한국환경보건학회지, 제35권 제3호(2009)
J. Env. Hlth. Sci., Vol. 35, No. 3, pp 178~186(2009)

볏짚에서 추출한 짚초액의 식물성장에 대한 영향과 항균 효과

강화영* · 김세훈** · 김영주*** · 박상숙
순천대학교 환경공학과, *한영대학 토목환경과, **전북대학교 환경 · 화학공학부,
***순천대학교 농화학과

(2009. 3. 30. 접수/2009. 4. 20. 수정/2009. 5. 4. 채택)

Effect on Plant Growth and Antibiosis of Rice Straw Liquor Extracted from Rice Straw

Hwa-Young Kang* · Se-Hoon Kim · Young-Ju Kim*** · Sang-Sook Park**

Department of Environmental Engineering, Sunchon National University
**Department of Civil and Environment, Hanyeong College*
***Division of Environmental and Chemical Engineering, Chonbuk National University*
****Department of Agricultural Chemistry, Sunchon National University*

(Received March 30, 2009/Revised April 20, 2009/Accepted May 4, 2009)

ABSTRACT

Rice straw liquid was prepared from rice straw using simple pyrolysis furnace, and its effects on plant growth and antibiosis were investigated. Effects of straw liquid on plant growth of *Oryza sativa* L., *Glycine max* Merr. and *Lactuca sativa* L. and antibiosis of bacteria and mold of rice straw liquid were studied. Th rice straw liquid showed good results on plant growth and multiplication. Rice straw liquid showed a little antibiosis on bacteria but non antibiosis on mold. Rice straw liquid had minimal inhibitory concentration of 2.5-5% for bacteria.

Keywords: rice straw liquor, plant growth, antibiosis, minimal inhibitory concentration

I. 서 론

환경 보전이 인류 생존의 주요 관심사로 대두되면서 농업 분야에서도 자연환경을 보전하고 양질의 안전한 농산물을 생산하여 공급하는 지속 가능한 환경농업을 발전시키고 이의 실천 방향으로 토양오염을 방지하고 농업을 유지, 발전시킬 수 있는 환경 친화적인 소재 개발을 확대하는 방안을 모색해야 한다는 인식이 확산되고 있다.

이러한 맥락의 일환으로서 최근 목초액이 농 · 축 · 산 분야뿐만 아니라 의약, 식품 그리고 환경 분야(악취 제거) 등에서 그 용도가 다양하게 이용될 수 있음이 확인되어 이에 대한 연구가 일본을 비롯하여 국내에서도 활발히 진행되고 있다. 목초액은 현재까지 항균, 살균, 보존성 향상, 항산화 효과, 가공식품의 향취개선 등을 목적으로 식품용 첨가제로 사용되고 있으며, 특히 일본에서는 농업 및 환경 정화분야에서 목초액의 활용성에 대한 연구가 광범위하게 수행되어 토양살균, 축산 분뇨의 탈취, 작물의 해충기피, 퇴비 발효촉진, 식물생장 및 뿌리 생육 효과를 지니고 있음이 밝혀졌다[1].

일본에서는 목초액의 방부제, 방충제, 토양소독제, 농약으로서의 효과가 인정되어 목초액의 성분 분석이 활발히 이루어 졌으며,[2,3] 목초액의 성분 분석에 관한 연구에서 목초액의 주성분은 초산을 비롯한 유기산이며, 칼슘, 칼륨, 마그네슘 및 나트륨 등의 무기질과 비타민 B_1, B_2 등 200여 가지의 무기물로 구성되어 있다고 발표하였다.[4] 또한 김 등[5]은 목초액은 수분이 약 90%, 유기물이 약 10%로서, 산류, 페놀류, 카르보닐화합물, 알코올류, 중성분류, 염기성 성분 등으로 구성되며, 가장 많은 초산 등의 유기산은 헤미셀룰로스나 셀룰로스 열분해 성분이고 페놀류는 리그닌의 열분해 성분이라고 발표하였다. 이 등[6]은 목초액의 항균 및 DPPH 라디컬 소거 활성에 관한 연구에서 참나무 목초액을 이용하여 식중독에 원인이 되는 *B. cereus*나 포도상구균,

†Corresponding author : Department of Environmental Engineering, Sunchon National University
Tel: 82-61-750-3812, Fax: 82-61-750-3812
E-mail : ssp@sunchon.ac.kr

폐혈증의 원인이 되는 *V. vulificus* 등과 같은 병원성 균과 일반 미생물에 대한 항균효과를 실험한 결과 거의 모든 균에 대한 생육저지환이 나타났으며, 또한 목초액의 농도에 따른 항균 활성은 균주에 따라 다르지만, 2%(v/v) 이상에서 뚜렷한 항균 활성을 나타냈다고 발표하였다. 윤 등[7]은 초임계 이산화탄소로 처리된 목초액 첨가 장류의 품질향상효과 및 보존에 관한 연구에서 초임계 기술로 추출한 목초액은 간장 및 된장의 저장성 향상을 위한 첨가물로서 매우 효과가 있음을 확인하였다. 그리고 지 등[8]은 목초액이 석곡 유묘의 증식에 미치는 영향은 NAA 0.1 mg/*l*와 Kinetin 1.0 mg/*l*가 첨가된 H_3P_4 배지에 목초액 1.0 m*l*/*l* 또는 코코넛액 30 m*l*/*l*가 첨가되었을 때 전체 개체의 20%에서 기내개화가 일어났다고 발표하였다.

이러한 활용 외에도 목초액은 면역조절 효과 및 항암효과가 있는 것으로 보고되었다.[9] 또한 강력한 세포 부착 저지 작용, 부분적 암세포 전이 억제 및 항종양 효과 등이 있는 것으로 보고되었으며,[10] 박 등[11]은 참나무 목초액에 의한 전립선암세포의 Apoptosis 유발기전에 관한 연구에서 참나무 목초액에 의한 인체 전립선암세포의 성장억제가 Apoptosis 뿐만 아니라 세포주기의 억제에도 관여를 한다고 발표하였다.

이러한 다양한 이용에도 불구하고 목초액의 경우 원료인 목재를 공급받는데 있어서 한계성이 있으며, 원료도 상대적으로 고가인 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구는 최근 그 활용도가 확대되고 있는 목초액의 대체물질로서, 좀 더 원료 확보가 쉬우며 상대적으로 원재료 가격이 저렴한 볏짚을 이용하여 짚초액을 제조하였으며, 볏짚으로 제조한 짚초액과 짚초액 추출 과정에서 발생된 짚탄을 이용하여 작물재배 실험을 통해 작물의 생육 및 수량에 미치는 영향과 짚초액의 농업 해충 및 농해 병원균에 대한 항균효과를 조사하여 농업적 활용 방안을 제시하는데 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 짚초액 제조

Fig. 1은 본 연구에 사용된 짚초액 제조장치를 보여주고 있다. 볏짚을 탄화할 때 발생하는 연기를 냉각시켜 짚초액을 채취하기 위하여 장치의 우측에 냉각관을 부착시켜 발생되는 연기를 응축하였다. 짚초액 제조를 위해 내부의 온도를 130℃로 설정하였으며, 이때 짚초액 제조장치에 투입된 짚의 착화로 인해 장치 내부온도가 400~450℃를 유지하였다. 이러한 온도조건에서 볏짚 500 g을 약 90분 정도 탄화하였으며, 탄화 과정에서 발생하는 연기를 냉각시켜 얻어지는 액상의 응축물을 일정 기간 동안 정치하여 자연분리 한 다음, 상층인 경질유와 하층인 타르를 분리제거 후 여과하여 짚초액 제조를 완료하였다.

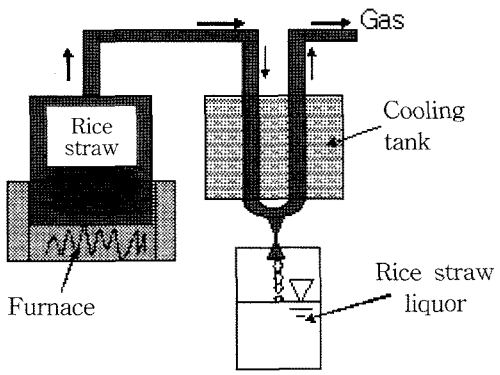

Fig. 1. Schematic diagram of pyrolysis furnace for preparation of rice straw liquor.

Table 1. Physical properties of rice straw vinegar

Items	
BS ($_{o}$ Be)	3.1
OA (%)	6.5
pH	2.8
Tar (%)	1.7
RI (%, Brix)	9.1
Color	Reddish brown

BS: Baumé specific gravity, OA: Organic acid, Ri: Refractive index.

이렇게 제조한 짚초액을 이용하여 품질특성 실험을 한 결과 Table 1과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 실험결과 볏짚으로 제조한 짚초액의 경우 국립산리과학원고시 제 2004-4호 제 10조에서 지정 고시한 목초액의 품질기준과 비교할 때, 전통식 및 응용식 숯가마로 제조할 경우의 목초액 품질기준을 모두 만족하였다.

2. 작물 생육 실험

1) 공시작물

작물 생육 실험을 위해 적용한 공시작물은 벼(*Oryza sativa* L.)와 콩(*Glycine max* Merr.) 그리고 상추(*Lactuca sativa* L.)를 이용하였다. 공시한 벼 품종은 동진1호로 순천시 대대동 농가로부터 모를 구입하여 시험에 이용하였으며, 콩은 광교 품종으로 전남농업기술원으로부터 분양 받아 실험에 이용하였다. 그리고 상추는 치마(청풍여름, 권농종묘) 품종을 이용하였다.

2) Pot 준비

벼는 순천대학교 부속농장 시험포장에서 채취한 논토양을 Pot당 토양부피로 계산하여 사각 Pot(L46×W38×H24cm)에 충진 한 후 각 Pot당 3~4모/6곳에 심었으며, 완전임의배치 4반복 Pot시험으로 실시하였다. 콩은 밭토양을 Pot당 토양부피로 계산하여 사각 Pot(L72×W23×H18cm)에 충진한 후 5 plant/pot 조파하고, 완전임의배치 4반복 pot시험으로 처리하였다. 상추는 밭토양을 이용하여 완효성 복합비료 21-17-17(N-P-K)를 기비로 처리하였고 시판상토와 목탄, 죽탄은 Pot당 토양부피로 계산하여 토양에 혼합 후 사각의 Pot((L72×W23×H18cm)에 충진하여 각 Pot당 4plant씩 상추를 파종하여 Glasshouse내에서 재배하였으며 온도는 15~20℃로 유지하였다.

3) 실험 및 분석방법

벼의 기준시비량 중 기비 기준인 N-P-K(21-17-17)를 기비처리하였고, 시판상토와 목탄, 죽탄은 Pot당 토양부피로 계산하여 토양에 혼입처리하였다. 벼에 대한 처리내용은 Table 2와 같으며 목탄과 목초액은 농협에서 시판중인 제품을 이용하였다. 분석방법은 농촌진흥청농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청 농업과학기술원, 2003)에 따라 벼의 경우 이앙 후 14일, 유수형성기, 출수기, 수확기 등 총 4단계로 나누어 벼의 생장반응과 수량반응을 조사하였다.

콩에 대한 처리내용은 Table 3과 같으며 목탄, 목초액 및 죽탄, 죽초액은 벼의 실험에서 사용한 것과 동일한 제품을 이용하여 농촌진흥청 친환경 농업 허용자재 자료집(농촌진흥청 농업과학기술원, 2005)의 기준에 따라 콩의 생장반응과 수량반응을 조사하였다.

상추에 대한 처리내용은 Table 4와 같으며 목탄, 목초액 및 죽탄, 죽초액은 벼 및 콩의 실험에서 사용한 것과 동일한 제품을 이용하여 농촌진흥청의 친환경 농업 허용자재 자료집(농촌진흥청 농업과학기술원, 2005)

Table 2. Treatments of rice (*Oryza sativa* L.)

Treatments	Discretion
Con.	Paddy Soil + N-P-K(21-17-17) 42kg/10a + Commercial bed soil
No. 1	Con. + PL* (X 1000, SA**) (X 800, FA***) (2 times / a week)
No. 2	Con. + RSL**** (X 1000, SA) (X 800, FA) (2 times / a week)
No. 3	Charcoal (300kg/10a) + PL (X 1000, SA) (X 800, FA) (2 times / a week)
No. 4	Rice Straw Charcoal (300kg/10a) + RSL (X 1000, SA) (X 800, FA) (2 times / a week)
No. 5	Charcoal (300kg/10a) + PL (X 1000, SA) (X 800, FA) (2 times / a week)
No. 6	Rice Straw Charcoal (300kg/10a) + RSL (X 1000, SA) (X 800, FA) (2 times / a week)

PL* : Pyroligneous Liquor; SA** : Soil Application; FA*** : Foliar Application; RSL**** ; Rice straw liquor

Table 3. Treatment of bean(*Glycine max* Merr.)

Treatments	Discretion
Con.	Upland Soil + Commercial bed soil
No. 1	Con. + PL (X 500, SA) (X 1200, FA) (1 times / a week)
No. 2	Con. + RSL (X 500, SA) (X 1200, FA) (1 times / a week)
No. 3	Charcoal (300kg/10a) + PL (X 500, SA) (X 1200, FA) (1 times / a week)
No. 4	Rice Straw Charcoal (300kg/10a) + RSL (X 500, SA) (X 1200, FA) (1 times / a week)
No. 5	Charcoal (300kg/10a) + PL (X 500, SA) (X 1200, FA) (1 times / a week)
No. 6	Rice Straw Charcoal (300kg/10a) + RSL (X 500, SA) (X 1200, FA) (1 times / a week)

Table 4. Treatment of lettuce(*Lactuca sativa* L.)

Treatments	Discretion
Con.	Upland Soil + N-P-K(21-17-17) 28kg/10a + Commercial bed soil
No. 1	Con. + PL (X 500, SA) (X 1000, FA) (1 times / a week)
No. 2	Con. + RSL (X 500, SA) (X 1000, FA) (1 times / a week)
No. 3	Charcoal (300kg/10a) + PL (X 500, SA) (X 1000, FA) (1 times / a week)
No. 4	Rice Straw Charcoal (300kg/10a) + RSL (X 500, SA) (X 1000, FA) (1 times / a week)
No. 5	Charcoal (300kg/10a) + PL (X 500, SA) (X 1000, FA) (1 times / a week)
No. 6	Rice Straw Charcoal (300kg/10a) + RSL (X 500, SA) (X 1000, FA) (1 times / a week)

Table 5. Biological Scientific name and remarks of antibiosis microorganism

No.	Scientific Name	Remark	No.	Scientific Name	Remark
1	*Escherichia coli* KCTC2441	Bacteria	6	*Pythium irregulare* KACC 41075	Fungi
2	*Pseudomonas syringae* KACC 10134	Bacteria	7	*Rhizoctonia solani* KACC 40105	Fungi
3	*Xanthomonas campestris* KACC 10490	Bacteria	8	*Trichoderma harzianum* KACC 40549	Fungi
4	*Erwinia mallotivora* KACC 10047	Bacteria	9	*Alternaria* alternata KACC 42131	Fungi
5	*Saccharomyces cerevisiae* KCCM50559	Fungi	10	*Candida albicans* KCCM 50235	Fungi

의 기준에 따라 처리하였다. 상추는 종자를 6시간 침종 후 인큐베이터 내에서 24시간 배양 한 다음 32공 트레이에 종자를 파종하여 조성된 상추묘를 Pot에 이식하여 초기 정식기에는 목초액, 짚초액 500배 희석액을 토양에 관주처리하였으며, 성장기에는 엽면처리와 토양관주를 병행하였다. 분석방법은 농촌진흥청농업과학기술 연구조사 분석기준(농촌진흥청 농업과학기술원, 2003)에 따라 생육특성을 조사하였다.

3. 농업병원균의 항균 실험

짚초액의 식물병을 유발하는 식물병원미생물의 생장에 미치는 영향을 규명하기 위해 본 실험에서 사용된 미생물은 채소나 버섯 그리고 벼작물 등의 농작물에 병해를 유발하는 Bacteria와 Fungi류를 대상으로 하였다 (Table 5). 대상 미생물은 한국종균협회와 순천대학교 미생물연구실에서 분양받은 공시균주로 하여 항균실험을 수행하였으며, 항균활성을 확인하기 위해 Paper disc를 이용한 Agar diffusion법을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 토양특성

시험 전후 토양은 시료를 채취하여 음건한 후 2 mm 체를 통과한 시료를 농촌진흥청토양 및 식물체분석법(농촌진흥청 농업과학기술원, 2000)에 준하여 분석하였으며, Table 6은 그 결과를 보여주고 있다. Table 6에서 보는 바와 같이 본 실험에 사용된 토양은 사양토로서 일반적인 토양 특성을 보여주고 있으며, 특히 pH, 유효인산(Av.-P_2O_5), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg) 함량이 부족하고, 양이온치환용량(CEC)이 낮은 토양 조건을 나타냈다.

2. 작물 생육조사

1) 벼의 생장 반응

Table 7은 포트 재배한 벼의 생육특성을 조사한 결과이다. 초장을 보면 분얼기3주 41.71~45.10 cm/plant, 유수형성기는 61.46~67.91 cm/plant, 수잉기 72.69~81.84 cm/plant, 출수기 73.17~82.18 cm/plant의 범위를 보였는데 수잉기와 출수기로 갈수록 초장의 증가를 보였으며 출수기에 실험실에서 제조한 짚탄 및 짚초액을 처리한 처리구가 대조구보다 초장이 9 cm 더 성장한 것으로 조사되었으며, 분얼수는 유수형성기 8.79~14.29개/plant, 출수기 8.83~14.75개/plant의 범위를 나타냈으며, 그 중 짚탄혼합토양에 짚초액 희석액을 엽면살포 처리한 처리구가 대조구보다 약 6개/plant 정도 많은 분얼수를 보였다. 엽수는 유수형성기 36.79~52.66개/plant의 범위를 보였으며 초장, 분얼수와 비슷한 생장 특성을 보였다. 경시적인 생장 반응조사 결과에서 나타났듯이 목탄과 짚탄혼합토양에 목초액과 짚초액 희석액을 엽면 시비처리한 처리구가 대조구 보다 생육이 양호한 것으로 조사되었으며, 특히 수잉기와 출수기로 갈수록 짚탄혼합토양에 짚초액 희석액을 엽면 시비처리

Table 6. Ultimate analysis of soil

Treatments	pH	EC	O.M	Av.-P_2O_5	Ex.-Cations (cmol/kg)				
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	(ppm)	K	Ca	Mg	Na	CEC
Paddy soil	5.41	0.01	23.5	127.54	0.42	2.52	0.75	NS	5.01
Upland soil	5.23	0.05	39.8	54.80	1.61	3.27	0.91	NS	10.63

NS : non significant.

Table 7. Growth responses of rice as affected by treatments

Treatment	Shoot length (cm/plant)					Tiller Number (No.)		Leaf number (No.)
	Tillering stage		Panicle formation stage	Booting stage	Heading stage	Panicle formation stage	Heading stage	Panicle formation stage
	3 wk	4 wk	6 wk	9 wk	11 wk	6 wk	9 wk	6 wk
Con.	41.71	60.35	64.53	72.69	73.17	8.79	8.83	36.79
No.1	43.79	58.22	61.46	74.29	74.65	10.67	10.75	44.33
No.2	44.13	59.30	65.44	76.49	76.84	10.13	10.21	40.75
No.3	43.95	58.97	65.33	78.04	78.41	10.50	10.63	42.54
No.4	43.34	59.33	66.06	77.65	78.09	10.70	10.83	43.16
No.5	42.94	60.16	66.61	78.58	79.04	12.08	12.13	46.50
No.6	45.10	62.97	67.91	81.84	82.18	14.29	14.75	52.66

한 처리구의 생육상태가가 현저히 증가하였다. 이러한 결과는 짚초액 희석액을 엽면살포 함으로서 식물에 충분한 수분과 양분을 공급하고 짚탄의 토양혼입 처리가 토양의 물리적 특성을 향상시켰기 때문으로 판단된다.

Table 8은 포트 재배한 벼 수확 후 수량반응을 조사한 결과이다. 조사 결과를 보면 천립중은 24.44~27.54 g/plant 범위를 보였으며, 목탄 및 목초액과 짚탄 및 짚초액을 처리한 모든 처리구가 대조구보다 수량반응이 양호한 결과를 보였으며, 그 중 짚탄혼합토양에 목초액 엽면살포 처리구의 경우 대조구보다 3 g/plant 정도 더 무게가 나가는 것으로 조사되었다. 이삭수 조사결과를 살펴보면 6.62~8.88개/plant의 범위를 나타내었는데 짚탄혼합토양에 짚초액 엽면 살포한 처리구가 다른 처리구에 비해 약 1.1개/plant 정도, 대조구에 비해 2.2개/plant 더 많은 것으로 조사되었다. 이삭길이는 15.75~16.97 cm/plant의 조사범위를 보였으며 짚탄 및 짚초액을 처리한 모든 처리구가 대조구보다 양호한 경향을 나타냈고, 목탄 및 목초액을 처리한 실험구와 비슷한 경향을 나타냈다. 안전립과 안전립의 비율을 백분율로 나타내는 등숙비율의 조사결과를 살펴보면 5.33~15.07%의 범위를 보였으며, 특히 대조구는 15.07%로 다른 모든 처리구보다 불안전립의 비율이 10%정도 높은 것으로 조사되었다. 정조중과 낟알수는 각각 21.63~24.02 g/plant, 54.70~62.90개/plant의 범위를 보였으며 다른 수량반응 조사항목에서 나타나는 결과와 비슷한 경향을 보였다. 전체 볏짚 건물중을 조사한 결과를 살펴보면 133.50~193.75 g 범위를 나타냈는데 특히 짚탄혼합토양에 짚초액 엽면살포한 처리구가 대조구보다 60.25 g 정도 더 무거운 것으로 조사되었다.

전반적인 조사 결과를 보면 2007년 9월 12일 11호 태풍 나리와 잦은 강우 그리고 설치류의 피해에도 불구하고 짚탄 및 짚초액을 엽면살포 처리한 처리구가 대조구에 비해 생육과 수량반응 조사 결과가 양호한 것으로 나타났으며, 또한 목탄 및 목초액을 처리한 실험구와 비교에서도 비슷하거나 더 양호한 실험 결과를 보였다. 이러한 결과는 목탄, 짚탄 등이 토양에 사용되었을 때 토양의 투수성 개선이 인정되어 토양개량제로서 토양의 물빠짐을 좋게 하며 통기성을 개선 할 뿐만 아니라 적당한 수분을 유지하고 또한 비료의 유실을 막고 비료분을 장기간 유지시켜 주는 역할을 하기 때문인 것으로 판단된다.

Table 8. Yield components of rice as affected by treatments

Treatment	Thousand grain weight	Ear number	Ear length	Percent ripened grain	Paddy rice wight	Dry shoot wight	Grain number
	(g/plant)	(No.)	(cm/plant)	(%)	(g/plant)	(g/plant)	(No.)
Con.	24.44	6.62	15.75	15.07	21.63	133.50	54.70
No.1	25.19	6.83	16.02	9.62	22.43	147.50	55.90
No.2	26.59	6.71	15.47	5.33	23.41	153.25	60.20
No.3	26.20	7.38	16.42	6.81	23.28	152.75	59.40
No.4	25.75	7.71	16.31	5.70	22.34	160.00	63.30
No.5	27.54	7.92	16.57	5.71	23.87	183.75	61.60
No.6	27.15	8.88	16.97	6.49	24.02	193.75	62.90

Table 9. Growth responses of bean as affected by treatments

Treatment	Shoot length (cm/plant)			Branch number (No.)	
	Blooming beginning stage	Blooming season stage	Blooming closed stage	Blooming season stage	Blooming closed stage
	4 week	6 week	9 week	6 week	9 week
Con.	37.39	70.32	71.60	7.60	10.60
No.1	44.07	71.54	76.85	9.25	12.95
No.2	37.06	70.77	77.95	8.65	13.70
No.3	44.80	74.12	75.85	9.65	14.15
No.4	43.74	71.17	73.20	10.90	13.45
No.5	41.40	71.91	72.45	10.40	13.50
No.6	47.46	76.65	82.65	10.40	13.80

2) 콩의 생장 반응

포트 재배한 콩의 생육특성을 조사한 결과를 Table 9에 나타냈다. 초장의 변화를 살펴보면 개화시 37.39~47.46 cm/plant, 개화기 70.32~76.65 cm/plant, 종화기 71.60~82.65 cm/plant의 범위를 나타냈으며, 초기 개화시에는 각 처리구간에 큰 차이를 보이지는 않았으나 개화기와 종화기의 조사결과를 보면 짚탄 및 짚초액을 처리한 처리구가 대조구보다 생육이 약간 증가함을 알 수 있으며, 목탄 및 목초액을 처리한 처리구와 비슷하거나 약간 양호한 결과를 나타냈다. 분지수는 개화기 7.60~10.90개/plant, 종화기 10.60~14.15개/plant의 범위로 조사되었는데, 초장과는 약간 다르게 개화기에는 목탄혼합토양에 짚초액을 살포 처리한 처리구가 가장 높게 나타났으며, 종화기에는 목탄혼합토양에 목초액을 살포 처리한 처리구가 대조구나 다른 처리구보다 분지수가 많은 것으로 조사되었다.

콩 수확 후 수량반응 특성을 조사한 결과를 Table 10에 나타냈다. 꼬투리수는 214~483개/plant, 꼬투리길이 5.6~6.8 cm/plant, 꼬투리 폭 1.5~1.9 cm/plant 범위를 나타냈으며, 목탄과 목초액 엽면살포 처리구에서 각각 483 ea/plant, 6.8 cm/plant, 1.9 cm/plant로 가장 높게 나타났으며, 다른 처리구들도 대조구보다는 더 양호한 결과를 보였다. 꼬투리중과 종실중은 짚탄과 목초액을 엽면살포한 처리구가 다른 처리구보다 다소 높은 결과를 보였으며, 대조구보다 20 g/plant 정도 더 무거운 것으로 조사되었다. 지상부건물중은 236~741.3 g/plant, 총립수 236~308개/plant의 범위를 나타냈다.

수량반응 결과를 보면 목탄과 목초액 엽면살포 처리구에서 대조구나 다른 처리구 보다 다소 높은 결과를 보였으며, 짚탄과 짚초액 엽면살포 처리구와는 비슷한 결과를 보였다. 벼의 수량반응 결과와 마찬가지로 전반적인 조사 결과를 보면 태풍 나리와 잦은 강우피해 그리고 일조량 부족에도 불구하고 대조구에 비해 생육과 수량반응 결과가 양호한 것으로 나타났으며, 목탄 및 목초액을 처리한 처리구와 짚탄 및 짚초액을 엽면살포 처리한 처리구는 비슷한 결과를 보여주고 있어 목탄, 짚탄 등이 토양개량제와 토양통기성을 개선하고 비료분을 장기간 유지시켜 주는 역할을 하여 수량을 증진시킨 것으로 판단된다.

3) 상추의 생장 반응

Table 11은 가을 상추의 수확 후 생육특성을 조사한 결과이다. 엽수는 초기 생육특성에서 각 처리구간에 별 차이가 나타나지 않았으나 파종 9주 후 수확하여 조사

Table 10. Yield components of bean as affected by treatments

Treatment	Pod number	Pod length	Pod width	Pod weight	Grain weight	Fresh shoot weight	Leaf number	Hundred grain weight	Pod grain ratio
	(No.)	(cm/plant)			(g/plant)		(No.)	(g/plant)	(%)
Control	214	5.6	1.5	84.70	44.60	260.4	236	18.90	52.66
No.1	340	6.3	1.5	87.45	51.49	381.9	258	19.96	58.88
No.2	386	6.5	1.8	93.72	60.5	397.6	250	20.88	64.55
No.3	483	6.8	1.9	97.40	56.41	741.3	308	24.20	57.92
No.4	439	6.2	1.7	98.50	51.45	682.7	272	23.92	52.23
No.5	464	6.5	1.6	103.76	62.75	697.3	275	30.97	60.48
No.6	446	6.6	1.8	100.70	61.58	702.5	267	24.20	61.15

Table 11. Growth responses of lettuce as affected by treatments

Treatment	Leaf number (No.)		Leaf length (cm/plant)	Leaf width (cm/plant)	Fresh shoot weight (g/plant)	Dry shoot weight (g/plant)	Chlorophyll contents (mg/100 cm^2)
	5 week	9 week					
Control	4.93	9.1	12.72	13.98	43.05	3.78	2.647
No.1	5.03	10.3	14.72	16.15	69.25	6.29	2.921
No.2	5.07	11.2	14.94	17.20	83.45	8.25	2.866
No.3	5.10	11.1	14.69	16.37	84.55	8.79	3.015
No.4	5.10	9.8	13.40	14.67	59.20	5.74	2.881
No.5	5.13	10.6	14.68	15.74	66.07	5.75	3.030
No.6	5.13	10.1	14.35	16.43	70.05	6.58	2.756

한 결과 짚초액을 엽면살포한 처리구에서 대조구나 다른 처리구에 비해 다소 높은 생육 특성을 보였다. 엽장, 엽폭, 건물중에서도 엽수와 비슷한 결과를 나타냈는데, 이는 엽채류와 같이 재배기간이 짧은 작물에는 발아 전후부터 물과 희석하여 농도를 엷게 하여 자주 엽면 살포하여 뿌려줌으로서 수분의 흡수력이 높아져 생육에 영향을 미친 것으로 판단된다. 엽록소함량을 보면 2.647~3.030 mg/100 cm^2의 범위를 보였으며 짚탄과 목초액을 엽면시비한 처리구에서 다른 처리구보다 높은 경향을 보였다.

3. 농업병원균에 대한 항균효과

1) 저해환(Clear Zone)의 크기

짚초액의 항균실험을 위해서 먼저 30의 짚초액을 3가지 병해성 미생물을 대상으로 이미 제조한 항균 시험용 test petri dish에 점적한 후 항균 활성을 조사하였으며, 그 결과는 Table 12에 나타냈다. 실험결과 대체적으로 현 농도에서 대상 균종에 대해 항균활성이 상당히 크게 발현되었으며, 모두 그람 음성(-)균인 *Escherichia coli, Pseudomonas syringae, Xanthomonas campestris*는 목초액과 짚초액에서 모두 항균력을 나타내었으며, 짚초액보다는 목초액의 항균력이 다소 높은 결과를 나타냈다. 짚초액은 적용 대상인 3개의 Bacteria에 대해서 항균활성을 나타냈으며, Fungi의 경우 *Candida albicans*에서도 목초액과 마찬가지로 항균력을 나타냈으며, 다른 균류에 대해서는 특별한 반응은 보이지 않았다. 전체적으로 볼 때 짚초액은 목초액과 비교해 상대적으로 낮은 항균력을 보였지만, 항균력 정도는 strong(1.4-1.7 cm)을 나타냈다.

2) 최소억제 농도(MIC: minimal inhibitory concentration)

항균력을 나타내는 짚초액과 목초액의 최소 농도를 측정하기 위하여 최소억제농도(MIC)를 측정하였으며 그 결과를 Table 13과 14에서 보여주고 있다. 대장균(E. coil)은 짚초액에서는 5%의 농도에서 성장이 저해되었고 목초액에서는 2.5% 농도에서 성장이 저해되었으며, *X. campestris*는 짚초액에서는 2.5%에서 그리고 목초액에서는 1.25%의 농도에서 성장이 저해되었다. 그리고 *E. mallotivora*는 짚초액에서 5%의 농도에서 성장이 저해되었고 목초액에서는 2.5% 농도에서 성장이 저해되었으며, *P. syringae*은 짚초액에서는 2.5% 농도에서 성장이 저해되었고 목초액에서는 1.0% 농도에서 성장이 저해되었다. 효모인 *S. cerevisiae*는 짚초액과 목

Table 12. Effect on antibiosis of rice straw liquor and pyroligneous liquor(cm)

Scientific Name	Pyroligneous liquor	Rice straw liquor	Scientific Name	Pyroligneous liquor	Rice straw liquor
Escherichia coli KCTC2441	1.9	1.7	*Pythium irregulare* KACC41075	-	-
Pseudomonas syringae KACC 10134	2.7	1.5	*Rhizoctonia solani* KACC 40105	-	-
Xanthomonas campestris KACC 10490	2.2	1.6	*Trichoderma harzianum* KACC 40549	-	-
Erwinia mallotivora KACC 10047T	1.0	-	*Alternaria alternata* KACC 42131	-	-
Saccharomyces cerevisiae KCCM50559	-	-	*Candida albicans* KCCM50235	1.4	1.0

Table 13. Minimal inhibitory concentration of rice straw liquor

Microorganism	Concentration (%)						
	10	5	2.5	1.25	1	0.63	0.5
Saccharomyces cerevisiae	–	+	+	+	+	+	+
Candida albicans	–	–	+	+	+	+	+
Escherichia coil	–	–	+	+	+	+	+
Xanthomonas campestris	–	–	–	+	+	+	+
Erwinia mallotivora	–	–	+	+	+	+	+
Pseudomonas syringae pv. syringae	–	–	–	+	+	+	+

+: positive, – : negative

Table 14. Minimal inhibitory concentration of pyroligneous liquor

Microorganism	Concentration (%)						
	10	5	2.5	1.25	1	0.63	0.5
Saccharomyces cerevisiae	–	+	+	+	+	+	+
Candida albicans	–	–	–	+	+	+	+
Escherichia coil	–	–	–	+	+	+	+
Xanthomonas campestris	–	–	–	–	+	+	+
Erwinia mallotivora	–	–	–	+	+	+	+
Pseudomonas syringae pv. *syringae*	–	–	–	–	–	+	+

+: positive, – : negative

초액 농도 10% 정도의 높은 농도에서만 성장이 저해되었고, *C. albicans*에 대한 MIC는 짚초액에서는 5%의 농도에서 그리고 목초액에서는 2.5% 농도로 나타났다.

IV. 결 론

본 연구는 볏짚을 보다 효율적으로 활용하여 부가가치를 창출할 수 있는 방안의 일환으로 볏짚을 열분해하여 짚초액을 제조하였으며, 제조한 짚초액과 현재 시판되는 목초액을 대상으로 농업식물의 생장효과와 농병원균의 항균 영향에 관한 비교 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

볏짚의 열분해 과정에서 생산되는 짚탄 및 짚초액을 벼, 콩, 상추 등의 작물에 시용 처리한 결과, 전반적으로 시판 중인 목탄과 목초액을 처리한 처리구와 비슷하거나 더 양호한 생육 결과를 보여주고 있어 향후 친환경농자재로 효과적으로 활용 할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 짚초액과 목초액을 대상으로 세균 및 곰팡이에 대한 항균력을 측정한 결과 세균에 대한 항균력은 입증할 수 있었으나 곰팡이에 대한 항균력은 입증하기 어려웠다. 식물에 병을 유발하는 대부분의 세균의 방제에 필요한 농도를 측정하기 위해 최소억제 농도(MIC)를 측정한 결과, 목초액은 대상 균주에 따라 1-2.5%의 MIC를 나타냈으며, 짚초액은 2.5-5%의 MIC를 나타냈다.

감사의 글

본 과제는 환경부지정 전남지역환경기술개발센터 2007년도 기술개발과제 지원사업으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. D. Guillén, M. and L. Ibargoitia, M. : New components with potential antioxidant and organoleptic properties, detected for the first time in liquid smoke flavoring preparations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**, 1276-1285, 1998.
2. Jodai, S., Yano, S. and Uehara, T. : Components of wood vinegar liquors and their smoke flavors. *Mokkaishi Gakkaishi*, **35**, 555-563, 1989.
3. Sadatishi, M., Shinsaku, K. and Takashi, T. : Protection of Lentinus edodes from mycoparasites by acetic acid and wood vingars. *Mokkaishi Gakkaishi*, **38**, 1057-1062, 1992.
4. Akio, Y. : Volatile compounds in pyroligneous liquids from karamatu and chisima-sasa. *Agricultural and Biological Chemistry*, **51**(11), 3049-3060, 1993.
5. Kim, H. J., Kim, S. M., Oh, Y. J. and Jang, K. S. :

Study of physical and chemical characteristics for Joockrhyuk (Bambusae Caulis in Liquamen) according to refinement process (I). *Korean Journal Oriental Medical Physiology & Pathology*, **15**(3), 473-476, 2001.

6. Lee, K. M., Jeong, G. T. and Park, D. H. : Study of antimicrobial and DPPH radical scavenger activity of wood vinegar. *Korean Journal Biotechnology & Bioengineering*, **19**(5), 381-384, 2004.
7. Youn, S. K., Lee, S, J., Yoon, S, O., Park, S, Y., Kim, H. K. and Jun, B. S. : Effect of quality improvement and the preservation on soybean sauce and paste by adding pyroligneous liquor treated with supercritical carbon dioxide. *Korean Journal of Biotechnology & Bioengineering*, **18**(2), 117-121, 2004.
8. Jee, S. O. and Cho, D. H. : The effect of pyroligneous liquor and coconut water on plantlet multiplication and in vitro flowering of Dendrobium moniliforme. *Journal of Life Science*, **15**(5), 739-742, 2005.
9. Kim, D. H., Choi, J. S., Choo, J. H., Song, H. C., Lee, E. O., Kang, I, C., Choi, J. W. and Kim, S. H. : Study on immunomodulatory and antitumor activity of holyessing. *Korean Journal of Oriental Medical Physiology & Pathology*, **15**(6), 881-886, 2001.
10. Kim, D. H., Choi, J. S., Choo, J. H., Song, H. C., Lee, E. O., Kang, I. C., Choi, J. W. and Kim, S. H. : Study on immunomodulatory and antitumor activity of holyessing. *Korean Journal of Oriental Medical. Physiology & Pathology*, **15**, 881-886, 2001.
11. Park, C., Choi, Y. H., Lee, W. H., Choi, B. T, Lee, Y. T. and Kim, G. C. : Up-regulation of bax and down-regulation of Bcl-2 in Oak smoke flavoring(Holyessing)-induced apoptosis of human prostate carcinoma cells. *Korean Journal of Oriental Medical Physiology & Pathology*, **17**(1), 85-90, 2003.