

草地에 대한 家畜糞尿의 施用

陸完芳

Studies on Animal Excreta Application to Grassland

Wan Bang Yook

要 約

畜産業의 發達과 함께 增加된 家畜糞尿의 처리는 심각한 環境問題를 야기시켜 왔다. 그러나 이러한 家畜糞尿의 草地에 대한 利用은 土壤의 酸性化를 막고 地力增進에 의한 生産性 向上을 가져올 수 있을 뿐만 아니라 동시에 環境汚染問題를 해결 畜産業 발전에 커다란 기여를 할 것이다. 이러한 問題點들을 해결하기 위한 지금까지의 우리나라에서의 研究 結果를 보면 대부분 家畜糞尿에 의한 地力 增進 効果, 草地의 植生構造 및 收量效果 등에 관한 것으로서 이를 간단히 요약하면 다음과 같다.

1. 家畜糞尿의 施用은 土壤의 單粒 構造 形成을 促進, 保水力을 向上시키고 有機物 뿐만 아니라 P, K, Ca, Mg 등 Mineral 含量을 증가시켜 土壤肥沃度 增進效果를 얻을 수 있다.
2. 混播草地에 대한 家畜糞尿의 施用은 廣葉型의 잡초는 증가되었으나 전체적으로 植生에 惡影響을 미치지 않는다.
3. 家畜糞尿의 草地 및 飼料作物의 生産性에 미치는 影響에서 乾物收量은 감소내지는 71%까지의 증가 까지 큰 차이를 보였으나 飼料價値는 증가되었다.

1. 序 論

옛날부터 家畜의 糞尿는 農家의 自給肥料로서 作物栽培를 위한 가장 중요한 營養素의 供給源이었으며 구미제국에서는 이미 19세기 중엽부터 이러한 自給肥料과 무기질 비료에 의한 효과적인 施肥 改善으로 農業生産性 向上과 함께 家畜 사육두수의 증가를 가져왔다. 우리 나라에서는 60년대 이후 국민식생활의 향상과 함께 畜産業 역시 괄목할 정도로 발달이 되었으나 增加된 家畜에 의한 家畜糞尿의 處理가 심각한 環境問題를 야기시켜 왔다.

특히 우리의 畜産業은 국토면적이 좁고 地價가 높으며 영농의 형태가 구라파와 같이 복합영농이 아닌 畜産農家와 논이나 밭 농사만을 위주로 하는 일반 농가로 분리되어 있어 일반 농작물만을 재배하는 농가에서는 肥料資源으로서 家畜糞尿를 손쉽게 구입하지 못하고 거의 모두가 화학 비료에만 의존 농경지의 지력 감퇴를 가져왔고, 양축농가 그 중에서도 도시근교의 地價가 높아 좁은 면적에서 配合飼料

나 볏짚 등의 구입사료에 의존 集約的으로 家畜을 飼育하는 비육우나 酪農 또는 경작지를 필요로 하지 않는 養豚이나 養鵝 農家에서는 飼料作物의 재배나 草地管理를 위해 그 생산된 糞尿를 이용할 수 있는 길이 閉鎖되어 糞尿를 하천에 방류시키거나 축사 부근에 야적시켜 빗물에 의해 하천으로 유입 수질오염, 악취, 병충해 발생 등 환경오염원으로서 나타나고 있다.

이러한 문제점을 해결하고 자원의 효율적인 이용이란 측면에서 볼 때 家畜糞尿를 肥料資源으로서의 이용은 화학비료의 과용으로 인한 土壤의 酸性化를 막고 土壤微生物의 作用에 의한 地力維持向上 등 큰 役割을 차지하기 때문에 많은 관심을 기울이고 있다. 이러한 家畜糞尿의 有機質 肥料로서의 2가지 기능은 특히 경작지의 유지 관리면에서 커다란 의의가 있다. 근래 우리의 가장 심각한 현실문제로서 부각되고 있는 UR 협상에 의한 수입 자유화와 環境保存 문제가 농업의 현실을 더욱 어렵게 할 때 우리나라의 연간 家畜糞尿의 排泄量을 肥料價格으로

換算 약 1,200억원에 달하는 賦存資源인 家畜糞尿의 낭비는 국가적 차원에서 볼 때 엄청난 것으로서 環境汚染 防止나 자원의 재활용면에서 家畜의 糞尿를 효율적으로 이용 土壤의 地力增進을 도모하고, 공해를 감소시킬 수 있으며 동시에 생산성향상을 가져옴으로써 畜産業 발전에 커다란 기여를 할 것으로 보아 이에 대한 많은 연구가 要求되고 있다.

2. 研究內容

家畜糞尿란 作物栽培를 위해 利用價値가 아주 높은 植物 營養源이나 이 역시 과다사용으로 인한 여러가지 문제점을 야기시킬 수가 있다. 적당한 家畜을 보유한 草地에서는 배설된 糞尿가 모두 골고루 分散이 된다면 생산된 糞尿는 아무 어려움 없이 이용할 수가 있다. 그러나 飼育 規模 이상의 사육과 증가된 배합사료의 급여는 여기서 생산된 糞尿에 의해 草地의 植生變化가 많고 雜草가 발생하는 등 그 影響을 크게 미치게 된다. 그러므로 集約的인 養畜農家에서는 家畜糞尿問題를 해결해야 한다는 더 많은 문제점들을 가지게 되며 이러한 문제점들을 해결해야 할 분야로서는 우선 충분한 糞尿 저장 시설은 물론 家畜糞尿의 영양소 결합 형태화 그 이용 效率를 파악하고 糞尿의 이용시기 및 방법, 糞尿와 화학비료의 상호이용, 糞尿이용시에 있어서의 地力增進效果와 植生構造 및 生産性에 미치는 影響 등으로서 지금까지 우리나라에서 研究發表된 結果들을 중심으로 分類 記述하고자 한다.

가. 家畜糞尿의 排泄量과 그 成分

家畜糞尿의 排泄量이나 그 成分은 가축의 種類(정 및 전, 1989) 年齡, 飼育形態, 能力에 따라 많은 차이를 보여 주지만 飼料의 섭취량, 조성, 소화율, 무기물 함량, 사료 저장중의 분해, 깔짚, 혼입물질 등에 의해 미치는 影響은 그 차가 약 20%까지 나타나며 그 밖에도 다음과 같은 내용들이 要約될 수 있다.

① 젖소는 그 비유능력에 따라 배설량이 달라지나 사양형태에 따라서 변화되지 않는다. 즉 배설량은 단지 비유능력에 따라서 구분된다.

② 젖소 糞尿중의 Mineral 성분과 N 함량은 사양 형태에 따라 변화되지만 비유능력에 따라서는 아주

작은 차이만을 나타낸다.

③ 처너소와 비유중인 젖소간에는 그 造成分에서 서로 구분되지는 않는다.

④ 돼지에 있어 糞尿의 양과 그 成分量은 사양형태에 따라 현저한 차이를 나타내지는 않지만 단지 N과 K에서는 차이를 보여주고 있다.

이상에서 설명된 차이 이 외에도 糞尿中の 또는 貯藏中の 水分 含量에 따라 차이를 나타낼 수 있는데 예로서 Gulle 형태로 이용시 糞尿는 Gas 형태의 N 流失이 비교적 적는데 반하여 돼지 糞尿에서는 저장중에 그 缺乏된 浮游物로 인하여 N 유실은 10%까지 달할 수 있다.

나. 家畜糞尿의 利用

(1) 營養素의 結合 形態 및 그 利用 效率

家畜糞尿는 많은 植物營養素를 含有하고 있으며 그 效力은 Mineral 비료와 비교가 된다. Mineral 비료와의 비교에서 家畜糞尿의 肥效는 작물재배에 있어 Mineral 비료의 최적기로서 나타낸다. 예로써 Mineral 비료와의 비교에서 糞尿내의 100kg K_2O 는 80kg의 Mineral 肥料에 의한 收量과 같으며 이는 최적기에 施用된 것으로서 환산된 것이다.

• N의 結合 形態 및 그 效率

일반적으로 無機形態로 된(예외 石灰窒素, 尿素 등) Mineral N 肥料와는 달리 家畜糞尿중의 N은 有機와 無機의 結合으로 이루어졌다. 糞尿중에 함유된 총 N의 약 50%는 NH_4 의 形態로 되어 있는데 이는 家畜에 의해 배설된 糞이나 尿는 尿素나 아미노산 등의 Amin결합형태로서 Urease 등 酵素의 作用으로 짧은 시간에 NH_4 로 변화되기 때문이며 이와같은 무기와 유기 N의 비율은 소가 50~60:40~50, 돼지와 닭은 60~70:30~40%의 比率로 家畜이나 그 給與 飼料의 종류에 따라 차이가 있다. 또한 糞尿중의 有機物質은 그의 C/N율이 작거나 土壤의 通氣性이 좋을수록 빨리 分解되지만 施用時의 溫度變化나 바람의 強度에 따라 Gas 형태인 NH_3 형태로서 流失이 쉽게 이루어진다. 나머지 유기결합 N은 잘 분해되지 않는 형태로서 결합되어 있지만 施用初期에는 대단히 빠르고 그 후로는 항상 서서히 년간 총 40% 정도가 분해 즉 Mineral化 한다. 그러나 지속적인 糞尿의 施用時에는 전체 N의 지속적인

효과에 의해 최고 70%까지 분해된다. 또한 糞尿중에 함유된 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 변화는 그 施用時期에 따라 많은 차이를 나타내어 6~9월중의 施用에서는 2~3주 내에 10월~다음해 봄까지의 施用時에는 6~8주 내에 NO_3 로 변화되어 植物에 의해 이용되거나 地下로 流失된다.

지금까지 확인된 糞尿 N의 Mineral N 비료에 대한 비교 및 그 水準은 연간 施用된 糞尿중 有機物質의 비율로부터 N의 Mineral화로서 나타낸다. 예로서

糞尿의 施用량(비옥우:DM 7.5%, 4.5kg N/m³)
 40m³/ha
 전 N(40m³×4.5kg)..... 180kg
 $\text{NH}_4\text{-N}$ (180kg중 60%) 108kg
 有機 N(180kg중 40%)..... 72kg
 N 流失 25%(施用과 처리과정 내지는 Denitrification과 NO_3 의 용탈)
 (108kg중 25%)..... 27kg

잔류 $\text{NH}_4\text{-N}$ (108kg-27kg)..... 81kg
 실험적으로 확인된 糞尿 N중의 Mineral N 비료의 水準 55%..... 99kg(180kg중의 55%)

위에서 Mineral N 비료 수준 99kg과 이용 가능한 $\text{NH}_4\text{-N}$ 81kg간의 차이 18kg은 糞尿내의 유기형태로 결합된 N요인으로부터 기인된 것이다. 이 차이는 有機結合 N에서 25%가 N Mineral화한 것이다. Mineral 肥料와의 비교에서 유기결합 N의 Mineral화는 糞尿 施用연도에 N용탈이 많으면 많을수록 높아야 하며 유기결합 N은 단기간의 N 효과로서 또 地力增進을 위한 土壤 N의 축적을 위해서도 중요한 의미를 갖는다.

• Phosphate

糞尿중의 磷酸은 주로 水溶性의 無期形態로 존재한다. 有機磷의 비율은(예 Phytin태 P) 소나 돼지의 糞尿중에는 약 20%로 아주 적은 양이 존재하며 닭은 약 40%로 훨씬 높다.

• Kalium

糞尿중의 칼리는 거의 100% 水溶性이며 그 중 80~90%가 無機態로서 植物體에 의해 쉽게 吸收될 수 있는 형태로 존재한다. 有機態로 되어 있는 것은 먼저 植物體에 의해 흡수될 수 있는 형태로 바뀌어야 한다.

• Magnesium과 Calcium

Mg와 Ca는 糞尿중에 주로 무기형태로 존재하며 많은 양이 함유되어 있다.

그러나 糞尿중에 함유된 營養素는 以上에서 설명된 바와 같이 단순히 그 함량만을 가지고 肥料價値로 나타낼 수는 없으며 그 가치를 나타낼 수 있는 尺度로서 Mineral 비료와 비교되는데 Mineral 비료와 有機質 비료의 비교에서 一般的으로 Phosphor과 Kalium은 실제 수확을 위해 거의 같은 효과를 나타내지만 N은 施用년도에 단지 그 성분의 1/2~1/3만이 Mineral-N 비료의 효과를 가져올 뿐이다. 그러나 이러한 N의 효과는 유기질 비료의 貯藏形態 등에 따라 많은 영향을 받으며 그 대표적인 것으로서

- ① 糞尿의 회석정도(세척 등에 의한 물의 첨가)
- ② 添加物質(磷酸質 자제, 휴 등)
- ③ 施用時期
- ④ 施用과 耕耘間隔 등이 있다.

(2) 糞尿의 利用時期 및 그 方法

糞尿의 施用시기나 土壤의 種類에 따라서는 營養素의 손실을 많게도 또는 적게도 하는데 그 중 利用方法에 따라 가장 큰 영향을 받는 것은 N이다.

糞尿의 계절적 施用時期는 이른 봄 牧草가 生育을 시작하기 직전에 施用해야 하며 늦은 여름이나 가을철에는 그 이용율이 현저하게 떨어진다. 그러나 주의할 점은 봄철 植生을 상하지 않도록 해야 하며 늦어도 放牧開始 4~5주 전에는 施用해야 한다. 옥수수 등의 飼料作物 栽培를 위해서도 糞尿施用은 봄철 파종전에 해야하나 늦여름이나 가을철의 살포는 늦가을이나 겨울철 살포와 똑같이 越冬中 作物의 동사율이 증가된다. 그러나 계절에 관계없이 刈取直後와 예취 15일 후의 糞尿撒布는 서로 간에 월동성에는 차이가 없으나 후자가 약 3% 정도 증수되었고, 糞尿살포가 化學肥料區에 비하여 乾物收量은 적었지만 동사율이 낮았다(김 등 1981).

糞尿의 施用은 氣候나 濕度の 影響도 많이 받으며 가장 좋은 시기는 비오기 전이다. 왜냐하면 강한 햇빛이나 더위는 암모니아의 손실을 증가시키기 때문이며 이는 돼지糞尿의 撒布時에 더욱 손실량이 많고 惡臭을 증가시킨다. 반면에 습한 草地土壤에서의 糞尿 살포작업을 위한 농기구의 왕래는 草地 植生을 파괴시키며 飼料作物 등의 일반 발토양에서

토양공극량을 減少시킬 수가 있다. 반대로 건조한 토양이나 얼은 토양에서는 친근성인 牧草들이 해를 입을 수가 있는데 이는 특히 겨울철에 어린 분얼경이 잘려나가기 때문이다. 또한 눈덮인 경사지에 대한 살포는 해빙과 함께 씻겨 내려 간다. 일반적으로 생육정지기에 있어서의 糞尿施用은 營養素 특히 Nitrate의 流失과 地下水의 汚染을 야기 시킨다.

이러한 이유들로 인하여 독일 등지에서는 겨울철에 糞尿撒布를 禁止할 것을 이미 法的으로 規定하고 있다. 물론 이러한 규정은 단지 糞尿를 살포할 수 없는 시기를 위해 貯藏施設이 충분히 갖추어져 있을 때만이 가능하기 때문에 우리와 같은 영세한 영농규모와 충분치 못한 시설 상황하에서는 이러한 규정의 적용은 어려우나 우리도 빠른 시일내에 이에 대처해 나가야 할 것이다.

다. 家畜糞尿의 生産性 및 地力增進 効果

(1) 植生構造와 生産性

우리나라에서의 家畜糞尿에 대한 研究는 아직 初步段階에 머무르고 있으나 그 중 糞尿施用에 의한 草地나 飼料作物의 生産性 向上을 위한 연구는 그 어느 영역보다도 활발하였다.

家畜糞尿의 草地에 미치는 影響은 주로 과량의 施用 특히, 우사 부근이나 많은 家畜을 보유한 농가에서 지속적인 과량의 施用으로 결국 草地의 雜草率을 증가시키거나 植生비율을 떨어뜨릴 수 있는데 김 등(1987)도 混播草地에서의 메탄醱酵 廢液의 증가는 결국 광영양의 잠초가 우점된다고 하였다. 그러나 정과 전(1989)과 김 등(1991)은 기존 混播草地에 대한 糞尿 살포에 의해 잡초의 증가나 植生에 대한 影響은 미치지 않는다고 하였다. 이와같은 결과로부터 생각할 수 있는 草地에 대한 糞尿施用은 단지 주의 깊은 施用 技術이나 利用으로 植生의 악화를 막을 수 있다는 것이다. 이는 물론 같은 土壤이나 氣候條件下에서도 이용방법이나 造成된 草種에 따라 서로 다르기 때문에 이러한 植生의 변화를 무리없이 조절한다는 것이 대단히 어려운 일이지만 糞尿施用 뿐만 아니라 Mineral 肥料를 잘 조화시킴으로서 이러한 문제를 해결할 수 있을 것이다.

家畜糞尿의 生産성에 미치는 주목할 만한 影響으로 김 등(1987)에 의하면 混播草地에 대한 42ton/10a의 메탄醱酵廢液의 施用은 化學肥料 3要素標準

施肥에 비해 乾物收量을 71%까지 증가시킬 수 있었으며, 家畜糞尿의 種類나 그 施用量이 飼料作物의 種類나 品種에 따라서는 많은 차이를 가져오지만 (박과 양, 1988) 한과 박(1991) 및 김 등(1989)도 옥수수-胡麥作付의 年間 總乾物收量에서 3要素 + 堆肥施用(3000kg~6000kg/ha)으로 11.1~28.3%의 增收을 보였고 김 등(1991)도 家畜糞尿의 施用으로 Alfalfa의 生産性을 높일 수가 있다고 하였다. 家畜糞尿의 施用은 또한 牧草나 飼料作物의 飼料價値 즉, 粗蛋白質, Starch value 및 NEL 등도 증가되었을 뿐만 아니라(愼 등; 1987, 김 등; 1987, 임 등; 1987) 肥效以外에도 관수효과도 커서 우리나라와 같이 高溫乾燥한 氣象條件下에서도 夏枯防止의 效果도 期待할 수 있다(愼 등; 1986). 또한 糞尿의 施用量은 일반적으로 그 水分含量 즉 희석 정도에 따라 다르지만 매 예취시 마다 糞尿 N으로 환산 50~60kg N/ha를 초과할 경우에는 오히려 과량시용으로 인한 收穫量 減少의 原因이 될 수 있다. 그러나 糞尿만을 施用할 때에는 C/N율이 낮아져 질소기아현상이 나타나기 때문에 추가적인 N 施用이 요구된다. 이러한 이유로써 草地에 대한 화학비료 사용수준에 따른 糞尿 N의 施用은 化學肥料 200kg/ha까지에서 糞尿N 施用量은 160kg/ha/年까지도 乾物收量의 增加를 가져올 수 있었지만 Silage용 옥수수 수량은 단지 화학비료 100kg/ha까지에서 만이 糞尿施用效果가 있을 뿐 200kg/ha에서는 오히려 糞尿 施用量의 증가로 收穫의 감소를 보였고(육, 1992) 송과 양(1986)도 역시 厩肥 3000kg/10a까지에서 청예용호밀의 收量은 金肥 20kg N/10a 이상은 오히려 감소의 원인이 된다고 하였지만 混播草地에 대한 牛糞 2000kg/10a 施用時에 금비 56kg N/10a까지는 지속적인 증가를 보였다(이와 박, 1990).

이와 같이 家畜糞尿가 草地의 生産성에 미치는 影響이 서로 相異한 結果는 앞에서 기술한 바와 같이 糞尿의 效果가 糞尿의 種類, 水分含量, 施用時期, 土壤, 氣候 등 여러가지 條件에 따라 다르고 지속적이기 때문에 이에 대한 연구는 보다 더 綜合的이고 또 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

(2) 地力增進

家畜糞尿 施用은 土壤의 單粒構造形成을 促進 土壤保水力을 향상 시켜줄 뿐만 아니라(한과 박; 1991, 김 등; 1989) 土壤有機物을 증가시키는데(박과

양; 1988, 정과 전; 1989, 이 등; 1990) 이러한 有機物은 土壤微生物에 의해 쉽게 분해되어지는 성분으로 土壤의 肥沃도를 증가시켜 준다. 즉, 草地에 대한 糞尿의 施用은 Mineral화 등에 필요한 土壤微生物의 증가에 도움이 되는 것 이외에도 有效態磷酸, K, Ca, Mg 등의 Mineral 함량이 증가되지만(박과 양; 1988, 신 등; 1987, 이 등; 1990, 한과 박; 1991) 과량의 施用(메탄 醱酵 廢液 42ton/10a)은 오히려 牧草의 要求量 이상이 土壤에 축적될 수가 있다(김 등; 1987). 이와 같이 糞尿에 의한 土壤肥沃도 增進效果는 단지 施用年度 뿐만이 아니라 지속적인 증수의 효과까지도 얻을 수가 있다(송과 양, 1986).

3. 問題點 및 研究方向

家畜糞尿의 이용효율은 糞尿의 種類 즉, 家畜의 年齡, 飼料의 種類, 飼育形態 외에도 그 處理方法, 水分含量, 土壤, 氣候, 施用方法과 時期에 따라서 많은 차이를 가져온다. 또 草地와 飼料作物間에는 물론 草種間에도 그 利用目的에 따라 그 효율에 많은 影響을 미치고 있다. 糞尿의 처리 방법도 環境 汚染防止나, 貯藏形態가 지금까지 수없이 많은 방법들이 소개되었지만 영농형태가 소규모거나 糞尿를 撒布할 耕地나 草地를 소유하지 못한 농가가 많은 우리나라의 특성에 적합한 처리 방법의 개발을 竝行해야 할 것이다.

糞尿에 의한 環境汚染 問題는 糞尿의 직접 방류에 의한 河川의 汚染 등 단지 그 처리 과정에 의해서만 발생하는 것이 아니고 施用後 또는 계속되는 施用으로 지속적인 影響을 미칠 수 있는 것으로서 특히 N 肥料의 추가적인 施用時는 土壤中에서의 N-Mineral 化를 促進, 유실되어 우리의 식수원인 地下水를 汚染시키는 原因이 될 수가 있는 것이다. 이러한 문제점들로 인하여 앞으로의 草地에 대한 가축 糞尿施用에 관한 연구는 단지 牧草의 生産性 向上이

나 土壤改良 또는 營養素의 供給源으로서 뿐만 아니라 牧草의 質的 向上과 環境汚染 등 앞에서 열거한 모든 要因들이나 문제점들에 대하여 종합적이고도 지속적으로 研究 해결해 나가야 할 것이다.

參 考 文 獻

1. 김재규, 박근제, 이혁호. 1990. 축산시험장 시험연구보고서 582-594.
2. 金在圭, 朴根濟, 李赫浩, 鄭義壽. 1991. 韓草誌 11(3):182-188.
3. 金正甲, 愼齊晟, 林東圭. 1987. 韓草誌 7(2): 103-108.
4. 金正甲, 韓敏洙, 李相範. 1989. 韓畜誌 31(12): 751-817.
5. 金熙敬, 金東岩, 曹武煥. 1991. 韓草誌 11(3): 145-152.
6. 박병석, 양종성. 1988. 축산시험장 시험연구보고서 705-714.
7. 송진달, 양종성. 1986. 축산시험장 시험연구보고서 815-819.
8. 愼齊晟, 林東圭, 金正甲, 朴永大. 1986. 韓土肥誌 19(2):133-137.
9. 愼齊晟, 金正甲, 林東圭, 한기학. 1987. 韓土肥誌 20(2):147-152.
10. 육완방. 1991. 동물자원연구센터 중장기 연구과제 중간보고서.
11. 이필상, 박근제. 1990. 축산시험장 시험연구보고서 595-603.
12. 이혁호, 김재규, 이필상, 박근제. 1990. 축산시험장 시험연구보고서 569-582.
13. 林東圭, 愼齊晟, 崔斗會, 朴永大. 1987. 韓土肥誌 20(4):333-336.
14. 鄭燦, 全炳台. 1989. 韓草誌 9(1):48-55.
15. 韓敏洙, 朴種先. 1991. 韓草誌 11(2):108-115.