

저농도(SCB)액비 이용 벼 재배 기술



작물과학원 호남연구소
이 상 북

목 차

1. 가축분뇨 자원화의 필요성
2. 가축분뇨 처리와 액비화 기술
3. 가축분뇨 액비 살포 준비 작업
4. 가축분뇨 액비 시용량 결정방법
5. 액비살포시 주의사항
6. 벼에 대한 가축분뇨 액비 살포 방법
7. 벼에 대한 저농도 액비(SCB) 활용기술
8. 맺음말

1. 가축분뇨 자원화의 필요성

가축분뇨를 퇴·액비화하여 자원화하게 되면 첫째, 분뇨를 정화하여 방류하는 정화방류시설과는 달리 하천으로 방류하는 방류수가 없으므로 가축분뇨로 인한 수질오염을 방지하며 둘째, 가축분뇨로 유기질비료를 대량생산하여 경종농가에 보급하여 농경지에 투입함으로써 유기농산물 생산의 기반을 형성할 수 있고, 토양에의 유기물투입은 지력을 회복케 하며, 화학비료를 그 만큼 절감하게 됨으로써 화학비료 대체효과 또한 적지 않으며, 셋째 축산농가 입장에서든 가축분뇨를 방류하지 않음으로써 축산에 대한 환경규제로부터 보호받을 수 있고 가축분뇨를 적정 관리하여 질 좋은 유기질 비료를 생산할 경우 유기질비료의 판매수익으로 생산비절감에도 기여할 수 있는 이점이 있다.

가축분뇨의 비료적 가치는 <표 1>에서 설명되고 있듯이 각종 영양분을 골고루 함유하고 있어 작물에게 유용하고, 퇴비는 지효성이지만 액비는 화학비료와 거의 동등한 속효성을 가지고 있다. 축분별 비료성분 함량은 계분>돈분>우분 순으로 높고, 비료 효율도 빠르다.

<표 1> 가축분뇨의 이용효과

작물에 대한 양분 공급원 효과	토양의 물리·화학적 개천효과	토양 중 생물상의 *활성유지, 증진
· 다량·미량요소의 공급원 · 완효성, 누적적 양분 공급효과 · 탄산가스 공급원 · 작물생육 촉진 물질 공급	· 토양입단 형성 : 공극분포, 투수성, 보수성, 통기성 등 개선 · CEC 증대 · 킬레이트 기능 · 토양 완충능 증대	· 중소생물, 미생물 다양성 증대 · 물질 순환기능 증대 · 생물적 완충기능 증대 · 유해물질의 분해 및 제어

축분뇨와 화학비료의 주요 차이점은 1) 가축분뇨는 각종 영양분을 골고루 함유하고 있어 작물에게 각종 영양소를 동시에 공급한다. 2) 가축분뇨는 각종 요인에 따라 그 성분이나 품질에 차이가 크다. 3) 퇴비는 지효성이나 액비는 화학비료와 거의 동등한 속효성이다. 4) 가축분뇨는 화학비료에 비해 운송, 사용이 불편하다. 5) 가축분뇨를 사용할 때마다 성분을 분석하여 사용량을 결정하여야 한다. 가축분뇨의 비료성분은 농경지에 시비할 수 있는 화학비료량과 비교하면 질소 87%, 인산 54% 칼리 53% 수준으로서 화학비료를 상당량 대체할 수 있다<표2>.

<표 2> 가축 분뇨의 비료성분량 및 화학비료 대체 (단위 : 천톤)

구 분	질소(N)	인산(P ₂ O ₅)	칼리(K ₂ O)
가축분뇨중 비료성분량	222	65	86
시비량 기준 비료소요량	280	140	183
가축분뇨중 비료대체율(%)	87	54	53

* 자료 : 축산기술연구소, 2000

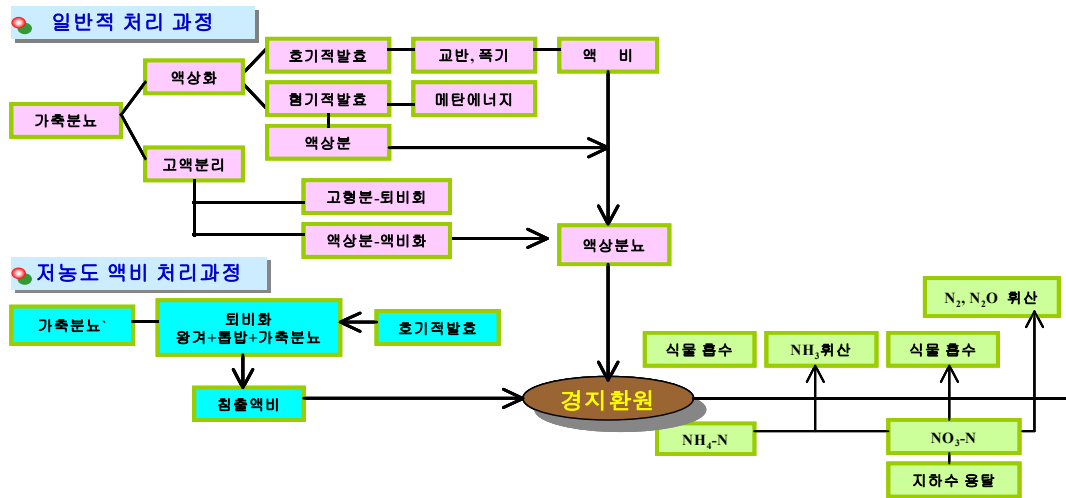
이러한 가축분뇨를 질소, 인산, 칼리 비료성분의 경제적 가치로 평가하면 4,206억원으로 추정되고 있으며, 그 외 가축분뇨 이용에 의한 플러스 측면인 작물증수 및 환경보호 등을 고려한 종합적 경제적 가치는 1조원 이상이 될 것으로 평가된다. 이처럼 가축분뇨는 관리에 따라 환경오염원이 될 수도 있지만 효율적 이용을 통해 자원의 재활용이라는 측면에서는 중요한 자원이 된다.

2. 가축분뇨처리와 액비화 기술

가) 가축분뇨처리 방법

가축분뇨처리방법은 크게 분과 뇨를 분리하여서 처리하는 방법과 분과 뇨를 혼합하여 처리하는 방법으로 대별된다. 분의 처리방식은 건조와 퇴비화로 구분되며, 건조처리는 바람, 태양열, 연료 등의 외부에너지를 이용하여 분중의 수분을 증발제거하는 방법이다. 태양열과 바람 등의 자연에너지를 이용하는 천일건조방식은 처리비용이 적은 반면에 넓은 시설면적을 필요로 하고 기후와 계절에 따라 건조능력에 영향을 받으므로 온난지역에 적합하다. 주로 계분의 처리에 많이 적용되고 있지만 퇴비화의 전처리 단계로 분의 수분을 70%이하까지 예비건조하는 목적으로 돈분과 육우분의 처리에도 이용할 수 있다. 화력건조 처리방식은 기후에 관계없이 처리할 수 있는 장점이 있는 반면에 처리경비(연료비)가 많이 소요되어 양계농가와 양돈단지에서 일부 적용되고 있다. 퇴비화 처리방식은 분 중의 에너지를 이용하여 부숙과 수분증발을 촉진하는 처리방식으로 가장 오래전부터 이용되어온 분처리 방식이다. 단순퇴적방식은 비용이 저렴하나 퇴비의 품질이 불균일하기 쉬운 단점이 있으며 많은 노력을 필요로 하기 때문에 소규모에 적합하다. 송풍 및 교반방식은 발효조에 교반장치와 발효조 저부에 산기장치를 설치한 처리방법으로 인력소요가 적고 양질의 퇴비와 대량생산이 가능한 반면에 고장발생이 쉽고 처리경비가 비싼 문제점이 있다. 분뇨혼합의 액비화 처리방식은 생력화가 용이하나 살포농경지가 있어야 하기 때문에 주로 낙농에서 이용되고 있다. 뇨오수의 정화처리는 미생물처리를 중심으로 물리 및 화학적 처리를 병용한 부유물질(SS)의 제거이었지만 앞으로는 N 및 P를 제거할 수 있는 기술의 적용이 요망된다.

액비가 생산 처리되는 과정과 토양에서 물질순환은 그림1과 같다.



〈그림1〉 가축분뇨의 물질 순환과정

나) 가축분뇨 액비의 구비조건

가축분뇨 액비가 비료로써 경지에 환원되기 위해서는

- ① 액비 성분은 균일해야 한다.
- ② 살포하는데 편리하도록 액체상태로 되어야 한다.
- ③ 액비가 서로 엉겨 붙지 않도록 점착력이 낮아야 한다.
- ④ 주변에 냄새를 유발하지 않아야 한다.
- ⑤ 특히 작물에 피해가 없도록 충분히 발효되어야 한다.
- ⑥ 중금속, 염분함량 등 유해성분 함량이 기준이내이어야 한다

이상과 같은 조건을 만족하기 위해서는 축산농가는 사료중 중금속 및 염분함량이 최소화 할 수 있도록 노력해야 하며, 경지에서 액비 사용농가 측면에서는 액비화 과정 중 폭기처리를 충분히 하여야 한다. 폭기의 목적은 슬러리에 용존산소량을 높여 유기물의 분해를 촉진하고 냄새를 제거, 고형분의 침전과 스컴형성을 억제하는데 있다. 폭기가 불충분하면 혐기성 발효가 진전되어 표면에 스컴을 발생하고, 추운지방에서는 동결되기 쉬우며, 액비를 폭기, 교반하면 균일한 호기성 발효가 일어난다. 교반은 가축분뇨 액비를 계속 순환시킴으로써 역시 고형물의 침전과 스컴형성을 방지하며, 저장액비 표면의 공기와 접촉시켜 발효를 촉진시킨다. 저장탱크는 가축분뇨 액비의 높이별 비료성분의 농도가 다르기 때문에 농작물에 사용하기 위해서는 반드시 액비 살포 전 충분히 교반하여야 한다.

〈표 3〉 가축분뇨 발효액비중 유해성분 규제 최대 함량

수 분 (%)	염 분 (%)	중금속 최대 함량(mg/kg)							
		비소	카드뮴	수은	납	크롬	구리	아연	니켈
95 이상	0.3이하	5	0.5	0.2	15	30	50	130	5

3. 가축분뇨 액비 살포 준비 작업

가. 액비의 부숙 상태 확인

- 사용할 액비는 가축분뇨가 충분히 부숙된 것인지를 확인한다.
 - 일반 저장액비의 경우에는 6개월 이상 저장되어 부숙된 것인지, 냄새는 없는지 등을 인한다.
- 액비에서 악취가 많이 나면 부숙이 덜된 것으로 충분히 부숙시켜 액비를 사용한다.

나. 액비 중 비료성분 함량 검사

- 충분히 부숙된 액비는 살포 전에 농업기술센터에서 비료성분 함량을 분석하여야 한다.

다. 토양분석 의뢰

- 액비를 살포할 논·밭의 토양 시료를 채취하여 시·군 농업기술센터에 의뢰 분석하고 작물별 시비처방서를 발급받는다.

라. 액비 살포량 및 살포방법 결정

(1) 액비 살포량

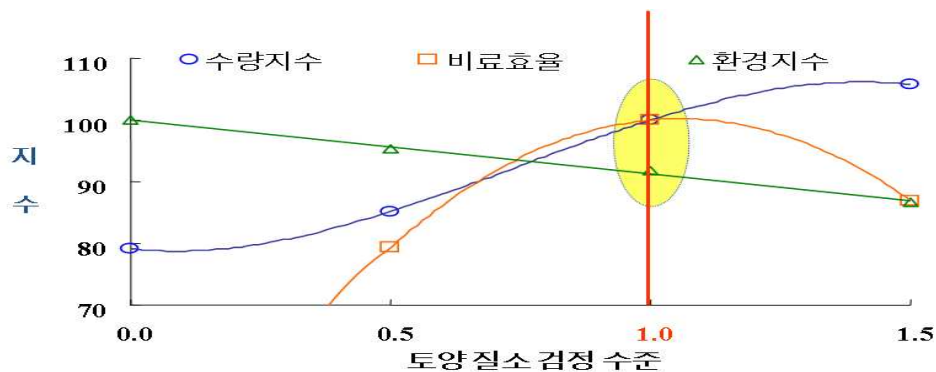
- 액비 살포량은 시비처방서에 추천된 시비량과 액비중 비료성분 함량을 고려하여 삼요소중 최소 시용량을 기준으로 결정하는 것을 원칙으로 한다.
- 액비 살포량은 조건표를 참조하여 작물별로 시비처방서상의 질소총량 중에서 시비량에 해당하는 액비량을 찾아 살포량으로 한다.
- 시비처방서의 질소량이 조건표에 나와 있지 않을 경우는 농업기술센터 담당자에게 문의한다.
- 시비처방서가 없는 경우는 작물별 표준시비량 또는 농업기술센터에서 추천하는 양을 기준으로 살포한다.

(2) 살포 방법

- 액비는 일단 뿌리고 나면 옆으로 이동이 잘 안되므로 농경지 전 면적에 고루 살포 하여야 한다.
- 액비살포 후 경운이나 로터리를 하여 악취가 나지 않도록 한다.

4. 가축분뇨 액비 시용량 결정방법

작물별로 가축분뇨 액비 시용량 결정에 고려할 점은 토양의 비옥도와 액비 중 비료 성분 함량의 분석치이다. 토양의 특성을 고려하여 액비시용량은 차별화 될 수 있다. 이를 위해서는 토양과 액비에 대한 사전분석이 필요하다.



〈그림2〉 토양질소 검정을 위한 액비시비처방 모식도

액비분석에 의한 시비처방은 토양질소의 검정수준이 양분효율이나 수량 및 환경에 적합한 수준하에서 정해져야 한다. 즉, 수량을 높이기 위해 액비를 다량사용하면 시비 효율도 낮을 뿐만 아니라 환경에는 악영향을 끼치게 된다. 따라서 토양질소 검정수준은 이들 3요인이 거의 일치하는 1.0에서 3요인의 척수도 100에 가까운 점에서 결정지어 되는 것이다.

가축분뇨(액비)는 질소성분이 높고, 질소 무기화율이 화학비료와 비슷하기 때문에 액비중 질소성분을 기준으로 시용량을 결정한다. 인산 기준으로 액비 시용량을 결정할 경우 액비 시용량에 따른 질소비료 과다 투입으로 작물의 병해충 발생, 도복이나 등숙률을 저하가 우려되며, 질산염 등이 지하수로 침투되어 환경을 오염시킬 수 있으므로 항상 사용시에는 액비 중 비료성분함량을 분석하여 작물별로 시비량을 산출하여 시용적량 내에서 사용한다.

가. 토양검정에 의한 방법(시비처방서에 따른 방법)

- 1) 재배하고자 하는 작물포장의 토양시료와 사용하려는 액비시료를 채취하여 검정실에서 분석한다.
- 2) 토양분석치는 시비처방 프로그램을 활용하여 재배하려는 작물의 시비처방서를 발급 받아 질소시비량을 확인한다.
- 3) 각 작물별로 질소시비량의 총량을 액비로 대체하는 작물이 있고, 기비(밑거름)만 액비로 주는 작물이 있기 때문에 잘 확인한 후 액비시용량을 산출한다.

4) 아래 식은 질소 총량에 대한 액비 산출식이므로 기비량이 질소총량의 50%이면 액비시용량에 0.5를 곱하여 기비량에 대한 액비량을 계산한다.

5) 액비시용량 계산식은 다음과 같다.

$$\text{액비시용량(톤/10a)} = \frac{\text{토양검정질소 총량(kg/10a)}}{\text{액비중 질소(T-N)함량(\%)}} \times 100 \div 1,000$$

$$\text{액비시용량(톤/10a)} = \frac{\text{토양검정질소 기비량(kg/10a)}}{\text{액비중 질소(T-N)함량(\%)}} \times 100 \div 1,000$$

※ 톤=1,000 ℓ = m³(비중 1기준)

나. 작물별 표준시비량에 의한 방법

1) 재배하려는 작물의 표준시비량은 작물별 시비처방기준('99. 농업과학기술원)책자를 활용하여 질소시비량을 확인한다. 단, 일부작물에 대하여는 새로 조정된 표준시비량 도는 전문 작목기관에서 권장하는 시비량을 적용한 경우도 있다.

2) 작물에 따른 액비시용량이 질소총량인지 기비량(밑거름)인지를 잘 구분하여 액비시용량을 산출한다.

3) 아래 식은 질소총량에 대한 액비 산출식이므로 기비량이 질소총량의 50%이면 액비시용량에 0.5를 곱하여 기비량에 대한 액비량을 계산한다.

$$\text{액비시용량(톤/10a)} = \frac{\text{표준시비질소총량(kg/10a)}}{\text{액비중 질소(T-N)함량(\%)}} \times 100 \div 1,000$$

$$\text{액비시용량(톤/10a)} = \frac{\text{표준시비질소기비량(kg/10a)}}{\text{액비중 질소(T-N)함량(\%)}} \times 100 \div 1,000$$

다. 가축분뇨 액비 시용량 조건표 활용

1) 작물별 질소시비량과 가축분뇨 액비 중 질소함량을 알고 있는 경우 계산식을 이용하지 않고 「가축분뇨 액비 중 질소함량에 따른 액비 시용량 조건표」를 활용하면 쉽게 액비 시용량을 찾을 수 있다.

2) 질소 기비(밑거름)량을 액비로 시용할 때도 기비에 해당하는 질소량을 찾고, 액비중 질소함량을 찾으면 액비 시용량을 찾을 수 있다.

3) 작물별 인산시비량과 칼리시비량도 질소시비량 계산과 같은 방법으로 가축분뇨 액비중 인산 또는 칼리함량에 따른 액비 시용량 조건표를 활용하면 된다.

5. 액비 살포시 주의사항

가. 대상작물

○ 사용권장 : 사료작물, 초지, 과수 등 노지 영년생 작물은 기준량 내에서 사용

○ 사용유의 : 곡물류, 과채류, 근채류의 노지 재배시는 충분히 부숙시킨 것으로 사용지역, 사용시기, 사용량 등에 특별히 유의하면서 사용

○ 사용유보 : 엽류집적 및 가스장해, 재배환경악화와 위생적인 면에서 부작용이 우려되는 시설 재배 작물, 엽채류 작물을 가급적 사용하지양

나. 사용량

○ 1회 사용량

- 시용한 액비가 흘러내려 환경오염이 발생하지 않도록 본 지침서에 제시한 시용량을 넘지 않도록 한다.

○ 작물별 최대사용량

- 액비 중의 비료성분은 화학비료와 같은 개념으로 취급하여 사용하는 액비에 함유된 총 비료 성분(시비처방서의 삼요소와 액비 중 비료함량을 고려한 최소 시비량을 원칙으로 함)기준으로 하여 작물별 시용적량 범위 내에서 사용한다.

다. 살포시기

○ 토양이 얼어붙은 겨울철은 액비가 토양에 침투되지 않고 흘러내리며, 비가 많이 오는 여름철에는 강우에 의한 환경오염 우려가 있으니 사용을 지양하고 가급적 봄, 가을에 사용한다.

○ 사료작물 포장과 초지에는 예취 후에 살포할 수 있으나 식용작물은 토양 개량제의 시용시기와 동일하게 이식이나 파종 15일전까지 기비로 살포하고 작물 생육기간 중에는 액비사용을 지양한다.

라. 살포농도

○ 작물재배 전 기비로 사용하고 원액상태로 살포한다.

○ 사료작물 포장과 초지에서 예취 후 추비(웃거름)의 형태로 액비를 사용할 때는 원액을 2~4배로 희석(수분 98%정도)하여 살포한다.

마. 살포지역

○ 가급적 민가에서 200m 이상 격리된 지역에 사용하고 액비살포 후 경운 및 로터리작업을 하여 악취를 제거한다.

사. 부숙도

○ 완숙되어 안정화된 액비를 이용하는 것이 원칙이며, 액비 살포 전 기후, 지형, 토양조건을 고려하고 인근의 피해를 최소화하여야 한다.

○ 안정화된 액비의 조건은 균일성, 액상화, 저 점착력, 무악취, 작물피해가 없는 등의

조건을 갖추어야 한다.

- 미숙액비를 사용할 때는 악취로 인한 인근농가의 민원발생 및 기생충 세균성 미생물 감염이 우려되므로 일반 저장액비는 6개월 이상 충분히 발효시켜 사용한다.

- 부숙도 판정은 부숙방법과 원료의 질에 따라 다양하여 일정한 기준을 적용하기 곤란하다. 악취가 많이 나지 않는 것을 부숙액비로 한다.

아. 살포방법

- 액비시용 후 작기 중에 비절현상이 발생할 경우 화학비료로 대비한다.

- 액비의 운반살포는 품이 적게 들면서도 고르게 시용이 되고 운반 중에 악취 등으로 인한 민원이 없도록 주의하여 사용하여야 한다.

- 액비는 화학비료와 같이 속효성 비효를 나타내므로 성분량을 기준하여 시비 추천량을 초과하지 않도록 사용한다.

- 액비는 화학비료와 같이 속효성 비효를 나타내므로 성분량을 기준하여 시비 추천량의 초과하지 않도록 사용한다.

- 액비 살포 추천량은 기준 비료성분 이외의 성분은 액비 중의 함유량을 근거로 가감 사용한다.

- 가축분 연용지는 액비 시용량 절감 및 액비의 연용에 따른 사용량 조절이 필요하므로 가급적 3년마다 토양검정을 실시하여 양분집적을 방지한다.

- 토양이 경운되지 않은 상태에서는 적은 양의 액비살포로서도 액비가 흘러내릴 수 있으니 살포량이 많을 경우에는 반드시 미리 경운하여 액비가 토양에 잘 스며들도록 하고 살포후에는 다시 경운 및 로타리를 하여 악취발생을 경감시킨다.

- 액비 살포시는 경운 또는 로타리 작업 후 살포하여 흘러내림을 방지하고 고르게 스며들게 하여야 한다.

- 살포 후에는 빠른 시일 안에 다시 로타리를 하는 것이 악취를 줄일 수 있다.

- 효율적인 액비 살포는 토양 중에 액비를 주입하여 질소 휘산을 방지한다.

- 지표에 살포할 때는 가급적 낮게 흘러 뿌려주어야 질소의 휘산량을 감소시킬 수 있어 환경 오염 경감에 유리한다.

- 경사지 토양은 액비 살포시 액비가 흘러내려 환경오염을 유발하므로 가급적 사용을 지양한다.

- 시용 대상은 초지나 사료작물 등 비식용작물 포장과 과수 등 영년생 작물재배 포장의 시용을 원칙으로 하고 양분집적 등의 우려가 있는 시설재배나 채소류 등에는 충분히 부숙시킨 것으로 사용지역, 사용시기, 사용량 등에 특별히 유의한다.

- 시용기준은 각 작물별로 작성하되 각 액비종류별로 함유된 총 질소량을 환산하여 작물별 질소시비적량 수준을 최대 살포 허용량으로 하고 작기 중에 거름기가 떨어질

경우 추비는 화학비료 사용을 원clr으로 한다.

○ 액비 중 질소 농도가 낮을 경우는 액비의 사용량이 증가하며 이 때는 한번에 살포하는 것보다 시차를 두고 나누어서 살포하는 것이 좋다.

○ 토양이 얼어붙은 겨울철 및 비가 많이 오는 여름철에는 환경오염 우려가 있으니 사용을 지양 한다.

6. 벼에 대한 액비 살포방법

1) 액비 살포 및 유의사항

○ 살포 전 기후, 지형, 토양조건 등 포장상태를 철저히 점검

○ 농경지에 액비가 불균일하게 살포되면 작물생육이 고르지 못하여 수량에 영향을 미칠수 있기 때문에 살포기를 이용하여 논 전면에 균일하게 살포

○ 살포기를 이용하여 근접 살포할 경우 포장 상태에 따라 균일한 살포가 매우 어려우므로 살포량을 여러번 나누어 살포하며 살포 전에 포장 상태 점검

2) 액비 시용 시기

○ 액비 살포는 반시 이앙 15일 전에 시용해야 하나 저농도 액비는 예외

○ 그러나 부득이 할 경우에는 적어도 1주일 전에 시용하여야 하며 이 때에는 인근 농업기술센터의 자문을 구하여 살포량 조절

3) 액비 시용 후 경운

○ 액비는 살포 후 바로 경운하는 것이 좋으며 약 2회 이상 경운하는 것이 효과적

○ 그러나 부득이 할 경우에는 2~3일 안에 반드시 1회 정도 경운 해 주어야 양분 유실 방지 가능

4) 이앙 후 관리

○ 액비 시용 포장에서 벼·보리 생육이 부진한 경우에는 화학비료로 추비 보충

5) 작물특성 및 유의사항

○ 액비 과다시용은 벼 생육초기 헛가지(무효분얼)증가 및 웃자라기만 하므로 적정 사용량내에서 살포

○ 액비 과다 시용은 토양, 지하수오염 초래 및 질소과다에 의한 병해충발생과 도복이 심하여 수량에도 영향을 미치므로 질소기준 시비량 내에서 사용

○ 포장 특성상 수질 오염 발생율이 높은 지역이나 인근 농가로 인하여 민원 발생

소지가 높은 지역은 되도록 살포 지양

○ 곡간지는 지형상 농사철이 아닐지라도 수로 등에 물이 있는 경우가 많으므로 주위의 수질이 오염되지 않도록 살포시 특별한 주의 필요

○ 곡간지의 특성을 고려하여 마을이 있는 곡간지는 악취로 인한 민원발생이 우려되므로 마을이 없는 곡간지를 선택하여 살포

○ 액비시용은 질산태 질소 등 용탈이 우려되는 사질논이나 토심이 낮은 토양은 가급적 살포 지양

6) 표준시비량에 따른 액비 살포량

〈표 4〉 벼 표준시비량에 따른 가축분뇨 액비 살포량(단위 : 톤/10a)

구 분		질소시비량(kg/10a)		가축분뇨 액비중 질소 함량(%)			
		총량	기비량	0.05	0.1	0.3	0.5
평야지	보통논	9.0	4.5	9.0	4.5	1.5	0.9
및	사질논	9.0	4.5	9.0	4.5	1.5	0.9
중간지	미숙논	10.0	5.0	10.0	5.0	1.7	1.0
중산간지		9.0	5.4	10.8	5.4	1.8	1.1

벼 표준시비량에 따른 가축분뇨 액비 살포량을 살펴보면 화학비료 질소를 시용할 경우 보통논과 사질논에서 총량은 10a당 9kg, 미숙논에서는 10kg인데 이중에서 기비 시용량은 이들 양의 절반인 4.5kg과 5.0kg씩 시용하도록 되어 있다. 이 기비량을 기준으로 할 때 가축분뇨 액비중 질소함량이 0.1%일 경우는 보통논과 사질논은 4.5톤씩을 시용하면 되고 미숙논은 5톤을 시용한다. 그리고 액비중 질소함량이 0.5%일 경우는 보통논과 사질논은 0.9톤, 미숙논은 1톤을 살포하면 된다.

〈표 5〉 논 토양 검정에 따른 가축분뇨 액비 시용량

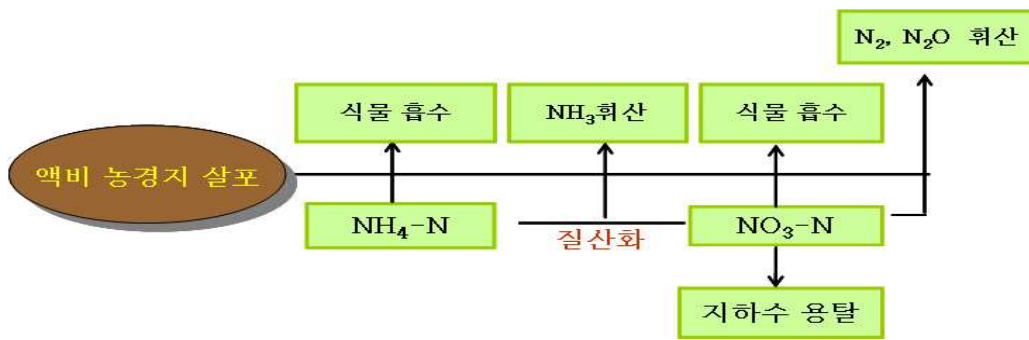
토양검정치		질소시비량		가축분뇨 액비중 질소함량(%)			
OM	SiO ₂	총량	기비량	0.05	0.1	0.3	0.5
(g/kg)	(mg/kg)	(kg/10a)		액비 시용량(톤/10a)			
30	90	7.7	3.9	7.8	3.9	1.3	0.8
	120	8.3	4.2	8.4	4.2	1.4	0.8
	150	8.9	4.5	9.0	4.5	1.5	0.9
	180	9.5	4.8	9.6	4.8	1.6	1.0
20	90	8.8	4.4	8.8	4.4	1.5	0.9
	120	9.4	4.8	9.4	4.7	1.6	0.9
	150	10.0	5.0	10.0	5.0	1.7	1.0
	180	10.6	5.3	10.6	5.3	1.8	1.1
10	90	9.9	5.0	10.0	5.0	1.7	1.0
	120	10.5	5.3	10.6	5.3	1.8	1.1
	150	11.1	5.6	11.2	5.6	1.9	1.1
	180	11.7	5.9	11.8	5.9	2.0	1.2

※ 질소시용량의 총량은 9kg/10a 기준, 유기물과 규산함량을 검정시비량

논 토양 검정 시용에 따른 가축분뇨 액비 시용량은 위와 같은 방식으로 액비를 살포하면 되는데 이 때는 토양 검정치중의 유기물함량(OM)과 규산(SiO₂)함량을 고려하여야 한다. 즉, 농업기술센타에 의뢰하여 분석한 유기물 함량이 30g/kg이고 규산함량이 90mg/kg일 경우 이때 총 질소량은 7.7kg인데 그것은 벼의 토양검정 질소량 「 $9.14 - 0.109 \times \text{유기물함량}(30 \text{ g/kg}) + 0.02 \times \text{규산함량}(90 \text{ mg/kg})$ 」 식에 의해 계산한 결과 7.7의 값을 얻었기 때문이다. 따라서 이 때 기비량으로 50%를 시용할 경우 3.9kg이므로 가축분뇨 액비 중 질소 함량이 0.1%일 경우는 3.9톤, 0.5%일 경우는 0.8톤을 시용하면 된다. 만약 유기물함량이 10g/kg이고, 규산함량이 180mg/kg일 때는 위와 같은 토양 검정공식에 의 총질소함량은 11.7kg이고 이때 기비량은 그 량의 절반인 5.9kg이며 가축분뇨 액비중 질소함량이 0.3%이면 300평당 2톤 액비를 기비로 살포하면 된다. 위의 유기물함량과 규산함량으로 계산한 시비질소의 총량을 보면 유기물함량이 많을수록 질소시용량은 적어지며 규산함량이 많을수록 질소함량은 많아지는 셈이 되어 이에 따른 액비살포량도 적거나 많아지는 결과가 된다.

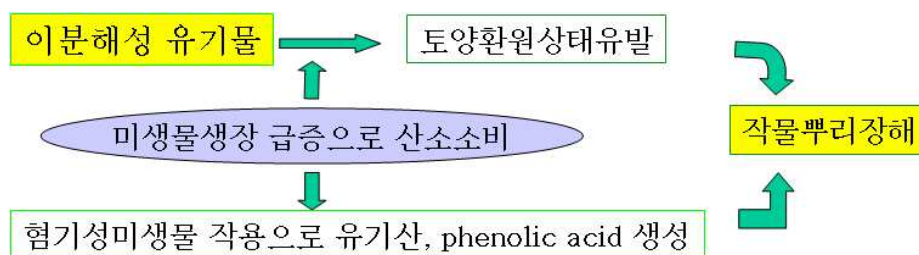
7) 액비 과다살포시 문제점

가축분뇨 적정 시용량을 무시하고 임의대로 살포하면 도복은 물론 벼품질저하를 초래하며, 묘 이앙논에서 이끼발생으로 다시 이앙을 하는 경우도 종종 발생한다. 또한 균형치 못한 논에서 묘가 고사하거나 과량으로 인하여 역시 도복 발생을 초래한다.



〈그림 2〉 농경지에서 액비성분의 변화과정

즉, 과량살포하면 고농도 무기태질소에 의한 작물뿌리의 농도 장애를 받아 묘가 고사하며, 토양중에서 질산태 질소의 유거 및 지하수 용탈하기도 하며, 토양중 영양상태의 균형을 상실한다. 그 결과 작물체중에는 질산태질소의 농도상승하거나 칼륨의 다량 섭취로 Ca, Mg 흡수저해 저해를 초래한다. 만일 사료용 벼를 이와같은 상태로 재배하여 소에 급에 할 경우 저마그네슘혈증으로 소가 흥분하거나 격려를 일으키기도 한다. 특히, 작물체중 질산태질소의 농도상승하여 다량 급여하면 가축의 경우 초산중독을 일으키기도 하며 인간의 경우, 농산물 및 음료수를 통하여 질산태질소를 장기 섭취시하면 아질산염이 고기나 그 밖의 단백질 식품과 인체내에서 결합하여 니트로소아민을 만들에 발암유발 가능성뿐만 아니라 인체의 위 세포에서 아질산염이 혈액중의 헤모글루빈과 결합하여 메트헤모그루빈 형성으로 혈액의 산소운반을 방해하므로써 어린아이의 경우 Blue baby 증후군인 피부청색증을 유발한다.

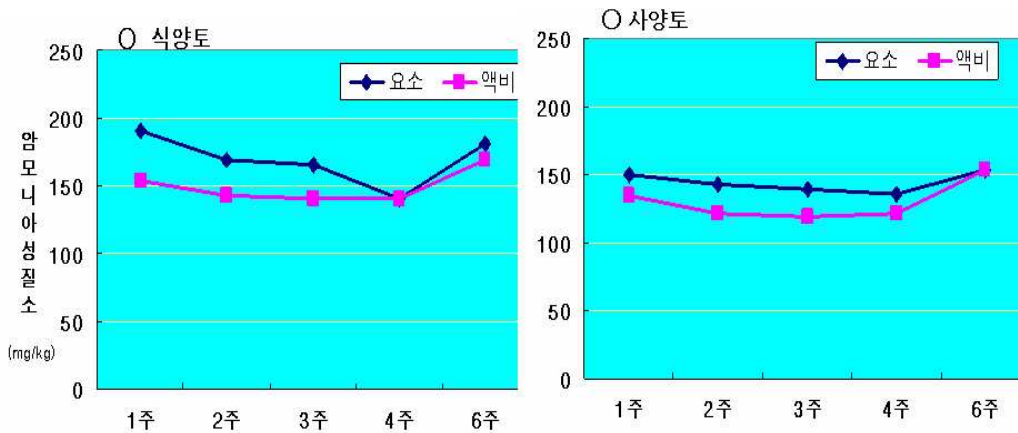


〈그림 3〉 미부숙 퇴액비 살포시 작물 피해 원인

가축분뇨 액비를 이용 퇴비를 만들어 사용할 경우 미부숙 퇴비를 살포하면 분해하기 쉬운 유기물은 미생물에 의해 분해작용을 받아 분해가 이루어지는 동안 논 토양중 산소를 소비하여 토양이 환원상태를 초래하고 더욱 분해가 진행되어 산소가부족하면 호기성 미생물은 사멸하고 혐기성미생물의 작용으로 유기산이나 페놀산을 생성하여 작물의 뿌리가 장애를 받아 썩게 되는 것이다. 이때 배수가 불량한 논에서는 이와 같은

현상이 더욱 심하게 발생한다. 특히, 미생물의 분해과정에서 퇴비의 부자재(왕겨, 톱밥, 수피)중 폴리페놀산인 바닐릭산, 파라옥시벤조익산, 플빅산, 파라큐마릭산이나 탄닌성분인 정유물질 등 작물의 생육저해물질 생성되어 피해는 더욱 조장하게 된다.

8) 벼에 대한 돈분액비 시용 사례



〈그림 4〉 화학비료와 가축분뇨 액비 시용시 암모니아태 질소 발생양상

논 토양중에 시용한 액비가 암모니아태 질소로 발현하여 토양중에서 높은 농도를 유지해야 벼의 생육 및 증수에 영향을 주게 된다. 정밀한 결과를 얻기 위하여 항온기에서 온도 25℃로 유지하면서 초기 질소 시용량을 11 kg/10a수준으로 동일량의 액비처리한 후 비교한 결과를 보면 암모니아성 질소 발현량은 시기가 경과함에 따라 점차 감소하고 화학비료요소 처리보다 발현량이 낮다. 또한 식양토가 사양토보다 약간 높은 발현양상을 나타낸다.

〈표 6〉 액비 시용과 경운에 따른 벼짚분해효과

구 분	액비시용량			
	가을100%+경운	봄100%+경운	봄100%+무경운	액비무시용+경운
벼짚분해율(%)	48.3	50.2	40.4	38.4
유기물분해균 ($\times 10^5$ CFU/토양g)	25.3	33.6	4.2	21.5
C/N	44.0	39.8	52.4	60.3

최근 대부분의 지역에서 사료용으로 벼짚을 수거하지만 논토양에 환원하여야 토양비옥도를 높여 고품질 쌀을 생산할 수가 있다. 한편 벼짚은 경운의 불편 등의 이유로 소각하는 농가도 있으나 벼짚이 깔려진 상태로 액비를 시용하고 경운을 하면 쉽게 분해되어 이앙시 어려움을 덜해 준다. 가을에 액비살포 후 경운을 하면 거의 분해가 이루

어지지만 시기를 놓쳐 봄에 경운하더라도 온도가 높아 유기물분해균의 작용으로 빠른 분해를 통하여 이앙에 어려움이 없을 뿐만 아니라 땅심을 높여 주며 증수할 수가 있다.

〈표 7〉 액비시용시기 및 시용량별 벼 수량

구 분		봄 액비시용				가을 액비시용			화학비료
		액비50%+ 요소50%	액비70%+ 요소30%	액 비 100%	액 비 150%	액 비 100%	액 비 150%	액 비 200%	
배수약간 불 량	쌀수량	536	537	460	542	400	452	524	567
	지 수	95	95	81	95	71	80	92	100
배수약간 양 호	쌀수량	568	577	479	559	399	471	510	580
	지 수	98	99	83	96	69	81	88	100

액비시용시기와 시용량은 쌀 수량의 올리는데 중요한 요인이 된다. 화학비료 시용량은 질소, 인산, 가리가 각각 13.3-4.5-5.7kg/10a을 시용하고 액비시용량을 질소시비량의 50%, 70%, 100%, 150%, 200%시용한 후 화학비료 추비로써 질소시비량의 50%, 30%를 요소로 시용할 경우 쌀수량은 가을 액비 시용보다 봄 시용에서 높으며, 액비 50%~70%+화학비료 추비시용구에서 화학비료구와 비슷하고, 배수 약간 양호토양이 배수 약간 불량토양보다 약간 높은 수량을 생산한다.

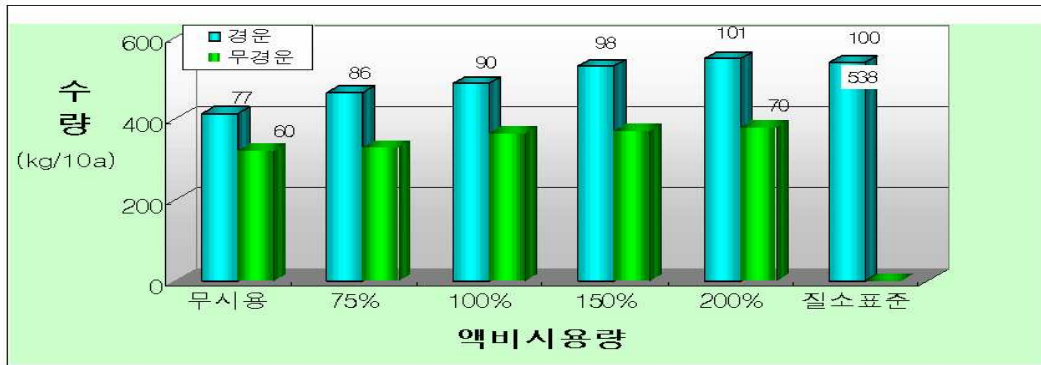
〈표 8〉 논토양 배수조건별 토양 침투수중 질산태 질소함량

(단위 : mg/L)

배수조건	봄액비시용				가을액비시용			화학비료
	액비50%+ 요소50%	액비70%+ 요소30%	액 비 100%	액 비 150%	액 비 100%	액 비 150%	액 비 200%	
배수 약간 불량	2.8	3.7	4.6	6.8	2.9	3.5	4.1	5.9
배수 약간 양호	4.1	5.3	6.3	8.9	3.6	4.3	4.7	7.6

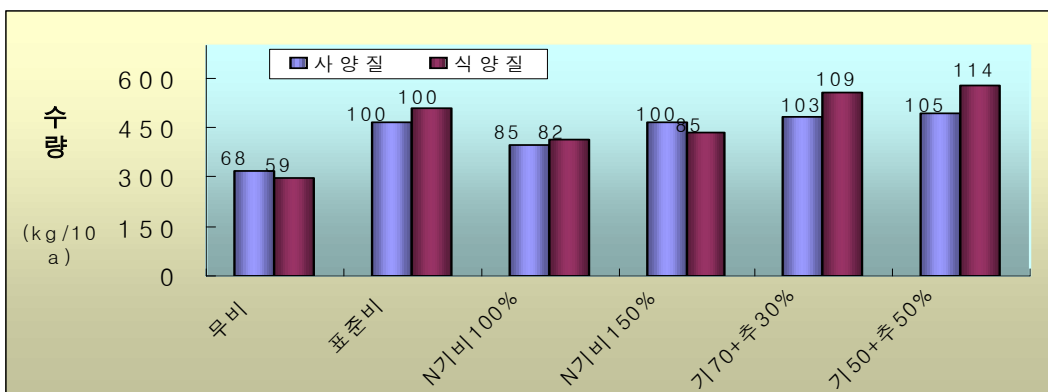
앞에서도 언급하였지만 침투수중 질산태질소가 높게 되면 인체나 동물에서 여러 가지 질병을 유발할 수가 있다. 특히 지하수중 질산태 질소가 10 mg/L을 넘을 경우 장기간 섭취시 질병우려를 더욱 조장할 가능성이 있어 기준치를 10 mg/L이하로 정하고 있다. 액비처리 후 토양침투수의 지점을 지하 60cm깊이에 채취 포러스컵을 매설하여 5회 채취 후 평균값을 보면 액비 50%~70%기비처리가 토양침투수중 질산태 질소함량이 적었으며 배수약간양호토양이 약간불량토양보다 많았다. 특히 액비 시용량이 많을수록

질산태 질소함량도 높게 되기 때문에 수량을 높이기 위해서 액비를 100%이상 살포는 조심성이 필요하고 가급적이면 그 이하로 살포하고 생육상황을 보면서 화학비료로 추비하는 편이 안전한 재배기술이라 생각한다.



〈그림 5〉 경운조건과 액비시용량별 벼 수량

액비를 시용 후에는 양분이 강우에 의하여 유거하거나 지하로 침투를 막기 위하여 경운이 필요한데 경운을 하면 수량도 높아진다. 즉 경운을 하면 무경운보다 17~31%로 증가하는데 그것은 양분 유실이 적어 암모니아성질소나 질산성질소가 토양중 많이 함유하기 때문에 벼 수량에 영향을 준 것이다. 액비 시용량이 150~200%을 시용해야 질소표준시비와 유사한 수량을 나타내는데 그 이유는 질소 표준시비는 분시를 하여 유실량을 줄여 벼이용률을 높일수 있으나 액비는 기비로 밖에 시용할 수 없어 잉여 양분의 유실이 많아 이러한 결과를 나타내므로 유실량을 줄이려면 100%이하로 시용하고 추비로 화학비료 시용이 바람직하다.



〈그림 6〉 토성별 액비 추비 효과

가축분뇨 액비 추비의 효과는 토성에 따라서도 그 효과가 두드러지게 나타난다. 즉, 화학비료 표준시비에 비하여 추비량을 증가할수록 수량이 높게 되는데 30%추비시에는 3~9%, 50% 추비시에는 5~14% 증수하게 된다. 이와같은 증수는 사양질보다도 식양

질토양에서 현저하게 증수하므로 액비와 화학비료 추비량의 총량이 화학비료 표준량보다 많아서는 아니되는데 그 이유는 너무 과량일 경우 도복의 우려와 품질의 저하를 초래할 가능성이 있다.

7. 벼에 대한 저농도 액비(SCB) 활용 기술

가) 저농도 액비의 제조 방법

저농도 액비(SCB)란 Slurry Composting Bio-filtering의 약자로 기존 슬러리 퇴비화 시설의 바닥을 개조하여 퇴비화 효율증진과 액비화 기능 추가한 방법으로 생산된 액비이다.



〈그림 7〉 저농도(SCB) 액비의 제조과정

즉, 그림7과 같이 바닥이 개조된 퇴비화시설에 왕겨와 톱밥을 충전하고 그 상층부위에 돈분 슬러리를 처리하고 호기적인 상태로 발효과정을 거쳐 개조된 바닥부위로 침출되는 액비이다. 퇴비화시설에 톱밥 또는 왕겨중 어느 하나가 부족하여 왕겨만 충전할 경우 발효가 제대로 이루어지지 않은 상태로 빠르게 침출되어 고농도 상태의 액비가 얻어지며, 톱밥만 충전할 경우 적당한 공극이 부족하여 엉겨붙어 침출이 지연될 수가 있다. 따라서 하층부위에는 왕겨로 그리고 상층부위에는 톱밥을 충전하여 주기적으로 교반하면서 침출해야 위와 같은 문제점을 해소할 수가 있다.

저농도 액비의 장점은 냄새가 없고 균질 액비 생산이 가능하여 양질 퇴비화와 저비용 정화처리 가능하다. 뿐만 아니라 돈사 바닥 세정수가 부족할 경우 이를 다시 재활용할 수가 있다.

나) 저농도 액비의 화학성분 및 농경지 활용시 장단점

〈표 9〉 저농도 액비의 화학성분 비교

액 비	pH	질 소	인 산 %	칼 리	NH ₄ -N mg/L	NO ₃ -N
일반 액비	7.5~8.5	0.3~0.5	0.1~0.3	0.2~0.4	700~1500	2000~3000
저농도액비	9.2	0.13	0.05	0.18	376	616

저농도 액비의 화학성분은 축산농가에 따라 다르나 필자가 시험한 농가의 분석결과를 보면 pH 9.2로 일반액비에 비하여 약간 높은 편이나 그 밖의 성분은 1/3~1/15 수준이다. 특히 일반액비에 비하여 인산함량이 낮아 논에 살포할 경우 녹조류의 발생을 줄일 수가 있다.

〈표 10〉 돈분뇨 저농도(SCB)액비와 일반관행액비의 농경지 활용시 장단점

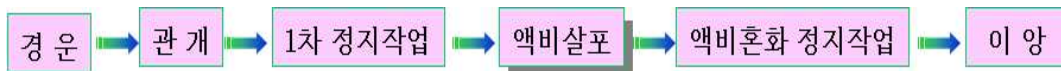
구 분	장 점	단 점
SCB 액비	○ 무취, 균질 ○ 시용방법 간편, 신속성 - 점적호수, 분무살포, 관개수혼입 살포 가능 ○ 분뇨 성분외 부식질 및 유익미생물 함유 가능 ○ 추비시용 가능 ○ 논 잡초 억제 가능성 - 페놀카르보닉, VFA 등 생성	○ 저농도로 많은 물량필요로 지하수 오염 가능성 - 일시에 많은 량 살포보다 잦은 살포 요망 ○ 살포직후 적은 강우에도 유실 가능성 ○ 벼 생육초기 저온성 해충 발생 우려 - 토양미소동물 다발 ○ 벼 생육초기 성장 억제 가능성
관행 액비	○ 고농도이므로 소량으로 많은 면적 살포 가능 ○ 살포량이 적으므로 주로 토양흡착 - 지하수 침투량이 적음 ○ 비효 : 지효성	○ 악취, 성분 불균일 ○ 살포장비 농경지 주행 살포 ○ 분뇨 이외성분 미함유 ○ 고농도로 살포량 정확히 유지 - 도장, 도복 우려 ○ 추비 시용 불가능

저농도(SCB)액비와 일반관행액비의 농경지 활용시 장단점은 〈표 10〉 과 같이 SCB 액비의 장점은 일반액비의 단점이 되고, 일반액비의 장점은 저농도 액비의 단점이 되므로 농경지에서 활용시 문제점이 없는 범위에서 살포가 바람직하다.

다) 저농도 액비의 살포 요령

① 기비 살포

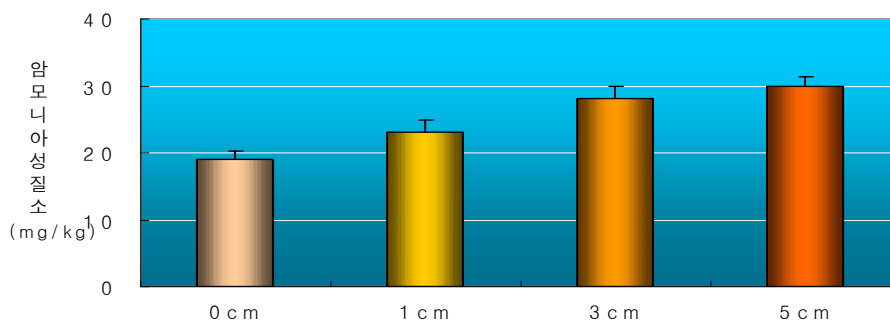
농경지에서 저농도 액비 살포시 살포장비가 완벽하게 갖추어진 경우에는 마른논이든 물논이든 간에 앞에서 추천한 량을 살포하고 즉시 경운 또는 로타리를 하여야 토양과 혼합되어 강우에 의한 유거 또는 지하수 침투량을 줄일 수가 있다.



〈그림 8〉 저농도 액비의 살포과정

일반적으로는 돈분뇨 저농도 액비의 살포는 다음 순서와 같다.

- 경운을 하고 물을 낸 후 1차 정지작업을 철저히 실시하고 논 흙이 보이지 않을 정도로 다시 물을 낸다.
- 이앙 5~7일전에 액비를 살포하는데 이때 살포장비가 없을 경우 폭 13cm전후의 관수용 호수를 1m간격으로 구멍을 뚫어 액비탱크에 연결하여 논에 펼쳐 살포를 한다.
- 균등한 살포를 위하여 15m간격으로 살포하면 좋으나 논물이 적을 경우는 간격을 좁혀 살포해야 골고루 살포하게 된다.
- 살포 후 1일정도 지나면 논전체로 균일하게 퍼진 것을 확인하고 철저히 정지작업을 한 후 이앙하면 된다.



〈그림 9〉 논물 깊이에 따른 논 토양 중 암모니아성 질소 농도

② 추비 살포

저농도 액비의 질소농도가 0.15%미만일 경우 벼 생육기 중 생육상황을 살펴 어느 시기에 추비로 살포해도 무방하다. 살포방법은 엽면살포, 기비살포시와 같이 호스구멍을 내어 살수 그리고 관수시에 혼입살포하는 방법이 있다.

○ 엽면 살포의 경우는 벼 생육에 빠른 효과를 보이는 반면 시간이 오래 소요되고 햇빛에 의한 고온 장애를 받을 우려가 있다.

○ 호수구멍 살수방법은 빠르면서도 균일하게 살포를 할 수는 있으나 호스를 벼 사이에 펼쳐 놓고 살수해야 하므로 번거로우며 벼가 손상을 입을 우려가 있다.

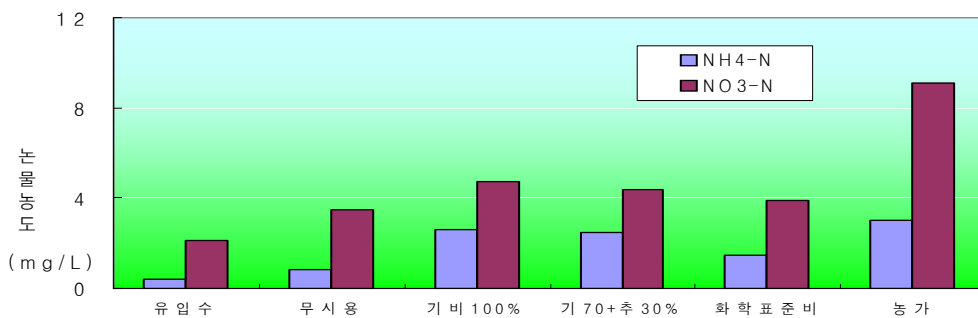
○ 관수시 혼입방법은 물을 관수하면서 일정량의 액비를 혼입하는 것으로 논 전체에 골고루 퍼져 갈수 있도록 물량이 충분해야 하며 만일 물량이 적을 경우는 액비량도 조절하면서 조금씩 혼입해야 한다. 특히 주의할 점은 액비살포 혼입이 끝나면 관수를 중지해야 한다. 그것은 액비혼입 없이 관수하게 되면 그 부분은 농도가 희석되어 낮게

살포될 우려가 있기 때문이다.

라) 저농도 액비 이용 친환경 쌀 생산

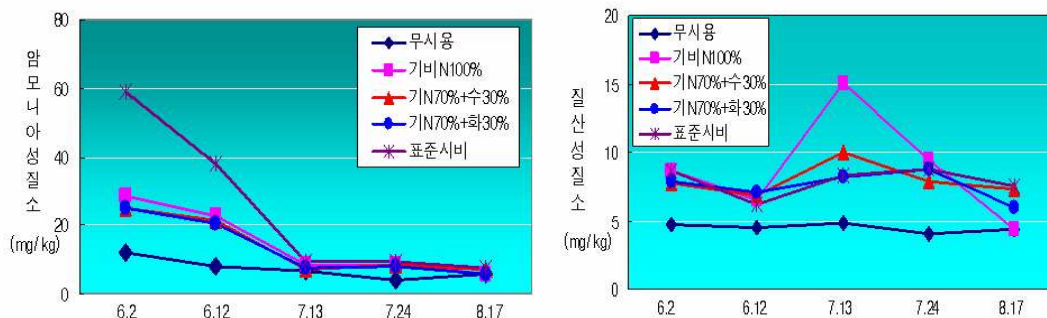
저농도 액비를 이용한 벼 재배 기술을 위해 전북 고창에서 시험한 연구 결과를 소개 하면 다음과 같다.

최근 고품질 쌀 생산을 위해서 표준질소량을 줄여 9kg/10a을 시용하도록 되어 있다. 한편, 저농도 액비는 기비와 추비가 가능하여 액비량을 적절히 조절하면 고품질 쌀을 생산할 수 있다. 따라서 SCB액비 살포는 앞에서 소개한 바와 같이 기비는 관개 후 혼입하였고 추비 액비는 수비로 처리하였다. 이 때 분시방법으로 기비액비 N 100%, 70% 그리고 수비로 30% 시용하여 화학비료9kg/10a시용과 비교하였다.



〈그림 10〉 이양직후 처리별 논물의 NH₄-N와 NO₃-N농도

이양직 후 논물의 NH₄-N와 NO₃-N농도를 검토한 결과 농가의 논물에서 이들 성분이 높게 나타났고, 다음은 기비 액비 100%에서 다른 처리보다 약간 높았다. 즉 농가는 9kg/10a이상의 시비한 것이 입증되며 기비N100%보다 그 밖의 처리가 낮은 것은 추비 30%를 시용하지 않았기 때문이다.



〈그림 10〉 저농도 액비 처리후 토양중 NH₄-N와 NO₃-N의 변화

저농도 액비 처리후 토양중 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 변화는 표준시비가 초기부터 가장 높고 다음은 기비N100%, 기비 N 70%순이었다. 초기에 표준시비가 기비N100%보다 처리량이 낮음에도 높은 것은 토양중 액비 혼화를 철저히 해야할 필요가 있다. $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 기비 N100%가 높았고 초기분얼기에 최고값을 보였다.

〈표 12〉 액비처리별 수량구성 요소 및 수량

처리내용	수수 개/m ²	립수 천개/m ²	등숙비율 %	현미천립중 g	쌀수량 kg/10a
무시용	311	30.4	88.3	20.8	461
표준시비	379	42.5	84.9	20.1	563
기비N 100%	349	35.4	87.9	20.5	511
기70+화30%	372	39.3	85.8	20.6	553
기70+액30%	369	36.9	84.8	19.9	545

표준질소 시비량을 기준으로 하여 저농도 돈분 액비로 질소 9kg에 해당량을 기비N 100%, 그리고 기비 액비70%와 수비 액비 30%, 기비 액비70%+화학비료 수비30%을 사용하여 얻어진 수량을 보면 〈표 12〉와 같다. 즉, 표준시비 563kg/10a에 비하여 액비 기비질소 100%사용은 8%정도 감소되지만 추비로 30%사용하면 표준시비와 비슷한 수량을 얻었다.

〈표 13〉 액비처리에 따른 현미 품위(단위 :%)

처리내용	완전미	피해립	동할미	미숙립	사미	단백질	아미로스	지방산
무시용	81.4	10.0	4.8	2.5	1.3	7.5	19.1	17.8
표준시비	76.6	11.2	5.0	4.3	2.9	8.0	19.2	18.1
기비N 100%	79.3	10.2	3.6	4.4	2.5	7.6	19.1	17.9
기70+화30%	76.4	11.1	4.7	5.9	1.9	8.0	19.1	19.2
기70+액30%	76.1	12.7	5.5	3.8	1.9	8.1	19.2	19.1

현미 품질은 저농도 액비 기비 100%사용하면 표준시비보다 완전미 수량이 높고, 단백질함량이 낮아 양호한 결과를 얻을 수 있으며, 액비 기비 70%와 수비 액비 30%사용은 완전미와 단백질 등 화학비료와 대등한 품질을 얻게 되므로 액비사용량을 적절히 조절하면 고품질 쌀 생산이 가능하다.

8. 맺음말

지금까지 국내에서는 일반 액비를 이용한 벼에 대한 평야지 및 곡간지 토성별, 배수등급별 슬러리 액비시용 기술 구명(농진청 공동)뿐만 아니라 간척지 벼 재배시 슬러리 액비시용 수준 설정 및 벼·보리에 대한 작부체계시 액비시용량, 시기, 방법 및 쌀 품질 등 구명하였으나 가축분뇨 사용기술이 단편적으로 수행되어 종합적인 이용기술 모델 설정이 부족한 실정이며 농경지에서의 액비 이용 기술 지침, 사용기술에 대한 자료 배포와 교육이 실시되고 있으나 경종농가의 활용 저조 및 문제성 제기되고 있다.

따라서 이러한 문제점을 보완하고 자원화를 촉진하기 위하여 저농도 액비를 이용한 논에서 벼와 사료작물 재배시 활용 기술 개발, 사료용 벼와 녹비작물 재배시 활용 기술 개발 그리고 벼 대체 작물재배를 위한 활용 기술개발 등 종합적인 기술 개발이 절실히 요구되어 앞으로 자연순환농업사업단을 통하여 추진할 계획에 있다.

이러한 계획하에서 개발된 연구결과를 경종농가가 활용함에 있어 작물별 가축분뇨의 살포량, 살포시기, 살포방법을 준수하고 경운 및 정지작업, 균일살포, 물관리, 유출오염에 주의가 필요하다. 그리고 가축분뇨 액비는 표준시비 이하로 살포하여 생육상황을 지켜보면서 화학비료 또는 저농도 액비를 활용하는 편이 바람직하다. 특히 저농도 액비를 살포시에는 농도가 낮아 시용량이 많을 경우 분할 살포함으로서 토양환경 오염을 경감하는 재배기술이 필요하다.

