

## 비닐하우스 내 조 재배시 저농도 에탄올을 이용한 잡초억제 효과

황재복<sup>1\*</sup>, 윤을수<sup>1</sup>, 박창영<sup>1</sup>, 정기열<sup>1</sup>, 최영대<sup>1</sup>, 전승호<sup>1</sup>, 이용환<sup>2</sup>

## Weed Control Technology with Low Concentration Ethanol in Protected Cereal Crop Cultivation

Jae-Bok Hwang<sup>1\*</sup>, Eul-Soo Yun<sup>1</sup>, Chang-Young Park<sup>1</sup>, Ki-Youl Jung<sup>1</sup>  
Young-Dae Choi<sup>1</sup>, Sung-Ho Jeon<sup>1</sup> and Yong-Hwan Lee<sup>2</sup>

**ABSTRACT** Weed control is of fundamental importance when planting cereal crops, particularly during the establishment phase. Weeds compete for nutrients, water and light, and can severely threaten the survival and early growth of newly planted crops. Field experiment was conducted to evaluate the effect of ethanol treatment on the weed control efficacy in cereal crops in protected vinylhouse. Five treatments like water, 25 L, 50 L, 75 L, and 100 L per m<sup>2</sup> at 2% ethanol were applied and covered with vinyl on 10 days before foxtail millet seeding. After that, foxtail millet seeds were sown on June 20 at 60×10cm planting distance and weed control efficacy was recorded at 30, and 50 days after seeding based on the dry weight. Soil oxidation-reduction potential was recorded -200~-400 mV after treatment 2 days. Weed control efficacy of at 75 L, and 100 L per m<sup>2</sup> was observed 92%, 84% in 2% ETOH, respectively. Yields of foxtail millet at 75 L, and 100 L per m<sup>2</sup> were 1,570 kg ha<sup>-1</sup>, 1,230 kg ha<sup>-1</sup>, respectively.

**Key words:** ethanol; foxtail millet; greenhouse; soil disinfestation; weed control.

### 서 언

국민의 식생활 패턴의 변화에 편중하여 우리나라 시설재배지 면적이 꾸준히 증가하여 77,369ha(2008년 기준)에 달한다(농림수산식품부 2010). 시설재배는 인위적으로 조절된 환경으로, 자연환경과 격리된 상태

에서 작물이 재배된다. 뿐만 아니라 자본과 기술이 집약된 영농의 형태이다. 고투입 자본집약적 시설재배지에 최근 향산화 등 기능성이 밝혀짐에 따라 그 수요는 증가하나 재배면적과 생산량이 적어 자급률이 낮은 잡곡을 접목한 새로운 작부모형이 개발·보급되어 시설작물 재배농가의 소득향상이 이뤄지고 있다. 잡

<sup>1</sup> 국립식량과학원 기능성작물부, 627-803 경남 밀양시 점필재로 20번지(Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, RDA, Milryang 627-803, Korea).

<sup>2</sup> 국립식량과학원 작물환경과, 441-857 경기도 수원시 권선구 수인로 125번지(National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea).

\* 연락처자(Corresponding Author) : Phone) +82-55-350-1253, Fax) +82-55-352-3059, E-mail) hjb0451@korea.kr

(Received June 11, 2012; Examined June 14, 2012; Accepted June 25, 2012)

곡 자급률 향상을 위한 시설작물 후작 잡곡도입 작부 체계 구축 및 재배기술 개발 연구, 시설재배지 축적 토양양분의 친환경적 재이용 기술 연구, 그리고 시설작물 및 후작물의 연작장애 경감과 친환경적 잡초방제에 관한 연구가 수행하는 것으로 알려져 있다(윤 등 2011). 안동을 중심으로 여름철 유희 시설하우스를 이용하여 열대성 작물로 생육기간이 짧은 참깨를 무비재배하고 있기도 하며(Kim 등 2002), 조는 화분과잡초와 유사하여 파종 후 초기 입모 시에는 판별이 어렵다. 등록 농약도 없기 때문에 손제초 또는 관리기로 중경제초를 하고 있는 실정이다.

저농도 에탄올을 이용한 토양소독법은 희석한 에탄올을 일시적으로 담수상태로 처리한 후 농업용 비닐로 토양표면을 피복해 토양을 소독하는 기술이다. 일반적으로 에탄올의 살균력은 78% 농도에서 가장 높고, 그 이상의 농도와 그 이하의 농도에서도 살균 효과는 떨어지고, 2% 이하의 낮은 농도에서는 살균력이 없는 것으로 알려져 있다. 그러나 2%의 저농도 에탄올에 민감한 미생물의 죽은 균체와 추출된 유기 성분은 토양 미생물이 호흡을 통해 분해하여 증식 시 에탄올 수용액 담수에 의해 산소의 유입이 제한되어 환원 상태가 되게 된다. 이에 따라 저농도 에탄올에서도 살균력이 강화되어 산소를 필요로 하는 광범위한 토양 전염성 병원균이나 해충, 잡초의 발생이 경감된다고 보고되고 있다(小原 2008).

잡초는 작물생산에 미치는 피해가 천천히 나타나므로 병해충에 비하여 다소 소홀히 다루어져 왔고(Lee 1996), 제조작업도 과거에는 농촌인구가 많고 임금이 낮아 인력에 의존하여 많은 노력이 소요되었으나, 최근에는 비닐멀칭, 제초제 등의 사용으로 제초노력은 많이 줄어들었지만, 아직도 잡초문제는 작물 재배시 노력 및 생산성 등에 크게 영향을 미치는 중요한 요인이다(Cho 등 2000). 시설원예에서는 병해충 및 잡초방제를 위해 기존의 약제를 대체할 유망한 토양소독 기술로 토양의 깊은 층까지 가능하며, 약취의 발생이 적고, 환경 및 인축에 안전한 기술개발이 필요하다.

따라서 본 연구는 조의 친환경적 잡초관리를 위해 저농도 에탄올을 이용한 조 생육특성과 잡초방제 효과를 검토한 바 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 에탄올 처리 및 재배방법

시설 내 조 재배시 저농도 에탄올을 이용한 친환경 잡초방제를 위해 국립식량과학원 기능성작물부 미사식양질 토양에서 수행하였다. 시비량(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O)은 100-70-80kg ha<sup>-1</sup>당 전량 기비로 시비관리하였다. 에탄올 처리방법으로는 소독할 포장을 로터리하여 평단작업을 한 후, 에탄올 농도를 2%로 희석하여 처리량을 25L m<sup>2</sup>, 50L m<sup>2</sup>, 75L m<sup>2</sup>, 100 m<sup>2</sup>로 처리하였고, 대조구는 물 100L m<sup>2</sup>로 토양에 처리한 후, 투명 비닐을 덮고 양가장자리를 공기가 빠져나오지 못하도록 하였다. 10일 후에 조를 60×10cm 재식거리로 해서 파종을 하였다.

### 잡초발생량 및 생육 조사

잡초조사는 파종 후 30일과 50일에 30×30cm 방형구로 3반복 채취하여 발생한 잡초의 초종별 건물중을 채취하여 m<sup>2</sup>당으로 환산하였다. 조 생육, 수량 및 수량구성 요소 조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사 기준에 준하였다(농촌진흥청 2003). 온도 측정(TR-72S, 하우스 내 지상, 지중온도), 토양수분 변동(ECH<sub>2</sub>O 센서, Decagon사), 그리고 산화환원전위(ORP meter기)를 측정하였다.

### 미생물 밀도조사

미생물 밀도조사는 토양을 음건 후 희석평판법으로 세균, 방선균 및 곰팡이는 각각 tryptic soy agar, arginine glycerol salts agar(El-Nakeeb와 Lechevalier, 1963), dextrose-peptone agar(Martin, 1950) 배지를 이용하였다. 세균은 28℃에서 3일간 배양 후, 방선균은 28℃에서 7일간, 곰팡이는 25℃에서 7일간 배양 후 배지상에 생장한 균을 계수하였다. 선충밀도 조사는 채집된 흙을 잘 섞은 후 토양 300g을 취하여 변형갈대기법으로 분리하였으며, TAF 고정액을 80℃로 가열한 후 선충을 고정하였다. 뿌리썩이선충 동정은 간이표본을 만들어서 광학현미경을 이용하였다.

## 결과 및 고찰

하우스 조 생육기간 동안 순별 지상 및 지중 온도변

이는 그림 1과 같았다. 일교차는 지중온도보다 지상온도가 심하였다. 밀양지역 외기온도 순별 평균온도는 6월 하순이 24.8℃, 7월이 24.6~27.3℃, 8월 상순과 중순이 26.2~27.0℃로 가장 높았으며, 8월 하순에서 24.8℃로 기온이 하강하였다(기상청 2009). 시험 전·후의 토양의 이화학적 성분 변화를 표 1에서 보면, 하우스 토양의 유효인산함량은 우리나라 시설재배지 평균함량 1,092mg kg<sup>-1</sup>보다(정 등 1998) 시험 전은 713mg kg<sup>-1</sup>로 낮았으며, 시험 후는 조 재배에 의해 유효인산 함량이 모든 처리구에서 낮았다. 이는 모든 처리구에서 공히 유기물이 양분의 무기화에 기인된 것으로 생각된다. 특히 양이온 중 칼리의 함량도 감소하는 경향이였다. 이는 조의 칼리 흡수량이 많은 것으로 추정되었다.

저농도 에탄올 처리량별 초기 생육을 보면(표 2), 에탄올 처리 후 10일간 비닐로 피복한 후 조 파종 시 출아소요일수는 모든 처리구에서 4일이 소요되었다. 파종 후 10일 초장을 보면, 관행대비 10.7cm에 비해 처

리량이 높을수록 감소되는 경향이였다. 파종 후 50일에는 관행구와 처리량이 25L m<sup>-2</sup>, 50L m<sup>-2</sup>에서 피 등 잡초와의 경합으로 관행구는 191.7cm이었고, 처리량이 적은 구에서는 대조구 이상으로 도장하는 경향을 보였다. 출수기는 75L m<sup>-2</sup>와 100L m<sup>-2</sup>에서 8월 3일이었고, 처리량이 적을수록 늦는 경향이였으나 도복으로 정상적인 성숙이 되지 않았다. 저농도 에탄올 처리량별 잡초발생량 및 방제가를 보면(표 2), 파종 후 30일에 대조구에서의 잡초는 피 128본 m<sup>-2</sup>, 바랭이 8본 m<sup>-2</sup>이 발생하였다. 2% 저농도 에탄올처리 효과는 25L m<sup>-2</sup>, 50L m<sup>-2</sup> 처리량에서 잡초방제가가 각각 86%, 79%이었으나, 75L m<sup>-2</sup> 이상에서는 90% 이상으로 우수하였다. 파종 후 50일에는 후기발생 초종에 의해 25L m<sup>-2</sup>, 50L m<sup>-2</sup> 처리량에서 잡초방제가가 각각 48%, 57%이었으며, 75L m<sup>-2</sup> 이상에서는 80%로 다소 미흡하였으나 조는 잡초와의 경합에서 유리하였다. 하우스 등 시설재배는 노지재배에 비하여 온도와 습도가 높고 투광량이 다소 떨어지는 등 기상환경이 다르기 때문에 잡

Table 1. Changes of soil chemical properties before and after experiment.

Treatment (L m <sup>-2</sup> )	pH (1:5)	Ec (ds m <sup>-1</sup> )	O.M. (%)	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex.cation(cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )			
					K	Ca	Mg	
Before experiment	-	6.5	0.6	1.5	713	0.86	6.67	1.65
After experiment	100	6.9	0.8	1.8	223	0.47	6.84	1.40
	75	6.7	1.4	1.5	281	0.76	8.06	1.79
	50	6.6	1.2	1.6	261	0.57	8.38	1.87
	25	6.4	1.2	1.7	237	0.54	6.73	1.36
Control	100	6.6	0.6	1.4	286	0.47	7.01	1.48

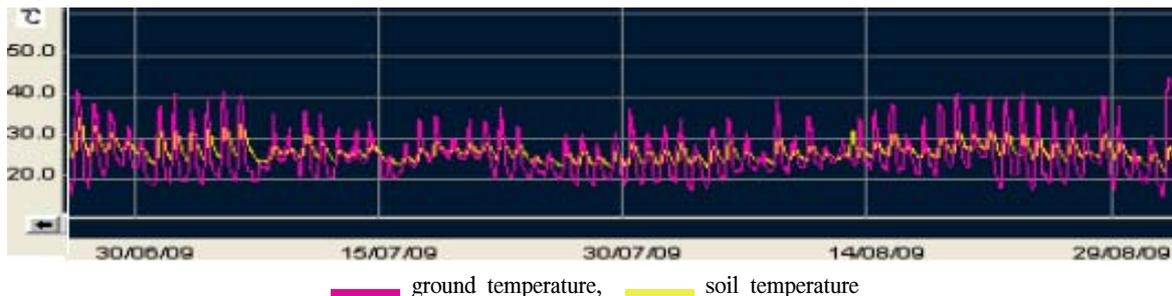


Fig. 1. The change of ground and soil temperature, while of foxtail millet grow.

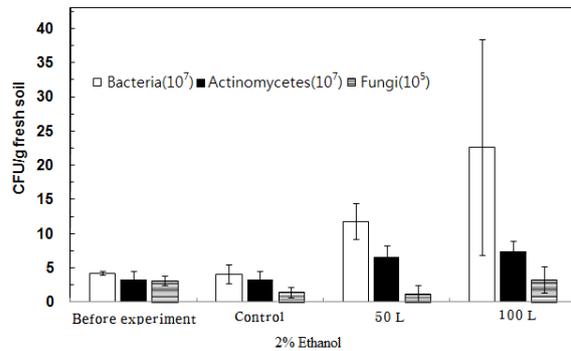
**Table 2.** Comparison of plant height and control value of foxtail millet under protected vinylhouse.

Treatment (L m <sup>-2</sup> )	Days for emergence (day)	Plant height (cm)			Control value (%)		
		10 DAS*	30 DAS	50 DAS	30 DAS	50 DAS	
2% EtOH	100	4	6.1±1.5d	79.9± 3.3a	170.7±3.1d	98	84
	75	4	7.4±0.7cd	82.4± 6.6a	163.7±2.8e	96	92
	50	4	9.1±1.4b	91.8± 7.6a	196.3±2.7b	86	48
	25	4	7.9±1.1ab	87.4±13.9a	201.2±3.2a	79	57
Control	100	4	10.7±1.1a	87.7±14.7a	191.7±2.7c	-	-

\* DAS : days after seeding.

초의 발생도 차이가 있다 하였다(Park 등 1996).

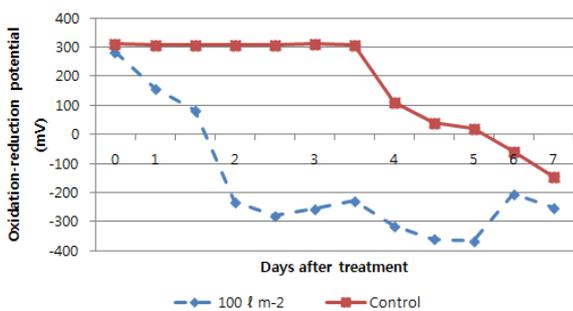
토양미생물상을 보면(그림 2), 시험 전 대비 세균, 방선균의 밀도는 상당히 증가하였으며, 곰팡이 밀도는 큰 변동이 없었다. 또 처리량이 높을수록 밀도가 높았다. 미생물은 계절이나 토양내 유기물 등 여러 가지 영향을 받으며, 포장상태 등에 따라서도 결정될 수 있다. 에탄올 처리구는 세균과 방선균의 밀도가 낮은 이유는 토양이 안정화되고, 유용균이 다양하게 존재함과 더불어 곰팡이의 밀도 증가로 세균과 방선균의 밀도가 상대적으로 낮아졌을 것으로 추정된다. 처리 10일 후 세균과 방선균의 밀도가 약간 높은 것은 처리한 에탄올이 초기에 부생균이나 유용균의 증식에 유리하였으며, 또 영양원이 되었을 것으로 추정된다. 저농도 에탄올 처리량별 토양선충 밀도를 보면(표 3), 2% 저농도 에탄올을 50L m<sup>-2</sup>와 100L m<sup>-2</sup>로 처리했을 때 뿌리썩이 선충은 관행구(물) 대비 97~98% 방제 효과가 있었다. 고온수 처리에 의한 선충 피해조사에서는 토양깊이 15cm에서는 없었고, 30cm에서는 2마리정도 발생한 결과(이 2006)를 얻었는데 저농도 에탄올에 의해서는 3.3~5.3 마리로 유사한 결과를 얻었다. 저농도 에탄올을 이용한 토양소독 기술에 대한 최근의 결과는 시금치 위조병균에 대한 최적처리조건에서는 35℃에서 배양한 경우 후사리움속균은 모두 3일 후에 현저히 감소하였고, 6일 후에 검출한계 이하이었다는 보고와 유사하였다(渡辺 2011). 또 토양에 처리하는 에탄올 농도보다도 토양의 함수비가 살균작용에 크게 영향을 미치는 결과를 얻었다(門馬 2011).新村(2011)은 에탄올의 처리량이 많을수록 병해 발생량이 감소한다는 결과와 같이 금후 보완적인 검토가 필요하리라 판단된다.

**Fig. 2.** Number of microbes to 10 DAT in rhizosphere soil of foxtail millet under protected vinylhouse.

저농도 에탄올에 의한 산화환원전위 변이를 보면(그림 3), 에탄올 처리구 50L m<sup>-2</sup>와 100L m<sup>-2</sup>에서 산화환원전위 변이가 낮아졌다. 토양의 산화환원전위는 저농도 에탄올 처리 2일 후 -200~-400mV로 최저를 보였다. 이는 에탄올이 미생물의 움직임을 촉진하여 유기물을 분해시켜 토양을 산화상태에서 환원상태로 추정된다. 저농도 에탄올에 의해 직접적인 살균 및 살충 효과는 기대할 수 없지만, 세균, 사상균, 선충, 토양해충, 그리고 잡초에 이르는 광범위 토양 병·해충 및 잡초에 방제효과를 나타내었다. 0.75% 에탄올을 이용하여 150~200L m<sup>-2</sup> 처리해서 30℃ 이상의 지온이 100시간 이상 확보하면 높은 소독효과를 얻는다는 결과와 같았다(新村 2011). 2%의 에탄올 수용액에서도 에탄올에 민감한 미생물이 첨가 직후에 소량이지만 사멸하는 것으로 생각된다. 산소 농도가 낮아져 환원 상태가 발달하게 되면, 저농도 에탄올에서도 그 살균력이 강화되어 에탄올에 특히 감수성이 아닌 토양 생물도 사

**Table 3.** Comparison of No. *Pratylenchus spp.* and control value of foxtail millet under protected vinylhouse.

Treatment (L m <sup>-2</sup> )	No. of <i>Pratylenchus spp.</i> (soil 300 g)	Control value (%)		
		range	mean	
2% EtOH	100	0 ~ 16	5.3	97.2
	50	0 ~ 10	3.3	98.2
Control	-	150 ~ 256	186	-



**Fig. 3.** Curves of variation of oxidation reduction potential for test conditions.

서는 도복이 되어 정상적인 생육이 되지 않았다. 줄기 직경은 75L m<sup>-2</sup>와 100L m<sup>-2</sup> 처리한 구에서는 6.5mm이 었으나 50L m<sup>-2</sup> 이하구에서는 잡초경합에 의해 정상 적인 생장이 되지 않거나 고사하였다. 물을 처리한 대 조구와 처리량이 25L m<sup>-2</sup>와 50L m<sup>-2</sup> 구에서는 피의 발 생량이 많아 수량이 거의 없었고, 75L m<sup>-2</sup>와 100L m<sup>-2</sup> 구에서는 각각 1,570kg ha<sup>-1</sup>, 1,230kg ha<sup>-1</sup>이었다.

**요 약**

멸시킨다고 하였다(新村 2011). 비닐피복 조건으로 1 주일 정도 경과하면 산소를 필요로 하는 광범위한 토 양 전염성 병원균이나 해충, 또한 잡초 종자의 출아가 지연되는 것으로 판단되었다.

저농도 에탄올 처리량별 조의 수확기 생육 및 수량 구성요소를 보면(표 4), 출수기는 75L m<sup>-2</sup>와 100L m<sup>-2</sup>에서 8월 3일이었고, 처리량이 25L m<sup>-2</sup>와 50L m<sup>-2</sup>구

딸기 등 시설후작으로 조 등 잡곡의 재배를 위해 잡 초 및 토양소독을 위해 저농도 에탄올에 의한 효과는 다음과 같았다. 토양의 산화환원전위는 저농도 에탄올 처리 2일 후 -200~-400mV로 최저를 보였고, 에탄올 처 리 후 토양 미생물 밀도는 처리 전에 비해 세균, 방선 균은 증가하였으며, 곰팡이 밀도는 큰 변동이 없었 다. 뿌리썩이선충은 50L m<sup>-2</sup>, 100L m<sup>-2</sup>에서 각각 97%,

**Table 4.** Growth and yield characteristics of foxtail millet under protected vinylhouse.

Treatment (L m <sup>-2</sup> )	Days to heading date (mon. day)	Stem diameter (mm)	Culm length (cm)	Ear length (cm)	No. of ears /3.5m <sup>2</sup>	1000 grain wt. (g)	Yield (kg ha <sup>-1</sup> )
100	8. 3	6.5	124.3	21.2	76.0	2.2	1,230 b
2% EtOH	75	8. 3	132.2	20.9	94.0	2.3	1,570 a
	50	8. 7	102.1	6.2	10.0	1.8	20 c*
	25	-	-	-	-	-	-
Control	100	-	-	-	-	-	-

\* Means with the same letter are not significantly different at 0.05 probability level.

98%로 방제 효과가 있었다. 잡초방제가는 75L m<sup>-2</sup>, 100L m<sup>-2</sup> 처리량에서 30일 후에는 각각 96%, 98%이었으며, 50일 후에는 각각 92%, 84%이었다. 저농도 에탄올 처리량별 조의 수량은 물을 처리한 구와 처리량이 25L m<sup>-2</sup>와 50L m<sup>-2</sup>구에서는 수량이 없었고, 75L m<sup>-2</sup>, 그리고 100L m<sup>-2</sup>구에서는 각각 1,570kg ha<sup>-1</sup>, 그리고 1,230kg ha<sup>-1</sup>이었다.

### 인용문헌

- Cho, S. T., S. G. Lee, S. I. Shim, B. H. Kang, I. M. Chung, and K. H. Kim. 2000. Weed occurring pattern and control strategies at the green house complex in the vicinity of Seoul. *Korean J. Weed Sci.* 20(1):1-8.
- Jung, B. G., J. W. Choi, E. S. Yun, J. H. Yoon, Y. H. Kim, and G. B. Jung. 1998. Chemical Properties of the Horticultural Soils in the Plastic Film Houses in Korea. *Korean Society of Soil Sci. and Fertilizer.* 31(1):1-9.
- Kim, D. K., Y. I. Kuk, S. G. Chon, M. H. Kang, J. C. Lee, M. S. Kim, and G. C. Bak. 2002. Growth and seed quality as affected by growing condition in sesame. *Korean J. Crop Sci.* 47(6):443-447.
- Lee, J. J., 1996. Distribution of weeds in greenhouses of Gyeongnam area. *Korean. J. Weed Sci.* 16(1): 1-7.
- Park, K. W., S. W. Roh, and J. Y. Pyon. 1996. Weed occurrence in autumn vegetable crops in Chungnam area. *Korean J. Weed Sci.* 16(4):259-263.
- Park, C. G., Y. S. An, J. S. Yang, and C. S. Kang. 1998. Soil chemical properties under plastic film house of Kyunggi districts. *Kyunggi Agriculture Research* 9:169-176.
- 渡辺 秀樹. 2011. ホウレンヨウ萎凋病菌に対する低濃度エタノールの有効処理条件. *日本植物病理學會誌* 77:65-66.
- 門馬 法明. 2011. 低濃度エタノールによる新規土壤消毒法の開発. *植物防疫* 第65巻 8号.
- 小原 裕三. 2008. 低濃度エタノール水溶液を用いた新しい土壤消毒法の開発. *Japan Science and Technology Agency.* pp. 16-21.
- 新村 昭憲. 2011. トマト褐色根腐病に対する低濃度エタノールを用いた土壤還元消毒効果. *中央農試 病虫害部.*
- 기상청. 2009. 관측자료.
- 농림수산식품부. 2010. 농림수산식품 연보.
- 이중섭. 2006. 시설재배지 안전농산물 생산을 위한 친환경 농자재 활용 방안. *시설토양환경연구회.* pp. 11-33.
- 윤을수, 최영대, 황재복. 2011. 국립식량과학원 기능성 작물부. 과제번호 PJ006720.