

축산농가에서 목초액을 이용한 암모니아 가스의 제거 특성에 관한 연구

박 정 호 · 전 기 일 · 정 창 훈*
진주산업대학교 환경공학과 · 동아대학교 환경공학과
(2003년 6월 25일 접수; 2003년 12월 9일 채택)

Ammonia Removal Characteristics by Pyroligneous Liquid at Livestock Farmhouse

Jeong-Ho Park, Gee-Il Jun and Chang-Hun Jeong*
Dept. of Environmental Engineering, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea
*Dept. of Environmental Engineering, Dong-A University, Busan 604-714, Korea
(Manuscript received 25 June, 2003; accepted 9 December, 2003)

This study was carried out to obtain the optimal ammonia removal efficiency using pyroligneous liquid for the economical and environment-friendly odor removal at a petty livestock farmhouse. The ammonia removal efficiencies were evaluated due to changing dilution rates($\times 10$, $\times 20$, $\times 30$, $\times 50$ and $\times 100$ times) and different spray amounts(10ml and 20ml) of pyroligneous liquid. The wet scrubber device was used to remove odor in closed-type livestock farmhouse.

According to dilution rate of the pyroligneous liquid, the optimum rate was 20 times and the removal efficiency increased by decreasing dilution rates. In the case of spray amounts with the optimum dilution, the amount was 20 ml and the removal efficiency increased by increasing spray amount. Also, the removal efficiency by using wet deodorizing device was 83.0~97.0% with 20 times diluted liquid.

Key words : Livestock farmhouse, Ammonia gas removal, Pyroligneous liquid

1. 서 론

대표적인 생활환경오염의 하나인 악취문제는 환경민원에서 큰 비중을 차지하고 있다. 특히 악취 원인물질은 일반 대기오염물질과 달리 낮은 농도에서도 쉽게 감지되어 불쾌감이나 혐오감을 주는 심리적인 피해뿐만 아니라 지가하락의 재산상 피해 등에서도 큰 영향을 미친다. 악취 배출원으로는 하수·분뇨처리장, 매립장, 소각장 등 환경기초시설로부터 석유화학단지과 같은 산업시설뿐만 아니라 축사시설에 이르기까지 우리 생활주변에 널리 분포되어 있다.^{1,2)}

주거지역과 인접한 축산농가의 가장 어려운 문제 중의 하나가 축사시설에서 발생하는 악취이며, 이로

인한 악취민원으로 축사시설의 신축, 확장이 어렵고 집단민원으로 법정까지 가는 사례가 종종 있는 등 축산업은 악취문제로 3D산업으로 전락되고 있는 실정이다.^{3,4)} 과거 축사시설의 경우 대기환경보전법에 의해 생활악취 규제대상으로 축사내 청결 의무만을 두었으나, 현재는 동법이 개정되면서 축산업을 하는 모든 시설을 생활악취민원대상으로 적용하여 점차 악취문제에 대한 규제를 강화하고 있다. 따라서, 축산농가에서는 인접주민에 의해 악취민원 발생을 최소화하는 것이 축산업을 안정적으로 유지할 수 있는 방법이 되고 있다.

축산농가에서 발생하는 악취는 대부분 가축이 배설한 분뇨의 부패가 직접적인 원인이며, 악취 원인물질에는 암모니아, 휘발성 지방산류 등 약 20여종 가량의 물질이 있다. 그 중 암모니아 발생농도가 가장 높고 가축의 결막염, 성숙도 및 육질 저하 등의 피해를 유발하고 있다.^{5~7)} 그러나, 축산농가는 대부분 그 규모가 영세하고 악취물질을 저감할 수 있는 탈취시

Corresponding Author : Jeong-Ho Park, Dept. of Environmental Engineering, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea
Phone : +82-55-751-3345
E-mail : jhpark@jinju.ac.kr

설이 전무한 상태이며, 주로 환경기초시설이나 산업체에서 적용하고 있는 다양한 탈취방법 적용시 고가의 설치비와 운전비, 운전의 어려움, 2차 폐수처리문제 등 기존의 처리기술을 적용하기에는 현실적으로 어려움이 많다. 따라서 영세한 축산농가에서 발생하는 악취문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 처리방법이 간단하면서도 가축이나 인체에 무해하고 높은 탈취효과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 처리비용을 고려한 경제적인 탈취기술이 필요하다.

일반적으로 시중에 판매되고 있는 탈취제는 화학약품제제, 식물성제제, 미생물제제 제품로 분류되며, 이 중 화학약품제제가 약 55%정도를 차지하는 것으로 알려져 있다.⁸⁾ 그러나, 목초액은 화학약품제제와는 달리 숲 제조 과정에서 목재 열분해시 발생하는 증기를 응축하여 만든 천연 추출물로서 가축이나 인체에 크게 유해하지 않고 토양살균 및 비료 등 다양한 용도로 널리 사용되고 있다.^{9,10)} 또한, 목초액은 pH 2~3의 산성액으로 그 화학적 성상을 고려한다면, 암모니아, 아민류 등 염기성 악취물질과의 중화반응에 의한 세정 탈취효과를 고려할 수 있다.¹¹⁾ 또한, 암모니아가 주요 악취인원물질로 발생하는 축산농가뿐만 아니라 분뇨처리장 등의 환경기초시설에서도 탈취액으로 충분히 사용할 수 있을 것이라 고려되어진다.

따라서, 본 연구에서는 실제 젖소를 사육하는 축산농가를 대상으로 대표적 악취물질인 암모니아를 경제적이고 효과적인 세정 탈취제인 목초액을 이용한 악취제거를 수행하였다. 특히 축산농가의 영세성을 고려하여 목초액 원액의 적절한 희석배수와 분무량에 따른 암모니아 제거 효율 특성을 검토하였다.

2. 실험방법

2.1 목초액 특성

일반적으로 목초액은 pH 2~3의 산성액으로 수분이 80~90%, 나머지 10~20%가 산(acid)류, 알콜(alcohol)류, 크레졸(cresol)류, 페놀(phenol)류 등의 각종 유기화합물로 구성되어 있다.^{12~14)} 산의 성분을 함유하고 있는 목초액의 화학적 성상을 고려하면, 암모니아, 아민류 등 염기성 악취물질과의 중화반응에 의한 세정 탈취효과를 고려할 수 있다.

본 실험에 사용된 D사 목초액의 유기화합물을 분석한 결과를 Table 1에 나타냈다. 목초액 성분 중 crotonic acid는 31.44%, butyric acid는 22.86%, acetic acid는 14.29%로 산(acid)류가 약 70% 이상으로 문헌상의 50~60%보다 높은 함유량을 나타내었다.¹³⁾ 목초액 품질은 phenol 함량이 낮을수록 우수한 것으로 평가되며, 일반적으로 10% 전후로 함유되어

있으나, D사 목초액에는 4.14%로 낮다. 또한, formaldehyde, acetaldehyde 등의 알데히드류도 약 7.5%로 소량 포함되어 있어, 알데히드류의 장기간 방치에 의한 페놀과의 중합 반응으로 침전물 형성에 따른 목초액 품질 저하는 없을 것으로 판단된다. 그리고, 소독력은 강하고 독성이 적은 cresol과 특이한 방향성과 방부제로 사용할 수 있는 guaiacol 등도 미량 포함되어 있다.^{13,14)}

한편, 실험에 사용된 D사 목초액 가격은 정제방법에 따라 다소의 차이는 있으나 약 3,000원/ℓ로 원액을 직접 사용하기에는 처리비용이 다소 높기 때문에 원액의 최대 희석배수와 적정 분무량 등을 고찰해야 할 것으로 사료된다.

2.2 희석배수 및 분무량에 따른 실험방법

일반적으로 축사시설의 구조는 가축의 사육방법에 따라 크게 개방식과 폐쇄식으로 구분되며, 개방식 구조는 단순 살포형태, 그리고 폐쇄식은 기액접촉의 세정탈취장치를 이용하여 축사내 악취를 강제 흡인시켜 탈취하는 방법을 고려할 수 있다.

본 연구에서는 개방식 구조의 축산농가를 고려하여 대표적 악취물질인 암모니아와 희석된 목초액의 분무량에 따른 탈취효과를 평가하였다. 또한, 탈취효과와 지속성을 평가하기 위해 밀폐구조의 직경 305mm, 높이 290mm의 원통형 챔버에 암모니아 표준농도를 약 50ppm 전후로 발생시킨 후 증류수와 목초원액 그리고 10배, 20배, 30배, 50배, 100배의 목초희석액을 각각 분무기로 1회 분무(분무량은 약 1ml)한 후 1시간, 3시간, 6시간 후의 챔버안의 암모니아 농도를 가스 검지관(Gastec 1801)법으로 측정하였다.

또한, 축산농가의 영세성과 악취제거효율을 고려한 적정 희석배수에서 분무량에 따른 암모니아 제거 효율을 평가하였다. 분무량에 따른 암모니아 제거 효율 평가는 실제 축사시설(우사) 환경을 최대한 반영하기 위해 원통형 챔버에 직접 축산농가에서 가져온 깔짚과 섞여있는 우분을 약 100mm로 쌓은 후 10배,

Table 1. Chemical composition of pyrolygneous liquid

Composition	Rate(%)	Composition	Rate(%)
Formic acid	0.15	Methylamine	0.15
Acetic acid	14.29	Pyridine	14.15
Propionic acid	0.15	Toluene	0.07
Butyric acid	22.86	Xylene	1.00
Guaiacol	1.72	Methylalcohol	0.15
Crotonic acid	31.44	Phenol	4.14
Formaldehyde	6.57	O-Cresol	0.96
Acetaldehyde	0.94	M,P-Cresol	0.71

20배의 희석액을 분무기로 우분 표면에 축축이 젖을 정도의 양인 10ml(면적당 약 34ml/m²) 그리고 챔버 바닥까지 젖을 정도의 양인 20ml(면적당 약 68ml/m²) 분무 후 1시간, 3시간, 6시간 후 챔버안의 암모니아 농도를 가스 검지관법으로 측정하였다.

2.3 세정탈취장치

폐쇄식 구조의 축산농가를 고려하여 기액접촉의 세정탈취장치를 이용한 악취의 강제흡인에 의한 방법을 검토하기 위하여 Fig. 1의 직경 120mm, 높이 1,300mm의 세정탈취장치를 사용하였다. 세정탈취장치는 가스 유입을 위한 송풍기 및 덤퍼, 세정액 저장탱크, 세정액 분무펌프 및 분무노즐로 구성되어 있고 입구와 출구지점에는 가스 농도를 측정하기 위한 측정구를 설치하였다. 세정탈취장치의 운전조건은 세정액 분무량을 약 2.3 l/min, 가스 유입유량을 약 0.92 m³/min 전후로 조절하여 기액비를 약 2.5 l/m³로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 목초액 희석배수에 따른 제거효율

원통형 챔버안에 초기 암모니아 농도를 50ppm 전후로 발생시킨 후 대조군으로 증류수와 목초액 원액 그리고 희석된 목초액(10, 20배, 30배, 50배, 100배)을 1회 분무(분무량은 약 1ml)한 후 각각 1시간, 3시간, 6시간 후의 암모니아 농도변화를 Fig. 2에 나타내었다. 목초액 희석배수에 따른 암모니아 제거효율은 증류수와 목초액 원액의 비교결과에서 목초액에 의한 탈취력 효과가 매우 뛰어나며, 희석된 목초액의 경우는 희석배수가 낮을수록 분무 후 1시간 경과시의 초기 제거효율이 높고, 시간경과에 따라서도 다른 탈취력 지속성도 확인되었다.

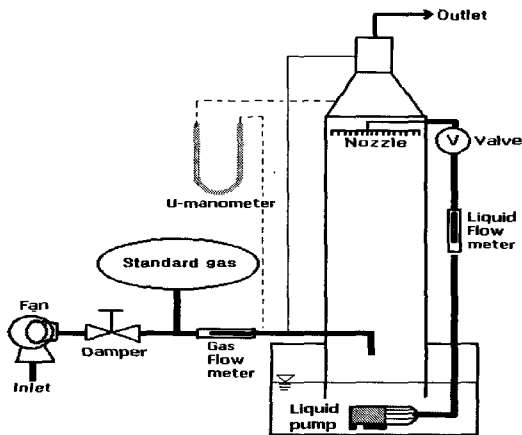


Fig. 1. Schematic diagram of wet scrubber device.

대조군 실험에서는 암모니아 초기농도 47ppm에서 분무 후 1시간 경과시 43ppm으로 암모니아 제거 효율은 약 9%로 탈취가 거의 일어나지 않았다. 원액 목초액을 사용한 경우 분무 1시간 후 잔류 암모니아 농도는 3ppm(제거율 94%)로 나타나 암모니아 탈취 효과가 우수한 것으로 나타났다. 또한 희석된 목초액을 사용한 경우에도 분무 1시간내에 악취제거가 일어남을 알 수 있었다. 목초액 탈취력의 지속성의 경우, 분무 6시간 경과 후 목초액 원액은 100% 그리고 10배 희석액은 91%, 20배는 80%, 30배는 73%, 50배는 68%, 100배는 50%로 암모니아 제거가 일어나 탈취력의 지속성을 확인할 수 있었다.

목초원액의 암모니아 제거효과가 가장 우수하나 영세한 축산농가의 경제 사정과 시간경과에 따른 탈취력의 지속성을 고려할 때, 80% 이상의 악취 제거 효율을 얻을 수 있는 최대 20배 이하의 목초액 사용이 적절한 것으로 판단된다.

3.2 목초액 분무량에 따른 암모니아 제거효율

축사시설내 목초액을 분무할 경우 시설내의 직접적인 악취 발생억제뿐만 아니라 목초액은 원액을 고농도로 사용하면 살균제가 되나 희석하여 사용하면 도리어 방선균 등의 미생물의 영양원이 되어 유효한 미생물의 증식을 돕게되므로 축사시설 바닥에 쌓여 있는 우분은 양질의 비료나 토양개량제로서도 사용할 수 있을 것이다.¹⁵⁾

목초액의 분무량에 따른 실험은 축산농가에서 가저운 깔짚과 섞여있는 우분을 챔버내에 약 100mm로 쌓은 후(이때 암모니아 초기농도는 약 15ppm전후로 나타남) 10배, 20배의 목초 희석액을 분무기로 우분 표면에 각각 10ml(면적당 약 34ml/m²) 그리고 20ml(면적당 약 68ml/m²) 분무 후 1시간, 3시간, 6시간 후

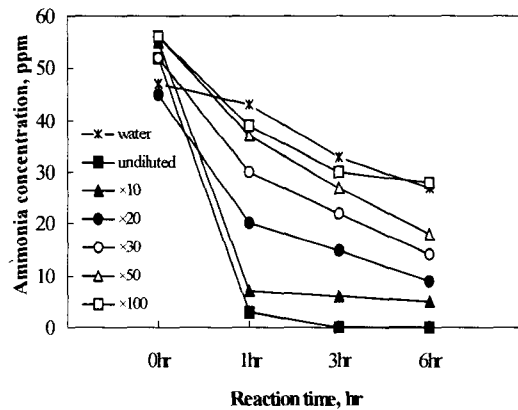


Fig. 2. Variations of ammonia concentration according to the dilution rates.

의 암모니아 농도 및 그 제거효율을 알아보았으며, 그 결과를 Fig. 3에 나타냈다. 여기서 분무량 10ml는 우분 표면 정도만 촉촉히 젖을 정도이며, 20ml는 원통형 챔버의 밑바닥까지 목초액이 젖을 정도의 분무량이다.

희석된 목초액 분무량에 따른 암모니아 제거효율은 희석배수가 낮고 분무량이 많을수록 높았으며, 적정 희석배수인 실험과 마찬가지로 분무 후 1시간 제거효율이 가장 높았고, 탈취력은 분무후 3시간까지 지속성을 갖는 것으로 나타났다.

10배 희석액 10ml를 분무한 경우, 암모니아 제거효율은 초기농도 13ppm에서 1시간 경과 후 6.5ppm으로 약 50% 그리고 3시간 경과 후부터는 5.2ppm으로 제거율이 약 60%로 일정하게 유지되었다. 20ml를 분무한 경우는 1시간 경과 후 암모니아 농도는 3ppm으로 77%, 6시간 경과 후 1ppm으로 92%의 제거효율을 나타내어 분무량이 증가할수록 탈취력 지속시간도 증가되는 것으로 나타났다. 또한, 20배 희석액에 대해 10ml 분무한 경우 1시간 경과 후 약 38% 그리고 3시간 경과 후부터는 약 52%로 시간에 따른 제거효율 변화는 없었고, 20ml 분무한 경우에도 1시간까지 약 72%로 이후 시간 경과에 따른 제거효율 변화는 없었다.

축산농가(젓소 사육농가)의 사육시설 면적은 소1마리당 10m²/두의 면적이 필요하므로 약 90%이상의 암모니아 제거효율을 얻기 위해 10배 희석된 목초액(약 3,000원/ℓ)을 약 70ml/m²를 1일 1회 정도 분무하여 탈취할 경우 5두 사육농가에서 약 1,050원/일, 10두 사육농가 약 2,100원/일의 경비로 악취를 제거할 수 있을 것으로 사료된다.

3.3 세정탈취장치를 이용한 암모니아 제거효율

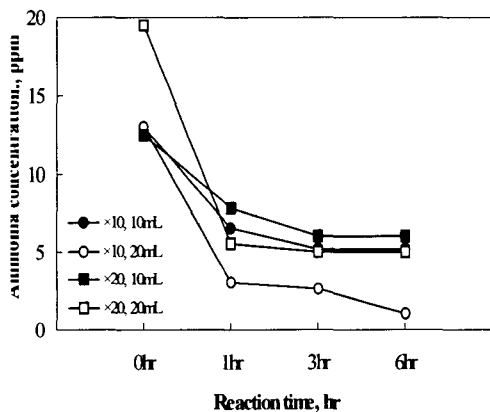


Fig. 3. Variations of ammonia concentration according to different spray amounts with the optimal dilution rates.

축산시설의 구조에 따라 개방식 구조의 경우 축사 시설에 탈취액을 단순 살포하는 형태로 손쉽게 제거 가능하지만 폐쇄식 구조의 경우 축사시설 내부의 쾌적한 환경을 유지하기 위해서는 내부 공기를 상시적으로 강제로 외부로 환기시킬 필요가 있다. 이를 경우 세정탈취장치를 이용하여 축사내의 악취 공기를 강제 흡인시켜 기액접촉에 의한 탈취를 고려할 수 있으며, 목초액을 세정액으로 이용할 경우 발생하는 2차 처리물질인 폐세정액은 재차 우분 등에 살포함으로써 악취 발생억제뿐만 아니라 미생물의 증식 효과로 양질의 축분 비료 등으로도 사용할 수 있을 것으로 고려되어진다.

Fig. 1의 세정탈취장치를 이용하여 표준 암모니아 농도를 저농도(20ppm전후), 중간농도(50ppm전후), 고농도(100ppm전후)로 각각 제조하여 장치내로 유입시킨뒤, 10배, 20배의 희석 목초액을 분무하여 1분, 5분, 10분간의 암모니아 농도를 가스 검지관법으로 장치의 입구 및 출구 지점의 농도를 측정하고 그 결과를 Table 2에 나타냈다.

10배 희석 목초액을 분무하였을 때의 암모니아 제거효율은 약 96.0~100% 그리고 20배 세정액의 경우는 약 83.0~97.0%로 높게 나타났다. 특히, 유입 암모니아 가스 농도에 관계없이 10배 희석액의 경우 95% 이상의 높은 제거효과를 나타내었으며, 20배 희석액의 경우는 유입 암모니아 가스 농도가 높을수록 제거효율이 높아지는 경향을 나타내었다. 암모니아 가스와 희석 목초액과의 기액접촉 후 시간에 따른 제거효율 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았지만, 장기간 기액접촉시에는 시간변화에 따른 탈취효율의 저하는 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 축산농가의 영세성을 고려한 목초액을 이용한 경제성 있는 암모니아 탈취에 관한 연구를 수행하였다. 특히, 악취 처리비용을 절감하고 2차폐수 발생을 방지하기 위해 목초액 원액의 적절한 희석배수와 분무량에 따른 암모니아 제거 효율 특성과 더불어 세정 탈취장치를 이용한 제거 효율 특성에 대해 검토한 결과,

- 1) 목초액은 염기성 악취물질인 암모니아에 대한 탈취력 효과가 매우 뛰어났으며, 특히 분무후 1시간 내의 제거효율이 가장 높게 나타났다. 탈취력 지속성과 80% 이상의 암모니아 제거효율을 고려적정 희석배수는 20배이하로 판단되었다. 또한, 축산시설의 단위 면적당 약 70ml/m² 이상을 분무하여 효과적이고 경제적인 악취제거효과를 얻을 수 있을 것으로 사료되었다.

Table 2. Operating results of ammonia removal efficiency by wet deodorizing device

Ammonia concentration (ppm)	reaction time (min)	×10 times dilution			×20 times dilution		
		inlet (ppm)	outlet (ppm)	removal efficiency (%)	inlet (ppm)	outlet (ppm)	removal efficiency (%)
20±ppm	1	20	0	100	21	3	86.0
	5	24	0.5	98.0	18	3	83.0
	10	25	1	96.0	16	3	81.0
	Average	-	-	98.0	-	-	83.3
50±ppm	1	48	1	98.0	50	6	88.0
	5	40	1	98.0	50	8	84.0
	10	56	0	100	42	5	88.0
	Average	-	-	98.7	-	-	86.7
100±ppm	1	115	2	98.0	110	5	96.0
	5	120	3	98.0	100	3	97.0
	10	130	2	99.0	100	4	96.0
	Average	-	-	98.3	-	-	96.3

2) 폐쇄식 축산시설의 경우 세정탈취장치의 세정액으로 희석 목초액을 사용하는 경우 10배 희석액은 약 96.0~100%, 20배 희석액은 약 83.0~97.0%의 높은 암모니아 탈취효과를 얻을 수 있을 것으로 판단되었다.

위와 같이 목초액에 의한 암모니아의 높은 탈취효과는 암모니아가 물에 잘 용해되는 성질과 더불어 목초액의 주성분인 초산 성분과 염기성의 암모니아가 중화반응에 의한 제거 효과가 큰 것으로 고려된다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 경남지역환경기술개발센터의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

참고 문헌

1) 환경부, 1999, 악취배출시설 관리업무 편람, 35-54pp.
 2) 환경부, 2001, 악취물질 발생원 관리방안 개선을 위한 조사연구, 1-33pp.
 3) 김강희, 2001, 돈사내 악취의 원인과 해결책, 월간양돈, 5, 142-148.
 4) 중앙환경분쟁조정위원회, 1999, 전북 정읍시 축산업협동조합 축사에서 발생한 환경오염으로 인한 과수 피해분쟁사건, 환경분쟁조정사례.
 5) Anderson, D. P., C. W. Beard and R. P. Hanson, 1964, The adverse effects of ammonia on chickens including resistance to infection with New castle disease virus, Vian. Diseases, 8, 360-379.
 6) Hannano, T., Y. Oka, O. Takada and T. Asdno,

1972, Test of malodor composition in the feces of domestic anomals, Bull. Hyogo prefect, Stan, Anim. Husbandry, 9, 140-145.

7) 한인규, 1984, 생균제제의 성장촉진 효과에 관한 연구Ⅲ-자돈에 대한 Clostridium butyricum ID의 성장 촉진효과와 분변내 세균종의 변화에 미치는 영향, 한국축산학회지, 26(2), 166-171.
 8) 김학민, 김선대, 1996, 악취 저감을 위한 탈취제 분류 및 특성비교, 한국환경공학회 추계학술연구 발표회, 148-152pp.
 9) 김태일, 한정대, 남은숙, 양창범, 김재환, 백순용, 1999, 축산폐기물 및 환경 : 숲 토양미생물의 돼지 슬러리 탈취적용효과, 한국축산학회지, 41(1), 102-110.
 10) 함면수, 1999, 돈사환경을 효과적으로 제어하기 위한 전략-암모니아 가스의 발생과 대책을 중심으로, 월간양돈, 11, 122-127.
 11) 日本化學工學協會, 1979, 惡臭炭化水素排出防止技術, 技術書院, 40-70pp.
 12) 박상범, 2000, 숲과 목초액, 한림저널사, 5-45pp.
 13) 안경모, 1998, 목질탄화물의 성분이용, 목포대학교 자연자원개발연구소, 목질 탄화물(숲과 목초액)의 농업 및 환경적 이용에 관한 국제심포지움, 1-62pp.
 14) 谷田貝光克, 1990, 木酢液の精製と移用技術及び木炭による消臭化技術, 木材炭化成分多用途利用技術研究組合, 木炭と木酢液の新技术開發研究成果集, 297-314pp.
 15) 조성택, 1999, 목초액의 용도 및 이용, 임원연구원내부연구성과자료.