

## 콩나물 재배중 잔류농약 함량에 미치는 오존수 처리 효과

김순동 · 김일두 · 박미자 · 이윤경  
대구효성가톨릭대학교 식품공학과

### Effect of Ozone Water on Pesticide-Residual Contents of Soybean Sprouts during Cultivation

Soon-Dong Kim, Il-Doo Kim, Mee-Za Park and Yoon-Gyeong Lee  
Department of Food Science and Technology, Catholic University of Taegu-Hyosung

#### Abstract

This study was conducted to investigate the effect of ozone treatment on the growth and pesticide-residual contents of soybean sprouts during cultivation. Total weight and length of the soybean sprouts treated by 0.3 ppm ozone water for 30min during soaking of soybean increased 27% and 19% higher than those of control group, respectively. But 27% of root weight decreased. No major differences in growth state were observed between the treatments during soaking and watering with ozone water, and watering with ozone water. Pesticide residues in soybeans treated with carbendazim, captan, diazinon, fenthion, dichlorvos and chlorpyrifos ranged from 4.75 to 8.35 ppm. The pesticides in soybean sprouts by the treatment of soaking and watering with water for 5 days, those by 0.3 ppm ozone-water watering, and those by soaking and watering with 0.3 ppm ozone water were destroyed to 85 ~ 99, 89 ~ 100 and 94 ~ 100%, respectively. The order of degradation ratio in the pesticides was captan>dichlorvos>fenthion>carbendazim>diazinon>chlorpyrifos.

Key words: soybean sprouts, pesticide residues, ozone treatment

#### 서 론

콩나물은 비교적 고온, 다습한 암소에서 재배되고 단백질과 수분이 많아서 미생물에 의해 쉽게 감염되어 썩기 쉽다. 또 한번 썩기 시작하면 그 오염도가 급속히 확산되어 성장지연을 초래하고 이로 인한 수율 감소와 악취발생 등으로 상품성이 크게 떨어진다. 콩나물의 재배 중 부패는 불량한 원료 콩의 사용, 콩에 오염되어 있는 미생물, 재배용기 및 재배용수의 오염 등이 주된 요인으로 알려져 있으며<sup>(1-3)</sup>, 이들 중 단 한 가지 조건이라도 미비하게 되면 썩게 된다. 콩의 발아와 생장촉진 및 부패방지를 위하여 생장조절제와 함께 농업용 농약들이 음성적으로 사용되고 있다<sup>(4,5)</sup>. 1996년 보건복지부에 의하면 약 60% 이상의 콩나물 업체가 농약을 사용한 경험이 있는 것으로 조사된 바 있

다<sup>(6)</sup>. 콩나물 재배 중에 농약을 사용할 경우 잔류할 수밖에 없으며 현재 콩나물에 대하여 중점적으로 검사가 이루어지는 농약은 carbendazim이다<sup>(7)</sup>. 이 농약은 시력장애, 정신착란, 심장마비, 유전자 변이, 종양유발 등을 일으키는 것으로 알려져 있다. 이와 이<sup>(8)</sup>의 한국인의 유기인계 농약 식이 섭취량 추정 연구에 의하면 한국인이 곡류, 두류, 과일류, 채소류, 조미료 등으로부터 섭취하고 있는 유기인계 농약은 11종으로 1인 1일 섭취량은 31 µg으로 보고하여 일상 식생활에서 농약류의 섭취량이 위험수준에 있음을 시사하였다.

오존은 강력한 산화력을 지닌 가스상의 물질로서 식품에 오염된 독성물질의 산화분해는 물론 오염 미생물을 살균시킬 수 있는 능력을 지니고 있어<sup>(9-10)</sup>, 이를 이용한 농산물의 청정화 연구가 활발하게 이루어지고 있다<sup>(11-12)</sup>. 본 연구에서는 콩나물 재배시 사용하고 있는 carbendazim을 비롯하여 captan 등의 살균제와 살충제인 diazinon, fenthion, dichlorvos 및 chlorpyrifos 등 6종의 농약을 인위적으로 오염시킨 콩을 재료로 하여 콩나물 재배 중 잔류농약의 함량에 미치는 오존수 처리 효과를 조사함으로써 콩나물의 생장촉진과 잔류

Corresponding author : Dept. of Food Science and Technology,  
Catholic University of Taegu-Hyosung, 330 Kumrac 1-ri, Hay-  
ang-up, Kyungsan, Kyungbuk 712-702. Korea  
Tel : 82-53-850-3216  
Fax : 82-53-850-3216  
E-mail : kimsd@cuth.cataegu.ac.kr

농약 청정화에 오존수의 이용 가능성을 검토코자 하였다.

## 재료 및 방법

### 원료 콩

콩나물 재배용 재료는 1998년 경북 청도에서 생산된 은하콩(*Glycine max* cv. Eunha)을 구입, 외관상 이상이 없는 것을 정선하여  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 저장하면서 실험에 사용하였다.

### 농약의 인위적 오염

본 연구에 사용된 농약은 carbendazim, captan, diazinon, dichlorvos, chlorpyrifos 및 fenthion으로 독일 제품(Riedel-de Hæn Co.)을 사용하였다. 농약의 인위적 오염을 위한 표준용액으로 carbendazim과 captan은 수용액으로 기타 농약은 methanol에 녹인 후 20 ppm으로 조제하였으며 콩은 30분간 침지한 후  $40^\circ\text{C}$ 에서 건조시켰다.

### 콩의 수침 및 주수중 오존처리

오존수 처리는 수침중 처리와 주수중 처리로 구분하고 수침중의 처리는 원료콩 1 kg씩을 Fig. 1의 장치 및 공정에 따라 용존오존농도 0.3 ppm으로 30분간 처리한 후 수돗물로 옮겨 계속해서 8시간 동안 수침하였다. 이때 대조구는 처음부터 5배량의  $15^\circ\text{C}$ 의 수돗물에 수침한 것으로 하였다. 주수시의 오존수 처리는 수침콩을 원료콩 양으로 1 kg씩 시루에 담아  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 재배실로 옮겨 하루 9회 주수중 3, 6 및 9회 짚을 용존오존농도 0, 0.1, 0.3 및 0.5 ppm의 오존수로 주수하였다. 이때 대조구는 수돗물로 오존발생장치는 대기를 이용하여 전압으로 발생량을 조절할 수 있는 오존 발생기(Woo Sung Hi-Tech Co., SP-100, Korea)를 사용하였으며 용존오존농도는 오존 모니터(Ebara Jitsugyo Co., LTD. PL-320, Japan)로 측정하였다(Fig. 1).

### 콩나물의 성장도 및 수율의 측정

콩나물의 수율은 5일간 재배한 시루당의 콩나물 무게를 측정하였으며, 콩나물시루의 중앙부와 가장자리 부로 구분하여 각각 그 상부와 하부로부터 400~500 개체를 무작위로 채취하여 배측길이, 배측무게 및 뿌리무게의 평균값을 측정하였다.

### 잔류농약의 분석

잔류농약의 분석은 농약의 잔류분석법에 준하여 다음과 같이 측정하였다<sup>(13)</sup>. 분석용 시약으로는 acetone

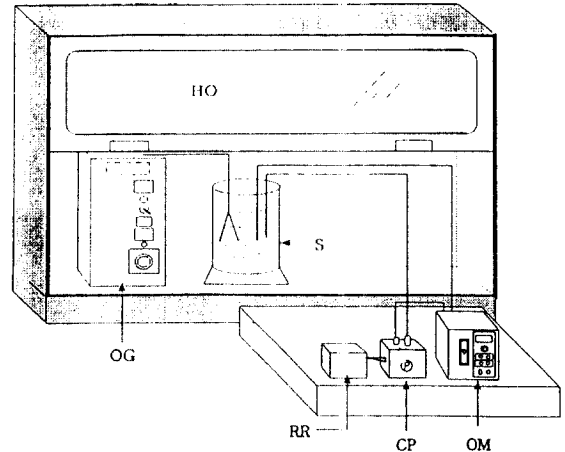


Fig. 1. Apparatus and procedure of ozone treatment. Abbreviations: HO, hood; S, sample; OG, ozone generator; CP, circulation pump; RR, revolution-speed regulator; OM, ozone monitor.

(J.T. Baker Inc.), acetonitrile(J.T. Baker Inc.), n-hexane(J.T. Baker Inc.), dichloromethane(J.T. Baker Inc.), benzene(J.T. Baker Inc.), methanol(J.T. Baker Inc.), ethyl acetate(J.T. Baker Inc.), ethylether(J.T. Baker Inc.), IPC B6(Alltech Inc.), florasil(Sigma Chemical Co.), activated charcoal(Sigma Chemical Co.) 및 cellulose microcrystallin(Merck Co.)을 사용하였으며, 물은 2차 증류수를 milipore filter로 정제한 초순수를 사용하였다. 검량선은 captan은 hexane에, chlorpyrifos, diazinon, dichlorvos 및 fenthion은 acetone에, carbendazim은 methanol에 각각 용해시킨 stock solution을 사용하여 작성하였다. Carbendazim의 분석은 균질화한 콩과 콩나물 시료 50 g에 methanol 100 mL씩으로 20분간 2회 진탕추출하여 감압여과하였다. 이 여과액에 10 mL의 1.0 M HCl로 산성화시킨 다음 1% 식염수 100 mL를 가하여  $4^\circ\text{C}$ 에서 2시간 방치시킨 후 분액여두로 옮겨 100 mL의 dichloromethane으로 2회 반복 추출하였으며 NaOH를 사용하여 pH 7.7~8.0로 조정하였다. 여기에 100 mL의 dichloromethane을 가하여 2회 추출한 후 anhydrous sodium sulfate로 탈수하여  $40^\circ\text{C}$ 에서 농축시킨 후 N<sub>2</sub> gas로 건조, 그 잔사를 4 mL의 methanol로 용해시켜 HPLC(Hewlett-Packard 1050)로 분석하였다. Chlorpyrifos, diazinon, dichlorvos 및 fenthion의 분석은 균질화 시료 50 g씩에 300 mL의 70% acetone으로 순차적으로 추출, 그 여과액을 모아서  $40^\circ\text{C}$ 에서 감압, 농축하였으며 분액여두로 옮겨 5% 식염수 400 mL와 200 mL의 20% dichloro-

Table 1. Conditions of GC and HPLC for analysis of pesticides

GC-ECD	Column	HP-5 (5% diphenyl- and 95% dimethyl polysiloxane), 15 m (L)×0.53 mm (φ)×2.65 μm (film thickness)
	Column temp.	Initial temp. 230°C for 1 min., 10°C/min. to 280°C maintained for 10min.
	Injector temp.	240
	Detector temp.	300
	Flow rate	12.5 mL/min
	Injection vol.	0.5 μL
	Split ratio	1 : 9
	GC-NPD	Column
Column temp.		Initial temp. 180°C for 2 min., 5°C/min. to 240°C maintained for 15 min.
Injector temp.		230°C
Detector temp.		250°C
Flow rate		10.0 mL/min
Injection vol.		0.5 μL
Split ratio		1 : 9
HPLC		Column
	Mobil phase	40% acetonitrile containing 1% IPC B <sub>6</sub>
	Wave length	282 nm
	Flow rate	0.7 mL/min
	Injection vol.	20 μL

methane을 함유하는 benzene 용액으로 진탕, 유기용매 층을 분취하여 anhydrous sodium sulfate로 탈수, 농축 건고한 후 hexane으로 용해시켰다. 다음에 5 g의 anhydrous sodium sulfate와 10 g의 activated charcoal 및 cellulose microcrystallin의 혼합물(1 : 10, w/w) 및 5 g의 anhydrous sodium sulfate를 benzene에 각각 현탁시켜 순차적으로 채운 column(1.5×30 cm)에 위의 hexane 용해물을 주입, 250 mL의 정제 benzene으로 분당 3 mL의 유속으로 용출시킨 후 감압건고, acetone으로 정용하여 GC-NPD로 분석하였다. Captan은 시료 50 g을 70% acetone으로 추출, 감압농축, 분액여두에서 hexane 층으로 옮긴 후 탈수, column 정제 후 hexane으로 정용하여 GC-ECD로 분석하였다. 분석조건은 Table 1과 같다.

#### 회수율의 측정

동일시료 100 g을 50 g씩으로 등분한 후 한 개의 시료는 앞의 분석방법에 준하여 정량하였으며 나머지 시료는 각 농약 표준용액을 5.0 ppm이 되게 혼합한 다음 동일한 방법으로 분석하였다. 회수율은 농약 첨가군에서 얻어진 측정치로부터 비첨가군의 측정치를 제한 후 농약 첨가량에 대한 %를 산출하였다(Table 2).

Table 2. Recovery of pesticides in soybean sprouts

Pesticide	Recovery (%)
Captan	87.5±4.1
Carbendazim	86.3±5.6
Diazinon	82.0±4.3
Chlorpyrifos	81.7±3.8
Fenthion	79.7±3.5
Dichlorvos	83.4±4.2

\*Values are means±SD of triplicate measurements.

그러나 콩의 수침 및 콩나물의 잔류농약 분석에는 회수율의 보정은 가하지 않았다.

#### 통계처리

모든 실험 data는 3반복으로 행하였으며 SAS program을 이용하여 Duncan's multiple range test에 의하여 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

#### 콩나물의 생장

콩나물의 생장에 미치는 오존수의 처리효과를 조사하기 위하여 콩의 수침중과 주수시에 오존수를 처리

**Table 3. Effect of ozone-water watering<sup>1)</sup> on the growth of soybean sprouts**

Treatment of ozone-water(ppm)		Yield (kg/pot)	Length of hypocotyl (cm)	Weight of hypocotyl (% of control)	Weight of root (% of control)
Soaking	Watering				
0	0	6.31±0.16 <sup>c</sup>	9.21±0.16 <sup>d</sup>	100.00±5.12 <sup>b</sup>	100.00±4.79 <sup>a</sup>
0	0.1	7.20±0.55 <sup>ab</sup>	10.44±0.18 <sup>b</sup>	118.6±4.57 <sup>a</sup>	79.50±5.64 <sup>b</sup>
0	0.3	7.38±0.21 <sup>a</sup>	11.01±0.14 <sup>a</sup>	127.2±6.11 <sup>a</sup>	73.00±8.10 <sup>b</sup>
0	0.5	6.97±0.12 <sup>b</sup>	9.93±1.91 <sup>c</sup>	103.2±3.77 <sup>b</sup>	83.40±5.35 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Soybeans in all treatments were soaked in water for 8 hours and then cultivated by the watering of ozone water with various ozone concentration. Values are mean±SD of measurements and the different letters in same columns(a-d) mean significantly different at p<0.05.

**Table 4. Effect of ozone treatment<sup>1)</sup> in soaking and watering of soybean on the growth of soybean sprouts**

Treatment of ozone-water(ppm)		Yield (kg/pot)	Length of hypocotyl (cm)	Weight of hypocotyl (% of control)	Weight of root (% of control)
Soaking	Watering				
0.3	0	6.40±0.36 <sup>b</sup>	9.42±0.25 <sup>b</sup>	100.00±6.43 <sup>b</sup>	100.00±5.74 <sup>a</sup>
0.3	0.1	7.55±0.25 <sup>a</sup>	10.70±0.39 <sup>a</sup>	129.04±7.82 <sup>a</sup>	76.56±9.33 <sup>b</sup>
0.3	0.3	7.64±0.56 <sup>a</sup>	11.25±0.72 <sup>a</sup>	129.75±6.55 <sup>a</sup>	75.46±7.29 <sup>b</sup>
0.3	0.5	7.57±0.37 <sup>a</sup>	11.34±0.47 <sup>a</sup>	126.23±4.63 <sup>a</sup>	71.55±6.45 <sup>b</sup>

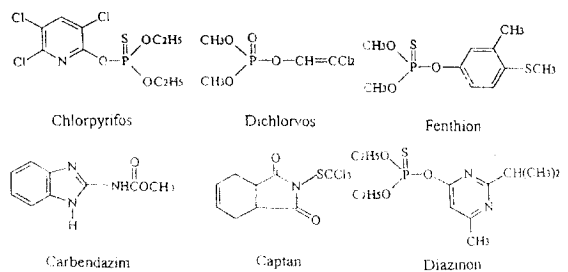
<sup>1)</sup>Soybeans in all treatments were treated by 0.3 ppm ozone water for 30min. during soaking for 8 hours at 15°C and then cultivated by the watering of ozone water with various ozone concentrations. Values are mean±SD of triplicate measurements and the different letters in the same columns(a-b) mean significantly different at p<0.05.

하면서 5일간 재배한 콩나물에 대하여 수율과 성장 정도를 분석한 결과는 Table 3, 4와 같다. 원료콩을 수돗물에서 8시간동안 수침한 후 0.1~0.5 ppm의 용존오존수로 주수하였을 때 일반수돗물로 주수한 경우보다 10~17%의 높은 수율을 나타내었으며 그 중에서도 0.3 ppm의 경우 가장 높았다. 0.3 ppm의 오존수 처리구에서는 배측의 길이와 중량이 수돗물로 침치한 후 수돗물로 주수한 경우보다 각각 19% 및 27%가 높은 반면 뿌리의 중량은 27%가 낮았다(Table 2). 콩의 수침 중 용존오존농도 0.3 ppm으로 처리한 후 용존오존농도 0~0.5 ppm으로 주수한 결과는 Table 3과 같다. 수돗물로 주수한 경우에 비하여 오존수로 주수한 경우, 수율은 18~19%가 증가되었으며, 배측의 길이는 13~20%, 배측의 중량은 26~30%가 증가되었다. 반면에 뿌리의 중량은 23~28%가 낮았다. Sheldon 등<sup>(14)</sup>은 오존수는 물에 가스상의 오존을 발생시켜 제조함으로써 강력한 살균력을 지닌 수산이온과 용존산소가 풍부하다 하였으며, 이로 인하여 콩나물 재배시에 오염되어 있는 미생물의 생육을 제어할 수 있을 뿐만 아니라 발아중에 필요한 산소의 공급을 용이하게 하여 부패율을 줄임과 동시에 콩나물의 생장이 촉진된 것으로 추측된다. 또, Shigezo와 Ichizo<sup>(15)</sup>는 용존오존의 농도는 콩나물의 성장도와 밀접한 관계가 있으며 농도가 지나치게 높을 경우 생장이 오히려 저해됨을 보고하였는데 본 연구에서는 0.3 ppm을 기점으로 생장이 감소하였으나 0.5 ppm까지는 무처리 보다 성장도가 양호하였다. 특히,

콩나물을 이용하는 각종 조리식품에서 자엽과 뿌리의 사용도가 낮은 점을 감안할 때 오존처리 배측의 신장을 촉진하면서 뿌리의 생장을 약화시킴으로서 콩나물의 상품성 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

**잔류농약 함량에 미치는 영향**

**수침중의 오존수 처리** : 농약을 오염시킨 콩의 수침중 오존수 처리에 따른 잔류농약의 함량 변화를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 20 ppm의 농약에 콩을 30분간 침지한 결과 그 오염도는 수용액으로 처리한 captan과 carbendazim이 각각 8.35 ppm과 6.58 ppm으로 높았으며 methanol로 처리한 diazinon, chlorpyrifos fenthion 및 dichlorvos는 최소 4.75 ppm에서 최대 6.03 ppm으로 낮았다. 이들 농약을 오염시킨 콩을 8시간 동안 수침하였을 때 잔류농약의 분해율은 dichlorvos가 82%로 가장 높았으며 diazinon과 fenthion은 60~66%,



**Fig. 2. Structure of pesticides**

**Table 5. Effect of soaking in water and ozone water of soybeans on the degradation rate(%) of pesticide residues of soybean**

Pesticide	Pesticide residues of soybean (ppm)	Soaking in water <sup>1)</sup>		Soaking in ozone water <sup>2)</sup>	
		Pesticide residues (ppm)	Degradation rate (%)	Pesticide residues (ppm)	Degradation rate (%)
Captan	8.35±0.14	4.85±0.09 <sup>a</sup>	42.92	0.00±0.00 <sup>b</sup>	100.00
Carbendazim	6.58±0.10	4.98±0.19 <sup>b</sup>	24.32	2.52±0.28 <sup>b</sup>	61.70
Diazinon	6.03±0.21	2.42±0.17 <sup>a</sup>	59.87	1.42±0.19 <sup>b</sup>	76.45
Chlorpyrifos	5.76±0.08	3.34±0.13 <sup>a</sup>	42.01	1.75±0.25 <sup>b</sup>	69.61
Fenthion	4.75±0.11	1.63±0.12 <sup>a</sup>	65.68	0.87±0.33 <sup>b</sup>	81.68
Dichlorvos	5.90±0.07	1.08±0.24 <sup>a</sup>	81.69	0.26±0.21 <sup>b</sup>	95.59

<sup>1)</sup>Soybean was soaked in water for 8 hours at 15°C. <sup>2)</sup>Soybean was treated by 0.3 ppm ozone for 30 min during soaking in water for 8 hours at 15°C. Values are mean±SD of triplicate measurements and the different letters in the same rows(a-b) mean significantly different at p<0.05.

**Table 6. Effect of ozone-water watering after soaking in water on the contents of pesticide residues of soybean sprouts during cultivation (ppm)**

Pesticide	Treatment of ozone water (ppm)	Cultivation time (days) <sup>1)</sup>		
		1	3	5
Captan	0	4.73±0.05 <sup>Ab</sup>	0.83±0.09 <sup>Aa</sup>	0.10±0.02 <sup>Aa</sup>
	0.1	3.46±0.03 <sup>Ba</sup>	0.08±0.05 <sup>Bb</sup>	0.00±0.00 <sup>Bc</sup>
	0.3	3.41±0.05 <sup>Ba</sup>	0.00±0.00 <sup>Cb</sup>	0.00±0.00 <sup>Bb</sup>
	0.5	3.32±0.15 <sup>Ba</sup>	0.00±0.00 <sup>Cb</sup>	0.00±0.00 <sup>Bb</sup>
Carbendazim	0	4.63±0.10 <sup>Aa</sup>	2.02±0.04 <sup>Ab</sup>	0.73±0.05 <sup>Ac</sup>
	0.1	3.65±0.02 <sup>Ba</sup>	1.65±0.05 <sup>Bb</sup>	0.50±0.04 <sup>Bc</sup>
	0.3	3.67±0.02 <sup>Ba</sup>	1.43±0.03 <sup>Cb</sup>	0.43±0.03 <sup>Cc</sup>
	0.5	3.63±0.02 <sup>Ba</sup>	1.24±0.03 <sup>Db</sup>	0.22±0.03 <sup>Dc</sup>
Diazinon	0	2.34±0.05 <sup>Aa</sup>	1.51±0.02 <sup>Ab</sup>	0.93±0.02 <sup>Ac</sup>
	0.1	2.33±0.03 <sup>Aa</sup>	1.29±0.04 <sup>Bb</sup>	0.64±0.02 <sup>Bc</sup>
	0.3	2.32±0.03 <sup>Aa</sup>	1.23±0.03 <sup>Bb</sup>	0.58±0.03 <sup>Bc</sup>
	0.5	2.29±0.06 <sup>Aa</sup>	1.06±0.17 <sup>Bb</sup>	0.50±0.03 <sup>Cc</sup>
Chlorpyrifos	0	3.24±0.07 <sup>Aa</sup>	1.85±0.06 <sup>Ab</sup>	0.89±0.02 <sup>Ac</sup>
	0.1	3.20±0.02 <sup>Aa</sup>	1.73±0.04 <sup>Bb</sup>	0.72±0.02 <sup>Bc</sup>
	0.3	3.12±0.03 <sup>Aa</sup>	1.63±0.02 <sup>Bb</sup>	0.61±0.02 <sup>Cc</sup>
	0.5	3.09±0.09 <sup>Aa</sup>	1.58±0.03 <sup>Bb</sup>	0.52±0.03 <sup>Dc</sup>
Fenthion	0	1.62±0.05 <sup>Aa</sup>	1.34±0.04 <sup>Ab</sup>	0.70±0.01 <sup>Ac</sup>
	0.1	1.61±0.03 <sup>Aa</sup>	0.83±0.01 <sup>Bb</sup>	0.30±0.09 <sup>Bc</sup>
	0.3	1.57±0.03 <sup>Aa</sup>	0.80±0.02 <sup>Bb</sup>	0.23±0.05 <sup>Bc</sup>
	0.5	1.58±0.05 <sup>Aa</sup>	0.70±0.02 <sup>Cb</sup>	0.08±0.01 <sup>Cc</sup>
Dichlorvos	0	1.07±0.07 <sup>Aa</sup>	0.32±0.05 <sup>Ab</sup>	0.00±0.00 <sup>Ac</sup>
	0.1	1.07±0.02 <sup>Aa</sup>	0.11±0.01 <sup>Bb</sup>	0.00±0.00 <sup>Ac</sup>
	0.3	0.06±0.03 <sup>Ba</sup>	0.02±0.01 <sup>Cb</sup>	0.00±0.00 <sup>Ac</sup>
	0.5	0.05±0.05 <sup>Ba</sup>	0.00±0.00 <sup>Db</sup>	0.00±0.00 <sup>Ac</sup>

<sup>1)</sup>Measured on 1st, 3rd and 5th days after initiation of cultivation with soaking in water. Values are mean±SD of triplicate measurements and the different letters in the same columns (A-D) and rows (a-c) mean significantly different at p<0.05.

captan, carbendazim, chlorpyrifos는 24~43%를 나타내었다. 한편, 8시간의 수침과정 중 수침초기부터 30분 동안 용존오존농도 0.3 ppm으로 처리하였을 때의 분해율은 captan 100%, dichlorvos 96%, fenthion 82%, diazinon 76%, chlorpyrifos 70%, carbendazim 62%로 나타났다.

식품에 오염된 잔류농약의 분해에 미치는 오존 및 오존수 처리 효과에 대한 연구결과는 보이지 않으나

수중에 오염된 농약에 대하여 오존을 처리한 연구<sup>(16-18)</sup>에서 보면 오존은 농약의 2중 결합에 작용하여 산화 개열반응과 방향족 화합물의 개환 및 측쇄부위의 산화 등 다양한 반응을 일으키며 유기인계 살충제인 parathion은 오존처리에 의하여 paraoxon으로 분해된다. 이때 오존은 parathion의 S=P부를 분해시키며, malathion도 S=P 결합이 P=O로 전환되어 malaoxon이 된다고 하였다. 한편, 본 실험에 사용한 농약(Fig.

**Table 7. Effect of ozone-water watering after soaking in 0.3 ppm of ozone water on the contents of Pesticide residues of soybean sprouts during cultivation(ppm)**

Pesticide	Treatment of ozone water (ppm)	Cultivation time (days) <sup>1)</sup>		
		1	3	5
Captan	0	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	0.1	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	0.3	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	0.5	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Carbendazim	0	2.52±0.28 <sup>Aa</sup>	2.10±0.05 <sup>Ab</sup>	0.58±0.01 <sup>Ac</sup>
	0.1	2.43±0.10 <sup>Aa</sup>	1.19±0.06 <sup>Bb</sup>	0.42±0.01 <sup>Bc</sup>
	0.3	2.35±0.08 <sup>Aa</sup>	1.02±0.03 <sup>Cb</sup>	0.26±0.02 <sup>Cc</sup>
	0.5	2.31±0.11 <sup>Aa</sup>	0.67±0.02 <sup>Db</sup>	0.14±0.01 <sup>Dc</sup>
Diazinon	0	1.42±0.19 <sup>Aa</sup>	1.22±0.05 <sup>Ab</sup>	0.52±0.03 <sup>Ac</sup>
	0.1	1.33±0.06 <sup>Aa</sup>	1.14±0.03 <sup>Ab</sup>	0.33±0.02 <sup>Bc</sup>
	0.3	1.14±0.04 <sup>Ba</sup>	1.05±0.04 <sup>Cb</sup>	0.30±0.03 <sup>Bc</sup>
	0.5	1.12±0.05 <sup>Ba</sup>	0.31±0.02 <sup>Db</sup>	0.28±0.02 <sup>Bc</sup>
Chlorpyrifos	0	1.75±0.25 <sup>Aa</sup>	1.51±0.03 <sup>Ab</sup>	0.77±0.03 <sup>Ac</sup>
	0.1	1.74±0.05 <sup>Aa</sup>	1.32±0.04 <sup>Bb</sup>	0.55±0.03 <sup>Bc</sup>
	0.3	1.72±0.05 <sup>Aa</sup>	1.18±0.04 <sup>Cb</sup>	0.37±0.02 <sup>Cc</sup>
	0.5	1.53±0.04 <sup>Ba</sup>	1.01±0.03 <sup>Db</sup>	0.19±0.02 <sup>Dc</sup>
Fenthion	0	0.87±0.33 <sup>Aa</sup>	0.88±0.03 <sup>Ab</sup>	0.42±0.02 <sup>Ac</sup>
	0.1	0.79±0.02 <sup>Aa</sup>	0.36±0.02 <sup>Bb</sup>	0.07±0.01 <sup>Bc</sup>
	0.3	0.77±0.03 <sup>Aa</sup>	0.27±0.03 <sup>Cb</sup>	0.00±0.00 <sup>Cc</sup>
	0.5	0.71±0.04 <sup>Aa</sup>	0.26±0.02 <sup>Cb</sup>	0.00±0.00 <sup>Cc</sup>
Dichlorvos	0	0.26±0.21 <sup>Ab</sup>	0.19±0.01 <sup>Ab</sup>	0.00±0.00 <sup>Ac</sup>
	0.1	0.25±0.02 <sup>Ab</sup>	0.00±0.00 <sup>Bb</sup>	0.00±0.00 <sup>Ac</sup>
	0.3	0.11±0.02 <sup>Bb</sup>	0.00±0.00 <sup>Bb</sup>	0.00±0.00 <sup>Ac</sup>
	0.5	0.03±0.01 <sup>Ca</sup>	0.00±0.00 <sup>Bb</sup>	0.00±0.00 <sup>Ac</sup>

<sup>1)</sup>Measured on 1st, 3rd and 5th days after initiation of cultivation with soaking in 0.3 ppm ozone water for 30 min. Values are mean±SD of triplicate measurements and the different letters in the same columns (A-D) and rows (a-c) mean significantly different at p<0.05.

2)의 경우도 diazinon, chlorpyrifos, fenthion은 S=P 결합을 가지고 있으며, dichlorvos는 P=O 결합, carbendazim은 C=O 결합을 하여 오존에 의하여 분해될 수 있음을 나타낸다(Fig. 2). 특히, captan의 분해율이 높은 것은 2개의 C=O 결합을 가지고 있는 때문으로 판단된다.

**수침 및 주수중의 오존수 처리 :** Captan, carbendazim, diazinon, chlorpyrifos, fenthion 및 dichlorvos 등 6종류의 농약을 오염시킨 콩을 8시간동안 수침한 후 재배용 시루에 옮겨 20±1°C에서 하루 9회 왕복 주수중 3회를 용존오존농도 0.1, 0.3 및 0.5 ppm의 오존수로 주수하였을 때 잔류농약의 함량에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 이들 6종의 농약을 4.75~8.35 ppm으로 오염시킨 콩을 8시간 수침하는 동안의 자연분해율은 24~82% 이었으나(Table 6), 계속하여 수돗물로 5일 동안 재배한 콩나물과 0.1~0.5 ppm의 오존수로 주수한 콩나물에서의 분해율은 captan은 각각 99%와 100%를 나타내었으며 carbendazim은 89%

및 92~97%, diazinon은 85% 및 89~92%, chlorpyrifos는 85% 및 88~91%, fenthion은 85% 및 94~98%, dichlorvos는 다같이 100%였다. Laplanche 등<sup>(16)</sup>은 chlorpyrifos 및 fenthion등과 같이 S=P 결합을 가진 malathion을 용존 오존 농도 5 ppm으로 처리하였을 때 75%, 10 ppm으로 처리하였을 때 100%의 분해율을 나타낸다고 하였다.

콩의 수침중 초기 30분간을 0.3 ppm의 오존수로 처리한 후 용존오존농도 0.1, 0.3 및 0.5 ppm의 오존수로 재배하였을 때 재배 5일째의 잔류농약 함량을 최초 오염량에 대한 분해율로 환산하여 수돗물로 주수한 것과 0.3 ppm의 오존수로 주수한 것을 비교해 본 결과(Table 7), captan은 99% 및 100%를, carbendazim은 89% 및 94%, diazinon은 85% 및 90%, chlorpyrifos는 85% 및 89%, fenthion은 85% 및 95%, dichlorvos는 다같이 100%로 콩의 수침시에 오존수로 세척한 것을 오존수로 주수하였을 때 잔류농약의 분해율이 높았으며 콩나물의 성장도를 감안한 오존처리 농도는 0.3 ppm이 바람직하였다.

## 요 약

콩나물의 성장은 콩의 수침 및 주수시 용존오존농도 0.3 ppm으로 처리하였을때가 가장 양호하였다. 콩의 수침시 용존오존농도 0.3 ppm으로 30분간 처리하여 5일간 재배한 콩나물의 배축신장도는 무처리보다 19%가 높았으며 시루당의 총중량은 27%가 증가하였다. 반면에 뿌리의 중량은 27%가 감소하였다. 그러나, 수침시와 주수시 처리와 수침시 처리 사이의 성장도 차이는 뚜렷하지 않았다. Carbendazim, captan, diazinon, fenthion, dichlorvos 및 chlorpyrifos 등 6종의 농약을 4.75~8.35 ppm으로 오염시킨 콩의 수침과정 및 5일간 재배중의 잔류농약의 자연분해율은 85~99%였으나 주수시 0.3 ppm의 오존수로 처리하였을 때는 89~100%, 수침시와 주수시에 처리하였을 때는 94~100%이었다. 또 농약별 오존수에 의한 분해율은 captan>dichlorvos >fenthion>carbendazim>diazinon>chlorpyrifos순이었다.

## 감사의 글

본 연구는 1997년도 대구시의 기술개발 용역사업에 의하여 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

## 문 헌

- Kim, K.H. The growing characteristics and proximate composition of soybean sprouts. *Kor. Soybean Digest*. 9: 27-30 (1992)
- Shin, D.H. and Choi, U. Comparison of growth characteristic of soybean sprouts cultivated by three methods. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 28: 240-245 (1996)
- Takashi, T. Effect of conditions of storage, soaking and sprinkling of seed of beans on the sprouting and growth of the bean sprouts. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 27: 166-171 (1980)
- Takashi, T. Effect of phytohormone treated cultures on quality and yield of thick bean sprouts. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi* 43: 849-857 (1996)
- Kang, C.K., You, D.W., Kim, Y.K. and Choe, H.T. Determination of minimum concentration and dripping time for inhibition of lateral root and growth stimulation in soybean sprouts as influenced by benzyladenine. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37: 773-776 (1996)
- Park, M.H. Some problems and improvement against soybean-sprouts industry. *Ann. Conference. of Kor. Soc. Postharvest Sci. and Technol. of Agric. Products* 10: 7-15 (1997)
- Ha, Y.D. Pesticide residues of food and its safety. *J. Kor. Soc. Food Sci. and Nutr.* 19: 538-546 (1990)
- Lee, S.R. and Lee, M.G. Effect of the dietary intake of organophosphorus pesticides by the Korean population in 1986-1990. *Kor. J. Environ. Agric.* 13: 66-75 (1994)
- Yang, P.P.W. and Chen, T.C. Stability of ozone and its germicidal properties on poultry meat microorganism in liquid phase. *J. Food Sci.* 44: 501-504 (1979)
- Burleson, G.R., Murray, T.M. and Pollafd, M. Inactivation of viruses and bacteria by ozone, with and without sonication. *Appl. Microbiol.* 29: 340-344 (1975)
- Shigezo, N., Yasuzi O. and Tatsuya S. Changes in microflora of ozone-treated cereals, grains, peas, beans and spices during storage. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 35: 69-77 (1988)
- Shigezo, N. Studies on utilization of ozone in food preservation, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 38: 360-367 (1991)
- Research Institute on Analytical Methods of Residual Pesticides. *New Analytical methods of residual pesticides*. p.108-201, Jungang Bupkyu Press Co. Tokyo Japan (1995)
- Sheldon, B.W. and Broun, A.L. Efficacy of ozone as a disinfectant for poultry carcasses and chill water. *J. Food Sci.* 51: 305-309 (1986)
- Shigezo, N. and Ichizo, S. Effect of ozone treatment elongation of hypocotyl and microbial counts of bean sprouts. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 36: 181-188 (1989)
- Laplanche, G., Martin and Tonnard, F. Ozonation schemes of organophosphorus pesticides-application in drinking water treatment. *Ozone Sci. & Eng.* 6: 207-219 (1984)
- Rice, R.G. and Browning, M.E. *Ozone Treatment of Industrial Wastewater*. Noyes Data Corporation. p.85-99 Park Ridge, New Jersey, USA (1981)
- Benoit-Guyod, J. L., Crosby, D.G. and Bowers, J.B. Degradation of MCP by ozone and light. *Water Research* 20: 67-72 (1986)

(2000년 1월 18일 접수)