

# 목탄 및 목초액 처리가 식물생장 및 토양에 미치는 영향<sup>1)</sup>

민일식\* · 오기환\*\*

(\*중부대학교 생명자원학부 · \*\*중부대학교대학원 생물자원학과)

## Effects of the charcoal and the wood vinegar treatments on the plant growth and soil properties

Min, Eil-Sik\* · Oh, Gi-Hwan\*\*

\*Division of Life Resource Science, Joongbu Univ.

\*\*Dept. of Biological Resource Graduate School, Joongbu Univ.

### 적 요

본 연구는 국내산 간벌재를 이용한 목초액 제품에 대한 성분을 분석하고, 목탄 및 목초액을 농도별로 처리하여 식물생장 및 토양의 물리화학적 변화를 분석하여, 향후 염류농도가 높은 시설재배지 및 간척지토양의 경지 활용화를 위하여 목탄 및 목초액을 이용한 감염류화를 유도하고자 하였다. 2000월 6월부터 9월까지 충남 금산군 추부면에 산재하는 화강암 풍화토양을 채취하여 목탄처리 및 목초액의 수준별 처리(목초액무처리구, 저농도처리구 및 고농도처리구)를 비오염토양과 오염토양( $\text{Ca}(\text{Na}_3)^2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{K}_3\text{PO}_4$ 의 염류용액 200mM 처리)을 구분하여 Pot에 증진하여 들깨(*Perilla frutescens* var. *japonica*)의 생육상태와 토양의 화학적 성분 변화를 분석하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 비오염토양의 목탄무처리시 pH 6.43에서 목탄처리시 pH 8.09로 증가하였으며, 오염토양에서 목탄무처리시 pH 7.98에서 목탄처리시 pH 8.26으로 토양산도를 증가시키는 효과가 5% 수준에서 인정되었다. 그러나 본 실험결과에서 목초액처리에 의한 토양산도의 개량효과는 뚜렷하게 인정되지 않았다.

2. 토양내 총질소 함량은 오염토양에서는 0.073~0.080%의 범위로 비오염토양의 0.065~0.074%보다 높게 나타났으며, 그 함량간의 차이는 1% 수준에서 고도의 유의성이 인정되었다. 그러나 각각의 토양처리구에서 목탄처리 및 목초액처리의 농도에 따른 질소함량의 변화에 대한 영향은 유의적인 차이가 없었다.

3. 비오염토양 및 오염토양에서 모두 목탄처리에 따라 유기물의 함량이 상대적으로 높게 나타났으며, 이는 1% 수준에서 통계적 차이가 인정되었다. 또한 Duncan의 다중검정 결과 5% 수준에서 비오염토양의 목탄처리 2.33% > 오염토양의 목탄처리 1.93% > 비오염토양의 목탄무처리 1.02% > 오염토양의 목탄무처리 0.93%의 순으로 유기물 함량이 높게 나타났다.

4. 비오염토양에서 목탄처리시 유효인산의 함량은 259.17mg/kg로서 목탄무처리 237.20mg/kg보다 높게 나타났으며, 오염토양의 목탄처리는 532.50mg/kg로 목탄무처리 461.75mg/kg보다 높게 나타났다. 비오염토양 및 오염토양 모두목탄처리별 차이는 5% 수준에서 유의성이 인정되었다.

5. 비오염토양 및 오염토양에서 목초액의 처리농도별 양이온치환용량은 목초액무처리가 16.52me/100g, 저농도처리가 16.59me/100g 및 고농도처리가 18.30me/100g로 증가하여 목초액처리가 고농도일수록 5% 수준에서 유의적으로 높게 나타났다. 비오염토양의 경우 목탄처리 및 목탄무처리구 모두 고농도목초액처리구에서 높았으며, 오염토양의 경우 목탄무처리

에 비해 목탄처리구에서 높았고 고농도목초액처리구에서 가장 높았다.

6. 토양내 양이온( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ) 함량은 전체적으로 비오염토양 및 오염토양 모두 목탄처리구에서 더 높아 목탄에 흡착된 이온의 함량에 기인하는 것으로 사료되며, 고농도목초액처리구가 무처리나 저농도처리구에 비해 대부분의 양이온함량이 높았는데 이는 목초액에 의한 이온의 활성으로 사료된다. 특히  $K^+$ 는 오염토양내 고농도목초액처리구에서 많이 용해되어 오염토양의 높은 염류농도를 주도하는 것으로 사료된다.

7. 본 실험에 사용된 삼나무를 원료로 제조된 목초액의 유기성분은 총 46종이 검출되었다.

8. 들깨종자 총 100개에 대한 발아율은 목탄처리구가 무처리구보다 높게 나타났으나, 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

9. 들깨의 초기 신장생장을 보면 비오염토양에서 목탄무처리구는 7.0cm, 목탄처리구는 8.3cm, 오염토양에서 목탄무처리구는 5.3cm, 목탄처리구는 6.3cm로 5%수준의 유의성을 나타냈으며, 목탄의 처리가 초기 생장을 증가시켰다.

10. 들깨의 전체 신장생장 비교에 있어서 각 토양 오염별, 목탄 및 목초액 처리별 복합요인의 F검정 결과 5% 수준에서 유의적 차이를 나타냈고, 이에 대한 Duncan's multifl test 결과 5% 수준에서 비오염토양의 목탄무처리구와 오염토양의 목탄무처리구 및 목탄처리구에서 모두 목초액 처리가 고농도일수록 생장이 높았고, 비오염토양의 목탄처리구에서는 목초액이 저농도일 때에 생장량이 가장 높았다.

## I. 서론

인류가 이 지상에 정착한 이래로 목탄(숯)은 예로부터 우리생활에 널리 활용되어 왔으며 지금도 다양하게 이용되어 실생활에 밀접하게 연관되어 있다.

숯은 우리 조상들의 지혜로 간장독에 빨간 고추와 같이 담가 간장의 변질을 막고 맛을 좋게 했을 뿐만 아니라 우물을 파고 밑바닥에 숯을 깔아 물을 정화하고 맛을 돋구었다. 어린아이가 태어나면 흰 새끼를 꼬아 숯덩이를 끼워 질병이나 잡귀로부터 숯이 아기를 지켜 주리라 믿었다. 팔만대장경이 보관되어 있는 해인사 8만 대장경의 목판본에 곰팡이나 거미줄을 찾아 볼 수 없는 것도, 석굴암이 천년의 역사를 호젓이 간직할 수 있었던 것도 그 땅 속에 묻힌 숯의 기운 덕분이라고 한다. 또한 땅의 산성화를 막고 식물에 유익한 미네랄을 공급하여 지력을 증진 시키고 숯의 지사 정장 효과를 이용하여 사람과 가축의 설사 치료와 병에 대한 저항력을 길러 주는데 사용하였다. 일반 취사용은 물론 고급 구이요리를 하는데 필요 불가결한 재료였었다<sup>1, 3)</sup>.

나무를 대기 중에서 불꽃을 내면서 태우면 탄산가스가 발생하여 지구 온난화에 의한 환경 파괴의 원인이 되지만 밀폐된 가마 속에서 숯을 구울 때에는 불꽃을 내지 않고 타므로 탄산가스가 나오지 않

고 귀중한 숯이 얻어진다. 또한 숯 굽는 과정에서 수증기와 같이 나오는 연기 속에는 200여종의 유기산화합물이 함유되어 우리가 살아 가는데 거의 모든 목적으로 쓰일 수 있는 자연의 소중한 자재인 목초액이 얻어진다. 과학이 발달되기 전에는 이 연기를 그대로 공중으로 날려 보냈으나 첨단 과학의 발달로 우리 생활에 아주 긴요하게 쓰이고 있다<sup>2, 4, 7)</sup>.

본 연구는 현재 전국적으로 실시되고 있는 숲가꾸기 사업의 일환으로 생산되는 국내산 삼나무를 원료로 제조되고 있는 목탄 및 목초액이 식물생육 및 토양의 물리화학적 성에 미치는 영향을 규명하고자 한다. 목탄 및 목초액은 현재 국내 여러 제조업체에서 생산되고 있으나 목초액의 성분 특성상 규격화가 이루어져 있지 않은 실정으로 특히 국내에서는 그 효능 또한 공식적으로 검정되어 보고된 것이 미비한 실정이다. 본 연구에서는 국내산 간벌재를 이용한 목탄 및 목초액의 제품에 대한 성분을 분석하고, 토양에 목탄 및 목초액을 농도별로 처리하여 식물생장을 분석하고, 생육토양에서의 물리화학적 분석을 통하여 목탄 및 목초액을 이용한 토양 개량효과를 파악하여, 고 부가가치를 지닌 토양개량제로서의 효과를 검증하고, 건전한 식물생육 환경을 조성함과 동시에 토양의 잔류 농약 비료로 인한 산성화를 개선하여, 식물생육의 촉진 및 품질 향상의 기초적 자료를 제공하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

본 실험은 2000월 6월부터 9월까지 4개월간에 걸쳐서 우리나라의 주된 깻잎(들깨, *Perilla frutescens* var. *japonica*) 생산지의 한 곳인 충남 금산군 추부면에서 실시하였다. 실험 수행을 위하여 공시토양으로는 금산군 추부면 지역의 화강암토양을 채취하여 목탄(목탄 처리구와 무처리 대조구)과 목초액의 처리별(목초액 무처리 대조구, 저농도<300배 희석액>, 고농도<100배 희석액>), 비오염토양(순수토양)과 오염토양(Ca(Na<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>의 염류용액 200mM 처리)을 구분하여 흥농종묘의 들깨종자를 파종한 후 각 처리구별 들깨의 생육상태와 토양의 화학적 성분 변화를 분석하였다.

### 1. 실험구 배치 및 처리방법

실험대상 식물체인 들깨를 크기 37×27×13cm(L×D×H) Plastic Pot에 파종·재배하였다. 각 Pot에 공시토양을 10kg씩 넣었으며, 각 처리구별로 오염토양과 비오염토양을 구분하여, 목탄무처리구와 목탄처리구의 2개 수준으로 나누어 목탄처리구에는 목탄을 직경 2~3mm의 소립으로 분쇄하여 각각 100g씩을 토양에 골고루 혼합하였으며, 목초액 처리는 무처리, 저농도, 고농도의 3개 수준으로 구분하여 총 12개의 복합 처리구를 구성하여 각 3반복이 되도록 36개의 Pot를 난괴법으로 배치하였다.

Pot에 씨앗을 파종하기 2주전에 (주)유진에서 생산된 퇴비 500g과 (주)한성산업에서 만든 비료 3g을 500ml 물에 희석하여 공시토양에 살포 전처리를 하였다. 오염토양의 조제는 증류수 500ml에 Ca(Na<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 16.1g, KNO<sub>3</sub> 10.1g, K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 21.1g을 희석하여 200mM의 염류용액을 만들어 오염토양 처리구에 각각 200ml씩을, 파종 2주전, 파종 4주 후 및 파종 8주 후 총 3회 관수처리 하였다. 목초액처리구에서는 무처리, 증류수 500ml에 목초액 1.7ml 희석한 300배의 저농도액처리, 증류수 500ml에 목초액 5ml를 희석한 100배 고농도액처리의 3개 수준으로 나누어 파종 2주전, 파종 4주 후 및 파종 8주 후에 총 3회 관수처리 하였다. 종자

파종 후 토양의 수분 조건을 양호하게 하기 위하여 주2회 Pot당 300ml씩 관수처리 하였다.

### 2. 공시토양의 이·화학적 분석

본 실험에서는 금산군 일대에 분포하는 화강암 토양을 채취한 후 24시간 기건 시킨 후에 2mm직경인 토양체를 이용하여 조사(粗砂)를 채취하여 공시토양으로 사용하였다.

토양의 물리성 중에서 토성은 Pippett법<sup>14)</sup>으로 측정하였다. 토양의 화학적 특성을 분석하기 위하여 공시토양 시료에 대하여 pH(1:5증류수), 전기전도(1:5증류수), 유기물함량(Tyurine 적정법), 전질소 함량(Kjeldahl법), 유효인산 함량(Lancaster법), 치환성양이온(K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, 간이법), 양이온치환용량, NO<sub>3</sub>-N(Brucine법), NH<sub>4</sub>-H(증류법)을 분석하였다<sup>6)</sup>.

이곳에서 채취된 화강암의 광물별 분석치는 Table 1과 같다<sup>13)</sup>.

Table 1. Mineral composition rate of the biotitic granite in Geumsan.

Minerals	Composition rate(%)	Minerals	Composition rate(%)
plagioclase	31.10	kaolinite	1.42
orthoclase	18.51	sphene	1.42
quartz	25.30	chlorite	trace
hornblende	5.14	apatite	trace
biotite	14.78	andalusite	trace
sericite	1.42	opaque	trace

### 3. 목초액 채취 및 분석

본 실험에 사용한 목초액은 제주도 북제주군 조천읍 조천리에 위치한 (주)대승에서 생산되는 '다나안 목초액'을 사용하였다. 이 목초액의 원료는 20~30년 생 삼나무를 원료로 한 것으로 일본 나가사마씨 특허로 들여온 직화식 직립고정형(직화식 수직형 연속탄화로)에서 생산되었다. 실험에 사용한 목초액의 원

소의 성분을 상세히 규명하기 위하여 캐나다의 ACTLABS(Activation Laboratories Ltd.)에서 ICP-MS로 분석을 하였다.

#### 4. 목탄 채취 및 분석

본 실험에 사용한 목탄은 목초액과 동일하게 제주도 북제주군 조천읍 조천리에 위치한 (주)대승에서 생산되는 20~30년생 삼나무를 원료로 한 '다나안 활성제(숯)' 목탄을 사용하였다. 공시된 다나안 활성제의 보증 성분량으로는 질소 0.20%, 인산 0.05%, 칼륨 0.94%, 칼슘 0.40%, 마그네슘 0.04%이며, 유해성분량은 비소 50mg/kg, 카드뮴 50mg/kg, 수은 2mg/kg, 납 150mg/kg, 크롬 300mg/kg, 구리 500mg/kg 로 나타났다. 기타 규격으로는 수분 30%이하, 염산불용해물 30% 이하였고, 구성비율은 숯이 100%에 다나안목초액 0.2%가 포함되어 있다.

#### 5. 식물성장 분석

식물체의 성장 실험은 37×27×13cm(L×D×H)의 Pot에 홍농종묘(주) 들깨(*Perilla frutescens* var. *japonica*) 종자를 직파하였다. 종자의 발아율을 조사하기 위하여 CO<sub>2</sub> 생장상에서 2주간 동안 관찰하였고, 식물체의 성장길이 측정은 파종 후 3주마다 측정하여 총 5회를 실시하였다.

##### 1) 발아율 측정

발아율 측정 실험은 크게 나누어 목탄처리구와 목탄무처리구의 발아정도를 비교해 보기 위하여 들깨

종자 100개씩 파종하여 CO<sub>2</sub> Growth Chamber(모델명 GWC-5330)에서 실시하였다.

발아 조건은 낮과 밤의 차이를 두어 2 Step으로 CO<sub>2</sub> Growth Chamber를 셋팅하여 주었다. 온도는 주간에는 25°C, 야간에는 20°C의 변온 처리를 하였고, 상대습도는 주간·야간 75%를 유지하였고, CO<sub>2</sub> 발생량은 450ppm, 조도는 개화 한계일장 15시간을 고려하여 16시간 광도 5000 Lux를 유지하면서, 암기는 8시간으로 설정하여 24시간 주기로 반복되도록 설정하였다.

##### 2) 성장량 측정

성장량의 측정은 파종 후 3주마다 총 5회에 걸쳐 Pot에 심은 들깨의 근원경에서부터 줄기의 선단부분까지의 길이를 Pot별로 8개체씩 반복 측정한 후에, 이를 평균하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 공시토양의 분석 결과

본 실험에서의 공시토양은 흑운모화강암의 풍화토양으로서 분석 결과는 Table 2와 같다. 공시토양의 pH는 6.57로서 약산성 풍화토양의 특성을 나타냈다. 물리적 성질에서 토성은 사질 양토로서 전형적인 화강암 풍화상태를 나타내고 있으며, 일반적으로 이러한 상태의 토양은 배수는 양호하지만 수분함량이나 양료함량은 비교적 낮은 것이 특징이다<sup>12, 22, 27)</sup>. 이외의 화학적 성분 또한 우리나라의 전형적인 화강암토양의 특성을 보였다<sup>5, 14)</sup>.

Table 2. The physical and chemical properties of granite-weathering soils used in the experimental pots.

pH	Sand(%)	Silt(%)	Clay(%)	Soil Texture	Organic matter(%)	EC(us/cm)	Total nitrogen (ppm)
6.57	69.93	2.16	17.91	Sandy loam	0.24	24.1	259.43
K <sup>+</sup> (me/100g)	Ca <sup>2+</sup> (me/100g)	Mg <sup>2+</sup> (me/100g)	Na <sup>+</sup> (me/100g)	CEC (me/100g)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	NH <sub>4</sub> -N (ppm)
0.17	1.59	0.86	0.21	12.34	14.41	Trace	5.98

2. 실험포트 토양 분석 결과

1) 토양 pH

전처리전 비오염 공시토양의 pH는 6.57, 오염 처리 후 8.08의 약 알칼리성을 나타내었다.

토양의 pH는 Fig. 1과 같이 비오염토양의 목탄무처리구의 pH는 경우 목초액무처리구가 6.57, 저농도처리구가 6.41 및 고농도처리구가 6.32로서 평균 6.43이었으며, 목탄처리구에서는 각각 8.22, 8.14 및 7.91로서 평균 8.09로 나타났는데 반해, 오염토양의 목탄무처리구에서 목초액무처리구가 8.04, 저농도처리구가 7.98 및 고농도처리구가 7.92, 평균 7.98이었으며, 목탄처리구에서는 각각 8.37, 8.24 및 8.16로서 평균 8.26을 나타냈다.

경작토양에 대한 목탄의 시용으로 토양산도의 증가효과에 대한 연구결과가 보고되었으며<sup>9, 17)</sup>, 본 실험결과 비오염토양의 목탄무처리시 pH 6.43에서 목탄처리시 pH 8.09로 증가하였으며, 오염토양에서 목탄무처리시 pH 7.98에서 목탄처리시 pH 8.26으로 토양산도를 증가시키는 효과가 5%( $F_{0.05}=4.49<5.90$ )수준에서 인정되었다. 비오염토양 및 오염토양에서 목탄처리에 따른 토양산도의 증가는 목탄자체의 산도가 pH 8.0~9.0<sup>15)</sup>로서 목탄의 시용량에 따른 토양산도의 증가 효과로 사료된다.

그러나 본 실험결과에서 목초액의 산도가 pH 2.0

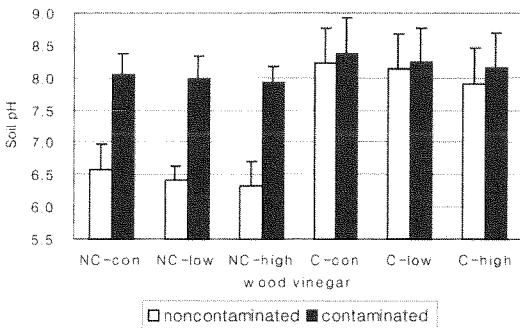


Fig. 1. Soil pH of experimental pots treated by the charcoal and wood vinegar. (NC: non-charcoal treated, C: charcoal treated).

~3.5의 강산성인데도 불구하고<sup>11, 16)</sup>, 목초액처리에 의한 토양산도의 개량효과가 뚜렷하게 나타나지 않은 것은 100배·300배로 희석하여 소량을 투입하였기에 토양 산도에 영향을 주지 않은 것으로 사료된다.

2) 총질소 함량

질소는 식물체 속에 건물환산으로 수% 정도 포함되어 있으며, 식물체내의 단백질질을 구성하는 중요한 성분이 된다. 그 밖에 광합성에 필요한 엽록소나 각종 체내대사를 촉진하는 효소의 구성성분이 되기도 하고 양분흡수 및 동화작용, 경엽·뿌리의 신장을 활발히 하는 것으로 알려졌다<sup>26, 30)</sup>.

토양내 총질소 함량은 Fig. 2와 같이 오염토양에서는 0.073~0.080%의 범위로 비오염토양의 0.065~0.074%보다 높게 나타났으며, 비오염토양 및 오염토양간 질소함량의 차이는 1%( $F_{0.01}=10.04<14.82$ )의 수준에서 고도의 유의성이 인정되었다. 그러나 각각의 토양처리구에서 목탄처리 및 목초액처리의 농도에 따른 질소함량의 변화에 대한 영향은 그 차이가 통계적으로 인정되지 않았다.

본 실험결과 오염토양에서 질소함량이 높은 원인은 염류용액(KNO<sub>3</sub>)처리에 따른 영향으로 사료되었다.

3) 유기물 함량

유기물 함량의 변화는 Fig. 3과 같이 비오염토양에

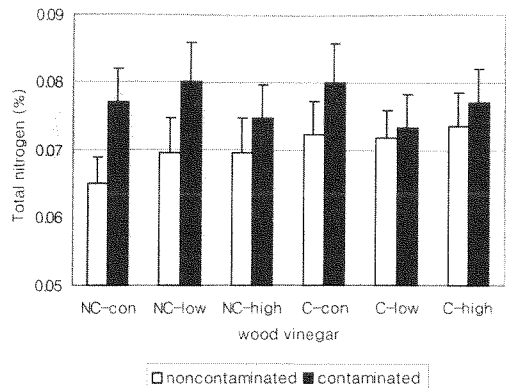


Fig. 2. Total nitrogen content of experimental pot soils treated by the charcoal and wood vinegar. (NC: non-charcoal treated, C: charcoal treated).

서 목탄무처리구의 경우 목초액무처리구가 0.98%, 저농도처리구가 1.02% 및 고농도처리구가 1.07%인 반면에, 목탄처리구는 각각 2.33%, 2.27% 및 2.39%로 나타났다. 또한 오염토양에서 목탄무처리구는 각각 1.09%, 1.03% 및 0.82%이었고, 목탄처리구가 각각 2.03%, 1.80% 및 1.97%로 나타났다.

비오염토양 및 오염토양에서 목탄 처리시에 유기물의 함량이 상대적으로 높게 나타났으며, 이는 1% ( $F_{0.01}=4.46<10.36$ )수준에서 고도의 유의적인 차이가 인정되었다. 또한 Duncan's new multiple-range test 결과 5% 수준에서 비오염토양의 목탄처리(2.33%)>오염토양의 목탄처리(1.93%)>비오염토양의 목탄무처리(1.02%)>오염토양의 목탄무처리(0.93%)의 순으로 유기물 함량이 높게 나타났다.

전체적으로 비오염토양과 오염토양 공히 목탄무처리구보다 목탄처리구에서 유기물 함량이 매우 높게 나타났는데, 이는 목탄의 기능이 유기물의 흡착에 크게 기여한다는 연구<sup>24)</sup>와 같은 결과로 나타났다. 실제로 농업경영에서 지력(地力)유지를 위해 유기질의 시용이 추진되고 있으며, 유기물은 작물의 생육을 촉진시켜 질소 흡수량을 증가시키는 효과가 있는 반면에 그 것 자체가 많은 유기태 질소를 함유하고 있기 때문에 지나치게 연용하게 될 경우에는 과잉의 질소

무기화로 인하여 오히려 오염의 주요 원인이 될 수도 있다<sup>5, 19, 20)</sup>. 따라서 유기물의 직접적인 시비보다는 목탄 및 목초액 등을 감비료제(減肥料劑)로 사용하는 것이 바람직하다고 사료된다.

4) 유효인산

인산은 질소와 마찬가지로 식물생육에 중요한 요소로서 인산은 세포막 성분의 인지질(磷脂質)과 유전에 관계하는 핵산을 구성하는 성분으로 식물의 호흡과 에너지 전달에도 관여하며, 또한 개화와 결실을 촉진하고 생장에 영향을 주는 것으로 알려졌다<sup>25)</sup>.

유효인산의 경우는 Fig. 4와 같이 비오염토양에서 목탄무처리구의 경우 목초액무처리구가 228.10mg/kg, 저농도처리구가 246.17mg/kg 및 고농도처리구가 237.31mg/kg이었으며, 목탄처리구는 각각 254.50mg/kg, 239.97mg/kg 및 283.05mg/kg으로 나타났으며, 오염토양의 경우는 목탄무처리구에서 목초액무처리구가 433.07mg/kg, 저농도처리구가 422.11mg/kg 및 530.06mg/kg이었고, 목탄처리구에서 각각 514.26mg/kg, 556.70mg/kg 및 526.54mg/kg로서, 목초액의 농도 처리간의 차이는 나타나지 않았다.

각 토양 오염별, 목초액 및 목탄 처리별 Duncan's new multiple-range test 결과 5% 수준에서 비오염토양의 목탄무처리구 237.20mg/kg<비오염토양의 목탄처리구 259.17mg/kg<오염토양의 목탄무처리구 461.75mg/kg<오염토양의 목탄처리구 532.50mg/kg 순으로, 비오염토양과 오염토양에 있어서 목탄처리 유무간의 유의적인 차이는 없었으나, 비오염토양은 248.18mg/kg, 오염토양은 497.12mg/kg로 1% ( $F_{0.01}=10.04<107.02$ )수준에서 유의성이 인정되었다. 이는 오염토양을 인위적으로 조작하는 과정에서 가염성분으로 첨가한  $K_3PO_4$ 의 영향을 받은 것으로 사료된다.

5) 양이온치환용량

토양의 점토나 부식성분에서 구성되는 콜로이드는 전기적으로 음전하를 띠고 있어서 양이온들을 흡착하는 기능이 있으며, 치환성 양이온의 총량을 양이온치환용량(CEC)이라 한다. 이 값이 클수록 염기류의

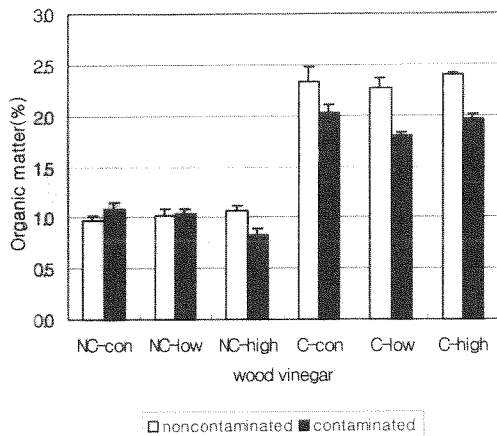


Fig. 3. Organic matter content of experimental pot soils treated by the charcoal and wood vinegar. (NC: non-charcoal treated, C: charcoal treated).

보유력이 높으며, 또한 CEC는 점토광물의 종류 및 토양내의 부식함량 등에 의해 영향을 받는다. 토양의 CEC는 그다지 변화하지 않으나 흡착된 염기는 식물체에 흡수되거나 미생물에 이용된다. 특히 본 실험결과에 나타난 바와 같이 목탄분말의 처리는 염기흡착에 직접적인 영향을 미치는 것으로 사료된다<sup>21, 23, 29</sup>.

양이온치환용량이 큰 토양일수록 보비력(保肥力)이 높고 보비력이 높은 토양은 과비현상이 적게 나타나며, 우리나라 밭토양의 적정 CEC는 15me/100g 이상으로 조사 되어 있다<sup>5</sup>.

목탄처리 및 목초액처리에 따른 양이온치환용량은 Fig. 5와 같이 나타났다. 비오염토양에서 목탄무처리구의 경우 목초액무처리구가 15.64me/100g, 저농도처리구가 16.25me/100g 및 고농도처리구가 18.39me/100g이었으며, 목탄처리구는 목초액무처리구가 16.61me/100g, 저농도처리구가 15.81me/100g 및 고농도처리구가 17.82me/100g으로 목탄처리 및 무처리 모두 고농도의 목초액처리시 양이온치환용량이 높게 나타났다. 목초액 농도에 따른 양이온치환용량의 변화는 5%( $F_{0.05} = 4.26(4.80)$ )수준에서 유의성이 인정되었다. 전체적으로 비오염토양 및 오염토양 모두 양이온함량은 목탄처리구에서 실험적으로는 더 높게 나타났으며, 고농도목초액처리구가 무처리 및 저농도 처리구보다 양이온함량이 높았는데, 이는 목탄에 흡착된 이온과 목초액에 의한 토양내 양이온의 활성화 영향으로 사료된다<sup>21</sup>. 특히 토양내 양이온들의 활성

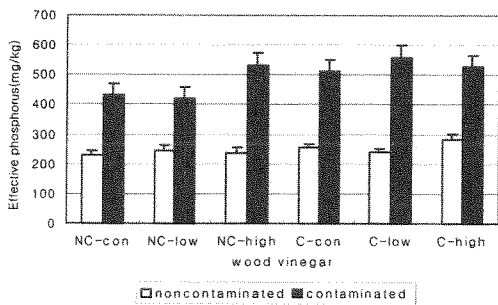


Fig. 4. Effective phosphorus content of experimental pot soils treated by the charcoal and wood vinegar.(NC: non-charcoal treated, C: charcoal treated).

을 보면  $K^+$ 은 오염토양의 고농도목초액처리구에서 더 많이 용해되는 경향을 나타내고 있어서 오염토양의 높은 염류농도를 주도하는 것으로 사료된다<sup>28</sup>).

비오염토양 및 오염토양의 목탄 및 목초액처리에 의한 토양내 양이온함량은 Table 3과 같이 나타났다.

### 3. 목초액 채취 및 분석 결과

#### 1) 목초액의 무기 성분

목초액의 원소별 성분을 ICP-MS에 의해 분석치를 주기율표에 의거하여 나열한 결과는 Table 4와 같다. 향후 이 결과는 본 목초액을 토양 및 식물체에 직접 시비(施肥)할 경우 변화하는 원소 성분별 함량을 파악하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

#### 2) 목초액의 유기 성분

목초액에 함유되어 있는 유기물의 성분을 실험에 사용한 시료와 동일한 목초액을 사용하여 분석하였다. 분석에 사용된 기종은 Hewlett Packard 6890 Gas Chromatography와 5973 Plus Mass selective Detector를 사용하였으며, 여기에 사용된 컬럼은 Hewlett Packard사 HP-1으로 30m×250 $\mu$ m×0.25 $\mu$ m Capillary이며, 유속은 1.0ml/min이며, 내부 코팅 물질은 Methyl

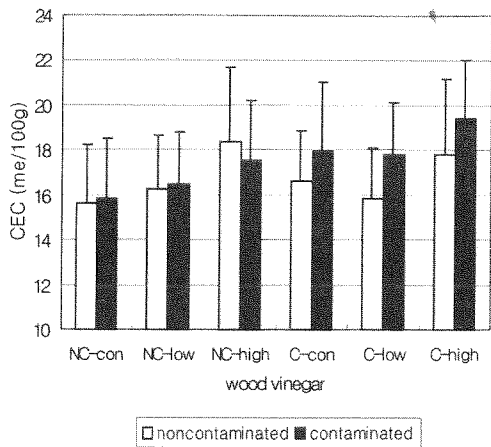


Fig. 5. Cation exchange capacities of experimental pot soils treated by the charcoal and wood vinegar. (NC: non-charcoal treated, C: charcoal treated).





7. Acetic acid
8. 2-Propanone, 1-hydroxy-
9. Propanoic acid, methyl ester
10. Vinyl Ether
11. Ethylamine
12. Propanoic acid
13. 2-Butanone, 3-hydroxy-
14. 1,4-Dioxin, 2,3-dihydro-
15. Propanal
16. 2-Propen-1-ol
17. Butanoic acid
18. Cyclopentanone
19. Cyclopropane
20. 1,6-Heptadien-4-ol
21. Aziridine, 2,2-dimethyl-
22. Furfural
23. 2-Butanone
24. Propanal, 2-methyl-, Butane, 2,2-dimethyl-
25. N-Ethylformamide
26. Butyrolactone, Butanoic acid, 4-hydroxy-, 2-Oxetanone, 4-methylene-
27. 2(5H)-Furanone
28. 1,3-Butadiene, 2-methyl-
29. Ethanone, 1-(2-furanyl)-
30. 3-Buten-1-ol, 3-methyl-2-methylene-
31. 4-Methyl-2-hydroxycyclopent-2-en-1-one
32. Phenol
33. 2-Cyclopenten-1-one, 2-hydroxy-3-methyl-
34. 2-Methyl-2, 3-divinyloxirane, Pyridine, 3,5-dimethyl-
35. Phenol, 2-methoxy-
36. Phenol, 2-methoxy-
37. 2-Pentanone
38. 2-Hydroxy-5,5-dimethylcyclopent-2-en-1-one
39. Benzene, 1,4-dimethoxy-
40. 2-Propenamide
41. 1,2-Benzenediol
42. Pyrazine, 2-methoxy-3-(1-methylethyl)-
43. 6H-Purin-6-one, 2-amino-1, 7-dihydro-

44. 1,6-Anhydro-.beta.-D-glucopyranose (levoglucosan)
45. 1,6-Anhydro-.beta.-D-glucopyranose (levoglucosan)
46. 1-Cyclohexenyl-cyclohexanol

#### 4. 식물생장 분석 결과

##### 1) 발아율 측정

들깨종자의 발아실험은 37×27×13cm(L×D×H)의 화분에 홍농종묘(주) 홍농채종포 종자를 파종하였으며 발아율을 측정한 결과는 Fig. 6과 같다.

들깨의 발아율 측정은 목탄처리구 및 목탄무처리구로 구분하였으며, 과립 총 100개에 대한 발아율을 측정결과는 Fig. 6과 같이 목탄처리구가 무처리구보다 발아율이 높게 나타났으나, 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

##### 2) 성장량 비교

목탄의 토양 개량제로서의 효과는 토양산도의 상승, 무기양분의 흡수조장, 토양미생물의 서식환경 조절, 유독성 유기화합물의 무독화작용 등 토양의 물리화학적 및 생물적 개량효과 등에 연구가 보고되었다<sup>10, 18)</sup>. 본 성장실험은 Pot에서 생육시킨 들깨의 성장을 파종 후 3주 간격으로 신장생장을 측정하였으며, 그 결과는 Table 5 및 Fig. 7과 같이 나타났다.

##### ① 초기생장 비교

비오염 토양은 7.7cm, 오염토양은 6.5cm로서 비오염

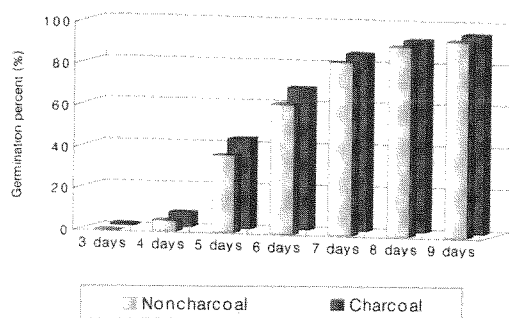


Fig. 6. The germination rate of *Perilla frutescens* var. *japonica* by the charcoal treatments.

토양의 초기 생장이 오염토양에서보다 높았다.

각 처리간의 비교를 보면 비오염토양에서 목탄무처리구는 7.0cm, 목탄처리구는 8.3cm, 오염토양에서 목탄무처리구는 5.3cm, 목탄처리구는 6.3cm로 5% ( $F_{0.05}=4.07 < 4.75$ ) 수준의 유의성을 나타냈으며, 목탄의 처리가 초기 성장을 증가시킨다.

각 처리구 마다 초기생장의 결과를 종합하면 목초액 저농도 처리구에서 높은 성장량을 보였고 오히려 목초액을 고농도로 처리하면 오히려 생장이 둔화되었다. 또한 비오염 토양의 목탄처리, 목초액 저농도구에서 가장 높은 성장량을 보였다.

즉 목탄의 처리로 양료의 함량이 증가하고, 토양 산도가 개선되어 초기 생육조건을 양호하게 하지만, 발아 초기 종자의 배유에서 양분을 소진하고 뿌리를 활착하는 생육 초기에 목탄과 병행하여 목초액을 고농도로 복합처리할 경우에는 목초액의 지나친 양료 공급으로 인하여 생육을 저해 할 수 있으므로 목탄을 처리하면서 목초액은 저농도로 복합 시비함이 적합하다고 사료된다.

② 전체 성장 비교

과종 3주 후의 초기 성장 측정시기 때와 유사하게 비오염 토양은 77.6cm, 오염토양에서는 68.4cm로서 1% ( $F_{0.01}=10.04 < 13.8$ )의 고도의 유의적 차이를 보여 비오염토양에서 성장량이 높게 나타났다.

각 처리간의 비교를 보면 비오염토양에서 목탄무처리구가 71.8cm, 목탄처리구가 83.4cm이며, 오염토양

에서 목탄무처리구가 66.2cm, 목탄처리구가 70.6cm로서, 처리별 생장은 5% ( $F_{0.05}=4.07 < 4.75$ )수준에서 유의적 차이를 보여 목탄의 처리로 생장이 높아짐이 입증되었다.

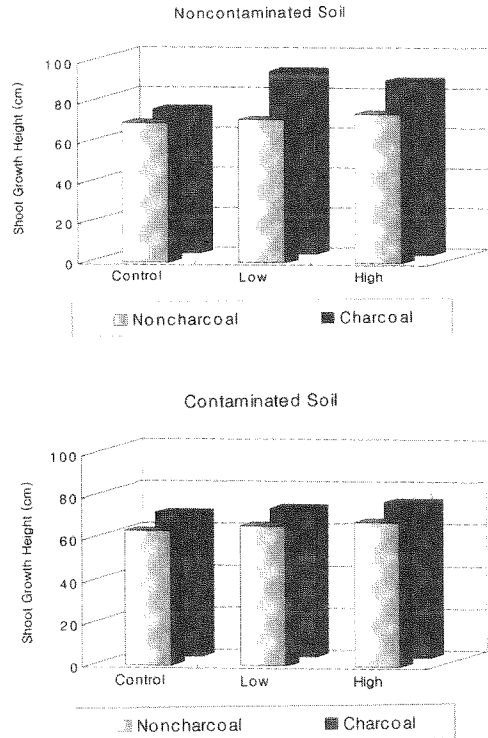


Fig. 7. Shoot growth of *Perilla frutescens* var. *japonica* by the charcoal and wood vinegar treatments.

Table 5. Shoot growth of *Perilla frutescens* var. *japonica* by the charcoal and wood vinegar treatments.

Wood vinegar	Noncontaminated soil						Contaminated soil					
	Non-charcoal			Charcoal			Non-charcoal			Charcoal		
	Control	Low	High	Control	Low	High	Control	Low	High	Control	Low	High
15 Jun	Seeding (cm)											
6 Jul	6.0	8.0	7.0	7.3	9.8	8.0	5.0	6.0	5.2	6.0	7.1	6.1
27 Jul	18.1	21.1	23.1	20.2	25.0	23.1	14.9	16.9	16.1	16.1	18.1	20.4
17 Aug	32.4	37.5	35.2	34.7	42.4	39.6	34.7	36.5	38.2	34.3	33.2	35.8
7 Sep	52.1	59.3	57.4	56.2	67.7	63.3	51.5	57.2	58.7	56.2	57.8	62.4
28 Sep	69.5	71.4	74.7	72.3	91.3	86.8	63.7	66.5	68.4	68.0	70.3	73.5

이는 목질탄화물 시용에 따른 작물생육에 미치는 영향에 대한 연구에서 목탄의 시용량에 따라 생장이 촉진되고 수확량이 증가한다는 연구결과<sup>8, 9)</sup>와 같이 토양의 목탄시용은 작물의 생육을 촉진하는 효과가 크게 있는 것으로 나타났다.

각 토양 오염별, 목탄 및 목초액 처리별 복합요인의 F검정 결과 5%( $F_{0.05}=4.07(5.84)$ )수준에서 유의적 차이를 나타내었다. 5% 수준에서 Duncan's multifl test 결과는 비오염토양의 목탄무처리구와 오염토양의 목탄무처리구 및 목탄처리구에서 모두 목초액이 고농도일수록 생장이 높았고, 비오염토양의 목탄처리구에서는 목초액이 저농도일 때에 생장량이 가장 높았다.

### 인용 문헌

1. 구자운a(2000), 숲과 우리생활 - 숲의 역사, 산림조합중앙회 월간 산림 6월 통권413호: pp.44-47.
2. 구자운b(2000), 숲과 우리생활 - 목초액이용의 역사와 건류가마에 의한 목초액 제조, 산림조합중앙회, 월간 산림 9월 통권416호: pp.48-51.
3. 구자운c(2000), 숲과 우리생활 - 숲(목탄)의 이용, 산림조합중앙회 월간 산림 11월 통권418호: pp.53-55.
4. 김기홍(1998), 목초액 혼용하면 살균제 절감효과 높다 : 목초액을 이용한 과수병해방제, 농촌진흥청 연구와지도199 : pp.6-8.
5. 남이, 민일식(1999), 토양진단방법과 활용, 삼부문화, pp.270.
6. 농촌진흥청(1988), 토양화학성분법(토양, 식물체, 토양미생물), 농업기술연구소.
7. 대한목탄산업(2000), <http://biz.chollian.net/~okoon>.
8. 박상근(1992), 토마토 양액재배용 배지로서의 목탄의 효과, 농사시험연구논문 34.2: pp.51-56.
9. 박상근(1993), 고추 연작지에 있어서 목질탄화물 시용이 생육 및 토양의 화학성에 미치는 효과, 한국환경농학회지 제12권 제1호.
10. 소천진(1988), 목질탄화물의 농업적 이용, 임업연구소 초청 특강자료, p.13.
11. 안경모(1999), 목초액의 특성과 품질, 임업정보 93(99. 1): pp.27-32.
12. 이천용(1999), 산림환경토양학, 보성문화사, pp.350.
13. 자원개발연구소, 1978. 한국지질도 금산도폭 설명서, pp.29.
14. 조성진, 박천서, 엄대익 외 8(1996), 토양학, 향문사.
15. 조재명(1991), 목질탄화물의 성분이용연구(II), 과학기술처 보고 자료, pp.157.
16. 조태수(1999), 목초액 생산실태 및 품질규격, 임업정보101(99. 9): pp.27-30.
17. 岸本定吉(1997), 木酢·炭で減農薬, 農文協編, pp.141.
18. 奥津正彦 外 6人(1990), 木炭及び木炭を用いた土壤改良材の水稻, 園藝作物, りんご"等にする果, 木炭と木酢液の新技术用途開發研究成果集, pp.121-131.
19. Black, Charles A.(1993), Soil fertility evaluation and control, Lewis Publishers : pp.746.
20. Bowen, G. D. and E. K. S. Nambilar(1984), Nutrition and plantation forests, Academic Press, London: pp.515.
21. Brady, Nylec(1974), The nature and properties of soils, Macmillan Publishing Co, New York:pp.639.
22. Foth, Henry D.(1990), Fundamentals of soil science, eighth edition, John Wiley & Sons Inc: pp.360.
23. Huang, P. M.(1998), Soil chemistry and ecosystem health, Soil Science Society of America, Inc,Medison, USA: pp.386.
24. Kyoichi Kumada(1987), Chemistry of soil organic matter Japan Scientific Societies Press Tokyo: pp.241.
25. Leopold, A. Carl and Paul E.(1975), Kriedemann, Plant growth and development, McGraw-Hill Book Company: pp.545.

26. Mengel, Konrad, and Ernest. A. Kirkby(1982), Principles of plant nutrition, International Potash Institute, Worblaufen: pp.655.
27. Pritchett, William L.(1979), Properties and management of forest soils, John Wiley and Sons: pp.500.
28. Smith, Roger P.(1992), A primer of environmental toxicology, Lea and Febiger, Philadelphia: pp.299.
29. Sparks, Donald L.(1995), Environmental soil chemistry, Academic Press, San Diego: pp.267.
30. Tisdale, Samuel L, Werner L, Nelson and James D. Beaton(1985), Soil fertility and fertilizers, MacMillan Publishing Company: pp.754.