.740**	1.000		
Pb	-0.068	0.161	0.750**	0.584**	0.402*	0.187	1.000	
Zn	-0.115	0.153	0.666**	0.403*	0.335	0.149	0.581**	1.000

Values listed are Pearson correlation coefficients. * $P < 0.05$; ** $P < 0.001$.

제2절 민들레의 생리활성물질 분석

1. 서양민들레의 sesquiterpenoid 구조

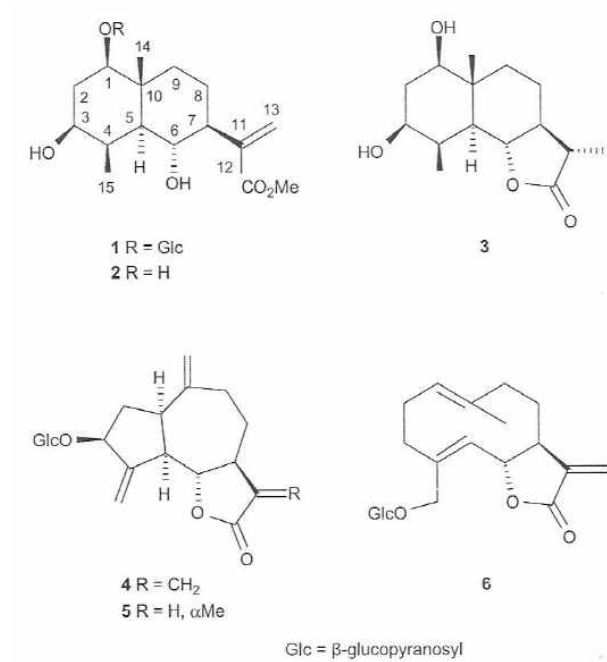


Fig. 187. Chemical structures of compounds 1-6.

2. 서양민들레의 sesquiterpene lactone 구조

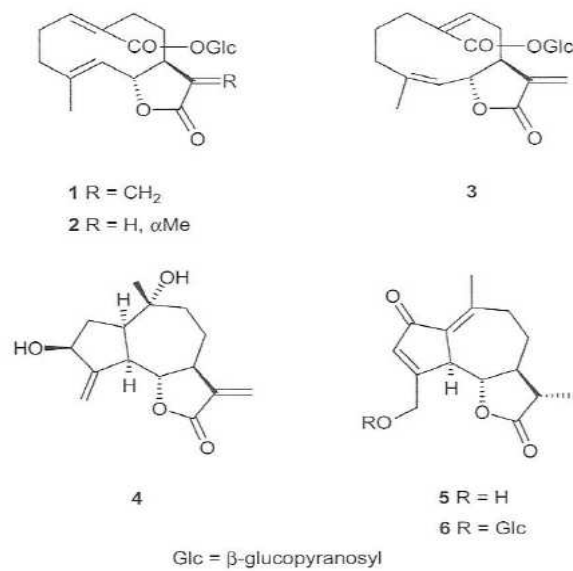


Fig. 188. Chemical structures of sesquiterpene lactone.

3. 서양민들레의 flavonoid 구조

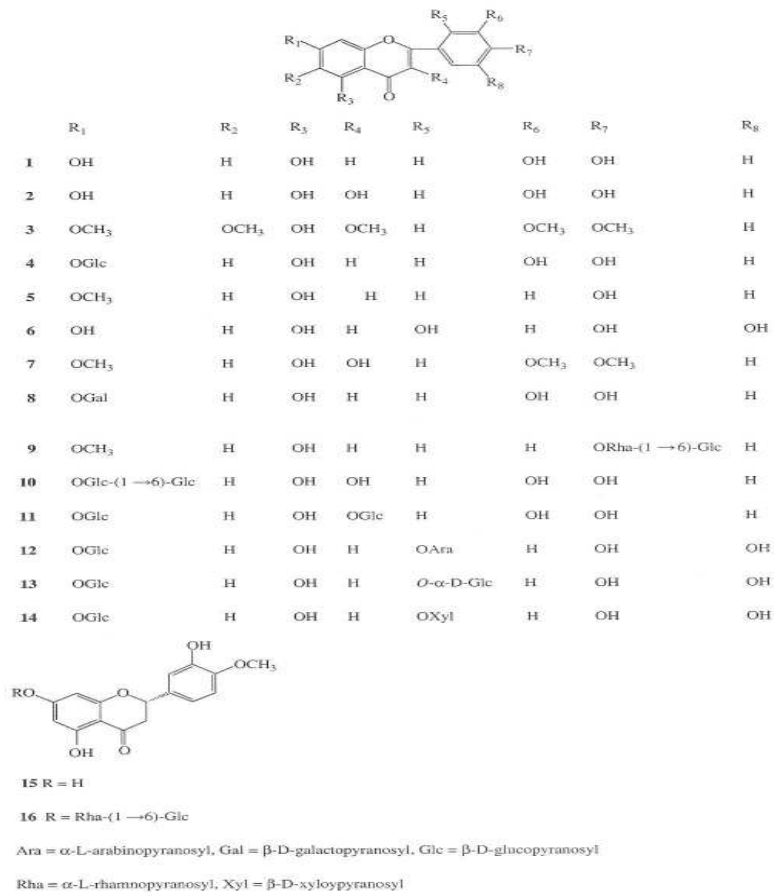


Fig. 189. Structures of 1-16.

4. 서양민들레의 phenylpropanoid 구조

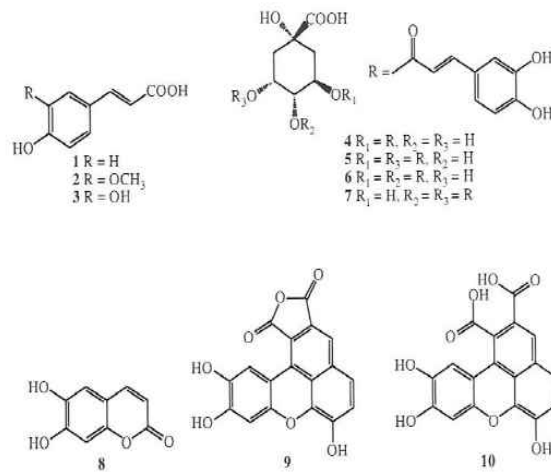


Fig. 190. Phenylpropanoids from *T. mongolicum*

5. 민들레의 항산화 물질 동정

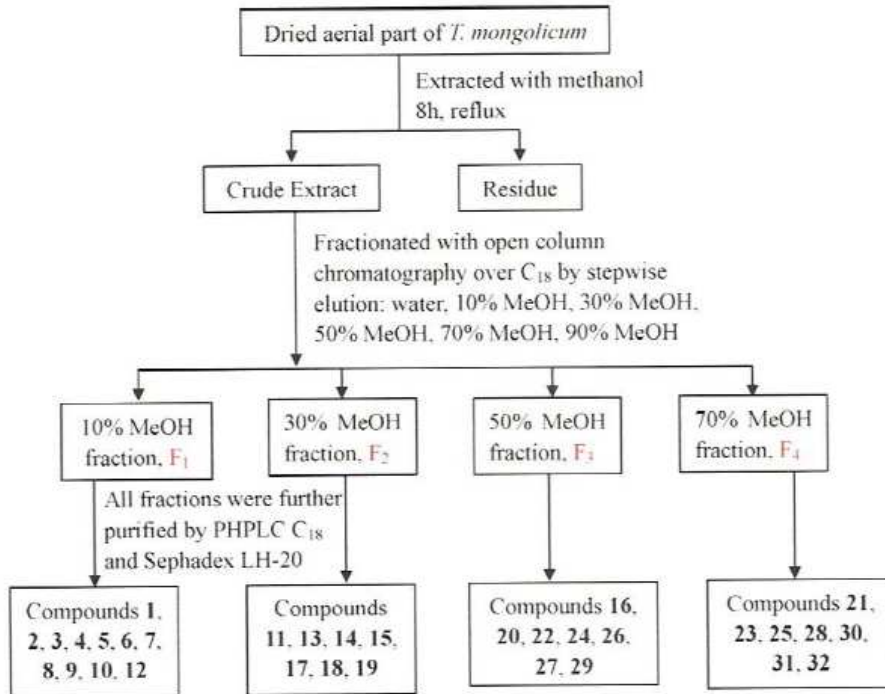


Fig. 191. The separation scheme of *T. mongolicum*

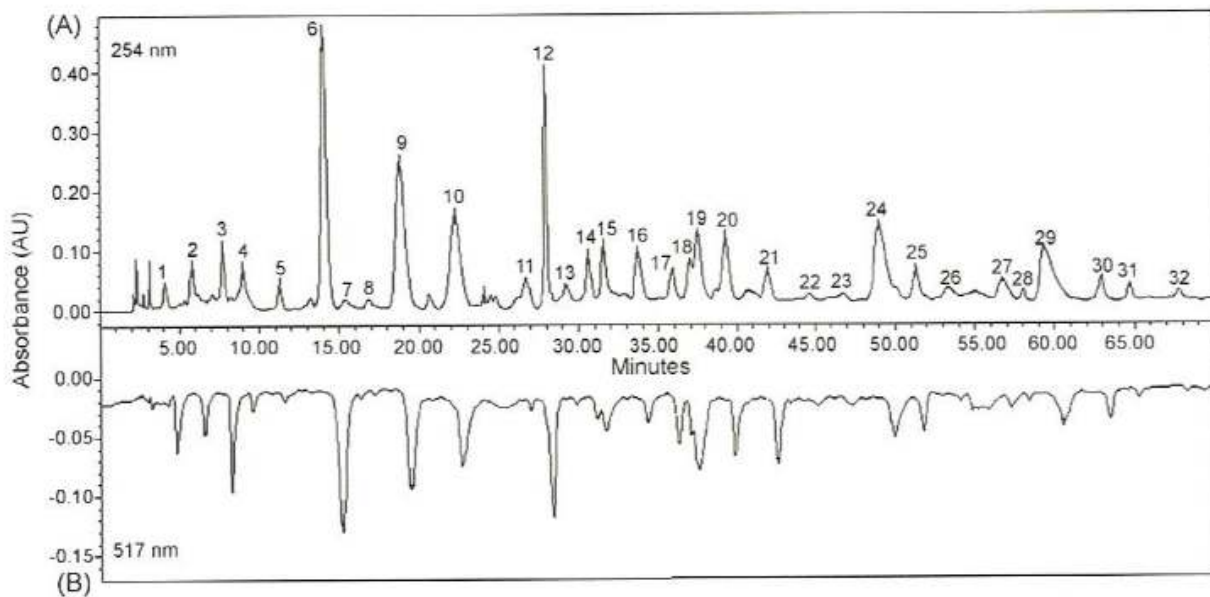


Fig. 192. HPLC-UV (254nm) (A) and DPPH radical-scavenging detection profile (B) of *T. mongolicum* methanolic extract. Peaks 1-32.

Table 90. Spectral data of the main antioxidants acquired by HPLC-DAD-RSD-ESI-MS and NMR from methanolic extract of *T. mongolicum*

	t_R (min)	UV (λ_{max} , nm)	ESI [M-H] ⁻	¹ H NMR ([² H ₅]DMSO, 400 MHz), δ (ppm)	Structure assignment
Flavonoid derivatives					
9	18.87	258, 357	595	13.11 (1H, br s, 5-OH), 7.31 (1H, s, H-6'), 7.16 (1H, s, H-3), 6.77 (1H, s, H-3'), 6.72 (1H, s, H-8), 6.44 (1H, s, H-6), 5.08 (1H, d, J=8.0 Hz, H-1''), 4.87 (1H, d, J=6.0 Hz, H-1''), 3.20-3.60 (6H, m, H-2'' to H-6''), 3.20-3.60 (5H, m, H-2'' to H-5'')	Isoetin-7-O- β -D-glucopyranosyl-2'-O- α -L-arabinopyranoside ^a
10	22.23	257, 356	625	13.07 (1H, s, 5-OH), 7.31 (1H, s, H-6'), 7.11 (1H, s, H-3), 6.80 (1H, s, H-3'), 6.73 (1H, s, H-8), 6.45 (1H, s, H-6), 5.08 (1H, d, J=8.0 Hz, H-1''), 4.91 (1H, br s, H-1''), 3.20-3.60 (6H, m, H-2'' to H-6''), 3.20-3.60 (6H, m, H-2'' to H-6'')	Isoetin-7-O- β -D-glucopyranosyl-2'-O- α -D-glucopyranoside ^a
12	27.90	258, 357	595	7.30 (1H, s, H-6'), 7.08 (1H, s, H-3), 6.73 (2H, br s, H-3' and H-8), 6.44 (1H, s, H-6), 5.07 (1H, d, J=7.2 Hz, H-1''), 4.89 (1H, d, J=6.4 Hz, H-1''), 3.20-3.60 (6H, m, H-2'' to H-6''), 3.20-3.60 (5H, m, H-2'' to H-5'')	Isoetin-7-O- β -D-glucopyranosyl-2'-O- β -D-xylopyranoside ^a
15	31.61	253, 268, 345	447	7.43 (1H, dd, J=8.4, 2.0 Hz, H-6'), 7.42 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2'), 6.90 (1H, d, J=8.0 Hz, H-5'), 6.81 (1H, d, J=2.0 Hz, H-8), 6.70 (1H, s, H-3), 6.51 (1H, d, J=2.0 Hz, H-6), 5.08 (1H, d, J=6.4 Hz, H-1''), 3.20-3.60 (6H, m, H-2'' to H-6'')	Luteolin-7-O- β -D-galactopyranoside ^b
17	35.86	253, 360	625	7.91 (1H, dd, J=8.4, 2.0 Hz, H-6'), 7.83 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2'), 7.58 (1H, J=8.4 Hz, H-5'), 6.73 (1H, d, J=2.0 Hz, H-6), 6.68 (1H, d, J=2.0 Hz, H-8), 5.67 (1H, d, J=7.6 Hz, H-1''), 5.58 (1H, d, J=6.4 Hz, H-1''), 4.20-4.60 (6H, m, H-2'' to H-6''), 4.20-4.60 (6H, m, H-2'' to H-6'')	Quercetin-7-O- β -D-glucopyranosyl(1- \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside ^b
18	36.94	253, 268, 345	447	12.96 (1H, br s, 5-OH), 7.44 (1H, dd, J=8.4, 2.0 Hz, H-6'), 7.42 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2'), 6.91 (1H, d, J=8.0 Hz, H-5'), 6.77 (1H, d, J=2.0 Hz, H-8), 6.72 (1H, s, H-3), 6.45 (1H, d, J=2.0 Hz, H-6), 5.07 (1H, d, J=7.2 Hz, H-1''), 3.73 (1H, dd, J=10.0, 2.8 Hz, H-6'a), 3.51 (1H, J=8.5 Hz, H-3'), 3.42 (1H, dd, J=10.0, 2.8 Hz, H-6'b), 3.39 (1H, J=8.5 Hz, H-2'), 3.28 (1H, J=8.5 Hz, H-4'), 3.19 (1H, m, H-5')	Luteolin-7-O- β -D-glucopyranoside ^d
19	37.41	258, 347	625	7.91 (1H, dd, J=8.4, 2.0 Hz, H-6'), 7.83 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2'), 7.58 (1H, J=8.4 Hz, H-5'), 6.72 (1H, d, J=2.0 Hz, H-6), 6.66 (1H, d, J=2.0 Hz, H-8), 5.83 (1H, d, J=7.6 Hz, H-1''), 5.58 (1H, d, J=6.4 Hz, H-1''), 4.20-4.60 (6H, m, H-2'' to H-6''), 4.20-4.60 (6H, m, H-2'' to H-6'')	Quercetin-3,7-di-O- β -D-diglucoyanoside ^b
20	39.21	256, 360	301	13.05 (1H, s, 5-OH), 7.26 (1H, s, H-6'), 7.01 (1H, s, H-3), 6.50 (1H, s, H-3'), 6.38 (1H, d, J=1.2 Hz, H-8), 6.16 (1H, d, J=1.2 Hz, H-6)	Isoetin ^b
21	41.90	262, 370	301	12.45 (1H, br s, 5-OH), 7.68 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2'), 7.54 (1H, dd, J=8.4, 2.0 Hz, H-6'), 6.89 (1H, J=8.4 Hz, H-5'), 6.41 (1H, d, J=2.0 Hz, H-6), 6.20 (1H, d, J=2.0 Hz, H-8)	Quercetin ^d
22	44.59	254, 349	609	12.01 (1H, br s, 5-OH), 6.97 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2'), 6.88 (1H, d, J=8.0 Hz, H-5'), 6.83 (1H, dd, J=8.0, 2.0 Hz, H-6'), 6.14 (1H, d, J=2.0 Hz, H-8), 6.13 (1H, d, J=2.0 Hz, H-6), 5.50 (1H, dd, J=11.0, 5.0 Hz, H-2'), 4.97 (1H, d, J=7.2 Hz, H-1''), 4.54 (1H, br s, H-1''), 3.78 (3H, s, 4-OCH ₃), 3.20-3.60 (6H, m, H-2'' to H-6''), 3.20-3.60 (3H, m, H-2'' to H-6''), 3.11 (1H, dd, J=17.0, 11.0 Hz, H-3a), 2.78 (1H, dd, J=17.0, 5.0 Hz, H-3b), 2.51 (1H, d, J=6.0 Hz, H-5''), 1.09 (3H, d, J=6.0 Hz, H-6'')	Hesperidin ^b
23	46.78	254, 362	269	12.01 (1H, br s, 5-OH), 6.94 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2'), 6.94 (1H, dd, J=8.6, 2.0 Hz, H-6'), 6.88 (1H, d, J=8.6 Hz, H-5'), 5.91 (1H, d, J=1.2 Hz, H-6), 5.89 (1H, d, J=1.2 Hz, H-8), 5.43 (1H, dd, J=11.0, 5.0 Hz, H-2'), 3.78 (3H, s, 4'-OCH ₃), 3.20 (1H, dd, J=17.0, 11.0 Hz, H-3a), 2.72 (1H, dd, J=17.0, 5.0 Hz, H-3b)	4',5,7-Trihydroxy-3'-methoxyflavone ^b
25	51.26	250, 344	285	12.94 (1H, br s, 5-OH), 7.41 (1H, dd, J=8.4, 2.0 Hz, H-6'), 7.39 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2'), 6.89 (1H, d, J=8.4 Hz, H-5'), 6.64 (1H, s, H-3), 6.44 (1H, d, J=2.0 Hz, H-8), 6.19 (1H, d, J=2.0 Hz, H-6)	Luteolin ^d
26	53.34	264, 323	591	12.89 (1H, br s, 5-OH), 8.04 (2H, dd, J=9.0, 2.0 Hz, H-6' and H-2'), 7.15 (2H, dd, J=9.0, 2.0 Hz, H-3' and H-5'), 6.92 (1H, s, H-3), 6.80 (1H, d, J=2.0 Hz, H-8), 6.47 (1H, d, J=2.0 Hz, H-6), 5.07 (1H, d, J=7.2 Hz, H-1''), 4.58 (1H, br s, H-1''), 3.88 (3H, s, 7-OCH ₃), 3.20-3.60 (6H, m, H-2'' to H-6''), 3.20-3.60 (3H, m, H-2'' to H-6''), 2.51 (1H, d, J=6.0 Hz, H-5''), 1.10 (3H, d, J=6.0 Hz, H-6'')	Genkwanin-4'-O- β -D-lutinoside ^b
28	58.06	256, 351	283	12.89 (1H, br s, 5-OH), 8.00 (2H, dd, J=9.0, 2.0 Hz, H-6' and H-2'), 7.08 (2H, dd, J=9.0, 2.0 Hz, H-3' and H-5'), 6.84 (1H, s, H-3), 6.48 (1H, d, J=2.0 Hz, H-8), 6.18 (1H, d, J=2.0 Hz, H-6), 3.84 (3H, s, 7-OCH ₃)	Genkwanin ^b
31	64.70	256, 356	343	12.66 (1H, br s, 5-OH), 9.89 (1H, br s, 3-OH), 7.68 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2'), 7.63 (1H, dd, J=8.4, 2.4 Hz, H-6'), 6.97 (1H, J=8.4 Hz, H-5'), 6.77 (1H, d, J=2.0 Hz, H-6), 6.38 (1H, d, J=2.0 Hz, H-8), 3.97 (6H, s, 2'-OCH ₃), 3.81 (3H, s, OCH ₃)	Quercetin-3',4',7-trimethyl ether ^b
32	67.76	253, 349	387	12.58 (1H, br s, 5-OH), 7.73 (1H, dd, J=8.8, 2.4 Hz, H-6'), 7.67 (1H, d, J=2.4 Hz, H-2'), 7.17 (1H, J=8.8 Hz, H-5'), 6.93 (1H, s, H-8), 3.93 (4'-OMe), 3.87 (3'-OMe), 3.86 (7'-OMe), 3.83 (6'-OMe), 3.74 (3'-OMe)	Artemisin ^d
Phenylpropanoid derivatives					
4	8.99	258, 301 sh, 352	177	7.66 (1H, d, J=9.2 Hz, H-4), 7.30 (1H, s, H-5), 7.17 (1H, s, H-8), 6.29 (1H, d, J=9.2 Hz, H-3)	Esculetin ^d
6	14.98	243, 300 sh, 332	179	7.14 (1H, d, J=16.0 Hz, H-7), 7.02 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2'), 6.95 (1H, dd, J=8.0, 2.0 Hz, H-6), 6.76 (1H, d, J=8.0 Hz, H-5), 6.15 (1H, d, J=16.0 Hz, H-8)	Caffeic acid ^d
8	16.85	244, 300 sh, 330	353	7.43 (1H, d, J=16.0 Hz, H-7), 7.03 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2'), 6.98 (1H, dd, J=8.4, 2.0 Hz, H-6'), 6.76 (2H, d, J=8.2 Hz, H-5'), 6.15 (1H, d, J=16.0 Hz, H-8), 5.10 (1H, ddd, J=10.1, 9.8, 4.6 Hz, H-3), 3.95 (1H, m, H-5), 3.57 (1H, m, H-4), 2.04 (1H, m, H-6a), 2.00 (2H, m, H-2), 1.81 (1H, m, H-6b)	3-O-Caffeoylquinic acid ^d
11	26.78	223, 302 sh, 310	163	12.07 (1H, br s, 1-COOH), 9.91 (1H, br s, 4-OH), 7.51 (1H, d, J=16 Hz, H-7), 7.49 (2H, d, J=7.6 Hz, H-2 and H-6), 6.80 (2H, d, J=7.6 Hz, H-3 and H-5), 6.28 (1H, d, J=16 Hz, H-8)	p-Coumaric acid ^c
13	29.19	233, 300 sh, 321	193	7.49 (1H, d, J=16.0 Hz, H-7), 7.27 (1H, d, J=1.6 Hz, H-2'), 7.09 (1H, dd, J=8.4, 2.0 Hz, H-6), 6.80 (1H, d, J=8.0 Hz, H-5), 6.35 (1H, d, J=16.0 Hz, H-8), 3.82 (3H, s, 3-OCH ₃)	Ferulic acid ^c
16	33.71	244, 299 sh, 329	207	7.46 (1H, d, J=16.0 Hz, H-7), 7.03 (1H, d, J=2.0 Hz, H-2'), 6.98 (1H, dd, J=8.0, 2.0 Hz, H-6), 6.75 (1H, d, J=8.0 Hz, H-5), 6.24 (1H, d, J=16.0 Hz, H-8), 4.14 (2H, q, J=7.2 Hz, CH ₂), 1.22 (3H, t, J=7.2 Hz, CH ₃)	Caffeic acid ethyl ester ^b
24	49.00	248, 300 sh, 329	515	7.59 (1H, d, J=16.0 Hz, H-7'), 7.55 (1H, d, J=16.0 Hz, H-7''), 7.04 (2H, br s, H-2' and H-2''), 6.94 (2H, br d, J=8.4 Hz, H-6' and H-6''), 6.75 (2H, d, J=8.4 Hz, H-5' and H-5''), 6.33 (1H, d, J=16.0 Hz, H-8'), 6.24 (1H, d, J=16.0 Hz, H-8''), 5.39 (1H, m, H-5), 5.36 (1H, m, H-3), 3.94 (1H, d, J=4.4 Hz, H-4), 2.16 (2H, m, H-2'), 2.29 (1H, br d, J=13.2 Hz, H-6a), 2.16 (1H, m, H-6b)	3,5-di-O-Caffeoylquinic acid ^b
27	56.67	247, 300 sh, 326	515	7.56 (1H, d, J=5.6 Hz, H-7'), 7.48 (1H, d, J=15.6 Hz, H-7''), 6.99 (1H, br s, H-2'), 6.96 (1H, br s, H-2''), 6.88 (1H, d, J=8.0 Hz, H-6'), 6.85 (1H, d, J=8.0 Hz, H-6''), 6.71 (2H, m, H-5' and H-5''), 6.25 (1H, d, J=15.6 Hz, H-8'), 6.15 (1H, d, J=15.6 Hz, H-8''), 5.74 (1H, br s, H-5), 5.09 (1H, d, J=7.2 Hz, H-4), 4.35 (1H, br s, H-3), 2.26 (2H, m, H-2), 2.26 (1H, m, H-6), 2.10 (1H, m, H-6)	4,5-di-O-Caffeoylquinic acid ^b
29	59.41	247, 300 sh, 330	515	7.61 (1H, d, J=16.0 Hz, H-7'), 7.57 (1H, d, J=16.0 Hz, H-7''), 7.08 (1H, br s, H-2'), 7.07 (1H, br s, H-2''), 6.95 (2H, br d, J=8.4 Hz, H-6' and H-6''), 6.78 (2H, d, J=8.4 Hz, H-5' and H-5''), 6.32 (1H, d, J=16.0 Hz, H-8'), 6.30 (1H, d, J=16.0 Hz, H-8''), 5.68 (1H, br s, H-3), 5.16 (1H, br s, H-4), 4.27 (1H, br s, H-5), 2.16 (2H, m, H-6), 2.03 (2H, m, H-2)	3,4-di-O-Caffeoylquinic acid ^b
30	62.99	226, 276, 317, 373	353	8.05 (1H, s, H-7), 7.46 (1H, d, J=8.8 Hz, H-6), 7.40 (1H, s, H-6'), 7.25 (1H, d, J=8.8 Hz, H-5), 6.62 (1H, s, H-3')	Mongolicumin A ^a
Hydroxybenzoic acid derivatives					
1	4.02	273	169	12.12 (1H, br s, 1-COOH), 9.12 (2H, br s, 3-OH and 5-OH), 8.75 (br s, 4-OH), 6.91 (2H, d, J=3.2 Hz, H-2 and H-6)	Gallic acid ^d
2	5.83	271	153	12.60 (1H, br s, 1-COOH), 9.49 (2H, br s, 3-OH and 5-OH), 6.80 (2H, t, J=2.0 Hz, H-2 and H-6), 6.42 (1H, t, J=2.0 Hz, H-4)	3,5-Dihydroxybenzoic acid ^d
3	7.69	276	183	9.17 (3H, br s, 3-OH, 4-OH and 5-OH), 6.94 (2H, d, J=3.2 Hz, H-2 and H-6), 3.74 (3H, s, OCH ₃)	Gallicin ^d
5	11.25	275	137	12.36 (1H, br s, 1-COOH), 10.17 (1H, br s, 4-OH), 7.78 (2H, d, J=7.6 Hz, H-2 and H-6), 6.84 (2H, d, J=7.6 Hz, H-3 and H-5)	p-Hydroxybenzoic acid ^c
7	15.37	272	197	12.48 (1H, br s, COOH), 9.13 (1H, br s, 4-OH), 7.23 (2H, s, H-2 and H-6), 3.81 (6H, s, 3-OCH ₃ and 5-OCH ₃)	Syringic acid ^d
14	30.58	259	301	7.07 (1H, m, H-3), 6.81 (1H, d, J=2.6 Hz, H-6), 6.68 (1H, dd, J=8.5, 2.6 Hz, H-4), 4.76 (1H, d, J=6.9 Hz, H-1'), 4.54 (2H, dd, J=13.3, 4.6 Hz, H-7), 3.30-3.90 (5H, m, H-2' to H-6')	1-Hydroxymethyl-5-hydroxy-phenyl-2-O- β -D-glucopyranoside ^b

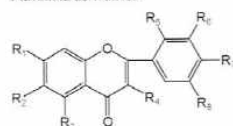
^a Substances first reported by our group.

^b Known substances first isolated from *Taraxacum* genus.

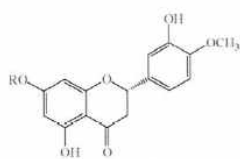
^c Known substances first found in *T. mongolicum*.

^d Substances already identified elsewhere.

Flavonoid derivatives



	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈
9	OGlc	H	OH	H	O Ara	H	OH	OH
10	OGlc	H	OH	H	O-α-D-Glc	H	OH	OH
12	OGlc	H	OH	H	O Xyl	H	OH	OH
15	OGal	H	OH	H	H	OH	OH	H
17	OGlc-(1→6)-Glc	H	OH	OH	H	OH	OH	H
18	OGlc	H	OH	H	H	OH	OH	H
19	OGlc	H	OH	OGlc	H	OH	OH	H
20	OH	H	OH	H	OH	H	OH	OH
21	OH	H	OH	OH	H	OH	OH	H
25	OH	H	OH	H	H	OH	OH	H
26	OCH ₃	H	OH	H	H	H	ORha-(1→6)-Glc	H
28	OCH ₃	H	OH	H	H	H	OH	H
31	OCH ₃	H	OH	OH	H	OCH ₃	OCH ₃	H
32	OCH ₃	OCH ₃	OH	OCH ₃	H	OCH ₃	OCH ₃	H



22 R = Rha-(1→6)-Glc

23 R = H

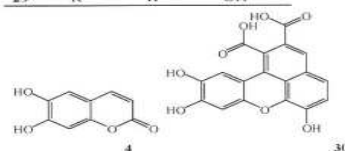
Ara = α-L-arabinopyranosyl, Gal = β-D-galactopyranosyl, Glc = β-D-glucopyranosyl

Rha = α-L-rhamnopyranosyl, Xyl = β-D-xylopyranosyl

Phenylpropanoid derivatives

	R ₁	R ₂
6	OH	H
11	H	H
13	OCH ₃	H
16	OH	CH ₂ CH ₃

	R ₁	R ₂	R ₃
8	R	OH	OH
24	R	OH	R
27	OH	R	R
29	R	R	OH



Hydroxybenzoic acid derivatives

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
1	COOH	OH	OH	OH
2	COOH	OH	H	OH
3	COOCH ₃	OH	OH	OH
5	COOH	H	OH	H
7	COOH	OCH ₃	OH	OCH ₃
14	CH ₂ OH	OH	OGlc	H

Fig. 193. Structures of the identified antioxidants

6. 민들레의 식품성분

Table 91. Proximate chemical of flour from *Taraxacum officinale* leaves.

Determination	(g/100 g)
Moisture (MF) ^a	91.53 ± 0.83
Residual moisture	8.23 ± 0.15
Protein (N × 6.25)	15.48 ± 0.47
Ash	14.55 ± 0.64
Ether extract (petroleum ether)	3.39 ± 0.04
Total carbohydrates ^b	58.35 ± 0.32
Soluble dietary fiber	6.69 ± 0.36
Insoluble dietary fiber	41.11 ± 0.85
Total dietary fiber	47.80 ± 0.63

Mean ± standard deviation of triplicate determinations.

^a Fresh basis.

^b Calculated as 100 - (% residual moisture + % protein + % ether extract + % ash).

Table 92. Mineral and vitamin contents in flour from *Taraxacum officinale* leaves.

Determination	(g/100 g)
Calcium	695.00 ± 4.00
Total phosphorus	700.00 ± 3.00
Potassium	2520.00 ± 4.00
Magnesium	470.00 ± 2.00
β carotene (vitamin A)	13.80 ± 0.20
Ascorbic acid (vitamin C)	53.00 ± 0.10

Mean ± standard deviation of triplicate determinations.

Table 93. Fatty acid content of flour from *Taraxacum officinale* leaves.

Carbon atoms	Acid (common name)	Percentage
16:0	Palmitic	27.58 ± 0.87
18:0	Stearic	4.18 ± 0.21
16:1	Palmitoleic	6.49 ± 0.29
18:1	Oleic	8.62 ± 0.25
18:2	Linoleic	18.48 ± 0.43
18:3	Linolenic	34.61 ± 0.89

Mean ± standard deviation of triplicate determinations.

Table 94. Antinutrient factors in flour from *Taraxacum officinale* leaves.

Antinutrient factors	
Nitrates (NO ₃ ⁻) (mg/100 g)	207.69 ± 3.37
Hemoagglutinant activity	1/16 ± 0.00
Hemolytic activity (hemolysis degree)	ND ^a
Foam index ^b	< 100
Antitrypsin activity (TIU/mg sample) ^c	0.49 ± 0.01
(TIU/mg protein) ^d	6.36 ± 0.11

Mean ± standard deviation of triplicate determinations.

^a ND: not detected.

^b 1000/a; a = mL of filtrate in the tube that reached 1 cm of foam. Since no tube exhibited 1 cm of foam, foam index < 100.

^c TIU/mg flour = trypsin inhibited units per mg of flour.

^d TIU/mg protein = trypsin inhibited units per mg of protein.

Table 95. Biological quality of flour from *Taraxacum officinale* leaves.

	Casein	<i>T. officinale</i>
Net protein utilization (NPU)	72 ± 6.5 ^a	23 ± 2.5 ^c
True digestibility (tD)	95 ± 11.0	53 ± 4.8 ^c
Biological value (BV) ^b	76	43 ^c
Average food intake in g, by rat in 10 days (I)	85 ± 11.0	57 ± 6.3 ^c
Weight gain in g, by rat in 10 days (Δp)	30 ± 4.0	-10.0 ^c

^a X ± SD.

^b BV = NPU/tD.

^c $p < 0.001$ versus control b Student's *t* test.

제 7 장 참고문헌

- Alvarez, I. and J. F. Wendel. 2003. Ribosomal ITS sequences and plant phylogenetic inference. *Mol. Phylogenet. Evol.* 29(3): 417-434.
- Abe, N., A. Nemoto, Y. Tsuchiya, H. Hojo and A. Hirota. 2000. study of the 1.1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging mechanism for a 2-pyrone compound. *Biosci. Biotech. Biochem.* 64: 306-333.
- Adler, R. F., A. J. Negri and M. I. Hakkarinen. 1991. Rain estimation from combining geosynchronous IR and low-orbit microwave data. *Global Planet.* 90: 87-92.
- Ahn, Y. H. and K. H. Chung. 2003. Analysis of genetic variance among *Taraxacum officinale* growing in each populated areas using RAPD. *Environment and Ecology.* 17(1): 27-31.
- Ahn, Y. H., D. S. Park and K. H. Chung. 2003. Analysis of Genetic relationship among native *Taraxacum* and naturalized *Taraxacum* species using RAPD. *Environment and Ecol.* 17(2): 169-176.
- Akashi, T., T. Furuno, T. Takahashi and S. I. Ayabe. 1994. Biosynthesis of triterpenoids in cultured cells, and regenerated and wild plant organs of *Taraxacum officinale* *Phytochemistry.* 36: 303-308.
- Al-Saadawi, I. S., M. B. Arif and A. J. Al-Rubaea. 1985. Allelopathic effects of *Citrus aurantium* L. II. isolation, characterization and biological activities of phytotoxins. *J. Chem. Ecol.* 11: 1527-1534.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis 17th Ed., Gaithersburg, MD, official Method. 991: 36, 2004.
- Appelgrem, M. 1991. Effects of light quality on stem elongation of *Pelargonium in vitro* *Scientia Horticult.* 45: 345-351.
- Atsushi, M., N. Toshikazu, F. Noriyuki, H. Ken, M. Yasuhiro and H. Yoshihiro. 2010. Ray florets color and shape mutants induced by $^{12}\text{C}^{5+}$ ion beam irradiation in chrysanthemum. *Scientia Horticult.* 123: 558-561.
- Atsushi, M., N. Toshikazu, F. Noriyuki, H. Ken, M. Yasuhiro and H. Yoshihiro. 2010. Ray florets color and shape mutants induced by $^{12}\text{C}^{5+}$ ion beam irradiation in chrysanthemum. *Scientia Horticult.* 123: 558-561.
- Baba, K., S. Abe and D. Mizuno. 1981. Antitumor activity of hot water extract of dandelion, *Taraxacum officinale* correlation between antitumor activity and timing of administration. *Yakugaku Zasshi.* 101: 538-543.
- Bae, C. H., J. I. Lyu, M. S. Kim, T. Abe, H. Y. Lee and D. C. Yang. 2005b'. Growth and DNA alteration of heavy-ion beam irradiated tobacco (*Nicotiana plumbaginifolia*) plant. *Plant Res.* 18(1): 169-178.
- Bae, C. H., J. S. Chai, J. H. Kim, T. G. Yang, J. I. Lyu, H. Y. Lee and D. C. Yang. 2005a'. Characteristics of tobacco and rice plants irradiated with neutron beam. *Plant Res.* 18(3):

359-366.

- Bae, C. H., T. Abe, D. C. Kim, Y. I. Lee, J. S. Jong, K. S. Min and H. Y. Lee. 2000. Effect of a heavy-ion beam irradiation on anthers, calli and seeds of tobacco (*Nicotiana tabacum* L. cv. BY-4). *Plant Biotechnol.* 27(2): 109-115.
- Bae, C. H., Y. I. Lee, D. C. Kim, K. S. Min, J. H. Kim, J. S. Jung, H. Y. Lee and S. Yoshida. 1999. Characterization of *in vitro* growth and differentiation of an albino mutant of *Nicotiana tabacum* L. *Plant Biotechnol.* 26(3): 197-203.
- Bae, C. H., T. Abe, N. Matsuyama, N. Fukunishi, T. Nagata, T. Nakano, Y. Kaneko, K. Miyoshi, H. Matsushima and S. Yoshida. 2001. Regulation of chloroplast gene expression is affected in *ali*, a novel tobacco albino mutant. *Ann. Bot.* 88: 545-553.
- Bae, C. H., T. Abe, N. Nagata, N. Fukunishi, T. Matsuyama, T. Nakano and S. Yoshida. 2000. Characterization of a periclinal chimera variegated tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Plant Sci.* 151: 93-101.
- Balakumar, T., V. H. B. Vincent and K. Paliwal. 1993. On the interaction of UV-B radiation (280 - 315 nm) with water stress in crop plants. *Physiologia Plantarum.* 87: 217-222.
- Banwart, W. L., P. M. Porter, T. C. Granato and J. J. Hassett. 1985. HPLC separation and wavelength area ratios of more than 50 phenolic acids and flavonoids. *J. Chem. Ecol.* 11: 383-395.
- Bartish, I. V., B. Hylmö and H. Nybom. 2001. RAPD analysis of interspecific relationships in presumably apomictic *Cotoneaster* species. *Euphytica.* 120: 273-280.
- Battjes, J., S. B. J. Menken and H. C. M. den Nijs. 1992. Clonal diversity in some microspecies of *Taraxacum* sect. *Palustria* (Lindb. fil.) Dahlst. from Czechoslovakia. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte and Pflanzengeographie.* 114: 315-328.
- Beckman, K. B. and B. N. Ames. 1998. The Free radical Theory of aging matures. *Physiol. Rev.* 78: 547-571.
- Bell, A. B. 1981. Biochemical mechanisms of disease resistance. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 32: 21-81.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determinations by use of a stable free radical. *Nature.* 26: 1199-1200.
- Bradford, M. M. 1976. "Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding", *Anal. Biochem.* 72: 248-254
- Brand, M. H. 1997. Shade influences plant growth, leaf color and chlorophyll content of *Kalmia latifolia* L. cultivar. *Hort. Science.* 32: 206-208.
- Brown, C. S., A. C. Schuerger and J. C. Seger. 1995. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. *Horticul. Sci.* 120: 808-813.
- Chang, C. C., M. H. Yang, H. M. Wen and J. C. Chern. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J. Food Drug Anal.* 10:

178-182.

- Chang, N. S. and S. M. Ryu. 2001. Antioxidative effects of green tea powder diet against ethanol-induced oxidative damage in rat brain region. *Nutrition*. 34: 525-531.
- Chase, M. W., A. Y. De Bruijn, A. V. Cox, G. Reeves, P. J. Rudall, M. A. T. Johnson and L. E. Eguiaret. 2000. Phylogenetics of Asphodelaceae (Asparagales): An analysis of plastid *rbcl* and *trnL-F* DNA sequences. *Ann. Bot.* 86: 935-951.
- Chen, G. X. and K. Asada. 1989. Ascorbate peroxidase in tea leaves: occurrence of two isozymes and the differences in their enzymatic and molecular properties. *Plant and Cell Physiology*. 30: 987-998.
- Cho, Y. S., J. Y. Park, Y. J. Oh and J. Y. Jang. 2000. Effect of dandelion leaf extracts on lipid metabolism in rats fed high cholesterol diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutri.* 29: 676-682.
- Choi, J. S., S. H. Park and I. S. Kim. 1989. Studies on the active principles of wild vegetables on biotransformation of drug. *Kor. J. Pharmacogn.* 20: 117-122.
- Choi, U., D. H. Shin, Y. S. Chang and J. L. Shin. 1992. Screening of natural antioxidant from plant and their antioxidative effect. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 142-148.
- Chory, J., R. K. Cook, T. Elich, C. Fankhauser, J. Li, P. Nagpal, M. Neff, A. Pepper, D. Poole, J. Reed and V. Vitart. 1996. From seed germination to flowering, light controls plant development via the pigment phytochrome. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 93: 12066-12071.
- Christoph, R. 2004. Molecular differentiation between coexisting species of *Taraxacum* sect. *Erythrosperma* (Asteraceae) from populations in south-east and west Germany. *Linnean Soc.* 142(1): 109-117.
- Coombe, B. R. 1973. The hormone content of ripening berries and the effects of growth substance treatments. *Plant Physiol.* 51: 629-634.
- Curtis, S. E. and M. T. Clegg. 1984. Molecular Evolution of Chloroplast DNA Sequences. *Mol. Biol. Evol.* 1: 291-301.
- Daniel, J. S. and A. C. Steven. 1993. Sensitive analysis of cystine/cysteine using 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidy carbamate(AQC) derivatives. *Techniq. Protein Chem.* 4: 299-306.
- Duke, J. A. 1992. Handbook of phytochemical constituents of GRAS herbs and other economic plants. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc. New York, U.S.A.
- Egley, G. H., R. N. Paul, K. C. Vaughn and S. O. Duke. 1983. Role of peroxidase in the development of water-impermeable seed coats in *Sida spinosa* L. *Plant.* 157: 224-232.
- Eriksson, O. E., H. O. Baral, R. S. Currah, K. Hansen, C. P. Kurtzman, G. Rambold and T. Laessøe(eds). 2003. Outline of Ascomycota -2001. *Myconet.* 9: 1-89.
- Escudero, N. L., M. L. de Arellano, S. Fernández, G. Albarracín and S. Mucciarelli. 2003. *Taraxacum officinale* as a food source. *Plant Foods for Human Nutrition.* 58: 1-10.
- Esselman, E., J. L. Jiangquiang, D. J. Crawford, J. L. Winduss and A. D. Wolfe. 1999. Clonal diversity in the rare *Calamagrostis porteri* ssp. *insperata* (Poaceae): comparative results for allozymes and random amplified polymorphic DNA (RAPD) and their simple

- sequence repeat (ISSR) markers. *Molecul. Ecology*. 8: 443-451.
- Eun, J. S., Y. S. Kim and Y. H. Kim. 2000. Growth and Morphogenesis of Plantlets in vitro in *Platycodon grandiflorum* under Light Emitting Diodes. *Horticult. Sci. & Technol.* 17(5): 656.
- Fang, D. Q. and M. L. Roose. 1997. Identification of closely related citrus cultivars with inter-simple sequence markers. *Theoretical and Appl. Genet.* 95: 408-417.
- Fang, G., S. Hammar and R. Grumet. 1992. A quick inexpensive method of removing polysaccharides from plant genomic DNA. *Biotechniques*. 13: 52-55.
- Fankhauser, C. and J. Chory. 1997. Light control of plant development. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* 13: 203-229.
- Fournier, A. R., J. T. A. Proctor, L. Gauthier, S. Khanizadeh, A. Belanger, A. Gosselin and M. Dorais. 2003. Understory light and root ginsenosides in forest-grown *Panax quinquefolius*. *Phytochemistry*. 63: 777-782.
- Fridovich, I. 1978. The biology of oxygen radicals. *Science*. 201: 875-880.
- Fujiwara, K. and T. Kozai. 1995. Physical microenvironment and its effects, In Aitken-Christe, T. Kozai, Lila Smith, eds, *Automation and Environmental Control in Plant Tissue Culture*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 319-367.
- Giliberto, L., G. Perrotta, P. Pallara, J. L. Weller, P. D. Fraser, P. M. Bramley, A. Fiore, M. Tavazza and G. Giuliano. 2005. Manipulation of the blue light photoreceptor cryptochrome 2 in tomato affects vegetative development, flowering time, and fruit antioxidant content. *Plant Physiol.* 137: 199-208.
- Godwin, I. D., E. A. B. Aiken and L. W. Smith. 1997. Application of inter simple sequence repeat (ISSR) markers to plant genetics. *Electrophoresis* 18: 1524-1528.
- Gray, J. I. and L. R. Jr. Dugan. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. *J. Food Sci.* 40: 981-984.
- Grieve, M. 1994. *A modern herbal*. Dorset Press. pp. 249-255.
- Guo, D. J., H. L. Cheng and P. H. Yu. 2008. Antioxidative activities and total phenolic contents of tonic Chinese medicinal herbs. *Inflammopharmacology*. 16: 201-207.
- Hamada, K., C. Goldsmith and L. Kobzik. 1999. Increased airway hyperresponsiveness and inflammation in a juvenile mouse model of asthma exposed to air pollutant aerosol. *Toxicol. Environ. Health*. 58: 101-115.
- Hamrick, J. L. and M. J. W. Godt. 1996. Conservation genetics of endemic plant species. In *Conservation genetics: case histories from nature*(ed. J.C. Avise & J.L. Hamrick), Chapman and Hall New York, U.S.A. pp. 281-304.
- Han, S. H., J. K. Hwang, S. N. Park, K. H. Lee, K. I. Ko, K. S. Kim and K. H. Kim. 2005. Potential effect of solvent fractions of *Taraxacum mongolicum* H. on protection of gastric mucosa. *Food Sci. Technol.* 37: 84-89.
- Heo, B. G., Y. S. Park, S. U. Chon, S. Y. Cho and S. Gorinstein. 2007. Antioxidant activity and cytotoxicity of methanol extracts from aerial parts of Korean salad plants. *BioFactors*. 30: 79-89.

- Heo, J. W., C. W. Lee and K. Y. Paek. 2002. Characteristics of growth and flowering on some bedding plants grown in mixing fluorescent tube and light-emitting diode. *Acta Hort.* 580: 77-82.
- Heo, S. I. and M. H. Wang. 2008. Antioxidant activity and cytotoxicity effect of extracts from *Taraxacum mongolicum* H. *Pharmacognosy.* 39: 255-259.
- Hiroyasu, Y., S. Akemi, H. Yoshihiro, D. Konosuke, T. Atsushi and M. Toshikazu. 2009. Mutation induction with ion beam irradiation of lateral buds of chrysanthemum and analysis of chimeric structure of induced mutants. *Euphytica.* 165: 97-103.
- Ho, C., E. J. Choi, G. S. Yoo, K. M. Kim and S. Y. Ryu. 1998. Desacetylmatricarin, an anti-allergic component from *Taraxacum platycarpum* *Planta Med.* 64: 577-578.
- Hong, C. K., S. B. Bang and J. S. Han. 1996. Effects of shading net on growth and yield of *Aster scaber* Thunb. and *Ligularia fischeri* Turcz. *RDA J. Agri. Sci.* 38: 462-467.
- Hopkins, W. G. 1999. Introduction to plant physiology, Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. NewYork, U.S.A.
- Hu, C. and D. KITTS David. 2003. Antioxidant, prooxidant, and cytotoxic activities of solvent-fractionated dandelion (*Taraxacum officinale*) flower extracts *in vitro* *J. Agric. Food Chem.* 51: 301-310.
- IAEA. 2010. <http://www-mvd.iaea.org>.
- Ikedo, H. 1986. Nutrient solution management in view of nutrient requirement of crops. *Agr. Hort.* 61: 205-211.
- Iruela, M., J. Rubio, J. I. Cubero, J. Gil and T. Mill. 2002. Phylogenetic analysis in the genus *Cicer* and cultivated chickpea using RAPD and ISSR markers. *Theor. Appl. Genet.* 104: 643-651.
- Jeon, S. H., D. Son, Y. S. Ryu, S. H. Kim, J. I. Chung, M. C. Kim and S. I. Shim. 2010. Effect of Presowing Seed Treatments on Germination and Seedling Emergence in *Taraxacum platycarpum* *Medicinal Crop Sci.* 18(1): 9-14.
- Jo, J. W. *Compositae.* 1999. In: *Encyclopedia of Oriental Medicine*, Kyeong Hee University Press, Seoul, Korea. 10: 514.
- Jobst, J., K. King and V. Hemleben. 1998. Molecular Evolution of the internal Transcribed Spacers (ITS 1 and ITS 2) and Phylogenetic relationships among species of the Family Cucurbitaceae. *Molecular Phylogenetics and Evol.* 9(2): 204-219.
- Joslyn, M. A. 1970. *Methods in food analysis.* Acad., Press. New York. pp. 710-711.
- Kang, H. S. and Y. M. Choi. 1998. Seasonal Variation of Reproductive Characters in Two Introduced Species of *Taraxacum* *Journal of ecology. Seaield biol.* 21(5): 475-486.
- Kang, M. J. 2001. Antioxidant activity and free radical scavenging effect of dandelion extract. PhD thesis, Yeungnam University, Kyungsan, Korea.
- Kang, M. J. and K. S. Kim. 2001. Current trends of research and biological activities of dandelion. *Food Ind. Nutr.* 6: 60-67.
- Kang, M. J., Y. H. Seo, J. B. Kim, S. R. Shin and K. S. Kim. 2000. The chemical composition of *Taraxacum officinale* consumed in Korea. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16:

182-187.

- Kashin, A. S., V. E. Anfalov and Y. A. Demochko. 2005. Studying allozyme variation in sexual and apomictic *Taraxacum* and *Pilosella* (Asteraceae) populations. *Genetics*. 41(2): 144-154.
- Katrin, S., R. Carles and A. Schieber. 2006. *Taraxacum*-A review on its phytochemical and pharmacological profile. *Ethnopharmacology*. 107: 313-323.
- Keane, B., M. H. Collier, J. R. Shann and S. H. Rogstad. 2001. Metal content of dandelion (*Taraxacum officinale*) leaves in relation to soil contamination and airborne particulate matter. *The Science of the Total Environment*. 281: 63-78.
- Keller, L., D. Bensasson and R. A. Nichols. 2007. Transition- Transversion Bias Is Not Universal: A Counter Example from Grasshopper Pseudogenes. *Plos. Genetics*. 3(2): 185-191.
- Keppler, K. and H. U. Humpf. 2005. Metabolism of anthocyanins and their phenolic degradation products by the intestinal microflora. *Bioorganic & Medicinal Chem*. 13: 5195-5205.
- Kim, D. H. 1995. Antitumor activity of fractions of Taraxaci Herba synergistic effect with anticancer drugs. M.S.thesis, Taejon Univ.
- Kim, S. D., M. H. Kim and D. H. Kim. 2000. Effect of dandelion extracts on the growth of lactic acid bacteria and gas formation from Kimchi. *Korean J. Phstharvest Sci. Technol*. 7: 321-325.
- Kim, S. K. 1991. Effect of Herba Taraxaci extract on the antialgesia and antiinflammatory. M.S.thesis, Wonkang Univ.
- Kim, T. W. and T. H. Kim. 2011. Pancreatic lipase inhibitors in the roots of *Taraxacum ohwianum*, a herb used in korean traditional medicine. *Food Preservation*. 18: 53-58.
- Kitamura, S. 1957. Compositae Japonicae. *Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto ser. B*. 24: 1-42.
- Kliwer, W. M. and H. B. Schultz. 1973. Effect of sprinkler cooling of grapevines on fruit growth and composition. *Enol. Vitic*. 24(1): 12-26.
- Kotobuki, H., A. Akira, Y. Itaru, N. Shigehiko, H. Zen-ichi and N. Ichiya. 1965. Antitumor activity of 4(or 5)-aminoimidazole-5(or 4)-carboxamide derivatives. *GANN Japanese Journal of Cancer Research*. 56(4): 417-420.
- Kreitman, M. and H. Akashi. 1995. Molecular evidence for natural selection. *Annu. Rev. Ecol .Syst*. 26: 403-422.
- Krygier, K., F. Sosulski and H. Lawrence. 1982. Free, esterified and insoluble-bound phenolic acids. 1. Extraction and purification procedure. *J. Agric. Food Chem*. 30: 330-334.
- Kuleff, I. and R. Djingova. 1984. The dandelion(*Taraxacum officinale*)-A monitor for environmental pollution. *Water, Air, & Soil Pollution* 21(1): 77-85.
- Laitano, R. F., M. Rosetti and M. Frisoni. 1996. Effects of nuclear interactions on energy and stopping power in proton beam dosimetry. *Nuclear Instruments and Methods A*. 376: 466-476.

- Lee, B. W. and D. H. Shin. 1991. Screening of natural antimicrobial plant extract on food spoilage microorganism. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 200-204.
- Lee, C. B. 1993. Illustrated flora of Korea. Hyangmoonsa press, Seoul, Korea. pp. 783-784.
- Lee, E. B., J. K. Kim and O. K. Kim. 1993. The antigastric effect of *Taraxaci Herba*. *Kor. J. Pharmacogn.* 24: 313-318.
- Lee, H. H. and S. Y. Lee. 2008. Cytotoxic and Antioxidant effects of *Taraxacum coreanum* Nakai. and *T. officinale* WEB. extracts. *Medicinal Crop Sci.* 16(2): 79-85.
- Lee, H. J., G. J. Lee, D. S. Kim, J. H. Ku and S. Y. Kang. 2008. Determination of the Optimum Dose Range for a Mutation Induction of Turfgrasses by a Gamma-Ray. *Turfgrss Sci.* 22(1): 25-34.
- Lee, K. H., J. Y. Yang, J. H. Pak, T. Morita and M. Ito. 2004. Relationship of diploid East Aisan *Taraxacum* Wiggers using the capitulum morphological character. *Plant Taxon.* 34(2): 153-166.
- Lee, S. H., K. M. Kang, H. J. Park and L. M. Baek. 2009. Physiological characteristics of medicinal plant for use functional materials in seasoning sauce for pork meat. *Food Sci. Technol.* 41: 100-105.
- Lee, Y. B. 1994. Hydroponics - High tech agricultural techniques in 21th century. pp. 62-65.
- Malawska, M. and B. Wiołkomirski. 2001. An analysis of soil and plant (*Taraxacum officinale*) contamination with heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the area of the railway junction Iława Główna, Poland. *Water, Air, & Soil Pollution* 127(1): 339-349.
- Marianne, B., B. Marise, C. D. Moral, O. Salazar and R. Victor. 1996. Identification at strain level of *Rhizotonia solani* AG4 isolates by direct sequence of asymmetric PCR products of the ITS regions. *Curr. Genet.* 29: 174-181.
- Marklund, S. and G. Marklund. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Biochemistry.* 47: 467-474.
- Mascolo, N., G. Autore, F. Capasso, A. Menghini and M. P. Fasulo. 1987. Biological screening of Italian medicinal plants for anti-inflammatory activity. *Phytother. Res.* 1: 28-31.
- McBride, T. J., B. D. Preston and L. A. Loeb. 1991. Mutagenic spectrum resulting from DNA damage by oxygen radicals. *Biochemistry.* 30: 207-213.
- Michalska, K. and W. Kisiel. 2008. Sesquiterpene lactones from *Taraxacum erythrospermum*. *Biochemical Systematics and Ecology.* 36: 444-446.
- Michalska, K. and W. Kisiel. 2009. Sesquiterpenoids from *Taraxacum serotinum*. *Biochemical Systematics and Ecology.* 37: 519-521.
- Mishra, N. P., R. K. Mishra and G. S. Singhal. 1993. Changes in the activities of anti-oxidant enzymes during exposure of intact what leaves to strong visible light at different temperatures in the presence of protein synthesis inhibitors. *Plant Physiol.* 102:

903-910.

- Morita, T. 1976. Geographical distribution of diploid and polyploid *Taraxacum* in Japan. Bull. Natn. Sci. Mus. 2: 23-38.
- Mosmann, T. 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. J. Immunol Methods. 65: 55-63.
- Nakai, T. 1952. A synoptical sketch of Korean flora. Bul. Nat. Sci. Mus. 31: 129-135.
- Neuhaus, H. and G. Link. 1987. The chloroplast tRNA^{Lys} (UUU) gene from mustard (*Sinapsis alba*) contains a class II intron potentially coding for a maturase-related polypeptide. Curr. Genet. 11: 251-257.
- Niemeyer, H. M. 1988. Hydroxamic acids (4-hydroxy-1,4- benzoxazin-3-ones), defence chemicals in the Gramineae. Phytochemistry. 27: 3349-3358.
- Palmer, J. D., R. K. Jansen, H. J. Michaels, M. K. Chase and J. R. Manhart. 1988. Chloroplast DNA variation and plant phylogeny. Ann. MO. Bot. Garden. 75: 1180-1206.
- Park, Y. J., Y. S. Park, K. Towantakavanit, J. O. Park, Y. M. Kim, K. J. Jung, J. Y. Cho, K. D. Lee and B. G. Heo. 2009. Chemical components and biological activity of *Stauntonia hexaphylla*. Plant Res. 22: 403-411.
- Porter, C. H. and F. H. Collins. 1991. Species-diagnostic differences in a ribosomal DNA internal transcribed spacer from the sibling species *Anopheles freeborni* and *Anopheles hermsi* (Diptera: Culicidae). Trop. Med. Hyg. 45: 271-279.
- Racz-Kotilla, E., G. Racz and A. Solomon. 1974. The action of *Taraxacum officinale* extracts on the body weight and diuresis of laboratory animal. Planta Media. 26: 212-217.
- Ribereau-Gayon, P. 1959. Research on the anthocyanins of the plants; application on Vitis, These Paris Librairie generale de l'enseignement. Paris, France. pp. 68-71.
- Ribereau-Gayon, P. and G. Ribereau-Gayon. 1958. Influence of climatic factors on the formation and evolution of anthocyanins in fruits of grapes. Bull. Physiol. Veg. 4(1): 51-52.
- Richards, A. J. 1973. The origin of *Taraxacum* agamospecies. Bot. J. Linn. Soc. 66: 189-211.
- Russel, T. R., J. D. Fuller, M. Macaulay, B. G. Hatz, A. Jahoor, W. P. Powell and R. Waugh. 1997. Direct comparison of level of genetic variation among barley accessions detected by RFLPs, AFLPs, SSRs and RAPDs. Theor. Appl. Genet. 95: 714-722.
- Ryu, J. H., G. L. Choi, J. I. Lyu, S. C. Lee, J. U. Chun, D. Y. Shin and C. H. Bae. 2010. Genetic relationship analysis of genus *Nelumbo* accessions based on inter-simple sequence repeats (ISSR). Korea Journal of Medicinal Crop Sci. 18(2): 86-92.
- Seifried, H. E., D. E. Anderson, E. I. Fisher and J. A. Milner. 2007. A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. Nutritional Biochem. 18: 567-579.
- Shahidi, F., P. K. Janitha and P. D. Wanasundara. 1992. Phenolic antioxidants. Critical Review in Food science and Nutrition. 32: 67-103.
- Shaw, S. L., E. Yeh, P. Maddox, E. D. Salmon and K. Bloom. 1997. Astral microtubule dynamics in yeast: A microtubule-based searching mechanism for spindle orientation

- and nuclear migration in the bud. *Cell Biol.* 139: 985-994.
- Shi, S. Y., Y. P. Zhang, K. L. Huang, Y. Zhao and S. Q. Liu. 2008. Flavonoids from *Taraxacum mongolicum* *Biochemical Systematics and Ecology.* 36: 437-440.
- Shi, S. Y., Y. Zhao, H. Zhou, Y. P. Zhang, X. Y. Jiang and K. L. Huang. 2008. Identification of antioxidants from *Taraxacum mongolicum* by high-performance liquid chromatography-diode array detection-radical-scavenging detection-electrospray ionization mass spectrometry and nuclear magnetic resonance experiments. *Journal of Chromatography A.* 1209: 145-152.
- Shi, S. Y., Y. Zhao, Y. P. Zhang, K. L. Huang and S. Q. Liu. 2008. Phenylpropanoids from *Taraxacum mongolicum* *Biochemical Systematics and Ecology.* 36: 716-718.
- Shikazono, N., Y. Yokota, A. Tanaka, H. Watanabe and S. Tano. 1998. Molecular analysis of carbon ion-induced mutations in *Arabidopsis thaliana*. *Genes Genet. Syst.* 73: 173-179.
- Sica, M., G. Graziella, M. Stefania, G. Luciano and A. Serena. 2005. ISSR markers show differentiation among Italian populations of *Asparagus acutifolius* L. *Genetics.* 6(17): 1-7.
- Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. A colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult.* 16: 144-158.
- Soltis, D. E., P. S. Soltis and B. D. Ness. 1989. Chloroplast DNA variation and multiple origins of autopolyploidy in (Saxifragaceae). *Evolution.* 43: 650-656.
- Soltis, P. S., D. E. Soltis and J. J. Doyle. 1992. *Molecular systematics of plant.* Chapman and Hall. New York.
- Soltis, P. S., D. E. Soltis and J. J. Doyle. 1992. *Molecular systematics of plant.* Chapman and Hall. New York.
- Son, H. Y. and S. C. Chae. 2003. Effects of shading, potting media and plant growth retardant treatment on the growth and flowering of *Spiranthes sinensis*. *Kor. J. Hort. Sci. Tech.* 21: 129-135.
- Steven, A. C. and P. M. Dennis. 1993. Synthesis of a fluorescent derivatizing, 6-aminoquinol y-N-hydroxysuccinimidyl carbamate and its application for the analysis of hydrolysate amino acid via high-performance liquid chromatography. *Analytical Bioch.* 211: 1-9.
- Suda, Y., J. Nakabayashi, I. Matsuo and S. Aizawa. 1999. Functional equivalency between Otx2 and Otx1 in development of the rostral head. *Development.* 126: 743-757.
- Suh, Y., L. B. Thien, H. E. Reeve and E. A. Zimmer. 1993. Molecular evolution and phylogenetic implications of internal transcribed spacer sequences of ribosomal DNA in Winteraceae. *Botany.* 80: 1042-1055.
- Sun, J., Y. F. Chu, X. Z. Wu and R. H. Liu. 2002. Antioxidant and anti proliferative activities of common fruits. *J. Agric. Food Chem.* 50: 7449 - 7454.
- Sun, M., P. Li and Q. X. Zhang. 2007. Flower color and florescence mutants obtained using electron beam irradiation of chrysanthemum buds. *Acta. Horticult.* 760(2): 667-672.
- Taberlet, P., L. Gielly, G. Patou and J. Bouvet. 1991. Universal primers for amplification of three noncoding regions of chloroplast DNA. *Pl. Mol. Biol.* 17: 1105-1109.
- Takasaki, M., T. Konoshima, H. Tokuda, K. Masuda, Y. Arai, K. Shiojima and H. Ageta.

- 1999a. Anti-carcinogenic activity of *Taraxacum* plant. I. Biol. Pharm. Bull. 22: 602-605.
- Takasaki, M., T. Konoshima, H. Tokuda, K. Masuda, Y. Arai, K. Shiojima and H. Ageta. 1999b. Anti-carcinogenic activity of *Taraxacum* plant. I. Biol. Pharm. Bull. 22: 606-610.
- Tanaka, M., T. Ohkubo, K. Otani, A. Suzuki, S. Kaneko, K. Sugawara, Y. Ryokawa, H. Hakusui, S. Yamamori and T. Ishizaki. 1997. Metabolic disposition of pantoprazole, a proton pump inhibitor, in relation to S-mephenytoin 4'-hydroxylation phenotype and genotype. Clin. Pharmacol. Ther. 62: 619-628.
- Tanaka, M., T. Takamura, H. Weatanabe, M. Endo, T. Yanagi and K. Okamoto. 1998. *In vitro* growth of cymbidium plantlets cultured under superbright red and blue light-emitting diodes(LEDs). Hot. Sci. & Biotech. 73: 39-44.
- Thomas, S. C. and F. A. Bazzaz. 1996. Elevated CO₂ and leaf shape: are dandelions getting toothier American Journal of Botany. 83: 106-111.
- Torrey, J. G. and S. Barrios. 1969. Cytological studies on rhizobial nodule initiation in *Pisum* Caryologia. 22: 47-42.
- Tsumura, Y., K. Ohba and S. H. Strauss. 1996. Diversity and inheritance of inter-simple sequence repeat polymorphisms in douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and sugi (*Cryptomeria japonica*). Theor. Appl. Genet. 92: 40-45.
- Van Baarlen, P., J. H. de Jong and P. J. van Dijk. 2002. Comparative cyto-embryological investigations of sexual and apomictic dandelions (*Taraxacum*) and their apomictic hybrids. Sex Plant Rep. 15: 31-38.
- Van Der Hulst, R. G. M., T. H. M. Mes, J. C. M. Den Nijs and K. Bachmann. 2000. Amplified fragment length polymorphism (AFLP) markers reveal that population structure of triploid dandelions (*Taraxacum officinale*) exhibits both clonality and recombination. Mol. Ecol. 9: 1-8.
- Wakasugi, T., M. Sugita, T. Tsudzuki and M. Sugiura. 1998. Updated gene map of tobacco chloroplast DNA. Plant Mol. Rep. 16: 231-241.
- White, T. J., T. Bruns, S. Lee and J. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In Innis M, Gelfand S, Shinsky J and White T, PCR protocols : A guide to methods and application. Academic Press, U.S.A. Snadiego. pp. 315-322.
- Williams, C. A., F. Goldstone and J. Greenham. 1996. Flavonoids, cinnamic acids and coumarins from the different tissues and medicinal preparations of *Taraxacum officinale* Phytochemistry. 42: 121-127.
- Yamachuchi, T., H. Takamura, T. Matoba and J. Terao. 1998. HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. Biosci. Biotech. Biochem. 62: 1201-1204.
- Yang, H. S. 1995. Studies of environmental responses in interspecific competition of ecotypes of *Taraxacum officinale* Korea Journal of Environmental Biol. 13(2): 107-120.
- Yesun ED. 2004. 한국 참나리 배수성 분포에 관한 연구. 학위논문. 강원대학교(석사). pp. 33-35.

- Yoon, T. J. 2008. Effect of water extracts from root of *Taraxacum officinale* in innate and adaptive immune responses in mice. *Food and Nutrit.* 21: 275-282.
- Yoshimoto, M. 2001. New trends of processing and use of sweet potato in Japan. *Farming Jpn.* 35: 22-28.
- Yuan, C. I., L. C. Lin, C. C. Lin, L. C. Kuo and M. Y. Chiang. 2009. Allele-specific PCR and ISSR marker used in rapid detection of adulteration species of *Taraxacum mongolicum*. *Crop, Environment & Bioinform.* 6: 183-191.
- Yuan, J. 2008. Molecular Phylogenetic study of the dandelion (*Taraxacum* F.H.Wigg, Asteraceae) from the Northeastern China. 고려대학교 학위논문(석사).
- Zhou, K. and L. Yu. 2006. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. *LWT.* 39: 1155-1162.
- 강미정, 서영호, 김종배, 신승렬, 김광수. 2000. 한국산 서양민들레(*Taraxacum officinale*)의 화학적 조성. *한국식품영양과학회지.* 16(2): 182-187.
- 강미정, 신승렬, 김광수. 2002. 민들레 물추출물의 항산화 및 자유라디칼 소거활성. *한국식품저장유통학회지.* 9(2): 253-259.
- 고운정, 차동수, 최희돈, 박용곤, 최인욱. 2008. 항산화 활성 증진을 위한 민들레 잎의 열수추출 조건의 최적화. *한국식품과학회지.* 40(3): 283-289.
- 국가 생물종 지식정보시스템. 2011. <http://www.nature.go.kr>. 국립수목원.
- 권혜진, 임재홍, 우성민, 황문주, 표선희, 우종석. 2009. 양성자빔을 이용한 신제품 조경수의 돌연변이 육종. *한국원자력연구원 양성자기반공학기술개발사업단 보고서.* pp. 20-25.
- 금영실. 1995. 한국산 민들레(*Taraxacum*)속의 분류. 경북대학교 학위논문 (석사).
- 김민정, 이상국, 한진수, 이성은, 최재을. 2009. 청색과 적색 LED 처리가 인삼의 생육 및 사포닌 함량에 미치는 영향. *한국약용작물학회지.* 17(3): 187-191.
- 김영찬. 2007. 민들레의 향동맥 경화 메카니즘 구명 및 제품 개발에 관한 연구. *농림수산식품부. 연구보고서.*
- 김용환, 이상섭. 1991. *Rhodopola globiformis*로부터 Acetone 추출한 색소에 대한 연구(적색 색소의 안정성). *식품영양과학회지.* 23(1): 125-129.
- 김용환. 1999. 꽃사과(*Malus prunifolia* Wild. Borkh. "Red Fruit")에서 에탄올 추출한 안토시아닌 색소의 안전성. *한국식품영양과학회지.* 12(1): 85-90
- 김용환. 1999. 적색 색소자원으로서의 버찌(*Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. Wils.) anthocyanin 색소의 특성. *한국농화학회지.* 42(2): 134-139.
- 김종덕. 2008. 민들레, 녹차, 갓, 황기 및 버섯 등의 특성을 이용한 wellbeing 제품의 개발. *농림수산식품부, 연구보고서.*
- 김준수, 은종선. 2011. 양성자 및 감마선처리에 의한 유채 유용형질의 변이계통 선발. *한국육종학회지.* 43(2): 145-153.
- 김혜자. 1985. 자연산과 재배 더덕의 일반성분 및 아미노산 조성. *한국식품과학회지.* 17(1): 22-27.
- 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법. pp. 104-107.
- 대한약전외한약(생약)규격집. 2011. 포공영. 식품의약품안전청. 고시번호 제2011-26호. pp. 376.
- 두산백과(Doopedia), 2010. 민들레.

- 민경천. 2011. 민들레(*Taraxacum officinale*) 부위별 추출물 및 분획물의 항산화, 항염증 및 항암 효과. 강원대학교 학위논문(석사). pp. 75-76.
- 박수현. 1995. 한국 귀화식물 원색도감. 일조각. pp. 346-349.
- 배세호. 2011. 전자빔 조사가기내 배양 춘란(*Cymbidium goeringii*)과 양란(*Cymbidium* Spp.)의 변이성에 미치는 영향. 순천대학교 학위논문(석사).
- 배창휴, 류재일, 시란투야젠다람, 채종서, 김재홍, 양태건, 이민용, 양덕춘. 2005. 담배와 벼의 발아와 생장에 대한 Proton 빔조사의 영향. 한국자원식물학회지. 18(3): 462-469.
- 생약학교재편찬위원회. 2001. 생약학, 동명사. pp. 503-505.
- 손동모, 2009. 새싹채소의 種子發芽, 養分成分 및 生理活性에 미치는 LED 光의 效果. 순천대학교 학위논문(박사). pp. 61-68.
- 신승렬. 1999. 민들레의 영양성분에 관한 연구. 한국식품저장유통학회지. 6(4): 495-499.
- 안철근, 황연현, 윤혜숙, 안재욱, 장영호, 손길만, 노치웅. 2011. LED 보광이 파프리카 착과에 미치는 영향. 한국원예학회지. 29(1): 70-71.
- 양효식. 1995. 서양민들레 생태형들의 중간 경쟁에 있어 환경적인 변이 반응에 관한 연구. 한국 환경생물학회지. 13(2): 107-120.
- 오주경, 임지영. 2005. 아미노산의 첨가가 anthocyanins 색소의 안정성과 항산화능력에 미치는 영향. 한국식품영양과학회지. 37(4): 562-566.
- 윤경원, 김무열. 2010. 한국약용식물도감. 신광출판사. 서울. pp. 502-503
- 윤경원, 김무열. 2010. 한국약용식물도감. 신광출판사. 서울. pp. 502-503.
- 윤종선, 김익환, 박재성, 이철희, 홍의연, 윤태, 정승근. 2006. 등글레속 식물의 18s rDNA 염기서열의 특성. 한국약용작물학회지. 14(3): 178-182.
- 이란숙, 임중환, 김선재, 정병춘. 1996. 자색고구마 색소의 안정성에 관한 연구. 한국식품영양과학회지. 28(2): 352-359.
- 이승필, 김상국, 정상환, 최부술, 이상철. 1998. 차광처리에 따른 더덕의 조성분과 정유성분 변화. 한국약용작물학회지. 6(2): 149-153.
- 이양숙. 1999. 민들레속(*Taraxacum*) 3종의 화경생장과 종자생산에 관한 특성 연구. 경산대학교 학위논문(석사).
- 이영근, 장화형, 김원록, 이창주, 김진규. 1998. 방사선을 이용한 느타리(*Pleurotus ostreatus*)의 섬유소 분해 변이주 선발. 환경생물학회지. pp. 93-99.
- 이영로, 오영자. 1970. 韓國産 민들레 속의 分類學的 研究. 韓國生活科學研究院 論叢. 4: 63-68.
- 이영로. 1997. 원색한국식물도감. 교학사, 서울.
- 이준구, 오상석, 차선화, 장윤아, 김승유, 엄영철, 정승룡. 2010. 적색/청색광의 비율 및 수확 전 광질변환이 어린잎상추의 생육 및 안토시아닌 함량에 미치는 영향. 한국생물환경조절학회지. 19(4): 351-359.
- 이창복. 1979. 대한식물도감. 향문사. 서울. pp. 783-784.
- 이창복. 1980. 대한식물도감. 향문사. pp. 783-784.
- 이춘녕, 안학수. 1963. 한국식물명감. 심학사, 서울.
- 이혜정, 이경희, 구성자. 1994. 7종 식용야생초의 영양성분 분석. 한국조리과학회지. 10(4): 363-368.
- 정미정, 허성일, 왕명현. 2008. 민들레와 두 종의 영경귀의 Rat Lens aldose reductase 억제활

- 성. 한국응용생명화학회. 51(6): 302-306.
- 정태현. 1957. 한국식물도감. 하권 초본부. 신지사. 서울. pp. 756-757.
- 조자용, 손동모, 김종만, 서범석, 양승렬, 김병운, 허복구. 2008. 몇 가지 LED가 유채의 종자발아, 초기 생장 및 생리활성에 미치는 영향. 한국자원식물학회지. 21(4): 304-309.
- 한소희, 황정근, 박수남, 이길홍, 고강일, 김기수, 김기호. 2005. 민들레(*Taraxacum mongolicum* H.) 추출분획물이 위장보호에 미치는 효능 평가. 한국식품과학회지. 37(1): 84-89.
- 黃度淵原. 1989. 證脈·方藥合編. 南山堂.

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치식품기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.