녹색성장 기반 조성을 위한 서부경남 축산폐수 및 가축분뇨 최적처리기법 연구

허 종 수

경남지역환경기술개발센터

요 약 문

Ⅰ. 제목

녹색성장 기반 조성을 위한 서부경남 축산폐수 및 가축분뇨 최적 처리기법 연구

Ⅱ. 연구의 목적 및 필요성

최근 들어 국민들의 소득수준 향상으로 축산물 소비량이 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 특히 국내산 축산물에 대한 국민들의 선호도가 높아 농업생산액 중 축산물이 차지하는 비율이 약 33%에 달하고, 생산액 기준 10대 품목의 대부분을 차지하고 있어 국내 축산업의 비중은 매우 높은 편이다(농림부, 2006). 이러한 축산업의 고도성장으로 인한 집약화와 대규모화에 따라 가축분뇨의 발생량은 상대적으로 급격히 증가하였다. 하지만 가축분뇨를 환원시킬 수 있는 초지나 경지면적의 증가율은 점점 감소하는 추세이기 때문에 가축분뇨가 환경오염을 가중시키는 한 요인으로 이들의 관리가 시급한 실정이다.

국내 가축분뇨의 발생량은 매년 5%씩 꾸준히 증가하고 있는 실정으로 2007년말 기준으로 소·돼지의 가축분뇨 발생량은 1일 135,402 m^3 day^{-1}이며, 이 중 돼지는 82,610 m^3 day^{-1}, 젖소는 20,657 m^3 day^{-1}, 한우는 31,135 m^3 day^{-1}로 돼지사육농가에서 발생되는 가축분뇨가 전체의 61%로 가장 많은 양을 차지하고 있다.

사육규모별 가축분뇨 발생률은 대규모 사육농가인 허가대상이 전체의 53%, 중규모 사육농가인 신고대상이 전체의 34%로 중·대규모 축산농가가 전체의 87%로 대규모화하고 있다. 또한 전체 가축분뇨 발생량 중 약 80%는 자체적으로 퇴·액비화하여 비료로 활용하고 있고, 일부 농가에서는 정화처리하거나 재활용업체, 해양배출 및 공공처리시설을 이용하여 가축분뇨를 처리하고 있어 사육농가 주변 환경관리가 비교적 잘 이루어지는 편이다. 하지만 소규모 사육농가인 신고미만 가축분뇨의 발생량은 전체 가축분뇨 발생량의 13%인 15,787 m^3 day^{-1}로 가축분뇨 전체 발생량에 비해 적은 규모이지만 지역적으로 분산되어 있어 가축분뇨 및 축산폐수의 관리가 쉽지 않다. 또한, 소규모의 축산 농가는 대부분 분뇨 분리저장시설이 설치되지 않고 발생량이 적어 수거가 곤란하거나 전문수거업체에서 수거를 기피하고 있어 소규모 축산농가 대부분이 자체적으로 퇴·액비로 자원화 및 정화처리 하거나 위탁처리하고 있는 실정이다. 특히 소규모 사육농가로부터 배출되는 축산폐수는 고농도의 유기물, 질소 및 인을 함유하여 적은량으로도 인근수계로 유출되어 수질을 악화시킬 수 있다.

축산분뇨는 유기질 및 무기질 비료성분 뿐만 아니라 작물 성장에 유익한 미생물들이 다량 함유되어 있는 친환경적이며 가장 우수한 천연비료로 퇴비화시키는 방법이 가장 보편화되어 있으며, 현재 액비화 등의 다양한 자원재활용 방법들이 개발되었다. 또한 축산폐수를 처리하기 위해 A/O, A^2/O, Bardenpho, UCT, VIP, SBR, 장기폭기법 등의 다양한 공법들이 개발되어 있다. 화학적·생물학적인 축산폐수 처리이외에 퇴비화법, 저장액비법, 톱밥발효법, 토지환원법등의 많은 자원화시설들이 있으나 이들 기술로 축산폐수를 효과적으로 처리하기에는 어려우며, 또한 자원화를 위해서는 수분조절을 위한 톱밥, 왕겨 등의 조절제가 다량 요구되어 경제성측면에서 비용 상승의 우려가 있고, 토양오염, 수질오염 등의 2차 오염이 우려되고 있다. 이와 같이 축산폐수와 관련하여 많은 폐수처리공법과 자원화방법들이 난립하고 있으나, 아직까지 자원화나 폐수처리 모두를 완벽히 해결할 수 있는 방안이 없는 실정이다.

이에 축산폐수 처리와 자원화 기술은 농가자체에서 유지관리를 행하는 경우가 많기 때문에 축산폐수 처리 측면에서는 운전이 용이하고, 건설비 및 유지관리비가 저렴하고, 질소 및 인의 처리효율이 높아야 하며, 자원화 측면에서는 퇴·액비화에 적은 에너지가 소모되어야 하며, 경제성이 높고, 관리가 용이해야 할 것이다.

서부경남지역은 진양호 광역상수원 보호구역의 상류에 위치하고 있는 자치단체가 있어 광역상수원의 수질보전을 위하여 가축분뇨의 정확한 실태파악 및 합리적 관리방안 도출이 시급히 요구되고 있다. 서부경남지역의 경우 축산농가가 산발적으로 흩어져 있어 각 축산농가에서 배출되는 축산폐수량이 적으므로, 이를 차집하여 대규모 처리시설에 통합하여 처리하기가 어려운 실정이다. 이에 축산농가 자체에서 쉽고 효과적으로 축산폐수를 처리 및 관리할 수 있는 최적처리기법이 필요한 것으로 사료된다.

따라서 본 연구는 서부경남지역의 가축분뇨 및 축산폐수 발생현황 및 처리실태 조사와 이들 처리의 문제점을 파악한 후 자연정화공법에 의한 환경친화형 가축분뇨처리 기술을 연구하여 최종적으로 가축분뇨 및 축산폐수의 최적관리 방안을 조사하고자 한다.

Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

1. 국내외 가축분뇨 및 축산폐수 발생현황 및 처리실태

(1) 서부경남지역의 가축분뇨 및 축산폐수 발생현황 및 처리실태

- 서부경남지역 시, 군별 가축분뇨 및 축산폐수 발생현황 및 처리실태
- 사육규모별 축산폐수 발생현황 및 처리실태

(2) 국외 가축분뇨 및 축산폐수 발생현황 및 처리실태

2. 현행 가축분뇨 및 축산폐수 처리의 문제점 파악

(1) 축산폐수의 이화학적 특성

(2) 현행 축산폐수처리공법별 축산폐수처리 효율

(3) 축산폐수처리공법별 문제점

3. 자연정화공법에 의한 환경친화형 가축분뇨처리 가능성 조사

(1) 소형 축산폐수처리장치에서 수처리 효율

- 처리공법의 조합방법에 따른 수처리 효율
- 축산폐수 주입량에 따른 수처리 효율
- 축산폐수 종류별 수처리 효율

(2) 소형 축산폐수처리장치에서 여재의 이화학적 특성

(3) 소형 축산폐수처리장치에서 수생식물의 생육상황, 무기성분 특성

(4) 소형 축산폐수처리장치에서 미생물상 변화

4. 가축분뇨 및 축산폐수의 최적관리방안 도출

(1) 축산분뇨의 종류별 관리방안

(2) 축산폐수 부하량별 관리

(3) 축산농가규모별 관리방안

Ⅳ. 연구결과

녹색성장 기반 조성을 위한 서부경남 축산폐수 및 가축분뇨의 최적 처리기법 연구를 위하여 서부경남지역의 가축분뇨 및 축산폐수 발생현황 및 처리실태를 조사하였고, 이들 처리의 문제점을 파악한 후 자연정화공법에 의한 환경친화형 가축분뇨처리 기술을 연구하여 최종적으로 가축분뇨 및 축산폐수의 최적관리 방안을 조사하였다.

2010년 서부경남지역의 가축분뇨 및 축산폐수 발생현황 및 처리실태를 조사한 결과 가축분뇨 발생량은 거창군의 경우 돈분뇨가 326 m^3 day^{-1}로 우분뇨나 계분뇨에 비해 많았으며 이들은 대부분 퇴·액비화에 의해 처리되고 있었고, 고성군의 경우 돈분뇨가 543.68 m^3 day^{-1}로 가장 많았으며 이들은 대부분 정화처리에 의해 처리가 되고 있었다. 남해군의 가축분뇨 발생량 중 우분뇨는 146.6 m^3 day^{-1}로 가장 많은 부분을 차지하고 있었으며 대부분 퇴비화에 의해 처리가 되고 있었다. 사천시와 산청군의 가축분뇨 발생량은 각각 돈분뇨가 394.4 및 242.6 m^3 day^{-1}로 우분뇨와 계분뇨에 비해 가장 많은 부분을 차지하고 있었으며, 대부분 퇴비화에 의해 처리가 되고 있었다. 진주시와 하동군의 경우 가축분뇨 발생량 중 우분뇨가 각각

574 및 262.8 m^3 day^{-1}로 가장 많은 부분을 차지하고 있었으며, 대부분 퇴비화에 의해 처리가 되고 있었다. 함양군과 합천군의 경우 가축분뇨 발생량 중 돈분뇨가 각각 341 및 474.88 m^3 day^{-1}로 가장 많은 부분을 차지하고 있었으며, 발생된 분뇨는 대부분 퇴비화에 의해 처리가 되고 있었다. 이상의 결과에서 서부경남에서 발생되는 가축분뇨 발생량은 진주시, 남해군 및 하동군을 제외한 대부분의 시군에서 돈분뇨가 가장 많은 비중을 차지하고 있었다.

현행 가축분뇨 및 축산폐수 처리의 문제점을 파악한 결과 서부경남 축산농가에서 배출되는 축산폐수 종류별 BOD : N : P의 비율은 계분뇨의 경우 7.9 : 1.7 : 1이었고, 우분뇨의 경우 26.1 : 4.3 : 1이었으며, 돈분뇨의 경우 28.5 : 4.0 : 1로 계분뇨는 생물학적 오폐수처리의 최적 조건인 BOD : N : P = 100 : 5 : 1에 비해 유기물의 함량이 매우 부족하였다.

자연정화공법에 의한 환경친화형 가축분뇨처리 가능성 조사 결과 소형 축산폐수 처리장치에서 처리공법의 조합방법별 및 축산폐수 부하량별, 축산폐수 종류별로 구분하여 최적조건을 조사한 결과 최적 조합방법은 수직흐름조(VF:Vertical Flow)-수평흐름조(HF:Horizontal Flow) 조합형이었으며, 최적 축산폐수 주입량은 100 L m^{-2} day^{-1}이었다. 축산폐수 종류별 수처리 효율은 COD 및 SS의 처리효율은 축산폐수 종류에 따라 큰 차이 없이 높은 처리효율을 보였고, 축산폐수 종류별 T-N 및 T-P의 처리효율은 계분뇨를 제외한 우분뇨와 돈분뇨는 별 차이 없이 비슷한 처리효율을 보였으나, 계분뇨의 경우 처리효율이 약간 낮았다. 소형 축산폐수처리장치에서 VF조 및 HF조에 이식한 수생식물의 생육시기별 식물체 중 T-N 및 T-P 함량은 모든 조합방법에서 수생식물의 생육 시일이 경과함에 따라 약간씩 증가하거나 별 차이 없었으며, 증가하는 경우 그 증가량은 미미하였고, 다른 무기성분 및 중금속도 유사한 경향이었다. 소형 축산폐수처리장치에서 축산폐수 처리시기별 축산폐수 중의 미생물상 변화를 조사한 결과 축산폐수 원수의 일반세균 및 대장균군은 1차조의 처리수에서 축산폐수 원수에 비해 큰 폭으로 감소하였으며, 방류수가 1차조의 처리수에 비하여 다시 큰 폭으로 감소하였다. 이상의 결과에서 자연정화공법에 의한 축산폐수처리를 위한 최적조건을 구명하였고 자연정화공법에 의한 축산폐수처리가 가능할 것으로 판단되었다. 하지만 본 연구는 기초연구로서 향후 국내환경에 적합한 최적 축산폐수 처리공법을 개발하고 현장적용 시험을 거쳐야만 축산폐수 배출허용기준을 만족하면서 안정적인 처리가 가능한 자연정화공법으로 개발될 수 있을 것으로 판단된다.

가축분뇨 및 축산폐수의 최적 관리방안을 조사한 결과 퇴·액비화가 대부분 이루어지고 있는 우분뇨와 계분뇨의 경우는 양질의 퇴·액비 생산 및 공급으로 이용확대

유도를 위해 성분분석 및 시비처방서를 활용할 수 있는 체계를 구축해야 할 것이다. 또한 우분뇨와 계분뇨의 관리방안 개선을 위해 비료공정규격 등 관련규정을 검토 및 개선하여야 하며, 품질평가 기준을 마련하고, 생산자단체의 정보제공을 위한 체계구축이 필요할 것으로 판단된다.

퇴·액비화와 정화처리에 의해 처리되고 있는 돈분뇨의 최적관리방안을 조사한 결과 돈분뇨의 퇴·액비화의 경우 우분뇨나 계분뇨의 관리방안과 동일하며, 정화처리의 경우 처리효율이 낮은 공공처리시설에 대해서는 지속적으로 고도처리시설의 도입과 같은 시설 개선을 추진해야 할 것이며, 소규모 축산농가에서 발생하는 가축분뇨는 공공처리시설 확충이나 자가 처리공법 개발을 지속적으로 추진해 나가야 할 것으로 판단된다.

축산폐수 부하량별 최적관리 방안으로는 공공처리시설 확충을 통하여 가축분뇨 및 축산폐수가 집중적으로 부하가 되지 않게 해야 하며, 처리시설의 규모와 처리용량을 증가시켜 과부하가 발생하지 않게 해야 할 것으로 사료된다.

축산농가 규모별 최적관리 방안으로는 공동이용 및 공장형 축산농가의 경우 농가에 축분과 뇨를 분리하여 저장할 수 있는 분리시설을 설치하도록 유도 및 지원하고, 처리효율이 낮은 공공처리시설에 대해서는 지속적으로 고도처리시설을 도입하여 시설 개선을 추진해야 할 것으로 판단된다. 농가형의 경우는 고액분리가 가능한 축사로 구조개선하여 이용효율을 증대시키고, 수거운반 제반비용을 대폭 낮추도록 보조를 하는 등 소규모 축산농가에서 발생하는 뇨 및 오수 등 전량 수거되도록 해야 하며, 축산농민들에게 지속적인 교육이 필요할 것으로 판단된다.

자연정화공법에 의한 환경친화형 축산폐수처리장치는 공동이용과 공장형 축산농가 규모의 경우 폐수의 발생량, 부하변동, 부지면적 등의 이유에서 설치에 한계가 있을 것으로 판단되지만 현 처리공법의 후처리 공정으로 연계한다면 부하변동으로 인한 처리효율이 낮아지는 것을 보완할 수 있을 것이며, 농가형 규모의 경우는 소형 전처리 장치를 이용하여 자연정화공법과 연계한다면 소규모 농가형 축산폐수처리장으로서 활용이 가능할 것으로 판단된다.

Ⅴ. 연구결과의 활용계획

1. 기대성과

o. 축산농가 실정에 맞는 가축분뇨 관리방안 확립

o. 가축분뇨 중 수질 부영양화의 주원인인 질소 및 인을 효과적으로 제어할 수 있는 방안 도출 및 광역상수원 수질개선 효과가 기대됨

o. 축산폐수 종류별, 부하량별 및 축산농가 규모별 최적관리방안 제시

o. 환경친화형 가축분뇨처리로 친환경 농축산업의 기반기술로 활용이 기대됨

2. 활용방안

o. 축산농가 실정에 적합한 가축분뇨 처리방법 확립을 위한 기초자료로 활용
o. 축산농가에서 가축분뇨 및 축산폐수의 효과적인 처리를 위한 기초기술로 활용
o. 본 연구결과를 친환경 축산단지의 기반기술로 활용
o. 각 시, 군 농업기술센터 및 농업기술원에서 축산폐수처리를 위한 교육 자료로 활용
o. 중·소규모 가축분뇨 발생 농가에 대한 친환경 처리방안 마련