

발간등록번호

11-1390000-002801-01

가축분뇨 퇴·액비 이용기술 매뉴얼

2010. 09

집 필 진

집 필 자
 오 성 종
 강 위 금
 강 성 수
 강 희 설
 강 창 성
 고 상 욱
 광 정 훈
 권 순 익
 김 기 종
 김 재 환
 김 현 주
 박 남 건
 박 우 균
 박 진 면
 여 진 기
 윤 세 형
 이 상 복
 이 욱
 이 예 진
 이 성 은
 이 종 식
 임 영 철
 임 태 준
 정 민 응
 조 병 욱
 정 광 화
 조 승 희
 최 동 윤
 최 인 규
 한 승 갑
 함 선 규

기 관 명

국립축산과학원(자연순환농업연구사업 T/F팀장)
 국립식량과학원(총괄)
 국립농업과학원
 국립축산과학원
 경기도농업기술원
 국립원예특작과학원
 국립축산과학원
 국립농업과학원
 국립식량과학원
 국립축산과학원
 충북농업기술원
 국립축산과학원
 국립농업과학원
 국립원예특작과학원
 국립산림과학원
 국립축산과학원
 국립식량과학원
 국립산림과학원
 국립농업과학원
 국립원예특작과학원
 국립농업과학원
 국립축산과학원
 국립원예특작과학원
 국립축산과학원
 강원도농업기술원
 국립축산과학원
 국립축산과학원
 국립축산과학원
 서울대학교
 국립원예특작과학원
 AM 잔디연구소

개정판 발간에 부쳐

최근 우리 농업은 단순한 식량생산에서 한걸음 더 나아가 「환경」과 「생산성」을 동시에 고려하는 저탄소·녹색성장의 환경농업을 추구하고 있습니다.

농촌진흥청에서는 가축분뇨를 친환경적으로 자원화하기 위하여 퇴·액비의 품질 고급화를 통한 농경지 이용 확대 기술개발과 수목 및 골프장 잔디 이용기술 개발 등 가축분뇨의 생산·처리와 이용 및 환경영향평가 분야까지 종합적인 연구사업을 추진 중에 있습니다.

현재 우리나라 농업은 다수확 위주의 농업에서 벗어나 안전한 농산물 생산에 사회적인 관심이 높아지고 있는 가운데 아직도 많은 농가들이 다수확을 목표로 하여 출하시기를 앞당기기 위한 비배관리를 함으로써 비료 추천량보다 많은 양의 비료를 사용하여 왔습니다. 이에 따른 농경지내 토양양분의 불균형과 함께 일부성분의 집적 등으로 농산품의 품질을 저하시키는 현상이 일부 발생되고 있는 것이 현실이라고 할 수 있습니다.

그동안 퇴·액비를 작물별로 알맞게 시비할 필요성이 제기되어 '99년에 「작물별 시비처방요령」, '02년에 「친환경농업을 위한 가축분뇨 퇴비·액비 제조와 이용」, '06년도에 「작물별 시비처방기준」 기술지침서를 발간하여 영농현장에서 적절한 시비가 될 수 있도록 하기 위한 노력을 지속적으로 기울여 왔습니다. 그러나 작물 재배기술 등의 급속한 발전 및 농경지내 일부 비료 성분의 축적 등의 문제가 제기됨에 따라 현실에 적합한 종합적인 가축분뇨 퇴·액비 이용기술에 대한 자료 요구가 높아지고 있는 실정입니다.

농촌진흥청에서는 '07년부터 자연순환농업 연구사업단을 구성하여 가축분뇨 퇴·액비의 농경지 적정 사용 기술과 수목 등의 새로운 수요처에 대한 이용 연구를 추진하여 왔으며, 다양한 작물을 대상으로 시비량과 시비기준 등에 관련된 시험연구결과를 종합 분석하여 경종 및 축산 농가에서 활용이 가능하도록 개정하여 「가축분뇨 퇴·액비 이용 기술 매뉴얼」 기술서를 발간하게 되었습니다.

본 책자가 저탄소 녹색성장에 기여하는 계기가 되기를 바라며 현장에서 손쉽게 널리 활용되어 친환경 농업 및 축산 발전에 기여하기를 바라는 바입니다.

2010년 9월

자연순환농업연구사업 T/F팀

■ 목 차 ■

제1장 가축분뇨 자원화	1
1. 가축분뇨와 자연순환	1
가. 가축분뇨와 환경	1
나. 가축분뇨 자원화 필요성	3
제2장 가축분뇨 퇴·액비 생산 기술	5
1. 축종별 가축분뇨 배설량 및 특성	5
가. 가축분뇨의 특징	5
나. 가축분뇨 배설량 및 성분 기준	5
2. 퇴비제조 원리 및 방법	7
가. 퇴비화의 정의	7
나. 퇴비 제조의 목적	8
다. 퇴비화의 조건	9
라. 퇴비화 과정의 환경변화	9
마. 수분 조절제	11
바. 가축분뇨 퇴비화시설의 관리요령(가축분뇨 자원화표준설계도 요약)	13
3. 액비제조 원리 및 방법	19
가. 액비의 필요성	19
나. 액비의 조건	19
다. 액비화 기술	19
라. 액비관리 기술	22
마. 액비저장조의 종류	23
바. 액비저장조 관리시 유의사항	24
사. 가축분뇨 액비성분 분석	26
아. 액비의 품질관리	26
4. 액비제조·저장 및 액비살포시 약취저감 방법	27
가. 양돈분뇨 액비제조 및 저장시 약취저감 방법	27
나. 액비살포시 약취저감 방법	27

제3장 가축분뇨 퇴·액비 분석과 시용량 결정 및 살포29

- 1. 가축분뇨 퇴·액비 분석법 29
 - 가. 가축분뇨 퇴비의 부숙도 측정법 29
 - 나. 가축분뇨 퇴비성분 분석법 37
 - 다. 가축분뇨 액비성분 분석법 42
- 2. 가축분뇨 퇴·액비 시용량 결정 49
 - 가. 가축분뇨 퇴비 시용량 결정 49
 - 나. 가축분뇨 액비 시용량 결정 66
- 3. 가축분뇨 퇴·액비 살포작업의 실제 70
 - 가. 퇴비살포 전 준비작업 70
 - 나. 퇴비 살포기술 71
 - 다. 퇴비 살포시 주의 사항 71
 - 라. 액비살포 전 준비작업 71
 - 마. 액비 살포기술 73
 - 바. 액비 살포시 주의 사항 73
- 4. 경사지에서의 액비사용 76
 - 가. 경사지 발토양 면적 및 토양유실량 76
 - 나. 경사지 발토양의 양분함량 77
 - 다. 액비살포 후 유거량 78
 - 라. 경사지에서의 액비 살포방법 및 살포량 79

제4장 논 작물 가축분뇨 퇴·액비 이용방법80

- 1. 벼 80
 - 가. 퇴·액비 살포량 80
 - 나. 퇴·액비 살포 요령 81
 - 다. 퇴·액비 살포 시기 81
 - 라. 퇴·액비 살포 후 경운 82
 - 마. 벼 재배시 유의사항 82

2. 벼-보리의 작부체계	101
가. 퇴·액비 살포량	101
나. 퇴·액비 시용 시기	102
다. 퇴·액비 살포 및 유의사항	102
3. 간척지 벼 재배	107
가. 퇴·액비 시용량	107
나. 퇴·액비시용시기 및 방법	107

제5장 발작물 가축분뇨 퇴·액비 이용방법111

1. 보리	111
가. 퇴·액비 시용량	111
나. 시용시기 및 방법	111
2. 옥수수(식용옥수수, 단옥수수)	114
가. 퇴·액비 시용량	114
나. 퇴·액비시용시기 및 방법	114

제6장 채소의 가축분뇨 퇴·액비 이용방법117

1. 고추	117
가. 퇴·액비 살포량	117
나. 살포 방법	118
2. 오이	122
가. 퇴·액비 살포량	122
나. 살포 방법	123
다. 재배시 유의사항	124
3. 토마토	127
가. 퇴·액비 살포량	127
나. 살포 방법	128
다. 재배시 유의사항	128

4. 상추	132
가. 퇴·액비 살포량	132
나. 살포 방법	132
다. 재배시 유의사항	133

제7장 과수원 가족분뇨 퇴·액비 이용방법136

1. 사과	136
가. 퇴·액비 살포량	136
나. 살포 방법	137
다. 재배시 유의사항	138
2. 배	140
가. 퇴·액비 살포량	140
나. 살포 방법	140
다. 재배시 유의사항	141
3. 포도	144
가. 퇴·액비 살포량	144
나. 살포 방법	144
다. 재배시 유의사항	145
4. 감귤	147
가. 퇴·액비 살포량 및 살포방법	147
나. 재배시 유의사항	148

제8장 초지 및 사료작물에서의 액비 사용방법151

1. 초 지	153
가. 액비사용량	153
나. 시용시기 및 방법	153
다. 작물특성 및 유의사항	154
2. 사료용 옥수수	154
가. 액비 사용량	155

나. 시용시기 및 방법	155
다. 작물의 특성 및 유의 사항	156
3. 수수×수단그라스	161
가. 액비 시용량	161
나. 시용시기 및 방법	161
다. 작물의 특성 및 유의 사항	161
4. 호 밀	164
가. 액비 시용량	164
나. 시용시기 및 방법	165
다. 작물특성 및 유의 사항	165
5. 귀 리	167
가. 액비시용량	167
나. 시용시기 및 방법	167
다. 작물특성 및 유의사항	167
6. 답리작 사료작물	168
가. 액비시용량	168
나. 시용시기 및 방법	168
다. 작물특성 및 유의사항	169
7. 제주도(화산회토양)의 방목초지	171
가. 액비시용량	171
나. 시용시기 및 방법	171
다. 작물특성 및 유의사항	172
8. 제주도(화산회토양)의 수수×수단그라스 교잡종	175
가. 액비시용량	175
나. 시용시기 및 방법	175
다. 작물특성 및 유의사항	175

제9장 잔디식재 지역별 액비시용의 실제177

- 1. 골프장을 포함한 스포츠구장 잔디에 대한 액비시용 177
 - 가. 액비 살포 177
 - 나. 재배시 유의사항 178
- 2. 노지 잔디에 대한 액비시용 179
 - 가. 액비 살포 179
 - 나. 재배시 유의사항 181

제10장 수목에 액비시용의 실제182

- 1. 포플러 182
 - 가. 액비 살포량 182
 - 나. 살포 방법 182
 - 다. 재배시 유의사항 183
- 2. 밤나무 185
 - 가. 액비 살포량 185
 - 나. 살포 방법 186
 - 다. 재배시 유의사항 186
- 3. 백합나무 189
 - 가. 액비살포량 189
 - 나. 살포 방법 190
 - 다. 재배시 유의사항 190

부 록194

- 1. 용어풀이 194
- 2. 가축분뇨 퇴·액비 용어의 정의 197
- 3. 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 201
- 4. 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙 203
- 5. 비료 공정규격설정 및 지정(농진청고시 2010-8호) 207

■ 표 목 차 ■

〈표-1〉 가축분뇨의 이용효과	4
〈표-2〉 한우 분뇨발생량 및 주요성분	6
〈표-3〉 젖소 분뇨발생량 및 주요성분	6
〈표-4〉 돼지 분뇨발생량 및 주요성분	6
〈표-5〉 산란계 및 육계 분발생량 및 주요성분	7
〈표-6〉 수분조절재 종류별 특성	12
〈표-7〉 수분 함량별 수분조절재 소요량	13
〈표-8〉 가축분뇨 자원화시설 처리조건	13
〈표-9〉 가축분뇨액비 부숙지표와 부숙도 간이 판정기준	27
〈표-10〉 저장조의 슬러리 표면처리 형태별 암모니아 휘산율	27
〈표-11〉 액비살포 방법별 악취농도	28
〈표-12〉 볏짚 및 산야초퇴비 부숙도 감별법	33
〈표-13〉 가축분 퇴비의 부숙도 감별법	33
〈표-14〉 유기물 1톤당 총성분량과 유효성분 함량	51
〈표-15〉 토양 인산 함량에 따른 축분퇴비 사용량	52
〈표-16〉 가축분 및 가축분퇴비(부산물비료)의 비료성분 함량조사	53
〈표-17〉 옥수수에 대한 돈분퇴비 시용효과 비교	53
〈표-18〉 가축분퇴비 연용에 따른 채소재배지 토양화학성 변동	53
〈표-19〉 가축분퇴비 인산기준 시용효과 확인시험 결과	54
〈표-20〉 농경지토양 유효인산함량 분포비율	58
〈표-21〉 토양 유효인산 비옥도에 의한 작물별 가축분퇴비 사용량	59
〈표-22〉 작물 재배일수별 가축분퇴비의 화학비료 대비 질소비효율	62
〈표-23〉 가축분뇨 액비 종류별 비료성분 평균함량	68
〈표-24〉 경사도에 따른 발토양 면적 및 분포비율	76
〈표-25〉 작목별 경사도별 토양유실량 비교	76
〈표-26〉 경사지 밭 토양의 양분함량	77
〈표-27〉 연대별 경사지 농경지 토양의 양분함량 변화	77
〈표-28〉 경사도에 따른 지점별 토양양분함량	78
〈표-29〉 경사도별 액비 살포 후 유거수에 의한 비료 유실량	78
〈표-30〉 논에서 액비시용 수준별 벼 수량 및 침투수중 질산태질소 함량	83

<표-31> 액비시용량 및 시용 방법별 수량구성요소 및 수량	84
<표-32> 벼 논 액비시용량별 병해충발생과 도복	84
<표-33> 토양침투수중 질산태질소 함량	85
<표-34> 액비처리별 침투수중 질산태질소 용탈량	85
<표-35> 논토양 배수조건별 토양침투수 중 질산태질소 함량	85
<표-36> 논에서 가을철 액비시용량별 토양표면 유거수중 화학성	86
<표-37> 액비시용후 토양중 질소형태의 경시적 변화	86
<표-38> 액비시용량별 토양중 유효인산함량	87
<표-39> 액비처리량에 따른 벼 생육상황 (출수기 조사)	87
<표-40> 액비시용시기 및 시용량별 벼 수량	87
<표-41> 액비시용과 경운에 의한 벼짚분해효과	88
<표-42> 토성별 액비시용에 따른 연차간 벼 수량	88
<표-43> 액비 살포후 경시적 악취도 및 암모니아가스 발생양상	89
<표-44> 토성별 주요시기에 따른 토양용액중 주요성분 변화	89
<표-45> 벼 생육시기별 논물중 무기태질소($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) 함량	90
<표-46> 액비살포 논 토성별 중금속 함량	90
<표-47> 논 토성별 액비시용에 따른 미질특성 변화	91
<표-48> 액비의 관개수 혼입 살포후 관개시간에 따른 논물중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량	92
<표-49> 벼 웃거름용 액비 살포방법별 논물과 논 토양중 무기태 질소 함량	92
<표-50> 저농도액비의 기·추비시용시 토양중 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량 변화	93
<표-51> 저농도액비의 기·추비시용시 수량구성 요소 및 수량	93
<표-52> 저농도액비 기·추비분시에 따른 현미 품위	93
<표-53> 벼 생육시기별 퇴액비 분시에 따른 토양중 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량 변화	95
<표-54> 벼 논 퇴·액비 시용방법에 따른 논토양의 물리 화학성 변화	95
<표-55> 시험퇴비의 화학성	96
<표-56> 침출수중 무기태 질소($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) 함량의 경시적 변화	97
<표-57> 퇴비종류별 백미수량 및 시비효과	98
<표-58> 벼의 도복 지수	103
<표-59> 쌀의 도정 특성	103
<표-60> 액비 시용량에 따른 현미의 품위	104
<표-61> 식물체의 무기성분 함량	104

〈표-62〉 벼-보리 작부체계시 액비시용이 쌀과 보리 수량	104
〈표-63〉 벼-맥주보리 작부체계시 액비시용량별 맥주보리 포장 유거수 양분 함량	105
〈표-64〉 벼-맥주보리 작부체계시 액비시용량별 쌀 식미치 및 무기성분 비교	105
〈표-65〉 벼-맥주보리 작부체계시 액비시용량별 쌀과 맥주보리 수량 비교	105
〈표-66〉 청보리 재배시 액비시용량에 따른 유거수 중 양분함량	106
〈표-67〉 청보리-벼 작부체계시 청보리의 생육 및 수량	106
〈표-68〉 청보리-벼 작부체계시 벼 출수기 및 생육상황	106
〈표-69〉 청보리-벼 작부체계시 쌀수량 및 수량구성요소	107
〈표-70〉 액비시용 수준별 쌀 수량 및 침투수중 NO ₃ -N 함량	108
〈표-71〉 액비시용 수준별 쌀 품위	109
〈표-72〉 돈분튕밥퇴비의 성분함량	109
〈표-73〉 돈분퇴비 시용에 따른 토양의 물리성의 변화	109
〈표-74〉 돈분퇴비 시용에 의한 생육시기별 토양 중 NH ₄ -N의 변화	110
〈표-75〉 돈분퇴비 절충시용에 따른 쌀 수량	110
〈표-76〉 액비시용에 따른 연차별 수량 변화	112
〈표-77〉 연차별 수확기 보리 생육특성	113
〈표-78〉 연차간 토양용액중의 질산성질소(NO ₃ -N)의 함량변이	113
〈표-79〉 시험후 토양의 화학성	114
〈표-80〉 옥수수재배시 퇴비 시용량별 토양 용적밀도	115
〈표-81〉 옥수수재배시 퇴비 시용량별 토양중 질소농도 변화	115
〈표-82〉 옥수수재배시 퇴비 연용에 따른 토양중 유효태 인산함량 변화	116
〈표-83〉 가축분 종류별 3요소 평균 성분함량	118
〈표-84〉 가축분퇴비 연용에 따른 채소재배지 토양화학성 변동	120
〈표-85〉 돈분 액비 시용량에 따른 고추 생육 및 수량	120
〈표-86〉 돈분액비 시용 시험 전 후 토양 화학성 변화	120
〈표-87〉 침투수에 의한 질소 및 칼리 용탈량	120
〈표-88〉 SCB액비 시용 수준에 따른 노지고추 수량	121
〈표-89〉 SCB액비 시용 수준에 따른 작물흡수량 및 이용률	121
〈표-90〉 정식 전 토양의 이화학적 특성	122
〈표-91〉 액비 및 비료 처리별 관비 농도	122
〈표-92〉 액비 시용 수준에 따른 고추 생육 및 수량	122

〈표-93〉 오이 재배 후 처리별 표토(0~15cm)의 화학성 변화	125
〈표-94〉 SCB액비 및 화학비료 시용에 따른 오이 생육	126
〈표-95〉 SCB액비 및 화학비료 시용에 따른 오이 수량	126
〈표-96〉 오이재배를 위한 SCB 액비 화학비료 처리 후 토양 화학성	127
〈표-97〉 SCB 액비 및 화학비료 시용에 따른 토마토 생육	130
〈표-98〉 SCB 액비 및 화학비료 시용에 따른 토마토 과실 특성 및 수량	130
〈표-99〉 토마토재배를 위한 SCB 액비 및 화학비료 처리 후 토양 화학성	131
〈표-100〉 SCB 액비 및 유기질비료(유박) 시용량 비교	135
〈표-101〉 상추 재배 중 토양 중 질소함량 변화	135
〈표-102〉 SCB 액비 및 농가 관행재배에 따른 사과원 토양화학성 변화	139
〈표-103〉 SCB 액비 및 농가관행 재배에 따른 사과나무 잎의 무기성분 함량변화	139
〈표-104〉 SCB 액비 및 농가관행 재배에 따른 사과 과실 특성 및 수량	139
〈표-105〉 SCB 액비 및 화학비료 처리에 따른 배나무 잎의 무기성분 함량	142
〈표-106〉 SCB 액비 및 화학비료 처리에 따른 배나무 생육	142
〈표-107〉 SCB 액비 및 화학비료 처리에 따른 배 과실 특성 및 수량	143
〈표-108〉 SCB 액비 및 화학비료 처리에 따른 토양 화학성	143
〈표-109〉 개화기 포도의 생육현황(6.4)	146
〈표-110〉 착색기 포도의 생육현황(7.15)	146
〈표-111〉 착색기 토양의 화학적 특성변화(7.15)	147
〈표-112〉 발효 돈분액비의 대체비료 선정에 따른 무기물 함량	149
〈표-113〉 액비살포후의 토양성분 변화	149
〈표-114〉 돈분 액비 처리 3년차인 감귤원의 과실 품질	149
〈표-115〉 돈분액비 처리시 감귤의 수확량	149
〈표-116〉 액비 시용에 따른 감귤 과실 특성(제주도 농업기술원)	150
〈표-117〉 시험 전·후 토양화학성(제주도 농업기술원)	150
〈표-118〉 가축분뇨의(돈분액비) 화학성분	152
〈표-119〉 돈분액비 살포후 약취정도(관능법)	152
〈표-120〉 돈분액비 처리 수준별 목초 생산성	154
〈표-121〉 돈분액비 시용에 따른 식생구성 변화	155
〈표-122〉 돈분액비 이용시 옥수수 생육특성	156
〈표-123〉 돈분액비 이용시 옥수수의 병해	158

〈표-124〉 돈분액비 이용시 옥수수 암이삭 비율 및 수량	158
〈표-125〉 돈분액비 시용방법별 옥수수의 생육특성	158
〈표-126〉 돈분액비 시용방법별 옥수수의 생육특성	159
〈표-127〉 돈분액비 시용방법별 옥수수의 암이삭 비율 및 수량	159
〈표-128〉 돈분액비 이용시 수수×수단그라스 교잡종 생육특성	162
〈표-129〉 돈분액비 이용시 수수×수단그라스 교잡종의 수량	163
〈표-130〉 돈분액비 이용시 수수×수단그라스 교잡종 일반성분함량 및 소화율	164
〈표-131〉 돈분액비 이용시 호밀의 생육특성	165
〈표-132〉 돈분액비 이용시 호밀의 수량	166
〈표-133〉 돈분액비 이용시 호밀의 사료가치	166
〈표-134〉 돈분액비 시용 수준별 답리작 사료작물 생육상황	169
〈표-135〉 사료작물의 돈분액비 시용수준별 사료가치	170
〈표-136〉 액비시용수준별 토양침투수 중 질산태질소 함량 및 생육세	170
〈표-137〉 시기별 질소 시용량	171
〈표-138〉 화산회 토양의 물리·화학적 특성	173
〈표-139〉 액비 살포량 조건표(방목초지 및 사료작물포)	173
〈표-140〉 처리별 방목초지 건물수량	173
〈표-141〉 방목초지의 사료성분 함량	174
〈표-142〉 방목초지에서 토양 침투수중 질산태질소($\text{NO}_3\text{-N}$) 함량	174
〈표-143〉 방목초지에서 화학비료구와 액비구의 방목축 증체 비교	174
〈표-144〉 처리별 수수교잡종의 생육 및 건물 생산량	176
〈표-145〉 수수교잡종의 사료성분 함량	176
〈표-146〉 수수교잡종 재배 토양 용액중의 질산태질소 함량	176
〈표-147〉 SCB 액비의 이화학적 특성	187
〈표-148〉 질소함량 기준에 따른 수령별 시비량	187
〈표-149〉 연차별 액비처리에 따른 개화 및 결실 특성	188
〈표-150〉 SCB 액비의 이화학적 특성	191

■ 그림목차 ■

〈그림-1〉 가축분뇨 자원 순환도	2
〈그림-2〉 퇴비화 과정	8
〈그림-3〉 퇴비화를 바라보는 축산·경종농가의 관점 차이	8
〈그림-4〉 퇴비화 과정 중 발효온도 변화양상	9
〈그림-5〉 미생물의 변화과정	10
〈그림-6〉 퇴비사의 처리공정도	14
〈그림-7〉 통풍식 톱밥발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)	15
〈그림-8〉 교반식 톱밥발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)	16
〈그림-9〉 교반식 톱밥발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)	17
〈그림-10〉 퇴비단 여과시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)	18
〈그림-11〉 가축분뇨의 물질순환 과정	20
〈그림-12〉 호기액비화시설의 공정도(젖소, 돼지)	20
〈그림-13〉 재질에 따른 액비저장조의 종류	24
〈그림-14〉 액비살포 방법	28
〈그림-15〉 액비사용 후 논물 깊이에 따른 논 토양 중 $\text{NH}_4\text{-N}$ 농도	91
〈그림-16〉 액비살포 후 경과일수별 로타리 균평작업시 토양중 $\text{NH}_4\text{-N}$ 함량	92
〈그림-17〉 벼 재배시 돈분뇨 퇴액비 사용방법에 따른 수량 및 품질	94
〈그림-18〉 토양중 암모니아태 질소 함량의 경시적 변화('08~'09)	96
〈그림-19〉 퇴비종류별 토양 유효태 인산 함량의 경시적 변화	97
〈그림-20〉 퇴비종류별 화학비료 질소 기비 시비율	98
〈그림-21〉 SCB액비와 자운영 혼용시 토양 미생물체량 변화	99
〈그림-22〉 SCB액비와 자운영 혼용시 질소흡수량 및 이용율 변화	99
〈그림-23〉 SCB액비와 자운영 혼용시 토양 용적밀도의 변화	100
〈그림-24〉 SCB액비와 자운영 혼용시 연차간 벼 수량변화	100
〈그림-25〉 돈분퇴비 사용에 의한 지력 향상 효과	110
〈그림-26〉 SCB 액비를 기비로 이용한 포장	118
〈그림-27〉 SCB 액비를 이용한 고추	118
〈그림-28〉 SCB액비와 석회 혼용처리에 따른 질소 휘산량의 상대 비교	121
〈그림-29〉 SCB 액비 이용한 오이 관비 재배	123
〈그림-30〉 SCB 액비를 이용한 토마토 관비 재배	128
〈그림-31〉 저농도 액비 및 화학비료 처리에 따른 토마토 생육 및 수량	129

〈그림-32〉 저농도 액비 및 화학비료 처리에 따른 항산화활성 및 Lycopene	130
〈그림-33〉 SCB 액비를 기비로 시용한 상추 포장	132
〈그림-34〉 가축분 퇴비 시용에 따른 상추 수량(수확기간: 4.24~6.23)	134
〈그림-35〉 돈분 퇴비를 시용할 때 질소 시비율과 수량과 관계	134
〈그림-36〉 SCB액비 및 유기질비료 시용에 따른 시설상추 누적 수량(겨울)	135
〈그림-37〉 SCB액비 및 유기질비료 시용에 따른 시설상추 누적 수량(봄)	135
〈그림-38〉 사과원에서 SCB 액비 관비 및 현장평가	137
〈그림-39〉 가축분의 과다 시용	138
〈그림-40〉 배 수확 후 SCB 액비 살포	140
〈그림-41〉 이른 봄 SCB 액비 살포	140
〈그림-42〉 가축분의 과다 시비	141
〈그림-43〉 SCB 액비 시용한 포도 과원	144
〈그림-44〉 가축분 퇴비 과다 시용한 포도 과원	145
〈그림-45〉 포장의 침투수중 시기별 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량	152
〈그림-46〉 포장의 침투수중 액비시용 수준별 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량	153
〈그림-47〉 돈분액비 이용시 옥수수 결주율	157
〈그림-48〉 돈분액비 이용시 옥수수 착수고	157
〈그림-49〉 돈분액비 시용방법별 포장의 침투수중 질산태 질소 함량	159
〈그림-50〉 돈분액비 시용방법별 포장의 유거수중 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량	160
〈그림-51〉 수변완충지대 설치길이에 따른 질소(왼쪽) 및 인(오른쪽)의 저감효과	160
〈그림-52〉 돈분액비 이용시 수수×수단그라스 교잡종의 재생력	162
〈그림-53〉 돈분액비 이용시 수수×수단그라스 교잡종의 질소 이용율	163
〈그림-54〉 수변완충지대 설치길이에 따른 질소(왼쪽) 및 인(오른쪽)의 저감효과	164
〈그림-55〉 가축분뇨 시용수준별 귀리 중 질산태 질소 함량	168
〈그림-56〉 액비 살포 전경	172
〈그림-57〉 액비시용 초지 방목광경	172
〈그림-58〉 수수교잡종의 초기생육상황	175
〈그림-59〉 골프장 SCB 액비 살포 장면	177
〈그림-60〉 노지 잔디에 대한 액비시용	180
〈그림-61〉 포플러 맹아림 전경(조성당년)	184
〈그림-62〉 포플러 맹아림 전경(조성후 3년째)	184

〈그림-63〉 액비자동살포시스템	184
〈그림-64〉 가축분뇨액비 살포	184
〈그림-65〉 시비처리별 바이오매스 생산	184
〈그림-66〉 클론별 바이오매스 생산	184
〈그림-67〉 월별 가축분뇨액비 살포량	185
〈그림-68〉 액비 살포후 지하수 NO ₃ -N 농도 변화	185
〈그림-69〉 SCB 액비 및 물을 저장하고 투여하기 위한 설비	186
〈그림-70〉 연차별 처리에 따른 수고 근원부 직경의 성장량	188
〈그림-71〉 연차별 처리에 따른 평균성장량	188
〈그림-72〉 연차별 처리에 따른 결과지길이 및 기부직경의 성장량	188
〈그림-73〉 연차별 처리에 따른 결과지의 착구부 상하 직경성장	188
〈그림-74〉 연차별 가지의 두께지수 변화	189
〈그림-75〉 연차별 착구부와 기부직경 비율 변화	189
〈그림-76〉 SCB 액비 및 물을 저장하고 투여하기 위한 설비	190
〈그림-77〉 백합나무의 상대성장량(기본 시험구 ; 좌, 시비량 시험구 ; 우)	191
〈그림-78〉 백합나무의 바이오매스량(기본 시험구 ; 좌, 시비량 시험구 ; 우)	192
〈그림-79〉 토양의 pH(기본 시험구 ; 좌, 시비량 시험구 ; 우)	192
〈그림-80〉 토양의 유기물 함량(기본 시험구 ; 좌, 시비량 시험구 ; 우)	192
〈그림-81〉 토양의 총질소 함량(기본 시험구 ; 좌, 시비량 시험구 ; 우)	193
〈그림-82〉 토양의 유효인산 함량(기본 시험구 ; 좌, 시비량 시험구 ; 우)	193

1. 가축분뇨와 자연순환

가. 가축분뇨와 환경

최근 저탄소 녹색성장 시대에 있어서 「자연순환」 또는 「자원순환」이란 용어를 많이 접하게 된다. 각각의 사전적 정의는 특별히 규정된 것은 없으나 일반적으로 「자연순환」은 자연생태계가 중심으로 대기, 물, 토양, 생물 상호간 물질이 순환하여 생태계가 균형을 유지하는 것으로, 「자원순환」은 사회·경제적 활동이 중심으로 천연자원을 채취하여 생산, 유통, 소비, 폐기의 순환 과정 중에서, 폐기물 등을 원재료나 에너지 등으로 다시 재사용·재활용·재제조하는 것이라 설명될 수 있다. 즉, 농업부문에서 보면 「자연순환」 또는 「자원순환」의 차이는 농산부산물(가축분뇨 등)을 자연생태의 물질순환(cycle) 측면에서 보는가 혹은 경제활동과정의 폐기물 재활용(recycle)측면으로 보는가의 차이라 할 수 있다.

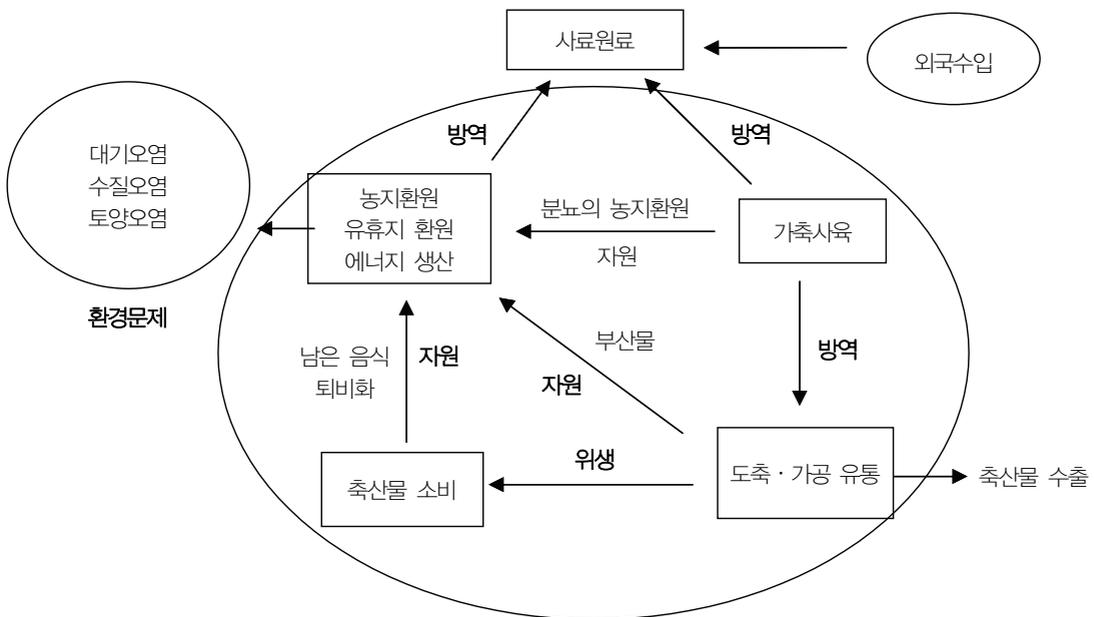
더욱이, 농업은 자연생태계와 균형을 유지하면서 농산물을 생산하는 사회·경제적 활동임과 동시에 환경과 자원 보전이라는 다원적 기능을 갖고 있다.

특히 친환경농업육성법 제2조에서 ‘친환경농업이라 함은 합성농약, 화학비료 및 항생·항균제 등 화학자재를 사용하지 아니하거나 이의 사용을 최소화하고 농·축·임업 부산물의 재활용 등을 통하여 농업생태계와 환경을 유지·보전하면서 안전한 농축임산물을 생산하는 농업을 말한다.’라고 정의되어 있다. 축산에 있어서는 환경친화축산농장 지정기준(농림부 고시 제2008-3호)에 환경보전을 위해 가축분뇨 적정처리 시설 설치, 가축분뇨처리장 및 운동장에 유출방지턱 설치, 가축분뇨 퇴비장 등 분뇨처리시설 지붕 설치, 축사 운동장에 가축분뇨 유출방지용 톱밥 사용, 가축분뇨처리시설에 악취방지시설 설치 등의 준수(제4조)와 가축분뇨 퇴비 액비의 토양 환원을 위한 적절한 퇴·액비 살포 면적 확보, 시비처방서 발급 받은 후

살포, 시군 단위 퇴·액비 조직체 참여, 가축분뇨 퇴비 액비 기준 등의 준수(제5조)가 명시되어 있으며, 나아가 축산농장 주변과 경관 조화를 위한 조경수 잔디 등 식재, 분뇨처리시설의 주변과 환경조화청결 유지, 농장 간판 설치 등 의준수(제6조)도 포함되어 있어 자원이용측면뿐만 아니라 자연순환의 광의적측면까지 강조하고 있다.

가축분뇨는 화학비료 사용이 일반화되기 이전, 부업규모의 축산이 주를 이루었던 시기에는 농촌에서 작물의 영양원 또는 토양 개량제로 주요한 자원이었다. 그러나 국민 소득증대와 식생활의 변화로 육류 소비량이 증가하여 가축사육두수가 늘어나고, 농업의 구조변화에 따라 급격히 규모화 됨으로써, 지역에 따라서는 농경지면적 대비 가축분뇨 이용량의 한계를 초과하는 경우도 발생되었다. 즉, <그림-1>에서와 같이 농경지로부터 생산된 사료(곡물, 농산부산물, 조사료 등)가 가축사육에 이용되고, 가축은 인간에게 유용한 축산물(고기, 우유, 모피 등)과 함께 지력증진에 필요한 분뇨를 생산하며, 이 분뇨는 다시 농지에 환원되어 곡물과 사료를 생산하는 밑거름이 되는 자원순환체계를 유지하는 것이 가장 바람직할 것이다.

그러나 이러한 균형이 깨어지게 되면 환경오염문제를 일으키게 된다. 따라서 현실적 가축분뇨 관리문제의 합리적 해결 방안은 가축과 경종작물과의 자원순환체계를 어떻게 유지할 수 있을 것이냐 하는 것이며, 이에 맞추어 좋은 가축분뇨 퇴·액비를 생산하는 것이 가장 중요한 방법이 된다.



<그림-1> 가축분뇨 자원 순환도

나. 가축분뇨 자원화의 필요성

가축분뇨 자원화의 필요성에 있어서는 크게 2가지로 요약할 수 있다.

첫째는 최근 세계적으로 이슈가 되고 있는 기후변화 문제와 관련한 온실가스의 배출 저감이다. 우리나라의 농업분야의 온실가스 배출량은 국가 전체 발생량의 2.5%에 지나지 않는다. 가축의 장내발효와 가축분뇨에서 발생하는 온실가스는 농업전체 발생량의 약 39%(국가 전체 발생량의 약 1%)를 차지하고 있다.

가축의 호흡과 분뇨에서 나오는 CO₂는 사료작물들이 흡수한다고 보기 때문에 축산에서는 온실가스로 보지 않는다. 하지만 축산을 위한 토지이용의 변화(예, 산림의 초지화 등)를 통해 발생하는 CO₂, 장내발효와 가축분뇨에서 발생하는 메탄(CH₄), 가축분뇨와 사료작물 재배과정에서 발생하는 아산화질소(N₂O)는 온실가스로 보고 있다. 가축에 있어서 반추동물의 반추위 소화 등 장내발효에 의한 메탄발생은 축산분야 온실가스 배출량의 약 58%를 차지하며 나머지는 가축분뇨의 분해과정에서 배출된다.

가축분뇨에서 발생하는 온실가스 양은 온도와 저장 시간 및 처리방법에 밀접한 관계가 있다. 따라서 낮은 온도와 짧은 저장 시간을 이용하거나 처리과정에서 온실가스 배출량을 감소시킬 수 있다.

최근에 보급되고 있는 가축분뇨를 이용한 바이오가스 시설이 대표적인 예가 될 수 있다. 이것은 가축분뇨의 메탄 발생량을 극대화시켜 재생에너지(전기, 열)를 생산하고 이 과정에서 발생하는 CO₂는 온실 등에서 활용하고 퇴비와 액비는 농경지 등으로 환원함으로써 온실가스를 줄일 뿐만 아니라 경제적 가치를 증대시킬 수 있는 저탄소 녹색성장의 대표적 수단으로 제시되고 있다.

또 하나의 필요성은 가축분뇨의 퇴·액비 이용을 통한 자연순환농업의 조기 정착이다

지금도 화학비료를 사용하여 작물을 생산하기 때문에 토양 속의 탄소량은 점점 줄어들고 땅의 힘도 같이 약해지고 있다. 세계의 농업과 분해된 토양으로 탄소를 축적한다면 현재까지의 탄소손실의 50-66%를 만회할 수 있다고 한다. 토양으로의 탄소축적은 화학연료 사용으로 인한 온실가스 발생량을 다시 토양으로 돌려보내는 것이며, 이것은 토양의 힘을 키우기 때문에 작물의 성장에도 도움이 되어 식량안보에 도움을 줄 수 있다. 관행농법을 이용하여 자연적 토지를 경작지로 바꿀 때 20-50% 정도의 토양유기물량의 손실이 일어난다. 하지만 토양탄소를 늘릴 수 있는 토지사용방법을 사용할 경우, 토양탄소가 일년에 헥타아르(10,000 m²) 당 0.3톤이 증가할 수 있고 전 세계의 경작가능지의 60%에 이러한 방법을 사용하면 수십 년 간 매년 2억

7천만 톤의 탄소를 축적할 수 있다. 특히, 질소질 화학비료를 생산하기 위해 소비하는 에너지는 전 세계 에너지 소비량의 약 1%를 차지하는 데 가축분뇨 퇴·액비는 이러한 화학연료 사용량을 줄일 수 있는 효과가 있다. 따라서 인류가 화석연료를 사용하면서 배출한 온실가스를 다시 땅 속으로 돌려보내기 때문에 지금 우리가 겪고 있는 온실가스로 인한 기후변화를 완화시킬 수 있는 것이다.

가축분뇨의 비료적 가치는 <표-1>에서 설명되고 있듯이 각종 영양분을 골고루 함유하고 있어 작물에게 유용하다. 축분별 비료성분 함량은 계분>돈분>우분 순으로 높고, 비료 효율도 빠르다.

가축분뇨와 화학비료의 주요 차이점은

- 가축분뇨는 각종 영양분을 골고루 함유하고 있어 작물에게 각종 영양소를 동시에 공급한다.
- 가축분뇨는 각종 요인에 따라 그 성분이나 품질에 차이가 크다.
- 퇴비는 지효성이나 액비는 화학비료와 거의 동등한 속효성이다.
- 가축분뇨는 화학비료에 비해 운송, 시용이 불편하다.
- 가축분뇨를 사용할 때마다 성분을 분석하여 사용량을 결정하여야 한다.

이처럼 가축분뇨는 관리에 따라 환경오염원이 될 수도 있지만 효율적 이용을 통해 자원의 재활용이라는 측면에서는 중요한 자원이 되며, 친환경 농축산물 생산의 근간이 된다.

<표-1> 가축분뇨의 이용효과

작물에 대한 양분공급원 효과	토양의 물리·화학적 개선효과	토양 중 생물상의 활성유지, 증진
<ul style="list-style-type: none"> · 다량·미량요소의 공급원 · 완효성, 누적적 양분공급효과 · 탄산가스 공급원 · 작물생육 촉진 물질 공급 	<ul style="list-style-type: none"> · 토양입단 형성 : 공극분포, 투수성, 보수성, 통기성 등 개선 · CEC 증대 · 킬레이트 기능 · 토양 완충능 증대 	<ul style="list-style-type: none"> · 중소생물, 미생물 다양성 증대 · 물질 순환기능 증대 · 생물적 완충기능 증대 · 유해물질의 분해 및 제어

1. 축종별 가축분뇨 배설량 및 특성

가. 가축분뇨의 특징

가축분뇨는 오염부하량이 높고, 오염성분량은 노보다 분이 많으며, 오수는 오염농도가 높지만 생물적 처리가 가능하다. 또 질소농도가 높고, 취기가 강한 특성을 갖는다.

또한 가축분뇨의 량과 성분은 가축의 종류와 연령 및 체중, 사료의 종류와 량, 급수량에 따라 크게 변할 뿐 아니라 계절이나 사양관리 및 축사관리 등의 환경적 요인에 영향을 많이 받는다. 따라서 분뇨의 량과 성분을 간단히 규정짓는다는 것은 매우 어렵다.

나. 가축분뇨 배설량 및 성분 기준

국립축산과학원에서 2008년부터 2009년까지 2년간 축종별 분·노배설량, 비료성분 함량, 오염물질 함량 등을 축산원 및 농가현장에서 조사한 바 있다. 이 결과를 토대로 축종별 배출원단위를 현실화하여 환경부 고시를 재설정한 바 있다. 축산분뇨의 배출량, 배출분뇨의 물리적 성상 및 화학성분 조성은 농가마다 사육여건이 다르고, 같은 축종 내에서도 사육조건 및 가축분뇨처리 이용 방식에 따라 많은 차이가 발생한다. 양축 농가는 이를 참고로 하여 농가여건에 따라 적절히 조정하여 사용하는 것이 합리적이다.

〈표-2〉 한우 분뇨발생량 및 주요성분

구분		송아지	미경산 암소	비육기 (거세한우)	평균
배설량 (kg/일)	분	5.2±2.1	10.9±3.4	10.2±1.8	8.0
	뇨	3.3±0.7	7.3±0.2	7.6±1.7	5.7
질소 (%)	분	0.47±0.08	0.56±0.03	0.47±0.04	0.50
	뇨	0.51±0.24	1.10±0.09	0.42±0.03	0.68
인산 (%)	분	0.31±0.06	0.85±0.05	0.63±0.09	0.60
	뇨	0.08±0.01	0.11±0.06	0.02±0.01	0.07
칼리 (%)	분	0.11±0.02	0.27±0.04	0.15±0.03	0.18
	뇨	0.07±0.05	0.77±0.21	0.42±0.05	0.60

- 자료 : 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정연구(농촌진흥청, 2008)

〈표-3〉 젖소 분뇨발생량 및 주요성분

구분		육성우 (6~7)	처녀우 (15~16)	건유우 (41~47)	착유우 (54~74)	평균
배설량 (kg/일)	분	12.0±2.7	17.9±2.6	25.7±6.9	44.0±5.4	19.2
	뇨	8.8±4.1	11.6±3.1	12.7±3.4	32.3±6.1	10.9
질소 (%)	분	0.34±0.02	0.34±0.04	0.25±0.01	0.37±0.01	0.33
	뇨	1.00±0.58	0.56±0.30	0.63±0.55	1.88±0.11	1.02
인산 (%)	분	0.30±0.03	0.51±0.06	0.46±0.06	0.68±0.05	0.49
	뇨	0.21±0.22	0.03±0.04	0.03±0.04	0.76±1.08	0.27
칼리 (%)	분	0.11±0.04	0.25±0.04	0.20±0.01	0.24±0.04	0.49
	뇨	0.99±0.30	0.67±0.73	1.18±1.44	1.28±0.58	0.27

- 자료 : 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정연구(농촌진흥청, 2008)

〈표-4〉 돼지 분뇨발생량 및 주요성분

구분	자돈	육성돈 및 비육돈(체중)			임신돈	포유돈	평균	
		58.6kg	83.2kg	111.4kg				
배설량 (kg/일)	분	0.49±0.10	0.90±0.14	1.07±0.14	1.35±0.16	0.62±0.15	1.97±0.42	0.89
	뇨	0.83±0.33	1.85±0.35	1.89±0.37	2.02±0.30	3.92±1.27	3.84±0.82	1.74
질소 (%)	분	1.02±0.12	1.16±0	0.82±0.08	0.77±0.14	1.06±0.18	0.90±0.09	0.96
	뇨	0.31±0.27	1.19±0.54	1.45±0.29	1.11±0.60	0.37±0.18	0.37±0.08	0.80

인산 (%)	분	0.67±0.09	0.67±0.12	0.59±0.11	0.61±0.12	1.64±0.38	0.82±0.20	0.83
	뇨	0.08±0.03	0.12±0.03	0.13±0.05	0.15±0.04	0.01±0.01	0.02±0.02	0.09
칼리 (%)	분	0.36±0.10	0.52±0.09	0.26±0.08	0.41±0.06	0.53±0.17	0.45±0.08	0.42
	뇨	0.54±0.16	0.70±0.10	0.45±0.11	0.65±0.11	0.29±0.08	0.53±0.12	0.53

- 자료 : 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정연구(농촌진흥청, 2008)

〈표-5〉 산란계 및 육계 분발생량 및 주요성분

구분	육계		산란계
	♀	♂	
배설량(g/수/일)	83.6	87.3	124.7
질소(%)	1.14	1.23	1.39
인산(P ₂ O ₅ %)	0.28	0.30	0.62
칼리(K ₂ O, %)	0.45	0.54	0.68

- 자료 : 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정연구(농촌진흥청, 2008)

2. 퇴비제조 원리 및 방법

가. 퇴비화의 정의

퇴비화(Composting)는 통상적으로 유기물이 미생물에 의하여 분해되어 안정화되는 과정이다. 그 최종 물질은 환경에 나쁜 영향을 주지 않아야 하고, 토양에 사용할 수 있어야 하며, 저장하기에 충분한 부식도 상태의 물질로 변화시키는 생화학적 공정 또는 고체 폐기물의 유기성분을 인위적인 조건하에서 연속적으로 생물학적 처리를 하는 것이라고 정의한다.

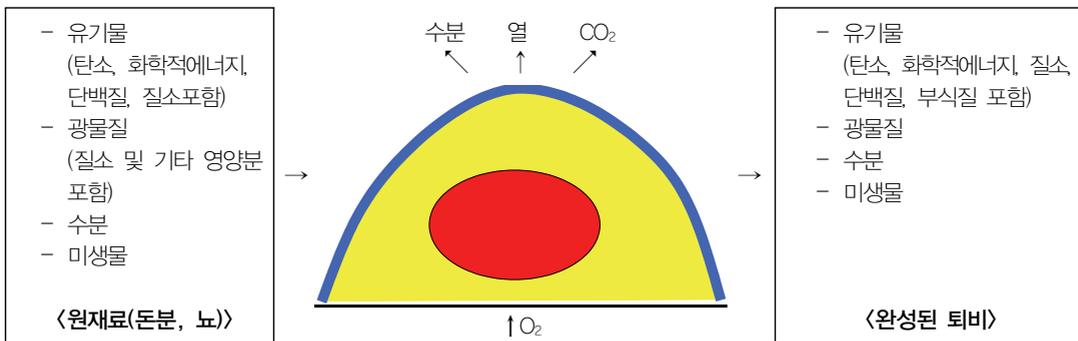
유기물은 미생물에 의해 완전히 분해되면 이산화탄소, 물 및 무기물로 전환된다. 미생물에 저항성을 갖는 유기물과 분해과정 중에 새로이 합성된 물질은 부식(humus)으로 잔류한다. 이 과정을 부숙화라고 하며 부숙이 완료되는 단계를 완숙(完熟)이라고 한다.

<ul style="list-style-type: none"> - 입자의 적정 크기 : 0.65~2.54cm - C/N : 20~30:1 (C/P : 100~150 : 1) - 공기 중 산소의 비율 : 12~13% - 수분함량 : 60~65% - pH : 5.5~8.5 - 자연통기 : 공극 30% 정도 - 퇴적 높이 : 60~200cm - 교반 : 1~2회/일 	<ul style="list-style-type: none"> - 미생물의 영양분 공급 - 5% 이하로 낮아지면 혐기발효 개시 - 40% 이하시 미생물의 영양분 이용성 저하 - pH 8 이상에서 NH₃ 생성 - 용적 540kg/m³ - 200cm이상은 통기성 불량 - 최소 1회/주 이상
--	---

나. 퇴비 제조의 목적

퇴비는 농경지에서 안전하게 작물을 생산하기 위하여 필요 불가결한 농자재이다. 질 좋은 퇴비의 사용은 토양의 물리성, 화학성 및 미생물상이 개선되어 작물이 생육하기 좋은 환경을 만든다. 이와 같이 양질의 퇴비를 제조 이용하는 목적은 다음과 같다.

- 1) 유기물 중의 C/N율(탄소/질소비율)을 20 전후로 조절함으로써 토양 중에서 급격한 분해, 작물의 질소기아를 방지한다.
- 2) 유기물에 함유된 유해성분을 미리 분해하여 작물의 생육장애를 방지한다.
- 3) 유기물 중의 유해해충, 잡초의 종자를 고열에 의하여 사멸시킨다.
- 4) 오물감을 없애므로 취급이 쉬우며, 안심하고 사용할 수 있다



〈그림-2〉 퇴비화 과정

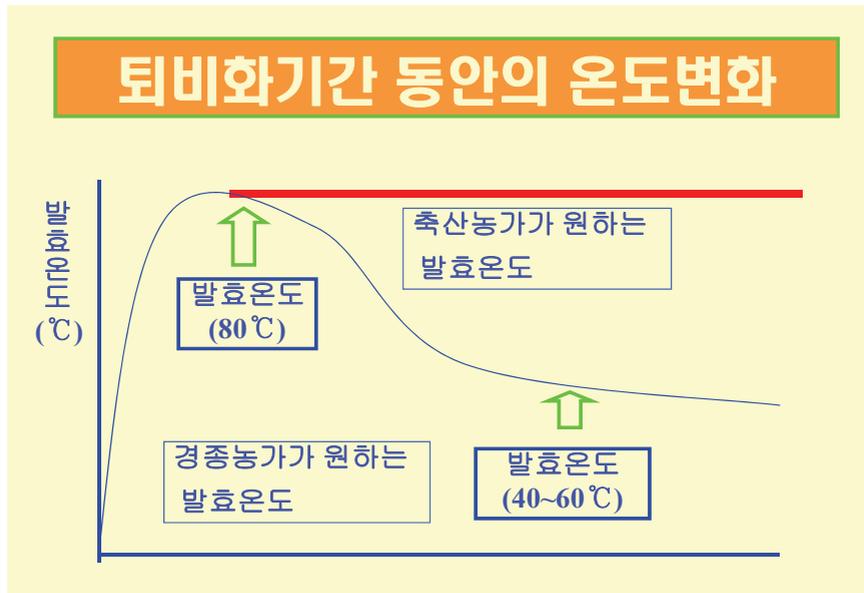


〈그림-3〉 퇴비화를 바라보는 축산·경종농가의 관점 차이

다. 퇴비화의 조건

양질의 퇴비를 만들기 위해 관련된 퇴비화의 조건은 크게 물리적, 화학적, 생물학적 조건으로 구성될 수 있으며 화학적 조건은 가축분의 pH, 독성물질의 함량 및 퇴비화에 필요한 영양성분의 함량 등이 있으나 가축분의 경우 이들 성분상의 문제는 거의 없어 조정이 크게 요구되지는 않는 것으로 사료된다. 생물학적 조건은 퇴비화에 관련된 미생물의 활성을 조장하는 것과 미생물자체를 투입하는 방법 등이 있으나 가축분자체에도 많은 미생물이 존재하므로 활성을 촉진시키는 것이 보다 유효한 것으로 사료된다. 그러나 직접적인 개선으로는 발효촉진제의 투입과 부숙퇴비의 반송 등으로 제한되고 대부분 물리적조건의 개선을 통해 달성된다.

물리적 조건의 개선은 다른 두 경우에 비해 조절이 용이하여 대부분의 퇴비화장치의 처리수단으로 활용되고 있다. 여기에는 함수량, 입도, 공기 등의 통기성 확보를 위한 요소, 온도와 관련된 보온 및 퇴적높이, 기질과 미생물의 접촉을 위한 혼합 등 많은 요소가 관련되어 있다.



〈그림-4〉 퇴비화 과정 중 발효온도 변화양상

라. 퇴비화 과정의 환경변화

퇴비화는 호기성 미생물에 의해 진행되는 부숙과정으로서 3단계로 구분된다. 일반적으로

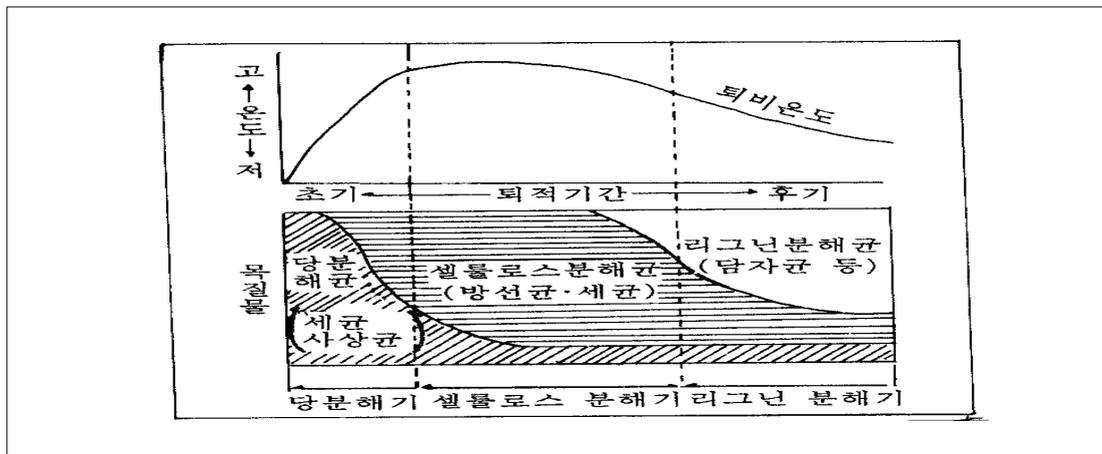
퇴비화는 이러한 3단계 과정을 거치며 최근에 사용하고 있는 기계식 퇴비화 장치들은 모두 이와 같은 퇴비화 과정을 전제로 설계되어 있다.

1) 1단계

가축분과 수분조절재를 혼합하면 발효가 시작되는 초기단계에는 중온성인 세균과 사상균이 유기물 분해에 관여한다. 유기물이 분해되면서 퇴비더미 온도가 상승하는데 40℃ 이상되면 중온성 균은 사멸되고, 고온성 균이 증식한다. 초기단계에서는 원료 중에서 분해되기 쉬운 당류, 아미노산 등이 분해된다.

2) 2단계

퇴비화 초기단계에서 중온성 미생물의 활동으로 온도가 상승하면 중온성 미생물의 활동은 정지되고 고온성 미생물의 활동이 시작된다. 고온단계에서 퇴비더미 온도는 50~60℃가 지속되지만 기계식 퇴비화 장치에서는 70℃ 이상의 고온이 지속되기도 한다. 일반적으로 퇴비화에 가장 적당한 온도범위는 40~55℃ 범위로 알려져 있으며 온도가 지나치게 높거나 낮은 경우는 퇴비화가 지연된다. 2단계에서는 셀룰로스(cellulose), 헤미셀룰로스(hemicellulose), 펙틴(pectine) 등 난분해성 물질들이 분해되는 단계로서 고온성 미생물이 관여한다. 고온성 퇴비화 과정 전반기에는 *Bacillus*계통이 후반기에는 *Thermoacetomyces*와 같은 방선균이 주된 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 분해가 진행됨에 따라 재료의 C/N율은 안정한 상태로 낮아진다.



〈그림-5〉 미생물의 변화과정(일본중앙축산회, 1989)

3) 3단계

2단계에서 고온성 미생물에 의하여 세루로스 같은 분해가 쉽지 않은 섬유성 유기물 분해가 완료되면 리그닌같은 난분해성(難分解性) 유기물만 남게 되어 분해속도가 느려지고 퇴비더미 온도도 40℃ 이하로 낮아진다. 이때 다시 중온성 미생물이 활동하게 되며 퇴비더미 온도는 1단계와 2단계의 중간온도로 지속되어 미부숙된 난분해성 유기물이 안정화 되는 기간으로 숙성단계라고도 한다. 퇴비화 초기에는 복합적인 악취를 내지만 부숙이 진행됨에 따라 퇴비 고유의 냄새를 띠고, 퇴비가 완료되면 암갈색 내지 흑갈색으로 전환된다.

마. 수분 조절재

1) 수분조절재 역할

가축분은 입자가 미세하고 수분함량이 높아 쌓아두면 눌림현상이 일어나 입자간의 공간이 적어지고, 수분으로 채워지기 때문에 공기 이동에 제한을 받게 되어 산소부족으로 미생물의 활력이 떨어지고 결국에는 혐기상태로 된다. 미생물의 활동을 최적화시키기 위해서는 최소한 입자간 공기유동을 원활하게 하고, 수분함량을 적정수준으로 조절하여야 퇴비화가 진행된다. 이러한 조건을 만족시키려면 수분흡수력이 좋고 기공이 많으면서 독성이 없는 재료는 모두 수분조절재로 사용할 수 있는데 톱밥 왕겨가 여기에 속한다.

<수분 조절재 기능>

- 수분을 흡수 또는 보유로 수분 조절을 할 수 있게 한다.
- pH조절, C/N비율을 조절 할 수 있게 한다.
- 입자 간의 매트릭스를 지지하여 퇴비형상을 유지시켜준다.
- 혼합물 사이의 공극량과 공기량을 증가 시켜준다.
- 조절재의 사용량이 너무 많으면 관리 노동력이 많이 든다.
- 부재료의 소요량 증가는 물량처리 비용이 증가한다.
- 퇴비 생산량 증가로 퇴비 시용 토지면적이 많아진다.

2) 수분조절재의 종류와 특성

수분조절재로 가장 많이 이용되고 있는 것은 톱밥이며 톱밥의 특징은 수분흡수율이 왕겨나 기타제재에 비하여 높아 퇴비더미 내 통기성을 높이기 때문에 많이 이용되고 있다

〈표-6〉 수분조절재 종류별 특성

재료명	수분 (%)	수분흡수율 (%)	용적중 (kg/m³)	탄소 (%)	총에너지 (cal/kg)
톱밥	26.9	285.8	181	55.2	4257
왕겨	13.7	183.3	104	47.5	3785
분쇄왕겨	11.9	213.5	184	47.9	3785
팽연왕겨	17.7	268.8	235	45.6	3772

*자료 : 축산연(1996)

3) 수분 조절재의 효율적이용

가) 가축분의 수분함량을 정확하게 파악하여 최소량을 사용한다.

가축분과 수분조절재를 혼합하여 퇴비화에 지장이 없을 정도의 범위까지 수분함량을 최대(65%)로 하면 절약할 수 있다. 수분 조절재 소요량 산출은 아래식으로 계산할 수 있다. 현장에서 혼합시에는 무게를 부피로 환산하여 혼합하면 작업이 편리하다.

※ 수분조절재 소요량 계산

$$- \text{소요량(kg)} = \text{분뇨량(kg)} \times \frac{\text{분뇨 수분함량(%) - 목표수분(65\%)}}{\text{목표수분(65\%) - 수분조절재 수분(\%)}}$$

- 계산 예) 돈분 1m³를 수분 65%조절시

(조건 : 돈분의 수분함량 75, 85, 95%, 톱밥수분 25%)

- 돈분 수분함량 75%기준 : 톱밥 1m³소요
- 돈분 수분함량 85%기준 : 톱밥 2m³소요
- 돈분 수분함량 95%기준 : 톱밥 3m³소요

나) 축분의 수분함량을 최대한 줄인다.

축분의 수분 함량이 5% 증감하면 수분 조절재 소요량은 50%씩 증감하기 때문에 분과 노를 분리하면 소요량이 크게 절감된다.

〈표-7〉 수분 함량별 수분조절재 소요량

돈분수분(%)	톱밥(kg)	지수	왕겨(kg)	지수
95	789	300	576	300
90	657	250	480	250
85	526	200	384	200
80	394	150	288	150
75	263	100	192	100

* 자료 : 축산연('98)

바. 가축분뇨 퇴비화시설의 관리요령(가축분뇨 자원화표준설계도 요약)

〈표-8〉 가축분뇨 자원화시설 처리조건

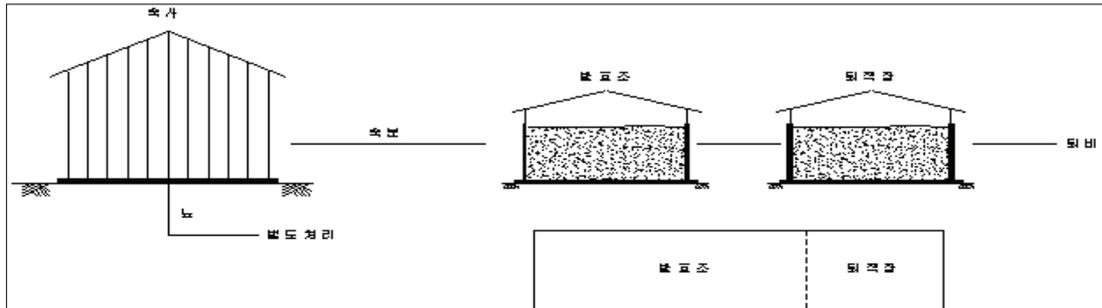
구 분	방식	처리 일수	유효 퇴적고	투입원료 함수율
퇴비사	호기	발효조 : 60일 퇴적장 : 30일	발효조 : 2m 퇴적장 : 2m	75%
통풍식 톱밥발효시설	호기	발효조 : 15일 퇴적장 : 45일	발효조 : 2m 퇴적장 : 2m	75%
교반식 톱밥 발효 시설	직 선 형 (에스컬레이터식, 로타리식, 스크류식)	호기 발효조 : 30일 퇴적장 : 30일	발효조 : 1.3m 퇴적장 : 2m	75%
	순 환 형 (로 터 리 식)	호기 발효조 : 180일	발효조 : 0.8m	발효조 가을 깔고 그 위 에 축분뇨 살포, 교반
퇴비단여과시설	호기	퇴비단 30㎡당 돈분뇨 슬러리 1㎡ 살포 퇴적장 : 퇴비단 용량	퇴비단 : 1.8m 퇴적장 : 2m	돈분뇨 슬러리를 퇴비단 상부에 살포
호기액비화시설	호기	젖소(분뇨 혼합식) : 13일 돼지(분뇨 분리식) : 15일 돼지(분뇨 혼합식) : 30일 (*축사의 피트, 집수조, 액비화조, 액비저장조 합계 : 180일)	액비화조:4m	-
톱밥깔짚우사의 퇴비사	호기	톱밥상 : 한우 30일 젖소 12개월 퇴비사(발효 및 퇴적) : 60일	2.3m	-
톱밥 함수율 (수분조절제)	톱밥의 함수율은 기후, 저장방법, 입경 등에 따라 20~30%로 차이가 있으나 톱밥의 함수율이 높으면 분의 처리량이 줄고 톱밥량이 많아져 경비가 많이 들며 퇴비의 용적이 증가되므로 가급적 수분이 적게 하여 사용한다. 설계시 25%적용.			

- 자료 : 가축분뇨자원화표준설계도 해설서(농식품부, 2009)

1) 퇴비사

가) 퇴비사란

축사에서 고액분리된 축분을 수분조절제(톱밥 및 왕겨 등)와 혼합하여 함수율을 조절한 다음, 퇴비사 시설의 발효조로 운반하여 호기성균을 이용 일정기간 1차 발효시킨 후, 퇴적장에서 2차 발효를 실시하는 방법



〈그림-6〉 퇴비사의 처리공정도

나) 운전요령

<축사>

- ① 축사 내에서 분분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 축분의 함수율을 최소화 한다.

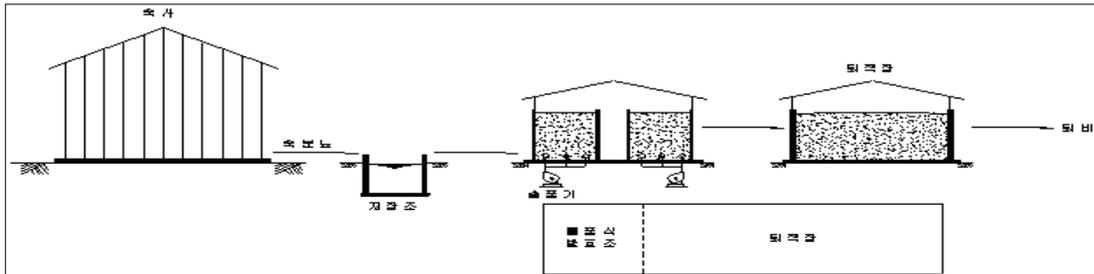
<발효조>

- ① 축사에서 배출되는 축분을 수분조절제(톱밥, 왕겨 등)와 혼합하면서 함수율 75% 정도로 조절하여 쌓아둔다.
- ② 전체적으로 고른 퇴비화를 이루기 위해 발효 중 골고루 혼합하여 준다.
- ③ 발효조에서 60일 정도 발효를 실시한 후 퇴적장에서 30일 정도 2차 발효를 실시한다.
- ④ 2차발효 완료된 퇴비는 경종농가와 계약하여 퇴비로 판매하거나 초지, 농경지에 퇴비로 사용한다. 퇴비로 사용할 때 복토를 하거나 땅을 갈아 얹어준다.
- ⑤ 주변을 청소하여 악취 및 해충이 발생하지 않도록 하여야 한다.

2) 통풍식 톱밥발효시설

가) 통풍식 톱밥발효시설이란

축사에서 배출된 축분을 저장조에 1차 저류하였다가 수분조절제(톱밥 및 왕겨 등)와 혼합하여 함수율을 조절한 다음, 발효시설의 발효조로 운반하여 호기성균을 이용 일정기간 1차 발효시킨 후, 퇴적장으로 운반하여 2차 발효를 실시



〈그림-7〉 통풍식 톱밥발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)

<축사>

- ① 축사 내에서 분분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 폐수발생량을 최소화 한다.

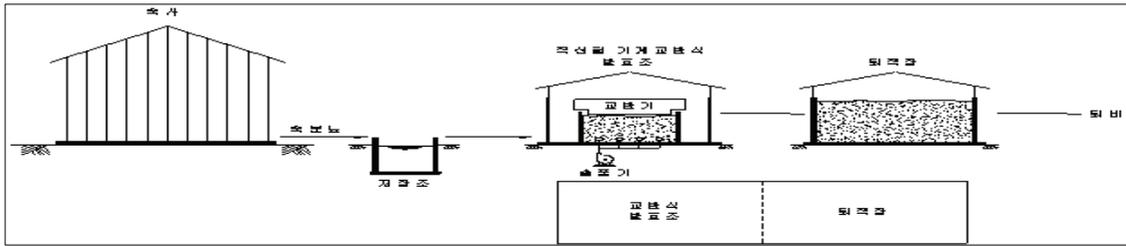
<발효조>

- ① 축사에서 배출되는 축분을 수분조절제(톱밥, 왕겨 등)와 혼합, 교반 하여 함수율 75% 정도로 조절하여 투입한다.
- ② 수분조절된 축분을 발효조에 투입한 후 발효조의 바닥에서 24시간 공기를 불어 넣어준다.
- ③ 발효조에서 15일 정도 발효를 실시한 축분을 퇴적장에 운반하여 45일 정도 2차 발효를 실시한다.
- ④ 1차 발효된 퇴비를 퇴적장으로 운반한 후, 빈 발효조도 2일 정도 송풍을 계속하여 원료 찌꺼기나 바닥의 수분을 건조시킨다.
- ⑤ 2차 발효가 완료된 축분은 경종농가와의 계약에 의하여 퇴비로 판매 또는 농경지나 초지에 살포하거나 수분조절제로 재활용한다. 퇴비로 사용할 때 복토를 하거나 땅을 갈아 얹어준다.
- ⑥ 통기구가 있는 바닥의 경우 통기구멍을 수시로 확인·보수한다.

3) 교반식 톱밥발효시설(직선형)

가) 교반식 톱밥발효시설(직선형)이란

축사에서 배출된 축분을 수분조절제(톱밥 및 왕겨 등)와 혼합하여 함수율을 조절한 다음, 발효시설의 발효조로 운반하여 교반장치를 이용 교반, 혼합하면서 일정기간 1차 발효시킨 후 퇴적장으로 운반하여 2차 발효를 실시



(그림-8) 교반식 톱밥발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)

<축사>

- ① 축사 내에서 분분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 폐수발생량을 최소화 한다.

<발효조>

- ① 축사에서 배출되는 축분을 수분조절제(톱밥, 왕겨 등)와 혼합, 교반 하여 함수율 75% 정도로 조절하여 투입한다.
- ② 인력 또는 스키드로우더를 이용하여 발효조에 적절한 높이로 투입한다.
- ③ 수분조절된 축분을 발효조에 투입한 후 발효조의 바닥에서 24시간 공기를 불어 넣어준다.
- ④ 발효조 내용물은 기계를 이용하여 1일 1~ 2회 정도 교반, 혼합하여 준다.
- ⑤ 저온 발효시 : 원료투입 1~2일후(투입구로부터 10m내외구간)부터 발효균 증식에 의해 저온발효가 진행되면서 온도는 약 30~40℃까지 상승함.
 고온 발효시 : 저온발효 개시후 약 3~4일 후에는 고온균의 증식으로 고온발효가 진행되면서 온도가 상승하여 수분증발과 잡균 및 해충의 알 등이 사멸, 안정성 높은 퇴비가 만들어진다.
- ⑥ 발효조에서 30일 정도 발효를 실시한 축분을 퇴적장에 운반하여 30일 정도 2차 발효를 실시한 후, 발효가 완료된 축분은 경종농가와 계약에 의하여 퇴비로 판매 또는 농경지나

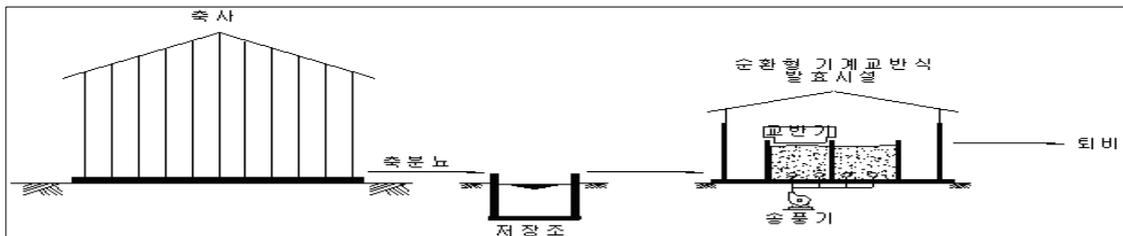
초지에 살포하거나 수분조절제로 재활용한다. 퇴비로 사용할 때 복토를 하거나 땅을 갈아엎는다.

- ⑦ 분 중에 돌, 쇠조각 등 이물질이 혼입되지 않도록 한다.
- ⑧ 고수분 상태의 축분을 사용하지 않는다.

4) 교반식 톱밥발효시설(순환형 로타리식)

가) 교반식 톱밥발효시설(순환형 로타리식)이란

축사에서 배출된 축분을 발효 건조 중인 퇴비 중에 고르게 살포한 후 교반장치를 이용 교반, 혼합함으로써 축분을 일정기간 발효 건조처리



〈그림-9〉 교반식 톱밥발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)

<축사>

- ① 축사 내에서 분분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 폐수발생량을 최소화 한다.

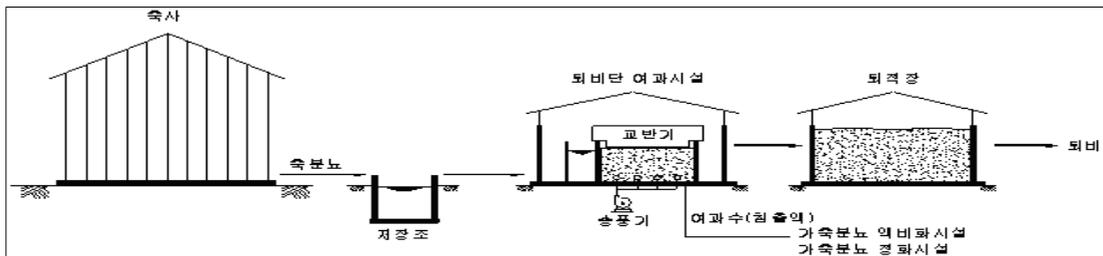
<발효조>

- ① 축사에서 배출되는 축분을 발효조내의 톱밥층이나 발효중인 퇴비층 위에 골고루 살포한다.
- ② 축분을 매일 발효조의 상부에 투입한 후 발효조의 바닥에서 24시간 공기를 불어 넣어준다.
- ③ 발효조 내용물은 기계를 이용하여 1일 1~2회 정도 교반, 혼합하여 준다.
- ④ 발효가 완료된 퇴비를 배출하기 전에는 일주일 이상 축분 투입을 중단하여 고른 퇴비화를 이룬다.
- ⑤ 6개월간 발효가 완료된 퇴비는 경종농가와 계약에 의하여 퇴비로 판매 또는 농경지 초지에 살포하거나 수분조절제로 재활용한다. 퇴비로 사용할 때 복토를 하거나 땅을 갈아엎는다.
- ⑥ 분뇨 중에 돌, 쇠조각 등 이물질이 혼입되지 않도록 한다.

5) 퇴비단 여과시설

가) 퇴비단 여과시설이란

일명 SCB(Slurry Composting & Biofiltration)이라고 불리우며, 축사에서 배출된 축분뇨를 왕겨와 톱밥으로 미리 채워진 퇴비단 상부에 살포하면, 슬러리층 고형물은 퇴비단 상층부에 억류되며, 억류된 고형물은 상층교반으로 걷어내어 퇴적장으로 이송하여 발효시켜 퇴비화하고, 액상물은 하부로 침출되는 과정에서 여재층의 미생물에 의해 유기물이 분해, 안정화된 여과액(침출액)으로 배출되며, 여과액은 액비로 사용하거나, 정화처리하여 방류한다.



〈그림-10〉 퇴비단 여과시설의 공정도[분뇨 혼합식 : 돼지]

<축사>

- ① 축사 내에서 분분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 폐수발생량을 최소화한다.

<발효조>

- ① 퇴비단이 완전히 비워진 상태에서 퇴비단 유효깊이의 1/2을 왕겨로 채우고 그 위에 나머지 톱밥을 채운다.
- ② 퇴비단 용적 30m³당 1일 1m³의 돈분뇨를 상부에 골고루 살포한다.
- ③ 고액분리후 사용시 효율이 증대한다.
- ④ 가축분뇨의 고형분 농도와 살포량 등에 따라 물빠짐이 1~3일 소요되므로 물빠짐이 완료되면 다시 살포한다.
- ⑤ 물빠짐이 완료되면 상부에 억류된 고형물질이 퇴비단내로 혼입되지 않도록 교반하며 퇴적장으로 배출한다.
- ⑥ 퇴비단 상부교반시에는 상부의 30cm 정도만 교반한다.
- ⑦ 상층교반이 완료되면 퇴적장으로 밀려나간 톱밥양 만큼 반대편에 보충하여 준다.

- ⑧ 퇴비단은 12개월 주기로 전량교체를 실시하며 교체전 퇴비단 전체를 5일정도 교반을 실시한 후 퇴적장으로 이송한다.
- ⑨ 퇴비단에 왕겨와 톱밥을 재투입하기 전 바닥의 통기시설과 배수시설의 막힘이 없도록 깨끗이 청소를 한다.
- ⑩ 가축분뇨 중에 돌, 쇠조각 등 이물질이 혼입되지 않도록 한다.
- ⑪ 퇴비단 여과시설은 퇴적장을 고려하여 충분한 용량으로 설치하여, 전반부는 여과시설로, 후반부는 퇴적장으로 사용할 수 있다.

3. 액비제조 원리 및 방법

가. 액비의 필요성

가축분뇨는 오염부하량이 높은 고농도 오염물질이기 때문에 유출시 수질 및 토양오염의 영향이 큰 반면에, 작물생육에 필요한 성분인 질소, 인, 칼리 이외에도 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등과 같은 미량원소도 포함하고 있어 적절하게 처리하면 자원으로서 가치가 매우 높다. 따라서 가축분뇨 관리문제의 합리적 해결방안은 가축과 경종작물과의 자원순환체계를 어떻게 유지할 수 있을 것인가 하는 것이며, 이에 맞추어 어떻게 하면 질 좋은 가축분뇨 액비를 생산하여 작물에 이용할 수 있게 할 것인가 하는 것이다. 우리나라에 연간 생산되는 가축분뇨를 비료자원으로 활용할 경우 우리나라 화학비료 소요량의 상당부분을 대체할 수 있다.

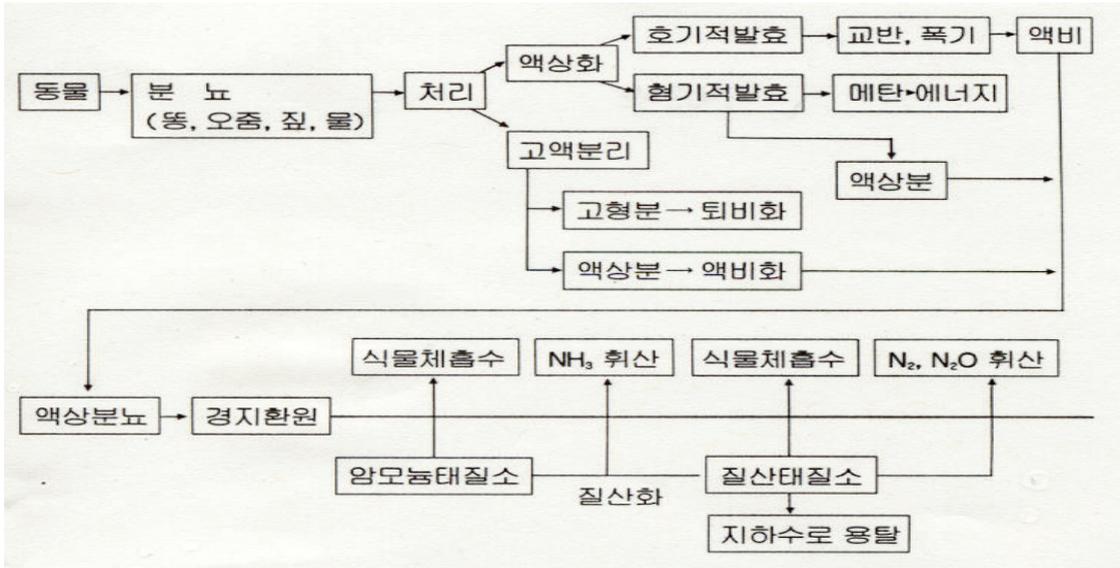
나. 액비의 조건

- 액비가 비료로서 경지에 환원되기 위해서는 ① 균일성, ② 액상화, ③ 저점착력, ④ 무약취, ⑤ 작물에 대한 피해가 없어야 하기 때문에 발효처리가 되어야 한다.

다. 액비화 기술

1) 액비화 처리과정과 토양에서의 물질순환

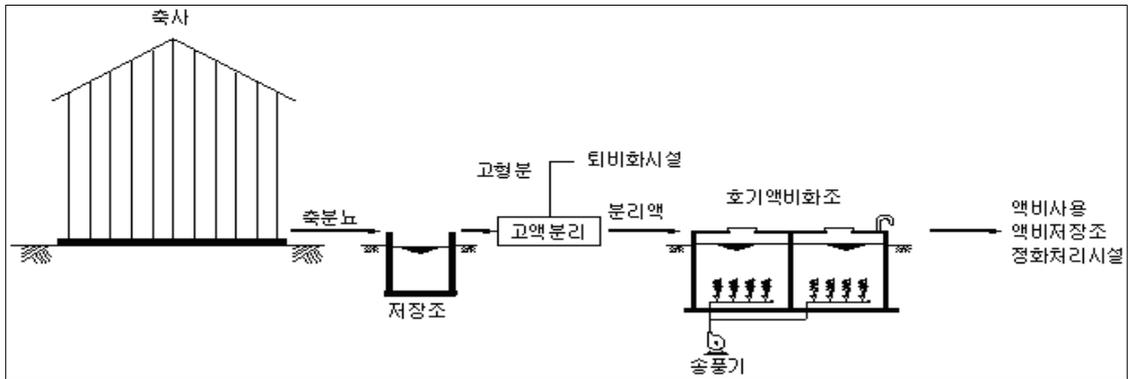
액비가 생산처리되는 과정과 토양에서의 물질순환은 다음과 같다.



〈그림-11〉 가축분뇨의 물질순환 과정

2) 호기액비화시설(가축분뇨 자원화표준설계도 해설서 요약)

호기성 조건하에서 가축분뇨의 고액분리 된 액을 액비화하는 시설로 액비화한 후 곧바로 액비로 사용하거나 액비저장시설에 저장 또는 정화시설과 연계하여 처리함.



〈그림-12〉 호기액비화시설의 공정도 [젓소, 돼지]

가) 세부구조 및 규격

<호기액비화조>

- ① 액비화조는 일정한 수위를 유지하며 호기조건이 일정하도록 칸막이를 설치하여 액비저장조나

- 정화처리시설로 이송하더라도 말단의 수위만 변동되도록 한다.
- ② 바닥과 측면은 불침투성 재료(방수콘크리트, PE-FRP 등)를 사용하여 물이 스며들거나 가축분뇨가 새어나가지 않는 구조이어야 한다.
 - ③ 개방형의 경우 우수의 침투를 방지할 수 있는 구조(지붕 등)로 한다. 인명 및 가축의 추락을 방지하기 위하여 울타리 등을 설치한다.
 - ④ 밀폐식의 경우 내부청소 및 스크럼을 제거할 수 있는 맨홀 및 가스배출을 위한 가스배출구(Vent)를 설치하여야 한다.
 - ⑤ 유효깊이는 4.0m 이상으로 하고 액비저장조나 정화처리시설과 연계할 수 있어야 한다.
 - ⑥ 총 유효용량은 젖소(분뇨 혼합식)의 경우 축사면적 100㎡당 3㎡, 돼지의 경우 축사면적 100㎡당 분뇨 분리식의 경우 5㎡, 분뇨 혼합식의 경우 5.5㎡ 이상으로 하여야 한다.
 - ⑦ 분뇨 중의 유기물질이나 악취물질을 생물학적으로 분해 안정화하여 액비사용 시 문제가 없도록 충분한 공기(액비화조 유효용량 1㎡당 0.03㎡air/분 이상)를 공급할 수 있는 송풍시설을 갖추어야 한다.
 - ⑧ 송풍시설 중 액비화조 내에 설치되는 산기장치는 산소전달 효율이 큰 고효율의 산기관을 설치하여야 송풍기의 용량 절감 및 동력비를 절감할 수 있다(산소전달효율이 큰 송풍과 산기를 겸한 장치도 사용가능).
 - ⑨ 호기성으로 처리된 액비는 적절한 정화처리 시설을 연계하여 처리할 수 있다.
 - ⑩ 호기성으로 처리된 액비는 그 상태로 액비사용에 문제가 없으나 액비 비수기시 저장을 위해 액비저장시설과 연계되도록 하여야 한다.
 - ⑪ 속성호기액비화 장치의 경우 액비화기간을 단축시킬 수는 있으나 생산된 액비에서 악취발생이 없도록 필요시 별도의 악취방지시설을 갖추어야 한다.
 - ⑫ 액비저장조는 사각 콘크리트식, 원형 콘크리트식, 원형 법랑판넬식 등 다양하게 설치될 수 있고, 우수의 침투를 방지할 수 있는 구조로 한다.
 - ⑬ 가축분뇨를 호기액비화시설로 처리할 경우, 축사내의 피트, 집수조, 호기액비화조, 액비저장조를 합하여, 처리일수 180일 이상이 되도록 한다.

나) 운전요령

<전처리>

- ① 분과 뇨를 고액분리기로 분리시킨다.

- ② 분리된 고형분은 1일 1회 이상 수거하여 퇴비화시설로 이송한다.
- ③ 고형분을 제거하고 남은 분리액을 액비화조로 이송한다.

<호기액비화조>

- ① 액비화조에 투입되는 분리액은 1일 일정량씩 투입하여야 하며 한꺼번에 분리액을 투입함으로 인한 충격부하를 방지한다.
- ② 호기성 조건하에서 분리액의 유기물질과 악취성분이 호기미생물에 의해 분해 안정화되도록 24시간 송풍기를 가동하여야 한다.
- ③ 고액분리된 분뇨라 하더라도 유기물질의 농도가 높기 때문에 안정적인 액비를 얻기 위해서는 많은 공기량이 필요하므로 송풍기에 의한 전력비를 줄이기 위해 고효율의 산기관을 사용함이 바람직하고 거품을 제거할 수 있는 소포시설을 설치하여야 한다.
- ④ 액비화조에 칸막이로 2개조 이상 설치시에는 말단의 액비를 전단부로 내부 반송하여 액비화 효율을 높이고, 액비화시 악취를 줄일 수 있다.
- ⑤ 말단의 조내 액비에 취기가 없고 액비화가 완료되었다고 판단된 경우 1일 일정량을 액비로 사용하거나 저장시설로 운반하여야 한다.
- ⑥ 호기액비화시설을 정화처리시설과 연계하여 방류하고자 할 경우, 응집탈수시 인의 제거효율을 높이기 위하여 무기응집제(철염, ALUM, PAC) 등을 투입하여야 한다.

라. 액비관리 기술

액비를 농경지에 살포하기 위해서는 살포 전까지 액비를 저장, 관리할 수 있는 저장조의 설치가 필요하며 배출되는 분뇨를 6개월 이상 저장할 수 있는 할 수 있는 용량이어야 한다. 충분히 부숙된 액비는 사용 전에 항상 성분을 분석하여 작물에 맞는 시비량내에서 안전하게 농경지에 살포하여야 한다.

1) 액비저장조 설치전 검토사항

- 가) 액비 공급자와 저장조를 관리하고 액비를 이용할 농민이나 단체의 입장에서 저장조의 설치규모 및 장소 등의 결정
- 나) 저장조를 설치할 토지 소유자 및 액비를 이용할 경작자의 범위
- 다) 액비의 공급처와 연간 수급량, 공급시기의 결정
- 라) 저장조의 적합 설치규모와 살포장소 분산범위, 설치개소 수의 결정

- 마) 저장조 관리에 편리하며 액비를 운반, 살포하기 용이한 장소
- 바) 액비의 관리, 이용을 위한 농가의 공동 및 개별이용 방안 강구
- 사) 저장조의 시공비용 부담, 관리비용의 부담, 가축분뇨의 운송비용은 각각 누가 어떻게 부담할 것인지 사전에 고려하여 결정

2) 액비저장조의 설치시 고려사항

- 가) 내구성이 높고 유지보수, 바닥 침전물의 청소가 용이할 것.
- 나) 액비에서 발생하는 부식성 가스나 화학적 성분에 의해 부식되지 않고 오래 사용할 수 있을 것.
- 다) 저장액비의 압력에 견딜 수 있는 안전한 구조이며 액비의 누출로 인한 토양 및 지하수 오염의 우려가 없을 것.
- 라) 마을부근이나 큰 도로변 등 악취발생으로 인한 민원발생의 소지가 없는 곳일 것
- 마) 트랙터, 액비운반 트럭 등이 점차 대형화 추세이므로 대형 운반 및 살포장비의 출입이 용이한 곳일 것
- 바) 액비저장조를 설치하여 마을의 경관에 악영향은 미치지 않는 곳일 것
- 사) 장마철 상습 침수지역이나 하천 주변 또는 지반이 연약하여 액비저장조가 파손되거나 또는 저장한 액비가 유실될 우려가 없는 곳일 것.
- 아) 되도록 시공비가 저렴할 것.

마. 액비저장조의 종류

액비저장조는 설치방법에 따라 지상식, 반지하식, 지하식으로 구분할 수 있으며, 재질은 아연도금, 범랑(세라믹피복 철판), 합성수지, 콘크리트, 유리코팅철판, 스테인레스, PVC시트(타포린, 탑지) 등이 있다.



〈그림-13〉 재질에 따른 액비저장조의 종류

바. 액비저장조 관리시 유의사항

가축분뇨의 자원화를 촉진하기 위하여 설치하고 있는 액비저장조는 재질이 다양하고 용량이 다르기 때문에 내구성이 높아야 하며, 압력에 견딜 수 있는 안전한 구조임과 동시에 부식성가스나 화학적 성분에 충분히 견딜 수 있어야 한다. 또한 유지보수가 용이하고 바닥 침전물의 청소가 용이해야 한다. 이러한 조건을 갖춘 저장조라 하더라도 액비저장 중에 관리를 꾸준히 하지 않으면 안 된다. 액비는 작물에 없어서는 안 될 귀중한 비료원이기도 하지만, 반대로 제대로 관리가 되지 않으면 토양과 수질의 주요 오염원이기 때문이다. 따라서 액비저장조를 제대로 관리하기 위한 일반적인 관리기준을 다음과 같다.

- 1) 액비저장조는 부식에 강하고 내구연한이 높은 재질이어야 하며, 바닥을 콘크리트로 할 경우 특히 벽체와 맞닿는 부분이 누수가 되지 않도록 시공하여야 한다(액비누출 점검 및 조치가 가능하도록 가급적 지상식으로 설치한다).
- 2) 액비저장조 설치농가는 동절기를 지나면서 저장조 내 액비의 동결 및 해빙에 따른 저장조의 뒤틀림 현상·누수·바닥의 균열이 없는지 살펴보아야 한다(평상시 청결하게 유지·관리하여 액비누출시 쉽게 점검될 수 있도록 한다).
- 3) 액비저장조내에서 자연증발되는 수분의 양보다 강우량이 많은 곳은 집중호우로 인해 저장조의 액비가 넘칠 우려가 있으므로 지붕을 설치하거나 여유공간을 더 확보하여야

한다(탱크용량 10~20% 수준의 여유공간을 확보한다).

- 4) 질 좋은 액비를 만들기 위해서는 환경이 양호하여 소독수나 항생제를 적게 사용하는 농가의 신선한 가축분뇨를 선택하고, 가축분뇨를 저장조에 투입하기 전에 이물질 등(주사기, 약병, 비닐, 털, 생활쓰레기, 기타)을 충분히 제거한다(액비를 펌핑·살포할 때 이물질로 인하여 발생할 수 있는 펌프 또는 파이프 파손 방지 및 악취로 인한 민원 우려가 없어야 한다).
- 5) 저장조 내 가축분뇨는 저장·발효기간 동안 표면층, 중간층, 바닥층으로 나뉘어져 액비성분이 고르지 못하므로 경지에 살포하기 2~3일전부터 교반이나 펌핑을 통하여 액비성분을 고르게 섞은 후 반출·살포한다(특수발효방법 외의 경우 액비화 되기까지 매일 일정량의 폭기 등을 통한 발효를 촉진하고, 완전 발효 후 사용시까지 주기적으로 폭기를 실시한다).
 - ※ 침전물은 털, 사료찌꺼기, 분뇨 내 유기물 및 분뇨 반입 때 섞여 들어온 일부 모래나 흙이 바닥에 퇴적되어 액비 자체의 압력으로 인해 단단해지는데 이를 제거하기가 쉽지 않다. 따라서 침전물의 퇴적을 방지하기 위해서 교반장치를 설치하여 주기적으로 교반을 실시해 주어야 한다.
 - ※ 액비살포시 가장 문제가 되는 것이 악취발생과 부숙 여부이다. 액비의 악취제거 및 부숙촉진을 위해서는 저장조에 폭기장치를 설치하는 것이 좋다.
- 6) 액비가 반출된 후 저장조 내부의 침전물을 제거한 후 가축분뇨를 반입한다(침전물을 처리하지 않고 축산분뇨를 반입하게 되면 퇴적층이 해마다 높아져 저장용량이 줄어들 뿐 아니라 나중에는 침전물을 처리하지 못할 정도가 되어 저장조를 방치하는 결과를 초래하게 된다).
- 7) 가축분뇨 공급자와 저장조를 관리하고 액비를 이용할 농민이나 단체가 액비 연간 수급량, 공급시기 등을 사전에 협의하여 소요량을 결정한다.
- 8) 환경개선제는 유효기간을 지켜야 정상적인 효능이 발생한다. 제품을 개봉한 후에는 신속하게 사용하고, 사용하다 남은 제품은 수분이나 공기가 접촉되지 않도록 밀봉하여 직사광선을 피하게 하고 습하지 않은 곳에 보관한다.
 - ※ 일부 농가에서 액비의 악취제거나 부숙촉진을 위해서 환경개선제 사용에 의존하는 경우가 있는데, 아무리 좋은 환경개선제라 하더라도 양질분뇨 여부와 일상적인 저장조 관리(교반, 폭기처리 등) 없이는 기대한 효과를 볼 수 없다.
- 9) 액비의 비료성분함량은 원료, 부숙방법, 부숙기간 등에 따라 차이가 많으므로 액비

저장조마다 사용직전에 반드시 분석해야 한다. 액비분석은 채취날자, 시료명, 주소, 성명 등을 기재한 후 관할 시·군 농업기술센터에 의뢰하고, 액비시비처방서를 발급받아 작물별 살포량을 결정한다.

- 10) 저장조 내에는 유해가스가 상존하고 있어 위험하므로 관리시 안전사고가 발생되지 않도록 주의하여야 한다(황화수소, 암모니아, 메탄가스, 이산화탄소 등은 인체에 치명적인 영향을 미치므로 저장조 내부 청소시 특히 주의하여야 한다).

사. 가축분뇨 액비성분 분석

1) 액비시료 채취

액비시료 채취목적은 대상 액비의 특성에 대한 정보를 얻는데 있으며, 액비 모집단을 대표하여야 한다. 시료는 저장탱크내의 액비를 충분히 혼합한 후 5~10개 지점에서 시료를 채취한 후 잘 섞어 500ml 정도 취한다. 채취한 시료는 유리병이나 플라스틱 병에 담아 시료내역을 기재하여 분석실로 보낸다. 시료내역에 기재사항은 채취날자, 시료명, 주소, 시료내역 등을 기재한다.

2) 액비시료 보관

채취된 시료는 즉시 실험실로 보내 분석할 수 있도록 해야 하며, 사정상 보관이 필요한 경우 깨끗한 유리병이나 플라스틱병에 담아 서늘한 곳이나 냉장 보관한다. 온도가 높은 곳이나 여름에 장기간 보관할 경우 용기 내에서 유기물이 분해되면서 가스가 발생하여 용기가 파손될 우려가 있으므로 이러한 곳은 액비시료 보관을 절대 하지 않도록 한다.

아. 액비의 품질관리

- 1) 미숙액비 사용할 때는 악취로 인한 인근 농가의 민원발생 및 기생충, 세균성 미생물 감염이 우려되므로 6개월 이상 충분히 발효시켜 사용한다.
- 2) 부숙도 판정은 부숙방법과 원료의 질에 따라 다양하여 일정한 기준을 적용하기 곤란하나 악취가 많이 나지 않은 것을 부숙액비로 한다.

〈표-9〉 가축분뇨액비 부숙지표와 부숙도 간이 판정기준

구 분	부숙지표 및 배점
냄새	원료냄새 강(2), 원료냄새 약(5), 원료냄새 없음(10)
색깔	올리브그린(2), 옐로우그린(3), 다갈색(5), 흑갈색(7), 갈색(10)
점성	끈끈함(2), 끈끈하지 않음(10)
부숙중 최고온도	50℃이하(2), 50~60℃(10), 60~70℃(15), 70℃이상(20)
공기주입	공기주입 안함(2), 공기주입 함(10)
점수합계	미숙 : 10점 이하, 중숙 : 10~45점, 완숙 : 46점 이상

* 자료 : 농림부(2006)

4. 액비제조 · 저장 및 액비살포시 악취저감 방법

가. 양돈분뇨 액비제조 및 저장시 악취저감 방법

- 액비제조시 공기를 주입하여 호기성 발효를 시킴.
 - 적정 폭기량 : 슬러리 1m³당 2.5m³의 공기를 1시간에 주입
 - 장점 : 고형물이 액화되어 살포가 용이하고 악취 감소
 - 단점 : 양분 손실(특히 질소) 및 폭기에 따른 에너지 비용 추가
- 저장탱크에 뚜껑을 덮어주어 저장기간 중 악취 휘산을 감소

〈표-10〉 저장조의 슬러리 표면처리 형태별 암모니아 휘산율

저장조의 슬러리 표면처리	암모니아 휘산율(%)
콘크리트 지붕	5~10
비닐	10~15
벗짚, 10cm	30~40
피트모스, 10cm	5~20
유채 기름살포, 0.5cm	15~20
뚜껑 없음	25~75

나. 액비살포시 악취저감 방법

1) 살포시 기계적인 방법으로 악취를 억제하는 방법

- 살포시 악취가 수반되는데 이러한 문제점을 제거하기 위해 살포와 동시에 경운하여

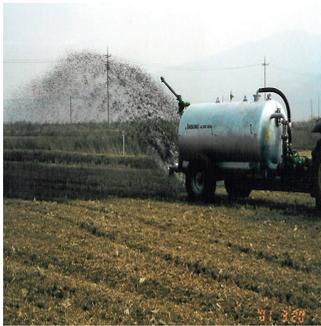
흙으로 복토하는 방법

- 액비제조에 추가적인 경비가 소요되지 않고, 양분소실이 적은 반면에 살포에 추가적인 장비개발 및 부착이 필수적
- 디스크해로우를 장착한 액비살포기로 지표살포하였을 경우에는 현저하게 약취가 감소

〈표-11〉 액비살포 방법별 약취농도

살포방법	관행살포	지표살포	지중살포
약취농도 (외기 100기준)	440.5	165~185	120~147

* 자료 : 오인환 등(2001)



관행살포



지표살포



지중살포

〈그림-14〉 액비살포 방법

제3장 가축분뇨 퇴·액비 분석과 시용량 결정 및 살포

1. 가축분뇨 퇴·액비 분석법

가. 가축분뇨 퇴비의 부숙도 측정법

비료관리법의 ‘비료의 품질검사방법 및 시료채취기준’에 의한 퇴비의 부숙도(‘10.3.29 신설) 판정 기준은 다음 3가지 방법 중 최소 하나의 방법에 의해 부숙완료 판정을 받아야 부숙이 완료된 것으로 결정한다. 두 가지의 기계적 부숙도 측정법으로 암모니아와 이산화탄소 발색반응을 이용한 1) 콤팩(CoMMe-100)과 2) 솔비타(Solvita) 제품을 이용한 측정법, 그리고 생물학적 부숙도 측정법으로 3) 종자발아법을 이용한다.

이 외에도 관능검사, 돈모장력법, 질산태질소 간이시험법, 온도에 의한 측정방법, pH측정법, 탄질율(CN율)에 의한 방법, 생물판정법으로 발아시험법, 유식물시험법 등을 활용할 수도 있으나 법적 기준은 아니다.

1) 기계적 부숙도 측정법

가) 암모니아와 이산화탄소 발색반응을 이용한 기계적 부숙도 측정 방법(콤팩, CoMMe-100을 이용한 측정법)

(1) 원리

미부숙 퇴비에 적합한 수분함량을 유지시키면 미생물의 활성화에 의해 이산화탄소 및 암모니아가 발생되는데 이를 젤 상태의 패들과 반응시켜 변화되는 패들의 색 변화를 기계적으로 측정하여 부숙도 판정.

(2) 적용범위

가축분퇴비 및 퇴비의 부숙도 측정에 사용.

(3) 장치

(가) 퇴비 부숙도 판정기기(콤팩), 반응키트(암모니아, 이산화탄소), 측정용 용기.

(나) 측정조건 : 기기의 사용설명서에 따름.

(4) 시료의 준비

(가) 약 200g의 샘플을 잘 혼합하면서 나무, 돌, 비닐 등 이물질은 제거하고 쪼이나 영킨 덩어리는 부수어 섞는다.

(나) 시료의 수분이 약 40% 이상일 경우에는 그대로 사용하고, 40% 이하일 경우에는 퇴비의 수분을 50% 내외로 조절한 후, 24~48시간 정도 방치 후 사용한다.

(5) 측정

(가) 준비된 시료를 측정용 용기에 표시된 위치까지 채운 후 준비된 키트(Kit-A, Kit-B)를 뚜껑에 고정시킨 후 뚜껑을 닫고 상온(25℃)에서 4시간 반응시킨다.

(나) 4시간 경과 후에 반응된 키트를 측정용 용기에서 분리시킨다.^{주1)}

(다) 키트를 즉시 퇴비부숙도 판정기(콤팩-백)의 광학부(측정부)에 넣어 퇴비의 부숙도를 판정한다.^{주2)}

(라) “부숙완료”로 측정되어야 부숙된 것으로 판정한다.

(부 기)

주1) 키트에 이 물질이 묻지 않도록 조심하고 반응된 부위를 손으로 만지지 않도록 주의한다.

주2) 부숙도 판정의 결과

- 부숙완료 - 퇴비의 부숙이 완료됨
- 부숙후기 - 퇴비의 부숙이 거의 끝나가는 상태
- 부숙중기 - 부숙기간이 좀 더 필요한 상태
- 부숙초기 - 부숙이 진행되는 초기 상태
- 미 부숙 - 부숙이 거의 진행되지 않은 상태

나) 암모니아와 이산화탄소 발색반응을 이용한 기계적 부숙도측정 방법(솔비타, Solvita를 이용한 측정법)

(1) 원리

퇴비에서 발생하는 이산화탄소(CO₂) 및 암모니아(NH₃) 가스 농도를 측정하여 발생의 많고 적음에 따라 부숙도 판정

(2) 적용범위

가축분퇴비 및 퇴비의 부숙도 측정에 사용

(3) 장치

(가) 측정용 용기, 반응키트(암모니아, 이산화탄소), 판정표 또는 리더기

(나) 측정조건 : 기기의 사용설명서에 따름

(4) 시료의 준비

(가) 콤팩을 이용한 방법의 (4) 시료의 준비 (가), (나)와 같음.

(5) 측정

(가) 퇴비의 부숙도를 평가하기 위하여 Solvita test 용기에 표기된 눈금까지 퇴비를 채우고 이산화탄소와 암모니아 측정용 패드를 꽂고 공기가 통하지 않게 뚜껑을 덮은 다음 상온(25℃)에서 4시간 방치 후 패드의 색깔을 표준칼라차트와 대조하거나 디지털판독기로 읽고 부숙지표를 이용하여 부숙도를 판정한다.

【부숙도 판정표 및 기준】

		이산화탄소							
		1	2	3	4	5	6	7	8
암모니아	5	1	2	3	4	5	6	7	8
	4	1	2	3	4	5	6	7	8
	3	1	1	2	3	4	5	6	7
	2	1	1	1	2	3	4	5	6
	1	1	1	1	1	1	2	3	4

※ 판정- 1 : 미부숙, 2 : 부숙초기, 3 : 부숙중기, 4~6 : 부숙후기, 7~8 : 부숙완료

(6) 판정표의 4 이상일 때 부숙된 것으로 판정한다. 종자의 파종이나 유식물에 이용할 경우에는 7 이상의 제품을 사용한다.

2) 종자발아법

가) 기계적 측정법 검사 후에도 냄새에 의한 부숙이 의심될 때에는 종자발아법으로 검사할 수 있다.

나) 사용 가능한 종자 : 무

다) 수분 50% 내외인 퇴비 10g을 달아 증류수 100ml에 넣고 70℃에서 2시간 환류냉각 추출 후 No.2 여과지로 여과하고, 그 여액 5ml를 여과지를 바닥에 깔 직경 85mm 페트리디시에 가한다. 페트리디시당 무 종자의 개수는 30개로 한다. 대조구에는 증류수 5ml를 넣고 3반복으로 한다. 페트리디시는 파라필름으로 감아 수분증발을 막고 통기는 되도록 한다. 실온(20~28℃) 또는 생육상의 온도를 25℃로 하고 빛은 종자의 발아조건에 따르며 특별히 차단하지 않는다.

라) 1, 3일 후에 페트리디시내의 수분을 점검하여 필요할 경우 보충한다.

마) 5일 후에 발아율, 뿌리길이를 측정한다.

바) 발아지수(GI)계산

$$GR = (\text{발아율}/\text{control 발아율}) \times 100$$

$$RE = (\text{뿌리길이}/\text{control 뿌리길이}) \times 100$$

$$GI = GR \times RE / 100$$

사) 발아지수 70 이상일 때 부숙완료로 판정한다.

3) 관능검사

퇴비의 원료에 따라 특히 공동퇴비장에서와 같이 주재료는 가축분뇨이고 여기에 부재료로 볏짚이나 왕겨 및 톱밥 등을 섞어서 퇴비를 만드는 경우는 그 배합종류와 비율에 따라 퇴비 품질이 다르므로 오랜 경험의 축척이 필요하다.

일반적으로 퇴비자재를 쌓아 놓고서 부숙이 되어감에 따라 형태와 색과 냄새 등이 달라진다.

가) 형태

대체로 초기에는 잎과 줄기 등 그 형태가 완전하나 부숙이 진전되어감에 따라 형태의 구분이 어려워지며, 완전히 부숙되고 나면 잘 부스러지면서 당초 재료가 무엇이었는지를 구분하기 어렵다.

나) 색 깔

종류에 따라서 다양하게 나타나며 산소가 충분히 공급된 상태에서와 산소 공급이 부족한 상태에서 부숙된 경우도 색이 달라진다. 대체로 검은색으로 변해가는 것이 일반적이지만

벗짚만을 쌓아서 퇴비를 만드는 경우에는 속에서(혐기상태) 부숙된 것은 누런색을 띠게 되나 이것도 공기에 노출되면 검은색 계통으로 변화하게 된다.

다) 냄새

종류에 따라 크게 다른데 벗짚이나 산야초 퇴비는 완숙되면 퇴비 고유의 향긋한 냄새가 나며, 계분 등 가축의 분뇨는 당초의 악취가 거의 없어진다.

〈표-12〉 벗짚 및 산야초퇴비 부숙도 감별법

구 분	미 숙	중 숙	완 숙
색 갈	황 갈 색	갈 색	암 갈 색
탄 력 성	없 음	거의 없음	다소 있음
악 취	많 음	다소 있음	없 음
손 촉 감	거 침	다소 거침	부드러움
강 도 (손으로 비틀 때)	안 끊어짐	잘 끊어짐	쉽게 끊어짐

※ 완숙 후에는 수분 40~50%의 푸슬푸슬한 퇴비가 됨

〈표-13〉 가축분 퇴비의 부숙도 감별법

색 갈	황~황갈색(2), 갈색(5), 흑갈색~흑색(10)
형 상	원료의 형태유지(2), 상당히 붕괴(5), 형태를 알 수 없음(10)
악 취	원료냄새 강(2), 원료냄새 약(5), 퇴비냄새(10)
수 분	70% 이상(2), 60% 전후(5), 50% 전후(10) * 수분 70% 이상 : 손으로 움켜쥐면 손가락 사이로 물기가 많이 나옴 * 수분 60% 전후 : 손으로 움켜쥐면 손가락 사이로 물기가 약간 나옴 * 수분 50% 전후 : 손으로 움켜쥐면 손가락 사이로 물기가 스미지 않음
부숙중 최고온도	50℃ 이하(2), 50~60℃(10), 60~70℃(15), 70℃ 이상(15)
부숙기간	가축분 자체 : 20일 이내(2), 20일~2개월(10), 2개월 이상(20) 축분+농산부산물 : 20일 이내(2), 20~3개월(10), 3개월 이상(20) 축분+톱밥등 : 20일 이내(2), 20일~6개월(10), 6개월 이상(20)
뒤집기 횟수	2회 이하(2), 3~6회(5), 7회 이상(10)
통 기	통기 안함(2), 통기함(10)
점수 합계	미숙 : 30점 이하, 중숙 : 31~80점, 완숙 : 81점 이상

4) 돈모 장력법

가) 원 리

돈분을 퇴적하여 퇴비화할 때 그 중에 함유된 돈모의 장력에 의하여 퇴비부숙도를 판정하는 방법이다.

나) 방 법

퇴비 더미에 돼지털을 넣고 퇴적, 부숙 중에 돼지털을 꺼내어 양손으로 잡아당긴다.

- 미숙 - 잘 끊어지지 않음
- 중숙 - 힘있게 잡아당기면 끊어짐
- 완숙 - 돼지털의 탄력성이 없어지고 잡아당기면 용이하게 끊어짐.

5) 질산태질소 간이시험법

가) 원 리

퇴비화 과정에서 제1, 2단계는 재료 중의 이분해성 유기물이 급격히 분해되어 암모니아태질소가 생성된다. 분해가 어느 정도 진전되면 제3단계로 암모니아태질소가 아질산을 경과하여 질산으로 된다. 이 원리에 의하여 퇴비 중의 질산태질소 함유량을 측정하여 퇴비의 부숙도를 판정하는 방법이다.

나) 방 법

- 증발접시 또는 유리비이커를 준비한다.
- Diphenylamine(특급시약) 300mg을 23ml의 황산을 녹이고 갈색병에 보존한다.
- 퇴적물을 손으로 찌서 용액 1~2방울을 소형증발접시 또는 유리비이커에 넣는다.
- 여기에 Diphenylamine용액을 넣는다.
- 2~3분 방치한다.
- 발색되는 청색을 관찰하다.
- 청색이 되는 정도로서 부숙도를 판정한다.

6) 온도에 의한 측정방법

가) 원 리

퇴비재료를 퇴적하면 미생물의 증식 및 분해활동이 시작되어 퇴적물 내부 온도는 60℃

전후까지 급속히 상승하였다가 온도가 떨어지게 되며 이 때 뒤집기를 한다. 이와 같이 뒤집기를 하여도 퇴비의 온도가 변화하지 않고 외기의 온도와 거의 같은 상태가 되는데 이 때는 퇴비화가 꽤 진전된 상태라고 할 수 있다.

나) 방 법

- 준비물 : 온도계(30cm 및 60cm 길이의 온도계 2개)
- 측 정 : 원자재를 혼합하여 퇴적할 때 온도계의 감지부를 퇴적물의 표층과 하층의 2개소에 꽂고 매일 온도를 측정한다.
- 부숙도 판정 : 뒤집기를 하여도 온도가 상승되지 않는 상태가 되면 어느 정도 완숙된 상태라 할 수 있으며 이 상태에서는 재료에 따라서 상온에서의 퇴비화 공정기간이 필요하다.

7) pH 측정법

가) 원 리

일반적으로 퇴적시에 첨가한 계분과 질소비료에 의한 암모니아의 발생으로 pH가 상승한다. 그러나 퇴비화가 진전됨에 따라 유기물이 점차 분해되고 통기성이 좋아짐에 따라 암모니아태 질소함량이 감소하고 질산태 질소가 증가하면서 pH는 감소된다. 가축분퇴비에 적용이 가능하다.

나) 방 법

- 준비물 : pH메터, 비이커, 유리봉
- 측정방법 : 풍건퇴비 20g를 비이커에 담는다.
증류수 200ml를 넣고 유리봉으로 몇 번 짓는다.
5분간 정치 후 용액 중에 초자전극을 넣고 측정한다.
- 부숙도 판정 : 일반적으로 퇴비의 적정 pH로 6~8 정도이면 좋다. 극단적으로 pH가 너무 높거나 낮은 경우에는 다른 방법에 의하여 부숙도를 측정할 필요가 있다. 특히 pH가 높은 퇴비를 사용할 때는 퇴비 사용 후의 토양 pH를 고려하여야 하며 석회사용량을 줄여야 한다.

8) 탄질률(C/N)에 의한 방법

가) 원 리

유기물을 퇴비화하면 이분해성 유기물은 분해되어 탄산가스와 물로 된다. 이 때문에

전탄소량은 서서히 감소하고 질소는 상대적으로 증가하여 퇴적물이 완숙에 이르면 일정하게 된다. 따라서 탄질률의 변화에 따라서 퇴비의 부숙도를 판정하는 방법이다.

나) 적용가능 퇴비

탄질율로 퇴비의 부숙도를 판정하는 것은 작물에 대하여 질소기아 가능성의 유무와 부숙도 판정의 하나로 널리 이용되고 있다. 일반퇴비, 목질자재 퇴비 등에서 이용되고 있지만 퇴구비, 가축분을 주 원료로 한 퇴적물은 탄질율이 당초부터 낮으므로 C/N비의 변화가 적기 때문에 적용이 곤란할 경우가 있다.

다) 부숙도 판정

일반적으로 C/N비가 20 이하이면 질소 유기화가 일어나지 않으므로 부숙도 기준으로 이용되고 있다.

9) 생물판정법

가) 지렁이법

지렁이는 단백질, 당류 등이 많은 부숙물에 서식하지만 부숙이 충분히 되지 않은 퇴적물에는 탄닌, 폴리페놀 등이 많고, 암모니아 등의 가스발생이 있어 싫어하는 경향이 있다. 이 방법은 지렁이의 생리적 감각, 즉 퇴적물에 대한 기피행동을 관찰함으로써 퇴적물의 부숙도를 판정하는 방법이다.

나) 발아시험법

수피, 톱밥 등의 목질자재에는 페놀성 물질이 함유되어 있으므로 미숙의 목질자재퇴비에서 추출한 용액에 오이, 배추 등의 종자를 파종하여 발아력으로서 부숙도를 판정하는 방법이다.

다) 유식물시험법

일반적으로 미숙한 퇴비를 사용하면 유기물의 분해에 의하여 작물에 장애가 생긴다. 즉, 식물에 질소의 결핍과 같은 여러 가지 장애가 일어나는 경우가 많다. 따라서 해작용에 예민한 식물의 생육상황을 관찰함으로써 부숙도를 판정하는 방법이다. 이 방법은 식물에 대한 질소기아 및 저해물질 유무의 판정은 가능하지만 질소과잉 퇴비에 관해서는 부숙도 판정이 매우 어려운 경우가 있다.

나. 가축분뇨 퇴비성분 분석법

1) 퇴비시료 채취 및 제조

가) 시료 채취

퇴비시료 채취목적은 대상 퇴비의 특성에 대한 정보를 얻는데 있으며, 그 정보는 그 퇴비(모집단)를 대표하여야 한다. 시료는 보통 15군데에서 채취하며 시료량은 1~2kg 정도이면 충분하다. 그러나 여러 군데에서 시료를 채취하다보면 이보다 많은 양이 되므로 비닐을 깔고 잘 혼합하여 필요한 양을 취한다.

채취한 시료는 채취날짜, 시료명, 주소, 시료내역 등을 기재한 비닐 봉투에 담아 분석실로 보낸다.

나) 시료 제조 및 보관

채취된 시료는 먼저 수분함량 측정을 한다. 나머지 시료는 깨끗한 비닐위에 얇게 펴 실내에서 풍건한다(온도 25~35℃, 습도 20~60%). 풍건한 시료는 전량을 분쇄하여야 하며 분쇄시는 롤러(roller)나 나무망치를 쓴다. 분쇄된 시료는 2mm 체를 통과시켜 분석시료로 사용한다. 시료보관은 시료실에서 습기와 온도가 일정하도록 하고 파손, 동물들의 피해나 휘발성 화학약품들로부터의 오염, 이물질의 혼입이 없도록 주의하여야 한다.

2) 수분함량

가) 실내검사

수분정량은 채취한 시료를 건조하기 전에 무게를 달은 빈 용기에 10g 정도 취하여 무게를 달고 기록한다. 80℃의 건조기(dry oven)에서 10~16시간 또는 105℃에서 5시간 정도 건조시켜 (향량이 될 때까지) desicator에 옮겨 식힌 후(30분간) 평량하여 그 감량을 수분%로 표시한다.

$$\circ \text{ 계산 : 수분(\%)} = \left(1 - \frac{\text{건조시료무게}}{\text{원래시료무게}} \right) \times 100$$

나) 관능검사

일반적으로 퇴비재료를 한줌 쥐어서 힘을 주어 꼭 쥐었을 때 손가락 사이로 물기가 스밀 정도가 되면 70% 이상이 되며, 물이 스밀 정도는 아니지만 손바닥에 물기를 느낄 수 있는 정도면 60%, 물기를 거의 느낄 수 없는 상태로 손을 털면 묻었던 부스러기가 즉시 털어질 정도면 40~50% 내외 정도로 볼 수 있다.

3) 산도(pH)

가) 시 약 : 표준완충용액(pH 4.00 및 7.00)

나) 조 작

조제된 시료 10g을 100ml 비이커에 취하여 증류수 50ml를 가하고 때때로 유기봉으로 저어 주면서 1시간 방치 후 pH meter를 표준완충용액으로 잘 맞춘 다음 깨끗하게 씻은 pH 전극을 넣고 60초 이내에 읽는다.

4) 전기전도도(EC)

조제된 시료 10g을 100ml 비이커에 취하여 증류수 50ml를 가하고 진탕기에서 30분간 진탕한 다음 No.2 여과지로 여과 후 전기전도도메터로 측정한다.

5) 유기물 함량

가) 조 작

수분함량을 측정한 시료를 전열판에서 연기가 나지 않을 때까지 태운 후, 550℃ 전기로에서 2시간 정도 회화시킨다. Desicator에 옮겨 식힌 후(30분간) 평량하면 순수 무기물만 남는다. 원래료시료무게에 대해 건조시료무게에서 무기물(회분)의 무게를 뺀 값의 백분율을 유기물 함량으로 한다.

나) 계 산

- 유기물함량(현물중) % = $\frac{\text{건조시료무게} - \text{회화후시료무게}}{\text{원래시료무게}} \times 100$
- 유기물함량(건물중) % = $(1 - \frac{\text{회화시료무게}}{\text{건조시료무게}}) \times 100$

6) 전탄소(FC) 함량

- T-C(%) = 유기물함량 ÷ 1.724

7) 전질소(T-N) 함량

가) 시약

- 0.05N H₂SO₄
- 10N NaOH : Sodium hydroxide(NaOH) 400g / 1L
- 황산염혼합분말(분해촉진제) : 황산칼륨(K₂SO₄) 450g과 황산구리(CuSO₄) 50g을 유발에서 잘 분쇄한 후 40mesh체를 통과시켜 사용.
- 2% Boric acid : Boric acid(H₃BO₃) 20g + 혼합지시약 5ml / 1L
(물은 HCl이나 NaOH로 pH 4.5 조절 후 사용)
- 혼합지시약 : Bromo cresol green(C₁₂H₁₄Br₄O₅S) 0.5g과 Methyl red(C₁₅H₁₅N₃O₃) 0.1g을 95% Ethanol(C₂H₅OH)로 녹여 100ml로 만듦.

나) 분해

조제된 시료 1g(수분이 많은 시료는 5g)을 250ml 이상의 켈달플라스크에 평량하여 분해촉진제 3g을 넣고 진한 황산(H₂SO₄) 15ml을 기벽에 묻어 있는 시료를 씻겨 내리면서 가한 다음 질소분해장치에서 가열하여 탄화시킨다. 시료가 무색(엷은 청색)이 된 후 30분~1시간 더 가열한 후 식힌다. 켈달플라스크가 어느 정도 냉각되면 세척병을 이용하여 서서히 증류수를 넣고 잘 흔들어 주면서 100ml 용량 플라스크로 옮긴다. 수회 반복하여 켈달플라스크안의 성분을 완전히 100ml 용량 플라스크로 옮긴 후 100ml가 되도록 맞춘다.

다) 증류

켈달증류장치에 있는 냉각관에 냉각수를 흐르게 하고 냉각관에 연결된 유도관 끝에 놓인 100ml 삼각플라스크에는 2% Boric acid 10ml를 준비해 둔다. 분해된 시료 10ml를 켈달플라스크에 넣고 10N-NaOH를 기벽을 따라 서서히 가하여 액성을 알칼리화한다. 즉시 켈달플라스크를 증류장치에 연결하고 전열 스위치를 켜고 증류액이 약 60ml가 되면 유도관의 끝을 씻어서 삼각플라스크에 받고 삼각플라스크를 떼낸다.

라) 적정

삼각플라스크의 내용물을 0.05N H₂SO₄의 표준용액으로 적정하며 청색으로부터 핑크색이 나타나는 점을 종말점으로 한다.

마) 계 산

$$\circ T-N(\%) = (T-B) \times \frac{100ml}{10ml} \times N \times f \times 14.01 \div 1000 \times \frac{100}{W}$$

T = 시료적정에 소요된 황산표준용액의 ml 수

B = 공시료 적정에 소요된 황산표준용액의 ml 수

N = 황산표준용액의 노르말농도(Normality)

W = 분해시 취한 시료무게(g)

8) 인산 함량

가) 시료분해

양이온 및 중금속 측정시 분해한 시료를 사용한다.

나) 시약

(1) 발색시약(Ammonium meta-vanadate solution)

(가) Ammonium molybdate 25g을 증류수 400ml에 녹인다

(나) Ammonium meta-vanadate 1.25g을 증류수 300ml에 녹인 후 진한 질산(HNO₃) 250ml를 가한다.

(다) : (가)와 (나)를 혼합하여 증류수로 1L가 되게 한다

(2) 인산표준용액 : 40℃에서 건조한 Potassium phosphate monobasic(KH₂PO₄) 0.2195g을 평량하여 400ml 증류수에 용해하고 5ml의 진한 황산(H₂SO₄)를 가하여 1L로 만들면 P로써 50mg/L가 된다. 50mg/L 용액 0, 2, 5, 10, 15, 20ml씩 뽑아 50ml로 채우면 각각 0, 2, 5, 10, 15, 20 mg/L 용액이 된다. 이 용액은 표준곡선을 얻는데 사용한다.

다) 조 작

분해된 시료 5mL를 시험관에 취하고 (1)의 발색시약 5ml를 가하여 30℃ 항온기에서 15분간 발색시킨 후 비색계로 파장 470nm에서 측정한다

라) 계 산

$$\circ P_2O_5(\%) = (\text{측정값} - \text{Blank}) \times \frac{\text{mass up양 (ml)}}{\text{시료량 (g)}} \times 2.29 \div 10,000$$

9) 양이온 및 중금속 함량

가) 시 약

- Ternary solution : HNO_3 , H_2SO_4 , HClO_4 를 각각 10 : 1 : 4의 비율로 혼합하여 필요한 양만큼 만든다.
- 진한 질산(conc. HNO_3), 황산(H_2SO_4), 과염소산(HClO_4)

나) 분 해

(1) Ternary solution을 이용한 방법

조제한 시료 1~5g을 250ml 삼각플라스크에 평량 후 진한 질산(conc. HNO_3) 10~30ml를 가하여 하룻밤 방치한 다음 전열판(hot plate)에 올려놓고 서서히 가열하여 흰 침전이 생길 때까지 건고시킨다. 냉각한 후 ternary solution 10~50ml를 넣고 전열판에서 가열하여 H_2SO_4 및 HClO_4 의 흰 연기를 어느 정도 날려 보낸 후 분해액이 백색이 되거나 갈색으로 투명하게 되면 분해를 멈춘다. 냉각시킨 다음 뜨거운 증류수를 가해 100ml 매스플라스크에 No.6 여과지를 사용하여 여과하고 계속 뜨거운 증류수로 삼각플라스크를 고무달린 유리봉(policemen)을 사용하여 깨끗이 씻어 여과하며 여과지도 씻어준다.

(2) Microwave를 이용한 분해방법('02.12.31 신설)

이 방법의 원리는 마이크로파영역에서 극성분자나 이온이 쌍극자 모멘트(Dipole moment)와 이온전도(Ionic conductance)를 일으켜 온도가 상승하는 원리를 이용하여 시료를 가열하는 방법이다. 산과 함께 시료를 용기에 넣어 마이크로파를 가하면 강산에 의해 시료가 산화되면서 극성성분들의 빠른 진동과 충돌에 의하여 시료의 분자 결합이 절단되어 시료가 이온상태의 수용액으로 분해된다.

이 방법의 적용범위는 가열속도가 빠르고 재현성이 좋아, 유기물이 다량 함유된 시료(퇴비, 가축분뇨액비)의 전처리에 이용할 수 있으며, 원자흡광분광법 및 ICP 발광분석법에 의한 각종 원소의 정량(전량)에 필요한 공시액으로 사용할 수 있다.

마이크로파에 의한 유기물 함유 시료 분해 방법은 시료(0.5 g 이하)를 정확하게 취하여 용기에 넣고 여기에 질산 약 10ml를 넣는다. 이때 격렬한 반응이 일어나면 반응이 완결될 때까지 뚜껑을 연 채로 방치한다. 밀폐형 용기의 뚜껑을 닫고 용기내의 최고압력이 약 50~200psi로 되고, 마이크로파 힘이 300W 이상이 되게 하여 분해하되, 압력은 낮은 압력으로부터 높은 압력으로 몇 단계로 구분하여 최고압력에 도달하게 조절한다. 분해가 끝난

후 충분히 용기를 냉각시키고 용기 내에 남아 있는 질산가스를 제거한 후, 50ml~100ml 메스플라스크에 씻어 넣은 후 정확히 물을 가하여 건조여지로 여과한다.

마이크로파를 이용한 유기물 함유 시료의 분해장치를 통풍실 안에 직접 설치하면 주위의 산가스에 의해 장치의 부식을 초래할 수 있으므로 배기가스만을 외부로 배출할 수 있도록 장치하여야 한다. 또한 제작사가 제공하는 안전 수칙에 반드시 따라야 한다.

다) 측정

여액은 일정량을 취하거나 필요시 희석한 후 K, Ca, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Cd, Pb, Ni 등을 원자흡광분광분석기(AA기)나 유도결합 플라즈마 분석기(ICP)를 이용하여 각 성분의 표준용액으로 검량선을 작성한 후 측정한다.

라) 계산

$$\circ \text{K}_2\text{O}(\%) = (\text{측정값}-\text{Blank}) \times \frac{\text{mass up양(ml)}}{\text{시료량(g)}} \times 1.20 \div 10,000$$

$$\circ \text{CaO}(\%) = (\text{측정값}-\text{Blank}) \times \frac{\text{mass up양(ml)}}{\text{시료량(g)}} \times 1.39 \div 10,000$$

$$\circ \text{MgO}(\%) = (\text{측정값}-\text{Blank}) \times \frac{\text{mass up양(ml)}}{\text{시료량(g)}} \times 1.66 \div 10,000$$

$$\circ \text{Na}_2\text{O}(\%) = (\text{측정값}-\text{Blank}) \times \frac{\text{mass up양(ml)}}{\text{시료량(g)}} \times 1.35 \div 10,000$$

$$\circ \text{Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Pb, Ni (mg/kg)} = (\text{측정값}-\text{Blank}) \times \frac{\text{mass up양(ml)}}{\text{시료량(g)}}$$

※ 양이온 및 중금속측정시 시료를 희석하여 측정하였으면 희석배수 만큼 곱하여 계산

다. 가축분뇨 액비성분 분석법

1) 가축분뇨 액비 분석 주기

액비중의 비료성분함량은 원료, 부숙방법, 부숙기간 등에 따라 차이가 많으므로 액비 저장탱크마다 사용 직전에 반드시 분석하여야 한다.

2) 가축분뇨 액비 시료 채취 및 보관

가) 시료 채취

액비시료 채취목적은 대상 액비의 특성에 대한 정보를 얻는데 있으며, 그 정보는 그 액비(모집단)를 대표하여야 한다. 시료는 저장탱크내의 액비를 충분히 혼합한 후 5~10군데서

시료를 채취한 후 잘 섞어 500ml 정도 취한다. 채취한 시료는 유리병이나 플라스틱 병에 담아 시료내역을 기재하여 분석실로 보낸다. 시료내역 기재사항은 채취날짜, 시료명, 주소, 시료내역 등을 기재한다.

나) 시료 보관

채취된 시료는 즉시 실험실로 보내 분석할 수 있도록 해야 하며, 사정상 보관이 필요한 경우 깨끗한 유리병이나 플라스틱병에 담아 4℃에서 냉장 보관한다. 온도가 높은 곳이나 여름에 장기간 보관할 경우 용기 내에서 유기물이 분해되면서 가스가 발생하여 용기가 파손될 우려가 있으므로 이러한 곳에는 액비시료 보관을 절대로 하지 않도록 한다.

실험실에서 액비시료를 다룰 때는 항상 환풍시설이 되어 있는 장소(후드)를 이용하도록 하며, 분석 전에도 항상 시료를 잘 혼합한 후 성분분석에 필요한 양만 취하여 사용한다.

3) 산도(pH) 측정

가) 시약 : pH 표준완충용액 (pH 7.00, 4.00 및 10.00)

나) 조작

pH 메타를 (표준완충용액)으로 맞춘 다음(캘리브레이션, calibration) pH전극을 증류수로 씻는다. 그 다음 시료 원액을 100ml 비이커에 취하여 유리봉으로 저어 준 후, pH 전극을 넣어 안정화된 pH값을 측정한다.

다) 전극관리 및 세척방법

- 전극 보관 : 측정을 마친 후 전극을 증류수로 깨끗이 씻고, 전극보관액에 담귀서 보관하며, 전극이 마르지 않도록 관리하여야 한다. 전극보관용액이 없을 경우 pH 7.00 완충용액 200mL에 1g KCl을 녹인 용액을 사용한다.
- 전극 상태 체크
 - 보정(캘리브레이션)을 했을 때 Slope 값이 92~102%이면 전극은 좋은 상태이다.
 - 전극을 미터에 연결한 후, mV측정 모드로 설정한 후 전극을 pH 7 완충용액에 담근 후 mV값을 확인한다. 0±30 mV범위 이내여야 한다. 그 다음 전극을 pH 4 완충용액에 담근 후 mV값을 확인한다. mV값은 pH 7완충용액의 mV값과 160~180mV 차이가 나야 한다.

1) 시료의 pH가 7 이하로 예상되면 표준완충용액 7과 4로 맞추고, 7 이상으로 예상되면 7과 10의 표준완충용액으로 맞춘다.

○ 전극 세척

- 일반적으로 증류수로 세척하며, 전극의 감응이 떨어질 때는 약 10분 동안 0.1M HCl 또는 HNO₃ 용액에 담근 후, 전극보관용액에 1시간 이상 담가둔다.
- 전극막/Junction부위 침전물 세척 방법
 - 단백질 : 1g의 펩신을 0.1 M HCl에 녹인 용액에 15분 동안 담가 둔다.
 - 무기물 : 0.1M tetrasodium EDTA용액에 15분 동안 담가 둔다.
 - 기름 : 세제 또는 메탄올 용액으로 세척한다.
- 세척과정이 끝나면 반드시 전극 충전용액을 신선한 용액으로 교체하고 전극보관용액에 최소한 1시간 이상 담가둔다.

4) 전기전도도(EC, electrical conductivity) 측정

가) 조작

전기전도도 전극을 전기전도도 표준용액(0.01M KCl²⁾, 1,413uS/cm)에 넣어 맞춘다. 채취한 시료 원액을 100ml 비이커에 취하고 유리봉으로 저어 준 후 전기전도도 전극을 넣은 후 안정화된 값을 측정한다.

○ 단위환산 : uS/cm ÷ 1000 = mS/cm = dS/m

5) 수분함량

수분정량은 채취한 시료를 건조되기 전에 무게를 잰 항량병에 10ml 정도 취하여 80℃ 건조기(dry oven)에서 10~16시간 또는 105℃에서 5시간 정도 건조시켜(항량이 될 때까지) desiccator에 옮겨 식힌 후(30분간) 평량하여 그 감량을 수분 %로 표시한다.

$$\text{○ 수분(\%)} = \left(1 - \frac{\text{건조시료무게}}{\text{원래시료무게}}\right) \times 100 = \left(\frac{\text{원래시료무게} - \text{건조시료무게}}{\text{원래시료무게}}\right) \times 100$$

6) 유기물함량

가) 조작

수분함량을 측정한 시료를 전열판에서 연기가 나지 않을 때까지 태운 후 550℃ 전기로에서 2시간 정도 회화시킨다. Desiccator에 옮겨 식힌 후(30분간) 평량하면 순수 무기물만 남는다.

2) 특급(GR급) 염화칼륨 0.7456g을 증류수로 녹여 1L로 맞춘다.

원래 시료무게에 대해 건조시료 무게에서 무기물(회분)의 무게를 뺀 값의 백분율을 유기물함량으로 한다.

나) 계산

- 유기물함량(현물중%) = $\frac{\text{건조시료무게} - \text{회화후시료무게}}{\text{원래시료무게}} \times 100$
- 유기물함량(건물중%) = $\left(1 - \frac{\text{회화후시료무게}}{\text{건조시료무게}}\right) \times 100$

7) 전질소(T-N) 함량

가) 시 약

- 0.05N³⁾ H₂SO₄ : Sulfuric acid(H₂SO₄) 1.3735ml/1L
- 40% NaOH : Sodium hydroxide(NaOH) 400g⁴⁾/1L
- 황산염혼합분말(분해촉진제) : Potassium Sulfate(K₂SO₄) 450g 과 Cupric sulfate(CuSO₄) 50g을 유발에서 잘 분쇄하여 40mesh체를 통과시켜 사용
- 2% Boric acid : Boric acid(H₃BO₃) 20g + 혼합지시약 5ml / 1L
(뽕은 HCl이나 NaOH로 pH 4.5로 조절 후 사용)
- 혼합지시약 : Bromo Cresol Green(C₂₁H₁₄Br₄O₅S) 0.5g과 Methylred (C₁₅H₁₅N₃O₃) 0.1g을 95% Ethanol(C₂H₅OH)로 녹여 100ml로 만듦.

나) 분 해

채취한 시료 원액 10ml를 Kjeldahl flask에 평량하여 분해촉진제⁵⁾ 3g을 넣고 진한(Conc.) H₂SO₄ 15ml을 기벽에 묻어 있는 시료를 씻겨 내리면서 가한 다음, 질소분해장치에서 가열하여 유기물을 분해시킨다⁶⁾. 시료가 무색(엷은 청색)이 된 후 30분~1시간 더 가열시킨 후 냉각시킨다. Kjeldahl flask가 완전히 냉각되면 증류수병을 이용하여 서서히 증류수를 넣고 잘 흔들어 준 후 100ml 용량(volumetric) 플라스크로 옮긴다. 수 회 씻어 넣어 켈달 플라스크의 내용물을 완전히 용량플라스크로 옮긴 후 100ml가 되도록 맞춘다.

3) 염기표준용액으로 표정하여 농도보정 Factor를 구하여 사용한다.

4) 조해성공기 중에 노출되어 있는 고체가 수분을 흡수하는 현상이 있어 무게를 정확히 달 수 없으며 이 용액은 켈달플라스크 내 용액을 암카리화 해주는 역할만을 하므로 약 400g을 단다.

5) 온도를 높여 분해속도를 빠르게 해준다. 안 넣으면 분해가 되지 않고 검은색으로 유지된다.

6) 유기태질소는 분해되어 암모늄태질소로 바뀐다.

다) 증류

Kjeldahl 증류장치에 있는 냉각관에 냉각수를 틀어 흐르게 하고 냉각관에 연결된 유도관 끝에는 2% Boric acid 10ml를 넣은 100ml 삼각 flask를 장치한다. 분해된 시료 10ml를 취하여 Kjeldahl flask에 넣고 25ml 40% NaOH를 기벽을 따라 서서히 가하여 액성을 알칼리화 한다. 즉시 Kjeldahl flask를 증류장치에 연결하고 전열 스위치를 켜다. 증류액을 2% Boric acid 10ml가 담긴 삼각플라스크에 받고 약 60ml가 되면⁷⁾ 유도관의 끝을 씻어서 삼각플라스크를 떼낸다.

라) 적정

삼각플라스크의 내용물을 0.05N H₂SO₄의 표준용액으로 적정하며 청색으로부터 핑크색이 나타나는 점을 종말점으로 한다.

마) 계산

$$\circ T - N(w/v \%) = (T - B) \times N \times f \times 14.01 \times \frac{100}{10} \times \frac{1}{1000} \times \frac{1}{W} \times 100$$

T = 분해한 공시액 100ml 중 10ml의 시료적정에 소요된 황산표준용액의 ml 수

B = 공시료⁸⁾ 적정에 소요된 황산표준용액의 ml 수

f = 황산표준용액의 농도보정치(factor)

N = 황산표준용액의 노르말농도(Normality)⁹⁾

W = 분해시 취한 시료 ml

바) 총질소 회수율 시험 방법

○ 황산암모늄(특급, (NH₄)₂SO₄) 0.07_ _ g(W) 달아서 켈달분해플라스크에 넣는다(무게를 소수점 넷째자리까지 기록하여 계산한다). 시료와 동일한 과정으로 측정하여 질소함량을 계산한다.

$$\circ T - N(w/w \%) = (T - B) \times N \times f \times 14.01 \times \frac{1}{1000} \times \frac{1}{W} \times 100$$

○ 황산암모늄중의 질소함량 이론치는 21.2%(28.02/132.14)이므로, 회수율(%) = 측정치(%) / 이론치(%) × 100으로 계산을 하여 100%가 안 될 경우 전체 분석과정을 점검한다.

7) 켈달 플라스크에 암모늄태질소가 있다면 증류 후 수십 초 후에 삼각플라스크의 용액은 분홍색에서 초록색으로 바뀌게 된다.

8) 시료는 넣지 않고 모든 조작을 시료가 든 것과 동일하게 측정하는 것

9) 하전을 기준으로 한 용액의 농도 : 0.025M H₂SO₄ = 0.05N H₂SO₄

8) 인산 함량

가) 시료분해

○ 양이온 및 중금속 측정 시 분해한 시료를 사용한다.

나) 시 약

(1) 발색시약(Ammonium meta-vanadate solution)

(가) Ammonium molybdate 25g을 증류수 400ml에 녹인다.

(나) Ammonium meta-vanadate 1.25g을 증류수 300ml에 녹인 후 Conc. HNO₃ 250ml를 가한다.

(다) : (가)와 (나)를 혼합하여 증류수로 1L가 되게 한다.

(2) 인산표준용액 : 40℃에서 건조한 Potassium phosphate monobasic (특급, KH₂PO₄) 0.2195g을 평량하여 400ml 증류수에 용해하고 5ml의 Conc. H₂SO₄를 가하여 1L로 만들면 P로서 50mg/L-P가 된다. 이 50mg/L-P 용액을 0, 5, 10, 15, 20, 25ml씩 뽑아 증류수로 50ml로 채우면 각각 0, 5, 10, 15, 20, 25 mg-P/L가 된다. 이 용액은 표준곡선을 얻는데 사용한다.

다) 인산 정량

○ 인산 표준액 0, 5, 10, 15, 20, 25 mg-P/L용액을 각각 5ml씩 시험관에 취한다. 그 다음 분해된 시료 5ml를 시험관에 취하고 발색시약 5ml를 표준액부터 순서대로 각각 넣어주고 섞어준다. 30℃ 항온기에서 15분간 발색시킨 후 비색계 파장 470nm에서 측정한다.

라) 계 산

○ $P_2O_5(\%) = \frac{x \text{ mg/L} \times \left(\frac{\text{mass up양}(mL)}{1000} \right)}{\left(\frac{1}{\text{시료양}(mL)} \right)} \div 1000 \times 100 \times 2.29$

9) 양이온 및 중금속 함량

가) 시 약

○ Ternary solution : HNO₃, H₂SO₄, HClO₄를 각각 10 : 1 : 4 의 비율로 혼합하여 필요한 양만큼 만든다.

○ 진한 질산(Conc. HNO₃)

나) 분해

(1) Ternary solution을 이용한 방법

채취한 시료 10ml을 250ml 삼각플라스크에 넣은 후 Conc. HNO₃ 10~30ml를 가한 후 하룻밤 방치한 다음 전열판(Hot plate)에 올려놓고 서서히 가열하여 흰 침전이 생길 때까지 건고시킨다. 냉각한 후 ternary solution 10~50ml를 넣고 전열판에서 가열하여 H₂SO₄ 및 HClO₄의 흰 연기를 어느 정도 날려 보낸 후 분해액이 백색이 되거나 갈색으로 투명하게 되면 분해를 멈춘다. 냉각시킨 다음 뜨거운 증류수를 삼각플라스크 기벽을 씻으며 가한 후¹⁰⁾ 100ml 메스플라스크에 No.6 여과지¹¹⁾를 사용하여 여과한다. 계속 뜨거운 증류수로 기벽을 씻어주며 여과하며 분해 삼각flask를 policemen을 사용하여 깨끗이 씻어 여과하며 최종적으로 여과지를 위부터 몇 회 씻어 내린 후 100ml가 되도록 증류수로 채운다.

(2) Microwave를 이용한 분해방법 ('02.12.31 신설)

이 방법의 원리는 마이크로파영역에서 극성분자나 이온이 쌍극자 모멘트(Dipole moment)와 이온전도(Ionic conductance)를 일으켜 온도가 상승하는 원리를 이용하여 시료를 가열하는 방법이다. 산과 함께 시료를 용기에 넣어 마이크로파를 가하면 강산에 의해 시료가 산화되면서 극성성분들의 빠른 진동과 충돌에 의하여 시료의 분자 결합이 절단되어 시료가 이온상태의 수용액으로 분해된다.

이 방법의 적용범위는 가열속도가 빠르고 재현성이 좋아, 유기물이 다량 함유된 시료(퇴비, 가축분뇨액비)의 전처리에 이용 할 수 있으며, 원자흡광분광법 및 ICP 발광분석법에 의한 각종 원소의 정량(전량)에 필요한 공시액으로 사용할 수 있다.

마이크로파에 의한 유기물 함유 시료 분해 방법은 시료(0.5 g 이하)를 정확하게 취하여 용기에 넣고 여기에 질산 약 10ml를 넣는다. 이때 격렬한 반응이 일어나면 반응이 완결될 때까지 뚜껑을 연 채로 방치한다. 밀폐형 용기의 뚜껑을 닫고 용기내의 최고압력이 약 50~200psi로 되고, 마이크로파 힘이 300W 이상이 되게 하여 분해하되, 압력은 낮은 압력으로부터 높은 압력으로 몇 단계로 구분하여 최고압력에 도달하게 조절한다. 분해가 끝난 후 충분히 용기를 냉각시키고 용기 내에 남아 있는 질산가스를 제거한 후, 50ml~100ml 메스플라스크에 씻어 넣은 후 정확히 물을 가하여 건조여지로 여과한다.

마이크로파를 이용한 유기물 함유 시료의 분해장치를 통풍실 안에 직접 설치하면 주위의

10) 산 용액에 물이 가해지므로 발열하여 뜨거워진다.

11) 미리 여과지를 증류수로 적셔 놓지 않으면 여과지가 녹아 구멍이 생기니 주의한다.

산가스에 의해 장치의 부식을 초래할 수 있으므로 배기가스만을 외부로 배출할 수 있도록 장치하여야 한다. 또한 제작사가 제공하는 안전 수칙에 반드시 따라야 한다.

다) 측정

분해여과액은 일정량을 취하여(고농도일 경우 희석) K, Ca Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Cd, Pb, Ni 등을 AAS기나 ICP로 각 성분의 표준용액으로 검량선을 작성한 후 측정한다.

라) 계산

$$\circ K_2O(\%) = (\text{측정값} - \text{Blank}) \times \left(\frac{\text{mass up양}(mL)}{\text{시료양}(mL)} \right) \times 1.20 \div 10,000$$

$$\circ CaO(\%) = (\text{측정값} - \text{Blank}) \times \left(\frac{\text{mass up양}(mL)}{\text{시료양}(mL)} \right) \times 1.39 \div 10,000$$

$$\circ MgO(\%) = (\text{측정값} - \text{Blank}) \times \left(\frac{\text{mass up양}(mL)}{\text{시료양}(mL)} \right) \times 1.66 \div 10,000$$

$$\circ Na_2O(\%) = (\text{측정값} - \text{Blank}) \times \left(\frac{\text{mass up양}(mL)}{\text{시료양}(mL)} \right) \times 1.35 \div 10,000$$

$$\circ \text{Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Pb, Ni mg/L} = (\text{측정값} - \text{Blank}) \times \left(\frac{\text{mass up양}(ml)}{\text{시료양}(g)} \right)$$

<양이온 및 중금속 측정시 시료를 희석하여 측정하였으면 희석배수를 곱하여 계산>

2. 가축분뇨 퇴·액비 시용량 결정

가. 가축분뇨 퇴비 시용량 결정

1) 퇴비 시용 목적에 따른 시용량 결정

가) 퇴비의 특성을 고려한 퇴비 시용량 결정

퇴비 시용량을 결정할 때는 몇 가지 사항에 유의하지 않으면 안 된다. 부숙이 된 퇴비라도 시용량은 재료의 특성을 고려하여 결정해야 한다. 비료성분 함량이 높은 퇴비를 사용할 때는 반드시 작물별 화학비료 시용량을 고려하여 가감을 해야 한다.

가축분과 같이 인산성분이 높은 재료는 인산을 기준으로 사용하고 부족성분은 화학비료로 보충을 한다. 산업분야 유기성 오니류와 같이 질소함량이 높은 재료는 질소를 기준으로 시용량을 결정하는 것이 타당하다.

부숙이 불충분한 퇴비는 밀폐된 공간, 시설하우스 등에는 사용하지 않는 것이 좋다. C/N율이 높은 재료를 사용하는 경우는 질소질 비료를 증시하는 것이 타당하다.

나) 토양의 성질을 고려한 퇴비 시용량 결정

토양에 대한 퇴비 시용효과는 토양의 성질에 따라 각각 반응이 다르다. 즉 유기물 함량이 많고 적음에 따라 유기물의 시용목적이 달라진다. 토양 유기물 함량이 3% 이상일 때는 토양의 물리적 개량 효과보다는 비료 공급효과를 얻을 목적으로 시용되며, 그 이하인 경우는 토양의 물리성 개량효과와 비료 공급효과를 목적으로 시용된다.

또한 수분함량의 상태에 따라 다른데, 논, 밭 또는 배수가 좋은가, 나쁜가에 따라서도 유기물의 부숙도와 시용량이 달라진다.

다) 작물의 종류를 고려한 퇴비 시용량 결정

작물의 종류, 즉 과실류, 엽채류, 경엽채류의 비료성분 요구량에 따라 퇴비 시용량, 시용시기 등이 달라진다. 열매작물의 경우에 다량의 질소를 공급하면 수량이 증가되지 않고 영양생장만 계속되어 결실이 불량해진다.

라) 유기물 이용목적에 고려한 퇴비 시용량 결정

유기물의 이용목적에 명확히 할 필요가 있다. 양분의 공급, 물리성 개량, 미생물의 활성증진 등의 목적에 따라 유기물의 종류, 시용량, 시용시기 등이 달라진다. 예를 들면, 사질토양으로 유기물함량이 적고 배수와 통기성이 좋은 경우에는 덜 썩은 유기물과 질소함량이 다소 높은 유기물을 시용해도 장애가 유발되지 않는다. 그러나 점토가 많고 배수가 불량한 토양에 덜 썩은 유기물을 시용하면 장애가 유발되기 쉽다.

사질땅은 토양의 입단화를 촉진하고 유기물함량 증가 및 작물에 장애가 나타나지 않도록 주의만 하면 다량의 유기물 시용이 가능하다. 그러나 식질땅은 완숙퇴비를 시용해야 하며 분해가 어려운 유기물의 시용을 억제하든지 시용량을 적게 하지 않으면 안 된다. 또한 연작장애로 인하여 토양병해가 발생하는 경우 발병정도가 심한 곳과 습논 같은 곳에서는 유기물의 시용효과가 기대되지 않는다.

2) 우리나라의 가축분퇴비 시용기준

우리나라의 가축분퇴비 시용기준은 전통적으로 사용하던 농가퇴비를 기준으로 지도하고 있다.

그러나 가축분퇴비는 비료성분 함량이 높아 일반퇴비와 동일하게 사용할 경우 토양에 양분이 집적되므로 별도의 기준을 적용할 필요가 있어 시비처방 기준에 준한 퇴비 사용량을 가축분 종류별로 가감하여 사용토록 한 기준이 있다. 또한 최근 시설재배지와 채소재배지에 인산집적을 예방하기 위하여 토양중 인산함량을 기준으로 가축분퇴비 사용량을 차별화하는 기준을 설정하고 있다.

가) 토양검정에 의한 시비처방기준

현행 토양검정에 의한 시비처방기준으로 설정된 퇴비사용량은 토양중 유기물함량을 기준으로 처방을 하고 있다. 작물별로 토양 유기물 함량에 따라 퇴구비 사용량은 달라지며 벼의 경우, 토양검정결과 토양 유기물 함량이 2.0% 미만인 경우는 퇴구비 1,600kg/10a, 유기물 2.1~3.0%인 토양은 1,200kg/10a, 유기물 함량 3.1% 이상인 토양은 800kg/10a의 퇴구비 사용을 권장하고 있다. 이 퇴구비 사용량 결정기준은 과거의 벧짚퇴비를 기준으로 정한 기준이며, 가축분 퇴비 이용시에는 분뇨 중의 양분함량을 고려하여 양을 줄여 적용토록 하고 있다. 가축분 퇴비 중 우분톱밥퇴비는 벧짚퇴비와 동일량, 돈분 톱밥퇴비는 벧짚퇴비 사용량의 22%, 계분톱밥퇴비는 벧짚퇴비 사용량의 17% 해당량을 사용한다. 토양검정에 의한 작물별 시비처방서에 제시하는 퇴구비 사용기준은 퇴비에 의한 양분공급효과는 고려하지 않기 때문에 화학비료를 가감할 필요는 없다.

〈표-14〉 유기물 1톤당 총성분량과 유효성분 함량

유기물명	수분 (%)	총성분량(kg/톤)			유효성분량(kg/톤/년)*		
		질소	인산	칼리	질소	인산	칼리
퇴비	75	4	2	4	1	1	4
구비 (우분뇨)	66	7	7	7	2	4	7
(돈분뇨)	53	14	20	11	10	14	10
(계 분)	39	18	32	16	12	22	15
목질혼합퇴비 (우분뇨)	65	6	6	6	2	3	5
(돈분뇨)	56	9	15	8	3	9	7
(계 분)	52	9	19	10	3	12	9
나무껍질	61	5	3	3	0	2	2
왕겨퇴비	55	5	6	5	1	3	4
도시쓰레기 퇴비	47	9	15	5	3	3	4
하수오니 퇴적물	58	15	22	1	13	15	1
식품산업 폐기물	63	14	10	4	10	7	3

* 유효성분량은 가축분 사용 후 1년 이내에 작물이 흡수 이용할 수 있는 양으로 화학비료 절감 가능량임.

* 자료: 작물별시비처방기준(농과원, 2006)

나) 토양 중 인산함량을 근거로 설정된 기준

축분퇴비는 앞에서 언급한 바와 같이 가격이 고가이기 때문에 과다사용은 경제적 손실을 초래할 수 있다. 현재는 퇴비 중의 성분량이 가장 높은 인산함량을 기준으로 사용기준을 설정하여 지도자료로 활용하고 있다. 표-15는 토양 중의 유효인산 함량을 기준으로 퇴비 사용 한계량을 설정한 자료이다. 표에서 보는 바와 같이 토양 중 유효인산함량이 150 mg/kg 미만인 경우는 1,200 kg/10a 이상까지 사용이 가능하나 토양 중 유효인산이 200 mg/kg 이상인 경우는 900kg/10a, 300mg/kg 이상은 500kg/10a 미만, 그리고 400mg/kg 이상인 토양은 가축분퇴비 사용을 자제토록 하고 있다. 이는 축분퇴비 중의 인산함량과 인산의 가용화율을 고려할 때 매우 현실적인 대안이라고 판단된다.

〈표-15〉 토양 인산 함량에 따른 축분퇴비 사용량

토양유효인산 (mg/kg)	101-150	151-200	210-250	251-300	301-350	351-400	400이상
가축분퇴비 (kg/10a)	1,287- 1,106	1,102- 922	918-737	734-553	549-368	365-184	0

⇒ 적용회귀식 : $y = -3.687x + 1,659.17$ (x=토양중 유효인산, mg/kg)

* 자료: '97 농과원

3) 우리나라의 가축분 및 가축분 퇴비 사용량 결정

토양 중 인산과 퇴비 중의 인산함량을 기준으로 설정된 기준은 정확한 분석기술을 바탕으로 설정된 기준으로서 작물의 생산성보다는 토양환경 보존에 더 중점을 두고 있다. 이 기준은 가축분과 가축분퇴비는 퇴비 중에 비료성분을 포함하고 있으며, 포함된 비료성분은 농작물에 이용이 된다는 전제가 있다.

농토배양 기준과 시비처방 기준은 퇴비를 작물 양분공급원으로 생각하기보다는 토양개량제로서의 기능에 더 중점을 둔 기준이다. 작물이 필요로 하는 양분은 화학비료로 공급을 하고 퇴비는 토양의 이화학적성과 생물상 개선을 위한 개량제로 공급하는 것을 전제로 설정된 기준이다.

가축분퇴비는 퇴비중의 양분함량과 토양 중의 양분 집적형태 등으로 보아 현행 퇴비 사용기준을 재설정하는 것이 타당하다고 판단된다. 특히 일본이나 유럽에서 적용하는 퇴비 사용기준, 즉 토양 중의 염류집적을 예방하고 폐기물을 자원화하기 위한 노력들은 우리의 실정과 유사하다고 판단된다. 따라서 우리나라 가축분 종류별 특성과 토양의 질적 특성을 고려할 때 가축분 중의 인산 함량을 기준으로 가축분퇴비 사용량을 결정하는 것이 현실적이라고 판단된다.

가) 가축분뇨 퇴비 시용량 결정 시험 결과

가축분퇴비는 적정량이 사용될 경우에는 토양의 pH 교정, 토양 유기물 함량 증가 및 작물에 대한 양분 공급효과가 있으나, 가축분퇴비도 다량 사용하거나 연용할 경우에는 토양 중의 인산, 칼리 등 염류집적으로 토양의 질을 악화시키고 작물의 수량을 감소시킬 수 있다.

〈표-16〉 가축분 및 가축분퇴비(부산물비료)의 비료성분 함량조사 ('96. 농과원)

종 류	수 분 (%)	질 소 (%)	인 산 (%)	칼 리 (%)
계 분	66.7	1.73	1.65	0.47
돈 분	75.2	0.90	1.49	0.19
우 분	80.0	0.41	0.56	0.09
가축분퇴비	41.5	1.01	2.03	0.65

⇒ 가축분퇴비 비료성분 함량 : 인산 > 질소 > 칼리

⇒ 작물의 비료 요구량 : 질소 > 칼리 > 인산

〈표-17〉 옥수수에 대한 돈분퇴비 시용효과 비교('96. 농과원)

처 리 내 용	수량 (kg/10a)
3요소구(화학비료구)	8,303(100)
돈분퇴비 2.5톤/10a	8,270(100)
돈분퇴비 5.0톤/10a	7,185(87)

⇒ 화학비료구 시비량 : 질소-인산-칼리=20-15-15 kg/10a

⇒ 퇴비 시용량 2.5톤은 질소 약 20 kg에 해당하는 양임

〈표-18〉 가축분퇴비 연용에 따른 채소재배지 토양화학성 변동('94. 농과원)

구 분	1년차		2년차		3년차		4년차	
	화학비료	축분퇴비	화학비료	축분퇴비	화학비료	축분퇴비	화학비료	축분퇴비
pH(1:5)	5.9	6.6	6.9	6.9	6.0	7.2	5.8	7.2
유기물(g/kg)	11	16	11	23	11	24	10	31
인산(mg/kg)	369	786	376	850	381	1,020	392	1,230
칼리(cmolc/kg)	0.25	0.60	0.30	1.35	0.30	1.60	0.40	3.30
수량(지수)	100 (고추)	102	100 (양배추)	87	100 (고추)	122	100 (배추)	95

* 퇴비 시용량은 작물별 질소비료 시용량 해당

* 가축분 퇴비 시용기준 재설정

⇒ 퇴비 시용기준 : 질소기준 ⇒ 인산기준

⇒ 퇴비중의 인산 유효화율 : 화학비료(인산)와 동일함

⇒ 대상작물 : 57개 작물(시용량 조건표 참조)

〈표-19〉 가축분퇴비 인산기준 시용효과 확인시험 결과('96. 농과원)

작 물	처 리	수량(kg/10a)	토양인산(mg/kg)
벼	화학비료구	475	167
	인산기준 퇴비구	546	176
옥수수	화학비료구	8,303	463
	인산기준 퇴비구	8,744	506

⇒ 인산기준으로 가축분퇴비 사용후 부족성분(N, K)은 화학비료로 보충

나) 가축분 퇴비 중 인산함량을 기준으로 한 시용량 결정

작물별 가축분 및 가축분퇴비 시용량은 가축분 중의 비료성분을 분석하여 결정하되 분석이 곤란할 경우 표-16에 있는 가축분 종류별 3요소 평균 성분함량을 이용하여 계산하면 된다.

가축분퇴비 중 질소성분을 기준으로 시용량을 결정할 경우 가축분 시용량에 따른 인산비료 과다투입 및 염류집적에 의한 작물생육장해가 우려되므로 인산성분을 기준으로 시용량을 결정한다. 가축분 및 가축분퇴비 중 인산성분의 유효화율은 화학비료(인산)와 유사하므로 인산기준으로 시용량을 결정하고 부족한 질소와 칼리는 화학비료로 보충하여 준다.

작물별로 표준시비량을 적용할 때와 토양검정 후 시비량을 적용할 때를 잘 구분하여 다음 계산식을 이용하여 가축분 시용량을 결정한다. 작물별 표준시비량 및 가축분 및 가축분 퇴비의 3요소 평균 성분함량을 이용하여 시용량을 결정할 때는 가축분의 인산기준 시용량 조건표를 참조하면 된다.

조건표 활용시 돈분, 우분, 계분, 가축분퇴비 시용량의 단단위 숫자는 반올림하여 작성하였고, 시용량이 50kg/10a 미만일 때는 하한선을 50kg/10a로 작성하여 시용토록 하였다.

(1) 작물별 가축분 퇴비 시용량 및 퇴비중 비료량 계산

○ 가축분퇴비 시용량(kg/10a)

$$= \text{작물별 표준시비량} \times \frac{100}{\text{가축분 중 성분량}(\%)}$$

$$= \text{작물별 토양검정 시비량} \times \frac{100}{\text{가축분 중 성분량}(\%)}$$

○ 가축분퇴비 중 비료량(kg/10a)

$$= \text{가축분 시용량} \times \frac{\text{가축분 중 성분량}(\%)}{100}$$

(2) 가축분의 분석자료가 건물중일 때 현물중으로 수분보정

○ 현물중 성분함량(%) = 건물중 성분함량(%) × $\frac{(100 - \text{수분함량})}{100}$

(3) 가축분의 분석자료가 현물중일 때 건물중으로 수분보정

○ 건물중 성분함량(%) = 현물중 성분함량(%) × $\frac{100}{(100 - \text{수분함량})}$

(4) 가축분 및 가축분퇴비 시용량 계산 예

○ 전 제

- 가축분 본래(현물중) 수분함량 : 80%
- 건조후(건물중) 분석시 수분함량 : 20%
- 건물중으로 분석한 비료함량 : 질소=1.00%, 인산=2.00%, 칼리=0.70%
- 고추 노지재배 표준시비량 : 질소 19, 인산 11.2, 칼리 14.9 kg/10a

○ 인산성분을 기준으로 가축분 시용량 계산(건물중)

- 인산기준 가축분 시용량(kg/10a) = $11.2 \text{ kg/10a} \times \frac{100}{2.0} = 560 \text{ kg/10a}$

○ 가축분 560 kg/10a의 비료량 계산

- 질소 : $560 \times 1.00 \div 100 = 5.6 \text{ kg}$
- 인산 : $560 \times 2.00 \div 100 = 11.2 \text{ kg}$
- 칼리 : $560 \times 0.70 \div 100 = 3.92 \text{ kg}$

○ 질소 및 칼리의 부족분(화학비료 시비량) 계산

- 질소 부족분: 표준시비량 - 가축분 중 질소 비료량 = $19 - 5.6 = 13.4 \text{ kg/10a}$
- 부족분을 요소로 계산 : $13.4 \div 0.46 = 29.13 \text{ kg/10a}$
- 칼리 부족분: 표준시비량 - 가축분중 칼리 비료량 = $14.9 - 3.92 = 10.98 \text{ kg/10a}$
- 부족분을 염화칼리로 계산 : $10.98 \div 0.60 = 18.3 \text{ kg/10a}$

○ 가축분의 분석자료가 건물중일 때 현물중으로 수분보정

- 질소 : $1.00 \times (100 - 20) \div 100 = 0.80\%$ (현물중 함량)
- 인산 : $2.00 \times (100 - 20) \div 100 = 1.60\%$ (현물중 함량)
- 칼리 : $0.70 \times (100 - 20) \div 100 = 0.56\%$ (현물중 함량)

○ 현물중 인산성분을 기준으로 가축분 시용량 계산

- 가축분 시용량(kg/10a) = $(11.2 \div 1.60) \times 100 = 700 \text{ kg/10a}$

- 가축분 700 kg에 대한 비료량 계산
 - 질소 : $700 \times 0.80 \div 100 = 5.90 \text{ kg}$
 - 인산 : $700 \times 1.60 \div 100 = 11.2 \text{ kg}$
 - 칼리 : $700 \times 0.56 \div 100 = 3.92 \text{ kg}$
- 질소 및 칼리의 부족분 계산
 - 질소 : 표준시비량 - 가축분중 질소 비료량
 - 부족분을 요소로 계산시 : $(19 - 5.90) \div 0.46 = 28.48 \text{ kg}$
 - 칼리 : 표준시비량 - 가축분중 칼리 비료량
 - 부족분을 염화칼리로 계산시 : $(14.9 - 3.92) \div 0.60 = 18.3 \text{ kg}$
- 또한 같은 가축분일지라도 비료함량 분석시(건물중)와 경작지에 사용시(현물) 수분함량 차이가 많이 나면 수분함량을 고려하여 현물중으로 비료성분함량과 가축분 사용량을 계산하여 결정하고, 작물별 3요소 시비량이 토양 검정 후 시비량이면 계산시 토양검정 후 시비량으로 계산한다.

다) 가축분 퇴비 중 질소함량을 기준으로 한 시용량 결정

아래 표기한 작물은 질소 표준시비량보다 가축분 및 가축분퇴비 중 질소함량이 많은데 이러한 작물은 질소기준으로 아래 표와 같이 가축분 및 가축분퇴비 시용량을 환산하여 사용하고, 인산과 칼리는 화학비료로 보충하도록 한다.

- 계분 : 땅콩(기경지, 개간지), 참깨(기경지, 개간지, 2모작지)
- 돈분 : 땅콩(기경지, 개간지), 참깨(기경지, 2모작지)
- 우분 : 땅콩(기경지), 참깨(2모작지)
- 가축분퇴비 : 땅콩(기경지, 개간지)

<예 시>

【질소기준 계분시용량】

작 물	구 분	표준시비량(kg/10a)			계 분 시 용 량		
		질소	인산	칼리	계분(kg/10a)	인산 ¹	칼리 ²
땅 콩	기경지	3.0	10.4	9.8	170	2.8	0.8
	개간지	4.0	22.3	19.6	230	3.8	1.1
참 깨	기경지	2.9	3.1	3.2	170	2.8	0.8
	개간지	8	20	9	460	7.6	2.2
	2모작지	2.9	6.2	3.2	170	2.8	0.8

※ 인산¹과 칼리²는 질소기준 계분시용량 중의 비료량임

【질소기준 돈분시용량】

작 물	구 분	표준시비량(kg/10a)			계 분 시 용 량		
		질소	인산	칼리	돈분(kg/10a)	인산 ¹	칼리 ²
땅 콩	기경지	3.0	10.4	9.8	330	4.9	0.6
	개간지	4.0	22.3	19.6	440	6.6	0.8
참깨	개간지	8	20	6	890	13.3	1.7
	2모작지	2.9	6.2	3.2	320	4.8	0.6

※ 인산¹ 과 칼리² 는 질소기준 돈분시용량 중의 비료량임.

【질소기준 우분 시용량】

작 물	구 분	표준시비량(kg/10a)			계 분 시 용 량		
		질소	인산	칼리	돈분(kg/10a)	인산 ¹	칼리 ²
땅 콩	기경지	3.0	10.4	9.8	730	4.1	0.7
참깨	2모작지	2.9	6.2	3.2	710	4.0	0.6

※ 인산¹ 과 칼리² 는 질소기준 우분시용량 중의 비료량임

【질소기준 가축분퇴비 시용량】

작 물	구 분	표준시비량(kg/10a)			계 분 시 용 량		
		질소	인산	칼리	돈분(kg/10a)	인산 ¹	칼리 ²
땅 콩	기경지	3.0	10.4	9.8	300	6.1	2.0
	개간지	4.0	22.3	19.6	400	8.1	26

※ 인산¹ 과 칼리² 는 질소기준 가축분퇴비 시용량 중의 비료량임.

라) 토양유효인산 비옥도에 따른 가축분퇴비 시용량 결정

우리나라 농경지 토양비옥도의 변화를 보면 유효인산 및 치환성칼륨 함량이 증가하는 경향이다. 특히 시설재배지 토양의 유효인산함량은 표 20에서 보는바와 같이 작물생육 적정범위를 상회하는 토양이 74~93%로 가축분퇴비 및 화학비료의 과다사용 및 연용에 의한 것임을 알 수 있어 인산함량이 비교적 많은 가축분퇴비 사용을 점차 줄여야 할 것으로 생각된다. 반대로 토양유효인산함량이 적정범위보다 적은 토양은 논 38%, 밭 21%, 시설재배지 1~18%로, 이러한 농경지에서는 적정수준의 토양유효인산함량을 고려하여 가축분퇴비의 합리적 사용을 유도하는 것이 바람직하다.

〈표-20〉 농경지토양 유효인산함량 분포비율

구 분	평균함량 (mg/kg)	적정범위 (mg/kg)	과 부 족 율 (%)			
			적음	보통	많음	
논	128	80~120	38.3	21.3	40.4	
밭(노지)	577	300~500	21.0	27.4	51.6	
밭 (시설)	과채류	843	350~500	17.7	8.6	73.7
	엽채류	1,650		0.8	5.9	93.3
	화훼류	1,029		4.5	2.3	93.2

논토양에서 객토지나 18cm 이상 심경을 실시한 토양에는 인산 및 유기물을 20~30% 증시할 것을 권장하고 있으며, 밭토양의 신개간지나 성토지 등 척박한 강산성 토양은 유효인산함량이 매우 낮고 인산흡착력(고정력)이 커서 석회시용은 물론이고 20~30%의 인산을 증시하여야 안정수량을 기대할 수 있다. 또 유효인산 축적지에서 보통지 수준의 가축분퇴비 시용시 인산성분의 다량 투입이 우려되므로 가급적 가축분퇴비 시용을 자제하는 것이 토양환경보존 측면에서 바람직하므로 토양의 비옥도에 따라 차별화하여 시용량을 추천할 필요가 있다.

〈표-21〉 토양 유효인산 비옥도에 의한 작물별 가축분퇴비 시용량

작물		인 산 요구도	척박지 (kg/10a)	보통지 (kg/10a)	비옥지 (kg/10a)
논	벼	-	280~440	220~380	100이하
밭	과채물	소비형 ^{a)}	540~630	290~380	1500이하
		다비형 ^{b)}	800~1,050	550~810	
	근채류, 서류	- ^{c)}	540~720	290~470	
	엽채류	- ^{d)}	460~770	210~530	
	기타작물	소비형 ^{e)}	400	150	
		다비형 ^{f)}	580~760	340~510	
토양 유효인산범위 (mg/kg)		논	800이하	80~120	1200이상
		밭	3000이하	300~500	5000이상

a) 과채류 인산 소비형(인산표준시비량 5.9~7.7kg/10a): 딸기, 수박, 참외

b) 과채류 인산 다비형(인산표준시비량 11.2~16.4kg/10a): 고추, 토마토, 오이, 호박, 가지

c) 근채류, 서류(인산표준시비량 5.9~9.6kg/10a): 생강, 당근, 무, 고구마, 감자, 양파, 마늘

d) 엽채류(인산표준시비량 4.3~10.7kg/10a): 상추, 배추, 시금치, 파, 잎들깨, 양배추, 셀러리, 썩갠, 부추

e) 기타작물 인산 소비형(인산표준시비량 3kg/10a): 콩, 참깨 옥수수

f) 기타작물 인산 다비형(인산표준시비량 6.8~10.4kg/10a): 겉보리, 쌀보리, 맥주보리, 땅콩

화학비료 및 가축분퇴비의 사용량은 토양검정 및 가축분퇴비의 성분함량을 분석하여 결정하는 것이 바람직하지만, 여건상 표준시비량 및 표-16에 제시된 가축분퇴비 중 성분함량을 이용할 경우 보통지, 척박지 및 비옥지로 토양유효인산 비옥도를 차별화하여 각각의 필지에 보다 적합하도록 표-21과 같은 방법으로 사용량을 결정할 수 있다.

시설재배지와 같이 토양유효인산함량이 적정범위보다 많거나, 개간지 또는 적토지 등 척박한 토양에 가축분퇴비를 사용할 경우 가축분퇴비 중 인산성분을 기준으로 사용량을 결정하고, 포장의 토양유효인산 비옥도를 고려하여 결정할 수 있도록 설정하였다.

(가) 척박지 토양의 가축분퇴비 사용량

척박지 토양의 평균 유효인산함량은 논토양은 50 mg/kg, 밭토양은 200 mg/kg으로 적정범위보다 낮은 토양들이다. 척박지 토양의 가축분퇴비 사용량을 결정하는 방법은 척박지의 토양유효인산 함량을 적정범위 수준(논 100 mg/kg, 밭 400 mg/kg)으로 높이는데 필요한 양의 25%를 가축분퇴비로 보통지 토양의 가축분퇴비 사용량에 추가 공급한다는 개념이다.

1회 사용으로 적정범위 수준까지 올리기 위해서는 다량의 가축분퇴비를 사용해야 하므로 양분유실에 의한 이용을 저하, 양분용탈에 의한 지하수 및 하천수 오염, 과다투입에 따른 생산비 증가 등이 우려되므로 이와 같은 문제점들을 고려할 때 보통지 토양의 가축분퇴비 사용량에 25%씩 점진적으로 증가시키는 것이 바람직하다.

(나) 보통지 토양의 가축분퇴비 사용량

보통지토양은 유효인산함량 적정범위인 논토양 80~120 mg/kg, 밭토양 300~500 mg/kg으로 양분 과다사용에 의한 염류집적이 없으며, 작물의 정상적인 생육을 기대할 수 있는 토양이다. 이러한 토양은 가축분 퇴비 다량사용에 의한 피해를 사전에 방지하기 위해 가축퇴비 중 가장 많은 인산을 기준하여 다음과 같은 계산식에 의해 사용량을 결정한다.

○ 가축분퇴비 사용량(kg/10a) 계산식

$$= \text{작물별 표준인산시비량} \times \frac{100}{\text{가축분퇴비 중 인산함량(\%)}}$$

(다) 비옥지 토양의 가축분퇴비 사용량

비옥지 토양은 유효인산함량이 적정범위 이상인 토양이며, 염류집적 및 그에 따른 생리장해가 우려되는 토양의 대부분은 여기에 속한다. 이러한 농경지는 가축분퇴비 사용을

가급적 줄여야 하며, 실제로 문제점이 관찰되는 토양에서는 가축분퇴비를 사용하지 않고, 토양 중 축적된 인산을 작물이 이용할 수 있도록 경작자의 노력이 필요한 토양이다.

문제점이 관찰되지 않는 비옥지토양은 인산 기본시비량(논토양 2 kg/10a, 밭토양 3 kg/10a) 해당량 이하는 허용하도록 하였다. 인산 기본시비량은 토양비옥도 유지, 작물 뿌리발육 및 초기 생육촉진 등을 위하여 시용해야 한다. 그러나 밭토양에서 토양 유효인산함량이 700 mg/kg 이상이거나 치환성칼리 함량이 0.6 cmol⁺/kg 이상이면 실제로 무인산, 무칼리 재배가 가능하기 때문에 가축분퇴비 및 화학비료 사용을 피하는 것이 좋다.

(라) 가축분퇴비 시용량 계산 예시

<전제>

- 가축분퇴비 분석에 의한 성분함량(현물중 기준)
질소 : 1.01%, 인산 : 2.03%, 칼리 : 0.65%
- 가축분퇴비 수분함량 : 50%
- 벼 표준시비량 : 질소 11, 인산 4.5, 칼리 5.7kg/10a
- 무 표준시비량 : 질소 28, 인산 5.9, 칼리 15.4kg/10a
- 농경지 토양 중 적정 유효인산 함량 : 논 100, 밭 400mg/kg
- 현재 경작지토양의 유효인산 비옥도 : 척박지(논 : 50, 밭 : 40mg/kg)
- 보통지 토양의 가축분퇴비 시용량은 조건표 활용

<경작지 논(벼) 토양의 가축분퇴비 시용량 계산>

- 척박지 논토양의 경우
 - a) 유효인산 목표량(mg/kg) = 적정 유효인산함량 - 경작지 유효인산함량
= 100 - 50 = 50mg/kg
 - b) 목표량에 해당하는 인산증시량(성분/10a) = 5kg/10a
* 토양무게 100,000kg/10a(용적밀도 1.00 Mg/m³, 작토층 10cm)일 때
 - c) 당해년도 인산증시량(성분량의 25%)
= 5×25÷100 = 1.25kg/10a
 - d) 당해년도 인산증시량의 가축분퇴비 환산량(kg/10a)
= 1.25× $\frac{100}{2.03}$ = 62kg/10a

e) 벼 재배 보통지 토양의 인산표준시비량 기준 가축분퇴비 사용량(kg/10a)

$$= 4.5 \times \frac{100}{2.03} = 222\text{kg}/10\text{a}$$

f) 경작지 논(벼) 토양의 가축분퇴비 사용량(kg/10a)

$$= d) + e) = 62 + 222 = 284\text{kg}/10\text{a}$$

○ 비옥지 논토양의 경우

a) 가급적 가축분퇴비 사용은 자제하나 토양비옥도 유지, 작물 뿌리 발육 및 초기 생육촉진을 위하여 인산 기본시비량 해당량(2kg/10a)은 허용

b) 기본시비량에 해당하는 가축분퇴비량(kg/10a) = $2 \times \frac{100}{2.03} = 99\text{kg}/10\text{a}$

<경작지 밭(무) 토양의 가축분퇴비 사용량 계산>

○ 척박지 밭토양의 경우(무 재배)

a) 유효인산 목표량(mg/kg) = 적정 유효인산함량 - 경작지 유효인산함량
= 400 - 200 = 200mg/kg

b) 목표량에 해당하는 인산증시량(성분/10a) = 20kg/10a

* 토양무게 100,000kg/10a(용적밀도 1.00 Mg/m³, 작토층 10cm)일 때

c) 당해년도 인산증시량(성분량의 25%)

$$= 20 \times 25 \div 100 = 5\text{kg}/10\text{a}$$

d) 당해년도 인산증시량의 가축분퇴비 환산량(kg/10a)

$$= 5 \times \frac{100}{2.03} = 246\text{kg}/10\text{a}$$

e) 보통지 토양의 무 인산표준시비량 기준 가축분퇴비 사용량(kg/10a)

$$= 5.9 \times \frac{100}{2.03} = 291\text{kg}/10\text{a}$$

f) 경작지 토양의 가축분퇴비 사용량(kg/10a)

$$= d) + e) = 246 + 291 = 537\text{kg}/10\text{a}$$

○ 비옥지 밭토양의 경우(무 재배)

a) 가급적 가축분퇴비 사용은 자제하나 토양비옥도 유지, 작물 뿌리 발육 및 초기 생육촉진을 위하여 인산 기본시비량 해당량(3kg/10a)은 허용

$$b) \text{ 기본시비량 해당량(kg/10a)} = 3 \times \frac{100}{2.03} = 148\text{kg/10a}$$

위의 계산식은 작물별 표준시비량 및 표-16에 제시된 가축분퇴비중 성분함량을 적용하였고, 토양검정에 의한 3요소 시비량과 가축분퇴비의 성분분석 자료를 적용한다면 더욱 적절한 가축분퇴비 시용량을 결정할 수 있다.

마) 가축분퇴비 시용시 화학비료 시용량 결정

앞에서 설명한 “나) 가축분 퇴비 중 인산함량을 기준으로 한 시용량 결정”은 토양 및 가축분퇴비 중 인산함량을 기준으로 설정된 것으로 가축분퇴비 중 비료성분을 양분으로서 최대한 활용하고, 작물의 생산성보다 토양환경보전에 더 중점을 둔 시용기준이다. 즉 화학비료에 대한 가축분퇴비 중 질소, 인산, 칼리의 이용율(화학비료 대비 비효율)을 100%로 가정하여 계산하였으며, 가축분퇴비의 양분무기화율 및 이용율 등 작물의 생산성 측면에서 다소 미흡한 면이 없지 않다.

가축분퇴비 중 인산은 화학비료와 대등한 유효화율을 나타내지만, 질소의 경우 화학비료에 대한 비효율이 <표-22>에서 보는바와 같이 작물 생육기간 및 가축분퇴비의 종류에 따라서 다르다. 가축분퇴비 시용시 수량에 직접적인 영향을 미치는 질소에 대해서는 가축분퇴비 중 질소의 비효율을 고려하는 것이 타당하다.

<표-22> 작물 재배일수별 가축분퇴비의 화학비료 대비 질소비효율

작물군	재배일수	화학비료대비 질소비효율(%)		작물명
		돈분퇴비	계분퇴비	
벼	4~5개월	50	100	벼
장기성	5개월 이상	50	60	보리, 콩, 땅콩, 참깨, 고추, 토마토, 오이, 딸기, 참외, 수박, 호박, 가지, 생강, 고구마, 파, 양파, 마늘, 부추, 잎들깨 등
단기성	3개월 이하	20	40	옥수수, 감자, 당근, 무, 상추, 배추, 시금치, 양배추, 셀러리, 썩갓 등

* 화학비료대비 질소비효율 : 작물의 화학비료에 대한 가축분퇴비의 질소이용율

* 가축분퇴비 중 인산 및 칼리의 화학비료 대비 비효율: 100% 적용

작물은 가축분퇴비 중 유기태질소는 미생물에 의해 분해되어 무기화된 질소를 흡수·이용한다. 가축분퇴비 중 질소무기화는 토양 중 수분 및 계절에 따른 지온의 변화, 작물의 생육기간,

가축분의 종류 등 다양한 요인에 의해 제한을 받는다. 재배기간이 긴 작물인 고추를 재배할 경우 단기성 작물인 무보다 가축분퇴비 중 유기태질소의 무기화율이 높은 경향이며, 이는 재배기간 및 시기가 가축분퇴비 중 질소의 무기화율에 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 또한 가축분퇴비 종류에 있어서도 계분퇴비가 돈분퇴비에 비해 무기화율이 높았다.

1970년대의 자급퇴비는 토양의 물리성 개선효과를 가진 토양개량제로서 중점을 두고 지도 및 추천하였으나, 현재 유통되고 있는 가축분퇴비는 물리성 개선효과보다는 오히려 양분으로서 가치가 높아져 과다사용시 많은 문제점을 내포하고 있다. 그래서 가축분퇴비를 시용할 경우 화학비료로서 적절한 가감을 해야 작물의 안정적 수량확보 및 토양환경오염을 방지할 수 있다. 그 방법으로서 퇴비 중 인산함량을 기준으로 가축분퇴비 시용량을 설정하고 이 때 가축분퇴비 중 양분함량을 고려하여 부족한 질소와 칼리는 화학 비료로 보충하여 준다는 기본방향이 설정되었다.

이러한 기본방향아래 작물의 안정적 수량확보를 위해 화학비료에 대비한 가축분퇴비 중 질소의 비효율을 감안하여 가축분퇴비 시용시 화학비료시용량 결정방법을 보완하게 되었다. 이 방법은 기존의 방법에 표-22에 제시된 화학비료 대비 가축분퇴비 중 질소의 비효율을 고려하여 결정하였다.

(1) 가축분퇴비 시용시 화학비료 질소시용량

$$\text{질소(kg/10a)} = \text{작물별표준시비량} - \left(\text{가축분퇴비시용량} \times \frac{\text{가축분중성분함량}(\%)}{100} \times \frac{\text{화학비료대비비효율}(\%)}{100} \right)$$

작물별 가축분퇴비 시용시 화학비료 질소시용량을 계산할 때 가축분퇴비시용량은 조건표에 제시된 것을 적용하며, 가축분노 중 성분함량은 분석치나 표-16에 제시된 성적을 적용하고, 화학비료 대비 비효율은 표-22에 제시된 작물 재식기간을 참고로 하여 비효율을 적용한다.

(2) 가축분퇴비 시용시 화학비료 칼리시용량

$$\text{칼리(kg/10a)} = \text{작물별 표준시비량} - \left(\text{가축분퇴비 시용량} \times \frac{\text{가축분중성분함량}(\%)}{100} \right)$$

칼리는 인산과 같이 화학비료와 대등한 비효율을 가지고 있어 100%로 가정하여 계산하였다. 작물에 필요한 인산은 가축분퇴비 시용량으로 대체되도록 하여 농경지의 높은 인산 및 칼리함량의 축적을 줄이고자 하였다.

(3) 가축분퇴비 사용시 화학비료 사용량 계산 실례

<전제>

- 가축분퇴비 분석에 의한 성분함량(현물중 기준)
 - 질소 : 1.01%, 인산 : 2.03%, 칼리 : 0.65%
- 벼 표준시비량 : 질소 11, 인산 4.5, 칼리 5.7kg/10a
- 무 표준시비량 : 질소 28, 인산 5.9, 칼리 15.4kg/10a
- 화학비료 대비 질소비효율 평균치(%) : 벼 75, 무 30%

* 가능하면 가축분 퇴비의 종류에 따라 구분하는 것이 바람직함

- 논토양 가축분퇴비 사용량 : 280kg/10a
- 밭토양 가축분퇴비 사용량 : 540kg/10a

<경작지토양의 가축분퇴비 사용시 화학비료 사용량 계산>

- 논토양의 경우
 - a) 가축분퇴비 사용시 화학비료 질소 사용량(성분 kg/10a)
 $= 11 - (280 \times 1.01 / 100 \times 75 / 100) = 8.9 \text{kg/10a}$
 - b) 가축분퇴비 사용시 화학비료 칼리 사용량(성분 kg/10a)
 $= 5.7 - (280 \times 0.65 / 100) = 3.9 \text{kg/10a}$
 - c) 가축분퇴비 사용시 화학비료 인산 사용량
* 인산요구량을 가축분퇴비 사용량으로 대체
 - 밭토양의 경우(무 재배)
 - a) 가축분퇴비 사용시 화학비료 질소 사용량(성분 kg/10a)
 $= 28 - (540 \times 1.01 / 100 \times 30 / 100) = 26.4 \text{kg/10a}$
 - b) 가축분퇴비 사용시 화학비료 칼리 사용량(성분 kg/10a)
 $= 15.4 - (540 \times 0.65 / 100) = 11.9 \text{kg/10a}$
 - c) 가축분퇴비 사용시 화학비료 인산 사용량
* 인산요구량을 가축분퇴비 사용량으로 대체
- ※ 참고로 척박지, 보통지 및 비옥지 모두 위와 같은 계산식에 의하여 가축분퇴비 사용시 화학비료 사용량을 산출할 수 있다.

바) 토양검정 및 가축분퇴비 성분분석에 의한 시용량

시중에 유통중인 가축분퇴비는 주재료로서 가축분을 이용하는 경우가 대부분이지만 가축분의 종류 및 혼합비율이 다양하며, 부재료로서 활용하고 있는 재료도 톱밥, 왕겨, 수피(나무껍질) 등 다양할 뿐만 아니라 혼합비율도 매우 다양하다. 표-16에 가축분과 가축분퇴비의 성분함량을 제시하였으나, 다양한 가축분퇴비의 종류별 성분함량을 조사하기는 곤란하여 전체의 평균치를 제시하였다. 가축분퇴비의 종류에 따라 성분함량 차이가 크기 때문에 성분분석에 의한 정확한 함량을 적용하여 적정 가축분퇴비 및 화학비료 시용량을 결정하는 것이 바람직하다.

시·군 농업기술센터 토양검정실에서 농경지 토양의 양분함량을 분석하여 화학비료 및 가축분퇴비 시용량을 결정한다. 논 및 밭토양의 세부정밀 토양조사사업의 결과인 필지별 토양특성자료와 매년 계속되고 있는 토양검정 자료가 “흙토람(<http://asis.rda.go.kr>)“에 데이터베이스화 되어 있으므로 적극 활용할 것을 권장한다.

토양검정을 통하여 토양검정에 의한 화학비료 시비량을 결정하고, 사용할 가축분퇴비의 성분 분석을 통하여 함량을 알고 있을 경우 적용하는 가축분퇴비 및 화학비료 시용량은 다음과 같다.

(1) 인산시비량 기준 가축분퇴비 시용량

$$\text{가축분퇴비(kg/10a)} = \text{토양검정에 의한 인산시비량} \times \frac{100}{\text{가축분퇴비중인산함량}}$$

(2) 가축분퇴비 시용시 화학비료 질소시용량

$$\text{질소(kg/10a)} = \text{토양검정질소시비량} - \left(\text{가축분퇴비시용량} \times \frac{\text{가축분중성분함량}(\%)}{100} \times \frac{\text{화학비료대비비효율}(\%)}{100} \right)$$

(3) 가축분퇴비 시용시 화학비료 칼리시용량

$$\text{칼리(kg/10a)} = \text{토양검정 칼리시비량} - \left(\text{가축분퇴비 시용량} \times \frac{\text{가축분중성분함량}(\%)}{100} \right)$$

토양검정을 통하여 이미 비옥도 수준이 정해지기 때문에 표준시비량을 적용할 때와 같이 척박지 및 비옥지를 구분할 필요가 없으며, 토양검정 인산시비량에 준하여 가축분퇴비 시용량을 결정한다. 단 가축분퇴비 시용시 화학비료 질소 시용량은 재식기간에 따른 화학비료 대비 질소 비효율을 고려하여 적용한다.

이상에서 제시한 가축분퇴비 및 화학비료 시용량 결정방법은 토양 및 가축분퇴비 중

인산함량을 고려하여 환경부하를 경감시킬 수 있으며, 가축분 퇴비의 화학비료 대비 질소비효율을 고려한 적정 화학비료 시용으로 작물의 안정적 수량을 기대할 수 있다. 더불어 퇴비화 정책의 확대시행으로 척박지에 가축분퇴비를 적극 활용할 수 있으며, 비옥지에서는 화학비료 사용량을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

나. 가축분뇨 액비 시용량 결정

액비 살포량은 시비처방서에서 추천된 시비량과 액비 중 비료성분 함량을 고려하여 삼요소 중 최소 사용량을 기준으로 결정하는 것을 원칙으로 한다.

작물별로 가축분뇨 액비 시용량 결정에 고려할 점은 토양의 비옥도와 액비 중의 비료성분 함량 분석결과이다. 토양의 특성을 고려하여 액비시용량은 차별화 될 수 있다. 이를 위해서는 토양과 액비에 대한 사전분석이 필요하다.

가축분뇨(액비)는 질소성분이 높고, 질소무기화율이 화학비료와 비슷하기 때문에 액비 중 질소성분을 기준으로 사용량을 결정한다. 인산 기준으로 액비 사용량을 결정할 경우 액비 시용량에 따른 질소비료 과다 투입으로 작물의 병해충 발생 및 도복, 등숙률 저하가 우려되며, 질산염 등이 지하수로 침투되어 환경을 오염시킬 수 있으므로 항상 사용시에는 액비 중 비료성분함량을 분석하여 작물별로 적정량을 산출하여 시용적량 내에서 사용한다.

1) 토양검정에 의한 방법(시비처방서 방법)

- 가) 재배하고자 하는 작물포장의 토양시료와 사용하려는 액비시료를 채취하여 검정실에서 분석한다.
- 나) 토양검정은 발급받은 시비처방서 또는 토양검정 이력이 있는 필지의 경우 “흙토람 (<http://asis.rda.go.kr/>)”에서 검색하며, 재배하려는 작물의 시비처방서를 발급받아 질소시비량을 확인한다.
- 다) 각 작물별로 질소시비량의 전량을 액비로 대체하는 작물이 있고, 밑거름(기비)만 액비로 주는 작물이 있기 때문에 잘 확인한 후 액비시용량을 산출한다.
- 라) 아래 식은 질소전량에 대한 액비 산출식이므로 기비량이 질소전량의 50%이면 액비시용량에 0.5를 곱하여 기비량에 대한 액비량을 계산한다.
- 마) 토양검정에 의한 질소전량과 질소기비량 기준 액비시용량 계산식은 다음과 같다.

$$\circ \text{액비시용량(톤/10a)} = \text{토양검정 질소전량 (kg/10a)} \times \left[\frac{100}{\text{액비중 질소(TN)함량 (\%)}} \right] \div 1,000$$

$$\circ \text{액비시용량(톤/10a)} = \text{토양검정 질소기비량 (kg/10a)} \times \left[\frac{100}{\text{액비중 질소 (TN) 함량 (\%)}} \right] \div 1,000$$

2) 작물별 표준시비량에 의한 방법

- 가) 재배하려는 작물의 표준시비량은 작물별 시비처방기준('99. 농업과학기술원) 책자를 활용하여 질소시비량을 확인한다.
- 나) 작물에 따른 액비시용량이 질소전량인지 기비량(밀거름) 인지를 잘 구분하여 액비시용량을 산출한다.
- 다) 아래 식은 질소전량에 대한 액비 산출식이므로 기비량이 질소전량의 50%이면 액비시용량에 0.5를 곱하여 기비량에 대한 액비량을 계산한다.
- 라) 작물별 표준시비량에 의한 질소전량과 기비질소시비량 기준 액비시용량 계산식은 다음과 같다.

$$\circ \text{액비시용량(톤/10a)} = \text{표준시비 질소전량 (kg/10a)} \times \left[\frac{100}{\text{액비중 질소 (TN) 함량 (\%)}} \right] \div 1,000$$

$$\circ \text{액비시용량(톤/10a)} = \text{표준시비 질소기비량 (kg/10a)} \times \left[\frac{100}{\text{액비중 질소 (TN) 함량 (\%)}} \right] \div 1,000$$

3) 가축분뇨 액비 시용량 조건표를 활용한 간이 시비량 결정 방법

- 가) 작물별 질소시비량과 가축분뇨 액비 중 비료성분함량을 알고 있는 경우 계산식을 이용하지 않고 “친환경농업을 위한 가축분뇨 퇴비·액비 제조와 이용(농업과학기술원, 1999)”의 「가축분뇨 액비 시용량 조건표」를 활용하면 쉽게 액비 시용량을 찾을 수 있다.
- 나) 비료 3요소를 기준으로 산정시 제일 적은 성분을 기준으로 시용량을 결정하고 부족성분은 화학비료를 보충 사용하는 것을 원칙으로 한다.
- 다) 단, 질소 밀거름량을 액비로 사용할 때도 밀거름에 해당하는 질소량을 찾고, 액비 중 질소함량을 찾으면 액비 시용량을 찾을 수 있다.
- 라) 가축분뇨 액비의 비료성분 분석이 어려운 경우 아래 표에 있는 액비 중 비료성분 평균치를 이용하여 결정할 수도 있다.

〈표-23〉 가축분뇨 액비 종류별 비료성분 평균함량

(단위 : %)

축 종	액 비	질소(N)	인산(P ₂ O ₅)	칼리(K ₂ O)	자 료 출 처
소	액상구비	0.31	0.07	0.49	'99 축산기술연구소
	뇨	1.00	0.01	1.50	'92 농업기술대계
	정화처리수	0.10	0.08	0.09	'86 농업기술연구소
돼 지	액상구비	0.46	0.26	0.35	'99 농업과학기술원
	뇨	0.50	0.05	1.00	'92 농업기술대계
	정화처리수	0.11	0.15	0.19	'86 농업기술연구소
액비		질소(N)	인(P)	칼륨(K)	'07 가축분뇨 자원화기술 연구성과
SCB액비		0.1	0.03	0.3	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 저농도의 무취, 균질성 등 청결성을 구비 ◦ 관비형태로 사용하므로 신속, 간편하게 사용 ◦ 목질물 분해산물인 부식물질 등 유익성분 함유 ◦ 옷거름 사용 가능
일반액비		0.3	0.1	0.45	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 악취발생 성분 불균일 ◦ 장비가 경지를 주행하면서 직접살포

* 뇨 중에는 특히 인산함량이 적음

※ P×2.29 = P₂O₅(인산), K×1.20=K₂O(칼리)

4) 액비시비처방서

(가)는 토양관리 처방서(액비) 계산 과정 해설

(나) [논 토양관리 처방서(액비) 계산 과정 해설]

토양검정 분석결과에 따라 10a당 시비해야 할 화학비료 성분량(밑거름/옷거름)은 질소(4.0/3.2), 인산(3.6/0.0), 칼리(5.9/2.5)kg/10a로 계산되었다. 이 중 액비는 밑거름량에 해당하는 양을 사용하므로 N-P₂O₅-K₂O=4.0-3.6-5.9 kg/10a를 기준으로 액비사용량을 계산한다. 밑거름 추천량과 사용하고자 하는 액비의 성분량 N-P₂O₅-K₂O=0.12-0.01-0.12%으로 사용량을 각각 계산하면,

- N 기준 : $4.0 \times 100/0.12 = 3,333 \text{ kg/10a}$
- P₂O₅ 기준 : $3.6 \times 100/0.01 = 36,000 \text{ kg/10a}$
- K₂O 기준 : $5.9 \times 100/0.12 = 4,917 \text{ kg/10a}$ 이 된다.

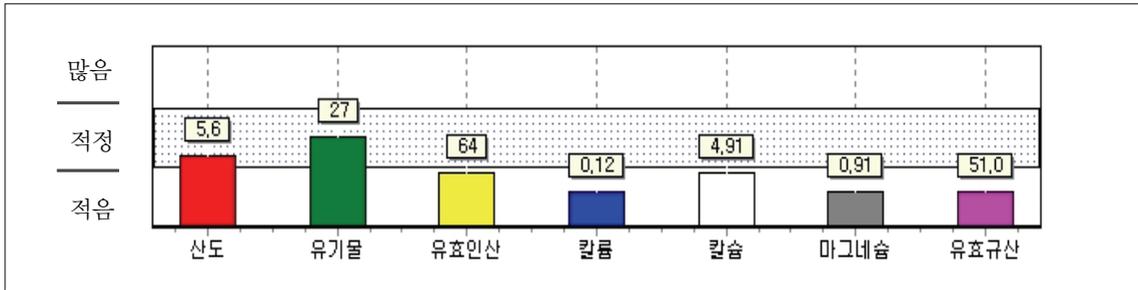
논 토양관리 처방서(액비)

▶ 경지현황

조사번호	2010-2901	경작자명		면적	992㎡
경작지	경기도 이천시 송정동 84			작물명	벼
경작자주소	경기이천시 송정동 84			토양종류	사촌
토양유형	사질담	토성	사양토	배수	약간불량

▶ 토양분석결과

구분	산도 (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온(cmol+/kg)			유효규산 (mg/kg)
				칼륨	칼슘	마그네슘	
적정범위	5.5~6.5	25~30	80~120	0.25~0.30	5.0~6.0	1.5~2.0	130~180
분석치	5.6	27	64	0.12	4.91	0.91	51.0



▶ 비료추천량(992㎡ 당)

실면적 추천량(kg)	액비명	화학비료			퇴비(1종류만 선택)				규산	황산 아연	석고
		요소	용성인비	염화칼리	볏짚	우분	돈분	계분			
밀거름	3,333	0	16	3	1,200	1,200	264	204	445	0	0
웃거름	-	7	0	4	-	-	-	-	-	-	-

▶ 비료추천량

☞ 귀하의 농경지는 땅심이 적당하며 토양중 인산성분과 규산성분은 적습니다. 벼 재배시에 밀거름은 추천한 비료량을 사용하시고 웃거름은 생육상태에 따라 다소 조절해 주셔도 됩니다.

국립농업과학원

토양검정일: 2010-09-08

2010년 09월 13일

담당자:

전화: 031-290-0320

질소(N)를 기준으로 사용량을 결정하였을 때 양이 가장 적으므로 질소 밑거름량을 액비로 사용한다. 따라서 비료추천량의 요소 밑거름 양은 0으로 표시된다. 액비로 사용하는 3,333 kg/10a중의 인산과 칼리 함량을 계산하여 비료추천량의 밑거름 인산과 칼리 사용량에서 빼 준 양을 화학비료로 사용하면 된다.

- 액비 3,333 kg 중 인산(P_2O_5)의 양은 $3,333 \times 0.01/100 = 0.33$ kg/10a이므로 $3.6-0.33 = 3.27$ kg/10a에 해당하는 인산비료를 밑거름으로 사용한다. 이를 유효성분 20%인 용성인비로 환산하면 $3.27 \times 100/20 = 16.3$ kg/10a이 해당된다. 사용하고자 하는 논 면적은 $992m^2$ 이므로 $16.3 \times 992/1000 = 16.2 \approx 16$ kg의 용성인비를 해당 논에 밑거름으로 사용한다.
- 액비 3,333 kg 중 칼리(K_2O)의 양은 $3,333 \times 0.12/100 = 4.0$ kg/10a 이므로 $5.9-4.0=1.9$ kg/10a에 해당하는 칼리비료를 밑거름으로 사용한다. 이를 유효성분 60%인 염화가리로 환산하면 $1.9 \times 100/60 = 3.2$ kg/10a이 해당된다. 사용하고자 하는 논 면적은 $992m^2$ 이므로 $3.2 \times 992/1000 = 3.14 \approx 3$ kg의 염화가리를 해당 논에 밑거름으로 사용한다.

3. 가축분뇨 퇴·액비 살포작업의 실제

가. 퇴비 살포 전 준비작업

- 파종 또는 정식 30일 전, 퇴비사용 15일 전에 토양시료를 채취하여 시·군 농업기술센터에 분석 의뢰한다.
- 토양관리처방서의 토양유기물함량을 기준으로 한 퇴비 살포량 결정한다.
 - 제3장의 2, 가, 2), 가)의 토양검정에 의한 시비처방기준에 따라 결정한다.
- 퇴비중 인산함량을 기준으로 한 축분퇴비 살포량 결정.
 - 제3장의 2, 가, 3) 나)의 가축분 퇴비 중 인산함량을 기준으로 한 사용량 결정에 따라 사용량을 결정한다.
- 퇴비살포기를 점검하고 포장의 수분상태가 살포 및 경운에 적합한지 확인한다.

나. 퇴비 살포기술

- 퇴비 사용은 파종 15일 전까지 하며 사용 후 경운과 로타리를 실시한다.
 - 부숙이 덜 된 가축분 퇴비 사용은 파종 1개월 이전에 살포해야 한다.
 - 부득이 파종 또는 정식 시기가 늦어질 경우 3일 전까지 퇴비를 사용하여 밭아 또는 활착에 지장이 없도록 한다.
- 퇴비는 살포 전 기후, 지형, 토양조건을 고려하여 퇴비살포기를 이용하여 최대한 골고루 살포한다. 퇴비가 불균일하게 살포되면 작물생육이 고르지 못하여 수량에 영향을 미칠 수 있다.
- 퇴비는 살포 후 바로 경운하거나 로타리를 치는 것이 좋으며 약 2회 이상 경운을 거듭할수록 유실량을 최소로 줄일 수 있다.
 - 만약 바로 경운하지 않을 경우 퇴비성분이 공중으로 휘산되는 양과 강우시 유실되는 양이 많아지므로 살포 후 바로 경운을 해야 한다.
 - 그러나 부득이 할 경우에도 2~3일 안에 반드시 1회 정도 경운하여야 양분 유실을 막을 수 있다.
- 경사지 밭에서는 퇴비위주 또는 퇴·액비를 혼용하여 사용하는 편이 좋으나 부득이 액비를 사용할 경우 2~3회 나누어 사용해서 유실되지 않도록 해야 한다.

다. 퇴비 살포시 주의 사항

- 퇴비는 충분히 부숙된 것을 사용해야 하나 미부숙 퇴비일수록 살포시기를 앞당겨야 작물의 피해를 줄일 수 있다.
- 퇴비는 가급적 충분히 부숙된 것을 사용해야 벼 뿌리 활착에 좋고, 병원성 해충과 잡초 종자 사멸 등으로 피해를 막을 수 있다.
- 유기질비료는 양분함량과 분해속도가 퇴비와는 현저히 다르므로 사용설명서에 따라 사용량과 사용시기를 지켜야 한다.

라. 액비살포 전 준비작업

1) 액비의 부숙상태 확인

- 가) 사용할 액비는 가축분뇨가 충분히 부숙된 것이어야 하므로 6개월 이상 저장되어 부숙된 것인지, 냄새는 없는지 확인한다.

나) 액비에서 악취가 많이 나면 부숙이 덜된 것으로 충분히 부숙시켜 액비를 사용한다.

2) 토양분석 의뢰

가) 액비살포 예정 논·밭의 토양을 채취하여 시·군 농업기술센터에서 분석하고 작물별 시비처방서를 발급받는다.

3) 액비 중 비료성분 함량 검사

가) 충분히 부숙된 액비는 살포 전에 농업기술센터에서 비료성분함량을 분석하여야 한다.

나) 분석된 결과는 <예시>와 같이 액비 살포량 조건표를 만들어 해당 액비탱크의 잘 보이는 곳에 부착한다.

액비 성분 함량

이 탱크 내의 액비중 비료성분함량은 다음과 같습니다.

○ 액비 중 비료성분 함량

(단위 %)

질 소	인 산	칼 리	유 기 물	수분함량
0.16	0.03	0.43	1.07	98.1

(분석일 : 2010년 08월 24일)

4) 액비시비량 결정(액비 시비처방서)

○ 액비시비량 결정은 시군농업기술센터에서 액비성분함량과 토양검정치를 기준으로 한 “액비시용처방서” 또는 “토양관리처방서(액비)”를 발급받아 해당량을 사용한다.

○ 액비 살포량은 시비처방서에서 추천된 시비량과 액비 중 비료성분 함량을 고려하여 삼요소 중 최소 사용량을 기준으로 결정하는 것을 원칙으로 한다.

○ 빠르게 액비 살포량을 알기 위해 가축분뇨액비시용매뉴얼(2006, 농촌진흥청) 또는 가축분뇨 액비시용 조건표(2006, 농촌진흥청)에서 작물별로 시비처방서상의 질소, 인산, 칼리의 전량 또는 밀거름량에 해당하는 액비량을 찾아 최소 사용량을 살포량으로 한다.

- 시비처방서의 질소량이 조건표에 나와 있지 않을 경우는 농업기술센터 담당자에게 문의한다.
- 시비처방서가 없는 경우는 표준시비량의 밑거름(기비)량 또는 농업기술센터 추천량을 기준으로 살포한다.

5) 액비 살포기 점검

- 액비를 살포하기 전에 반드시 살포기 등 장비를 점검하여 작업에 차질이 없도록 한다.

6) 살포 방법

- 액비는 일단 뿌리고 나면 옆으로 이동이 잘 안되므로 액비 살포기를 이용하여 농경지 전 면적에 고루 살포하여야 한다.
- 액비살포 후 경운이나 로터리 작업을 하여 악취가 나지 않도록 한다.

마. 액비 살포기술

액비 시용기술의 핵심은 액비 살포량과 살포방법이며, 액비 살포량은 액비 중의 비료성분 함량 특히 질소성분량과 토양비옥도에 따라 결정된다.

액비살포는 토양표면 살포와 주입식 살포기가 활용되고 있다. 현재 국내에서는 분무식과 토양표면 살포기가 이용되고 있으나, 논을 대상으로 할 경우 논의 필지면적은 적고 분뇨탱크는 커서 작업에 어려움이 따른다. 또한 표면살포의 경우 악취에 의한 민원이 제기되기 때문에 주거지역 인근에서는 활용에 제약요인이 되고 있다.

현 단계에서 가축분뇨 액비활용에 가장 큰 장애요인은 적절한 액비 살포기가 개발되지 못하고 있는 점이다. 가축분뇨 액비의 주요 활용대상을 논으로 선정할 경우 우리나라의 논토양 특성에 적용할 수 있는 액비살포기 개발이 시급하다. 특히 악취에 대한 거부감이 큰 국내 현실을 감안하여 토양 주입식 액비살포기 개발이 필요하다.

바. 액비살포시 주의 사항

1) 사용량

- 가) 1회 사용량 : 본 지침서에서 설정한 사용량을 넘지 않도록 하며 사용한 액비가 흘러내려 환경 오염이 발생하지 않도록 적정 사용량 내에서 사용한다.

나) 작물별 최대사용량 : 액비중의 비료성분은 화학비료와 같은 개념으로 취급하여 사용총량에 액비에 함유된 질소비료 성분을 기준으로 하여 작물별 시용적량 범위 내에서 사용한다.

2) 살포시기

가) 토양이 얼거나 비가 오는 경우 및 액비가 흘러내리는 경사지에서는 액비를 살포하여서는 아니된다.

나) 사료포장과 초지에는 예취 후에 살포할 수 있으나 식용작물은 개량제의 경우와 같이 이식이나 파종 15일 전까지 밑거름으로 살포하고 작물 생육기간 중에는 액비사용을 지양한다.

3) 살포농도

가) 작물재배 전 밑거름으로 사용하고 원액상태로 살포한다.

나) 사료포장과 초지에서 예취 후 웃거름의 형태로 사용할 때는 원액을 2~4배로 희석(수분 98% 정도)하여 살포한다.

4) 살포지역

가) 사람이 거주하는 주거시설과 200m 이내로 근접된 지역에서는 액비 살포를 금지하여야 한다. 다만, 관할 시장·군수·구청장이 액비 살포가 주거시설에 영향을 미치지 아니한다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니하다.

나) 액비살포 후 경운 및 로터리 작업을 하여 악취를 제거한다.

5) 부숙도

가) 액비는 액비화시설에서 충분히 부숙(腐熟)시켜 악취를 제거한 후 사용하여야 한다.

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

다) 부숙도 판정은 부숙방법과 원료의 질에 따라 다양하여 일정한 기준을 적용하기 곤란하나 악취가 많이 나지 않는 것을 부숙액비로 한다.

6) 살포시 유의사항

- 가) 액비사용 후 작기 중에 비절현상이 발생할 경우 화학비료로 준비한다.
- 나) 토양이 경운되지 않은 상태에서는 적은 양의 액비살포로서도 액비가 흘러내릴 수 있으니 살포량이 많을 경우에는 미리 경운하여 액비가 토양에 잘 스며들도록 한다.
- 다) 액비 살포와 더불어 흙을 갈거나 로터리작업을 하여 액비가 흘러내리지 아니하고 토양 속으로 잘 스며들 수 있도록 하여야 한다.
- 라) 액비의 운반살포는 품이 적게 들면서도 고르게 시용이 되고 운반 중에 악취 등으로 인한 민원이 없도록 액비 살포기를 사용한다.
- 마) 액비는 화학비료와 같이 속효성 비효를 나타내므로 성분량을 기준하여 질소시비 추천량을 초과하지 않도록 사용한다.
- 바) 액비 살포 추천량은 질소를 기준으로 하였으므로 질소 이외의 성분은 액비 중의 함유량을 근거로 가감 사용한다.
- 사) 가축분뇨를 계속하여 쓰는 땅은 액비 사용량 절감 및 액비를 계속 쓴 데에 대한 사용량 조절을 위하여 염류가 토양에 쌓이는 것을 방지하기 위한 조치를 하여야 한다.
- 아) 가축분 연용지는 가급적 3년마다 토양검정을 실시하여 염류집적을 방지한다.
- 자) 경사지 토양은 액비 살포시 액비가 흘러내려 환경오염을 유발하므로 가급적 사용을 지양한다.
- 차) 시용 대상은 초지나 사료작물 등 비식용작물 포장과 과수 등 영년생 작물재배 포장의 사용을 원칙으로 하고 양분집적 등의 우려가 있는 시설재배나 채소류 등에는 충분히 부숙시킨 것으로 사용지역, 사용시기, 사용량 등에 특별히 유의하면서 사용한다.
- 타) 시용기준은 각 작물별로 작성하되 각 액비종류별로 함유된 총 질소량을 환산하여 작물별 질소 시비적량 수준을 최대 살포 허용량으로 하고 작기 중에 거름기가 떨어질 경우 준비는 화학비료 사용을 원칙으로 한다.

4. 경사지에서의 액비사용

가. 경사지 발토양 면적 및 토양유실량

〈표-24〉 경사도에 따른 발토양 면적 및 분포비율

경사도(%)	0~2	2~7	7~15	15~30	30~60	60이상	합계
면적(천/정보)	78.4	260.3	339.4	168.7	10.6	2.1	859.5
구성비 (%)	9.1	30.3	39.5	19.6	1.2	0.2	100.0

- 우리나라 경사지 밭의 면적비율을 보면 경사도 7% 이상은 전체의 60.5%이며, 경사도 15% 이상은 21.0%임.

〈표-25〉 작목별 경사도별 토양유실량 비교

(단위 : 톤/정보)

작 물	경 사 도		
	10%	20%	30%
나 지	80.5	160.9	390.0
옥 수 수	30.1	50.4	80.5
콩 -보리	10.4	20.4	40.2
과 수 원	2.2	2.3	4.4
초 지	0.2	0.3	0.4

* 자료 : 1990, 농업과학기술원

- 대체로 경사가 심한 고랭지는 빈번한 폭우로 인하여 경작지 토양유실이 많으므로 경사가 심하면 가축분 액비를 시용하지 않는 것이 바람직하며, 특히 경사도 7~10% 이상인 밭(78.9%)에는 살포하지 않는 것이 안전함.

나. 경사지 밭토양의 양분함량

〈표-26〉 경사지 밭 토양의 양분함량

구 분	산도 (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온 (cmol+/kg)			시료점수 (점)
				칼륨	칼슘	마그네슘	
평탄지	5.7	24	506	1.08	5.3	1.9	900,210
경사지	5.7	33	626	0.91	4.9	0.7	
적정 범위	6.0~6.5	20~30	300~500	0.50~0.70	5.0~6.0	1.5~2.0	-

- 밭토양 경사지는 평탄지에 비하여 염기성 양분인 치환성칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량은 적은 반면에 유기물과 유효인산함량은 상당히 많음.

〈표-27〉 연대별 경사지 농경지 토양의 양분함량 변화

토 양 양 분	연 대		
	1970	1980	1990
토양산도 (1:5)	5.1	5.8	5.7
유기물 (%)	5.3	5.9	3.3
유효인산 (mg/kg)	188	202	626
치환성칼륨(cmol ⁺ /kg)	0.4	0.5	0.9
치환성석회 (cmol ⁺ /kg)	2.7	2.0	4.9
치환성마그네슘(cmol ⁺ /kg)	1.2	0.6	0.9

- 이러한 경사지 밭토양의 양분함량은 1970~1980년대에 비하여 1990년대부터는 유기물, 유효인산 함량은 물론 치환성칼륨, 치환성마그네슘, 치환성칼슘 등도 현저히 증가되었음.
- 가축분 액비를 과용하면 화학비료나 가축분 퇴비처럼 농경지 토양 중 인산, 칼륨의 집적은 물론 빗물이나 관·배수에 의하여 하천, 호수 및 지하수의 오염을 과증시키기 때문에 밭토양과 액비중의 양분함량을 고려하여 액비량과 화학비료를 조절해 주는 지혜가 필요함.

〈표-28〉 경사도에 따른 지점별 토양양분함량

경사도 (%)	지점	산도 (1:5)	유기물 (%)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온 (cmol+/kg)			양분보유능 (cmol+/kg)
					칼륨	칼슘	마그네슘	
7~15	상부	5.7	4.5	172	0.52	1.5	0.4	7.0
	중간	5.8	6.0	223	0.57	2.6	0.5	8.2
	하부	5.7	6.8	241	0.59	3.5	0.7	9.1
15~30	상부	5.7	4.5	126	0.50	1.8	0.5	7.9
	중간	5.9	5.7	143	0.63	2.3	0.6	8.5
	하부	5.7	7.0	237	0.71	3.3	0.9	9.5

- 경사지 경사 부위별 유기물 유효인산, 치환성염기, 양분보유능을 보면 상부의 토양양분이 빗물이나 관개수에 의하여 이동되어 하부지점에서 더 높은 것으로 나타나므로, 액비 시용시 하부로 흘러내리지 않도록 살포에 유의함.

다. 액비살포 후 유거량

- 경사지 밭을 대상으로 화학비료나 유기질비료 시용시는 평탄지보다 더 많은 유거수중 양분이 유실됨은 잘 알려져 있으며, 액비 살포시는 더 많은 양분이 유실되므로 경사 7~10% 이내의 밭을 살포 대상지로 함.

〈표-29〉 경사도별 액비 살포 후 유거수에 의한 비료 유실량

경사도 (%)	물유출량 (톤/10a)	강우량대비 유출율 (%)	질산태질소(NO ₃ -N)		인(PO ₄ -P)	
			함량 (mg/L)	총유실량 (g/10a)	함량 (mg/L)	총유실량 (g/10a)
5	432	29.6	1.14	492.5	0.07	30.2
20	593	40.6	1.06	628.6	0.06	35.6
35	674	46.2	1.18	795.3	0.08	53.9

- 재배작물: 고랭지 감자(대관령), 경사장: 10m, 강우량 (7월26일~10월7일, 83일간): 1,460mm, 토성: 사양토

* 자료 : 가축분뇨(액비) 이용기술 개발(농촌진흥청, 2004)

- 10a당 성분유출량은 질산태질소(NO₃-N)가 492~795g, 인(PO₄-P)은 30~54g으로 경사도가 심해질수록 질소 및 인산성분의 유출량이 많았음.
- 따라서 경사가 심한 밭에 다량의 액비시용은 작물에 대한 생육장해는 물론 유실 양분의 증가 및 환경부하에도 크게 우려됨.

라. 경사지에서의 액비 살포방법 및 살포량

- 경사지에서 액비살포기가 널리 보급되어 있지 않지만 표면 살포기 또는 인위적으로 살포할 때에는 등고선 상으로 사용함을 권장하며 미리 경운 후 정지작업(로터리)을 한 뒤 액비가 고르게 잘 스며들도록 균일하게 살포를 하여야 함.
- 살포작업 후에도 즉시 경운 및 로터리 작업을 실시하여 토양과 잘 혼합하여 강우 시에도 양분의 유실량을 줄임과 동시에 악취발생을 줄이도록 하여야 함.
- 액비사용량은 발작물에 사용할 질소의 밑거름 주는 양을 기준하여 질소성분량(밑거름)의 30~50% 범위에서 사용함. 이때는 분석된 액비중의 질소함량을 고려하여야 하며 액비 중 질소성분을 분석하기 어려울 때는 <표-23> 가축분뇨 액비 종류별 비료성분 평균함량에 제시된 수치를 적용하여 계산한다.
- 만약 질소 밑거름량의 30%를 액비로 사용한다면 나머지 70%는 화학비료로 질소(요소, 유안)를 사용하여 보충해 주어야 함.
- 웃거름은 농촌진흥청에서 추천하는 표준시비법에 따라 질소와 칼리질의 비료를 단비료 또는 엔-케이(N-K) 복합비료로 사용하되 작황 및 기상에 따라서 조절 사용하여야 작물의 안전재배가 가능함.
- 인산 및 칼리질 화학비료사용은 액비중 인산과 칼리함량 및 발토양 중 유효인산 및 치환성 칼륨함량을 감안하여 적절히 감비 또는 증비함.

〈인용문헌〉

1. 가축분뇨 액비 사용기술(농촌진흥청, 2002)
2. 가축분뇨(액비) 이용기술 개발(제4년차 완결보고서)(농촌진흥청, 2004)
3. 가축분뇨 액비사용 매뉴얼(농촌진흥청, 2006)
4. 가축분뇨 액비사용 조건표(휴대용)(농촌진흥청, 2006)
5. 가축분뇨 자원화기술 연구성과(농촌진흥청, 2007)
6. 작물별 시비처방기준(농촌진흥청, 1999)
7. 친환경농업을 위한 가축분뇨 퇴비·액비 제조와 이용(농업과학기술원, 1999)
8. 토양사전(류순호 등, 2000)

제4장 논 작물 가축분뇨 퇴·액비 이용방법

1. 퇴

가. 퇴·액비 살포량

1) 퇴비 살포

- 축분퇴비 살포량은 퇴비중 인산함량을 기준으로 결정한다.
 - 토양중 인산 검정시비량을 토대로 벼 인산시비량 4.5~6.4kg/10a에 맞는 가축분퇴비 살포량은 500~1,000kg/10a범위이다.
 - 이 때 벼 질소비료는 토양검정시비량으로 산출한 양에서 퇴비중에 포함된 질소성분량을 제외한 양만큼만 밑거름으로 사용한다.
 - 칼리비료는 퇴비를 통해서 충분히 공급되므로 별도의 화학비료를 밑거름 또는 웃거름으로 추가 사용하지 않는다.
- 부득이 퇴비중의 질소함량을 기준으로 살포할 경우, 총량에 대한 30%만 살포하고 나머지 질소 부족량은 밑거름과 웃거름으로 나누어 사용한다.
 - 이 때 추가로 인산질 비료와 칼리질 비료는 사용하지 않는다.

2) 액비 살포

- 액비살포량은 액비 사용전에 성분 분석을 실시한 다음 액비중의 질소량을 기준으로 설정한다.
- 한편 토양을 분석하여 토양검정질소시비량을 구한 다음 액비에 포함된 질소량을 고려하여 살포량을 결정한다.
 - 벼 재배시 알맞은 질소량은 7.0~10.0kg/10a

- 질소 밑거름 사용량은 최근 새끼치기 거름을 포함하여 사용하므로 전량의 70% 해당량을 액비로 사용하고 추비는 화학비료를 이용하여 보충한다.
- 전량 질소밑거름으로 사용을 원할 경우 화학비료 수준의 100% 이하로 사용하고 생육상황을 고려하여 웃거름은 화학비료로 보충한다.
 - 단, 토양중 인산 또는 칼리함량이 높은 경우 밑거름은 70% 이하로 살포한다.
- 농업기술센터에서 살포량을 추천받아 사용하되 만일 시비처방서가 없을 경우 표준시비량으로 살포한다.
- 액비 성분 분석 결과에 따라 벼의 질소시비량을 기준으로 액비 지침서의 조건표에 표시되어 있는 양을 살포한다.
- 액비를 단독으로 사용할 경우에는 작물재배의 기준시비량보다 약간 적게 사용한다.

나. 퇴·액비 살포 요령

- 퇴·액비는 살포 전 기후, 지형, 토양조건을 고려하여 최대한 골고루 살포한다.
- 농경지에 퇴·액비가 불균일하게 살포되면 작물생육이 고르지 못하여 수량에 영향을 미칠 수 있기 때문에 살포기를 이용하여 논 전면에 균일하게 살포한다.
- 액비살포시 관행으로 살포하는 공중살포기는 부득이한 경우를 제외하고는 활용은 지양해야 하며, 지중살포기 또는 지표살포기를 활용해야 균일하게 살포할 수 있다.
- 액비 살포는 한 번에 살포하는 것보다 시차를 두고 나누어서 살포하는 것이 균일살포에 유리하다. 단, 논물이 채워진 논에서 저농도액비(SCB액비 등) 살포시는 예외로 한다.
- 특히, 저농도 액비를 건답상태에서 살포시는 2회 이상 나누어 살포하거나 미리 로타리작업한 후 살포해야 양분의 유실량을 줄일 수 있다.

다. 퇴·액비 살포 시기

- 퇴비는 가을철에서 봄철에 걸쳐 사용하되 적어도 벼 이앙 1개월 전에 살포 한다.
- 퇴비는 충분히 부숙된 것을 사용해야 하나 부득이 미부숙 퇴비를 살포할 경우 살포시기를 앞당겨야 작물의 피해를 줄일 수 있다.
- 저장액비의 경우, 액비 살포는 벼 이앙 15일전에 살포해야 한다.
- 부득이 한 경우에는 적어도 1주일 전에 사용하여야 이앙시 악취 및 위생성 병원균의 피해를 막을 수 있다.

- 가급적이면 액비는 봄철에 사용해야 하나 벧짚분해 촉진을 위해서 가을철 사용할 경우에는 액비사용 후 반드시 경운을 해야 액비 손실을 줄일 수 있고 벧짚 분해도 촉진된다.
- 겨울철 액비살포는 유실량이 크므로 가급적 지양해야 하다.
- 담수논에서 저농도액비(SCB 액비 등) 살포시는 적어도 이앙 5일전에 살포하고 균평작업 후 이앙해야 벧의 생육이 균일하다.

라. 퇴·액비 살포 후 경운

- 퇴·액비는 살포 후 바로 경운하거나 로타리를 하는 것이 좋으며 약 2회 이상 경운을 거듭할수록 유실량을 최소로 줄일 수 있다.
 - 만약 경운하지 않을 경우 퇴·액비자체가 알칼리성이기 때문에 공중으로 퇴·액비 성분이 휘산되는 양이 많고 강우시 유실될 우려가 크기 때문에 경운을 해야 한다.
- 그러나 부득이 할 경우에도 2~3일 안에 반드시 1회 정도 경운 해 주어야 양분 유실을 막을 수 있다.

마. 벧 재배시 유의사항

- 가축분퇴비는 벧재배시 질소이용율이 20%미만이므로 부족량은 화학비료로 보충해 주어야 한다.
- 퇴비는 가급적 충분히 부숙된 것을 사용해야 벧 뿌리 활착에 좋고, 병원성 해충과 잡초 종자 사멸 등으로 피해를 막을 수 있다.
- 퇴·액비 과다사용은 벧 생육초기 헛가지(무효분얼) 증가하고 옷자라서 도복이 우려되며 수량에도 영향을 미치게 되므로 적정 질소사용량을 잘 지켜서 살포한다.
 - ※ 액비사용량이 많을수록 병해충 및 도복이 심하고, 토양침투수중 질산염 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 함량도 높아 지하수오염을 초래하므로 주의한다.
- 액비는 벧에 대한 질소시비량 총량 내에서 사용하고, 3년 1주기로 토양검정을 실시하여 염류집적이 우려될 경우 부족한 량만 화학비료로 조절하여 재배한다.
- 포장 특성상 수질 오염가능성이 높은 지역이나 인근 농가로 인하여 민원 발생 소지가 높은 지역은 되도록 살포를 지양한다.
- 곡간지는 지형의 특성상 농사철이 아닐지라도 수로 등에 물이 고이는 경우가 많으므로 주위의 수질이 오염되지 않도록 살포시 특별한 주의가 필요 하며, 가급적 마을이

분포하지 않는 곡간지에서 살포하는 것이 안전하다.

- 액비살포시 액비장착 살포기를 이용할 경우 지하수위가 높은 논(수령논 등)은 살포를 지양한다.
- 액비살포는 질산태 질소 등 양분용탈이 우려되는 사질논 또는 토심이 낮은 논토양에서는 가급적 살포를 지양한다.
- 만일 액비를 과다살포로 벼가 웃자라 도복의 우려가 있을 경우는 논말리기를 하고 도열병 약제를 살포하여 병을 예방한다.

〈참고자료〉

□ 평야지는 토성별 액비 이용 기술('00~'02, 농업과학기술원)

〈표-30〉 논에서 액비시용 수준별 벼 수량 및 침투수중 질산태질소 함량

구 분	식 양 토					사 양 토				
	무비	화학 비료	액비시용량			무비	화학 비료	액비시용량		
			50%	70%	100%			50%	70%	100%
질소기비량 (kg/10a)	0	6.6	6.6	9.24	13.2	0	7.45	7.45	10.43	14.9
정조수량 (kg/10a)	489	550	664	625	590	461	597	657	677	717
수량지수	89	100	121	114	107	78	100	111	114	121
NO ₃ -N 용탈 (mg/ℓ)	5.22	6.33	2.93	6.70	12.15	10.71	15.44	13.30	20.33	21.59

- 시험토양 : 식양토(평택동), 사양토(고천동) - 시험액비 : 돈분뇨(질소함량 0.66%)
- 토양검정 시비량 : N-P₂O₅-K₂O = 13.2-3.0-3.0kg/10a(식양토) 14.9-3.0-3.0kg/10a(사양토)
- 액비 시용량 : 질소 전량의 50%, 70%, 100%를 기비로 사용하고 질소전량에 부족한 질소는 화학비료로 추비
- 화학비료 추비 : 기존 분시비율과 동일
- 질산태질소(NO₃-N) : 지하 침투수중 질산태질소의 6회 조사 누적량임(토심 60cm)
- 사양토는 액비 100% 살포시 수량이 가장 높았으나, 액비 70% 이상 사용할 경우 지하로 침투되는 질산염함량이 많기 때문에 환경보전을 고려하여 액비시용량을 밑거름 으로 총 질소시용량의 50%만 사용하고 나머지 50%는 화학비료로 기존 분시방법과 동일하게 웃거름으로 사용하는 것이 바람직함.

〈표-31〉 액비시용량 및 시용 방법별 수량구성요소 및 수량

처 리	주당수수 (개)	수당입수 (개)	등숙율 (%)	천립중 (g)	정조수량 (kg/10a)	수량지수
무비구	13.0	86	95.8	29.1	448	63
화학비료	18.6	90	97.2	27.5	715	100
질소전량						
액비100%	18.6	89	96.7	27.0	728	102
액비200%	20.4	94	93.9	25.2	688	96
액비300%	21.0	94	87.4	24.8	660	91
액비400%	21.9	94	83.4	24.4	657	92
질소기비						
액비100%	18.4	90	97.0	26.2	722	101
액비200%	18.3	94	96.6	27.2	725	101
액비300%	19.4	92	94.3	24.5	690	97
액비400%	22.7	95	87.5	24.2	687	96

- 수량은 정조수량임(3년 평균)
- 공시토양 : 식양질(화동통) - 공시액비 : 돈분뇨(질소함량 : 0.39%)
- 화학비료시비량 : N-P₂O₅-K₂O = 11-7-8kg/10a
- 액비 시용량 : 질소전량 → 질소시비량의 100%를 액비로 시용(밀거름)
질소기비 → 질소시비량의 50%는 액비(밀거름), 50%는 화학비료 추비

〈표-32〉 벼 논 액비시용량별 병해충발생과 도복

처 리	이삭도열병 (%)	문고병 (%)	흑명나방 (%)	버멸구 (마리/20주)	도복 (0~9)
무비구	0	0.4	1.4	0	0
표준구	1.3	6.3	4.3	2	0
질소전량					
액비 100%	1.1	7.5	7.8	0	0
액비 200%	2.3	18.7	10.9	5	2
액비 300%	3.4	26.9	12.7	14	5
액비 400%	4.8	45.7	18.7	17	9
질소기비					
액비 100%	0.4	5.4	5.1	0	0
액비 200%	0.9	11.7	5.5	4	0
액비 300%	2.7	32.9	7.7	23	2
액비 400%	2.5	40.5	5.7	15	3

- 액비시용량이 많을수록 병해충 및 도복이 많음

〈표-33〉 토양침투수중 질산태질소 함량

(단위 : mg/ℓ)

처 리	토 심 (cm)	조 사 시 기				
		5. 25	6. 9	6. 22	7. 6	7. 20
표준시비	90	6.88	5.64	2.26	0.57	-
질소전량						
액비 100%		7.57	5.03	1.18	0.02	-
액비 200%		14.04	11.58	8.04	3.07	-
액비 300%		29.13	27.75	24.17	17.83	17.86
액비 400%		30.16	16.45	2.70	0.84	-
질소기비						
액비 100%		1.93	5.21	-	-	0.39
액비 200%		1.13	4.13	0.98	1.25	1.19
액비 300%		6.22	3.60	0.97	1.43	0.70
액비 400%		18.15	12.12	11.69	7.27	0.01

- 액비시용량이 많을수록 지하로 침투되는 질산염이 많아 지하수 오염

〈표-34〉 액비처리별 침투수중 질산태질소 용탈량

(단위 : kg/10a)

처 리	무비구	화학비료	액비시용량(질소 시비량 대비)			
			100%	200%	300%	400%
질소시비량	0	11	11	22	33	44
용 탈 량	1.4	2.6	2.8	5.0	12.8	12.8

- 용탈량 : 벼 이앙후 2주~4주까지 조사한 누적량임.
- 침투수 채취 깊이 : 30, 60, 90cm

□ 배수등급별 논토양 액비이용 기술('00~'02, 호남농업시험장)

〈표-35〉 논토양 배수조건별 토양침투수 중 질산태질소 함량

(단위 : mg/ℓ)

배수조건	봄액비 사용				가을액비 사용			화학 비료 (대비)
	액비50%+ 요소50%추비	액비70%+ 요소30%추비	액비 100%	액비 150%	액비 100%	액비 150%	액비 200%	
약간불량	2.8	3.7	4.6	6.8	2.9	3.5	4.1	5.9
약간양호	4.1	5.3	6.3	8.9	3.6	4.3	4.7	7.6

- 침투수채취 : 지하 60cm porous cup 채취 5회조사 평균치
- 토양통 : 전북통(배수약간불량), 강서통(배수약간양호)
- 돈분뇨액비성분 : 총질소(T-N) 0.44%사용
- 액비50%~70%밀거름사용시 토양침투수중 질산태질소(NO₃-N) 함량이 적었으며, 배수가 잘 되는 논에서 질산태질소의 지하유실량이 많았음.

〈표-36〉 논에서 가을철 액비사용량별 토양표면 유기수중 화학성

화학성분	가을액비 사용량			
	액비무사용	액비100%	액비150%	액비200%
pH	6.01	6.15	6.23	6.84
전기전도도(EC) (ds/m)	0.3	1.1	2.0	2.5
암모니아태질소 (mg/L)	0.4	0.9	2.2	7.1
질산태질소 (mg/L)	0.4	5.2	9.2	10.0
인산이온(PO ₄ ³⁻)(mg/L)	-	-	-	4.0
황산이온(SO ₄ ²⁻)(mg/L)	6.1	7.4	10.3	20.6
슌이온(Ca ²⁺)(mg/L)	2.3	6.6	12.4	15.3
마그네슘이온(Mg ²⁺)(mg/L)	0.5	11.7	3.3	5.7
칼륨이온(K ⁺)(mg/L)	0.8	4.5	5.7	19.0

- 16mm 강우 후 유기수조사 (배수약간양호토양)
- 가을액비사용 후 강우에 의한 무기성분 유실은 SO₄²⁻, K⁺, Ca²⁺, NO₃-N 등에서 더 심했고 액비사용량이 증가될수록 많음.

〈표-37〉 액비사용후 토양중 질소형태의 경시적 변화

(단위 : mg/kg)

구 분			액비사용후 일수						
			3일	15일	25일	45일	55일	65일	90일
배수 약간불량	NO ₃ -N	액비무사용	13.3	15.9	29.6	14.3	7.1	5.5	4.6
		액비 150%	20.0	40.0	43.0	14.8	7.8	8.3	4.2
	NH ₄ -N	액비무사용	7.3	8.7	5.5	7.0	20.7	7.5	5.7
		액비 150%	62.5	64.0	72.0	78.3	57.7	58.0	7.4
배수 약간양호	NO ₃ -N	액비무사용	7.9	8.2	7.8	7.7	7.7	6.8	4.9
		액비 150%	10.5	17.1	35.1	11.7	8.1	9.1	7.7
	NH ₄ -N	액비무사용	3.3	4.1	3.8	8.1	18.2	24.6	8.0
		액비 150%	68.4	67.4	71.5	89.5	71.5	65.7	10.5

- 액비살포 : 5월 4일살포
- 액비사용 후 토양중 질산태 질소(NO₃-N)는 45일까지, 암모니아태 질소(NH₄-N)는 사용 후 65일까지 높았음

〈표-38〉 액비사용량별 토양중 유효인산함량

(단위 : mg/kg)

배수조건	액비처리량(질소성분함량기준)					화학비료 (대비)
	0%	50%	70%	100%	150%	
약간불량	49.0	76.8	77.2	72.8	96.5	109.7
약간양호	37.2	41.9	50.7	59.2	65.6	68.5

- 액비사용후 토양중 유효인산함량은 액비사용량이 많을수록 증가

〈표-39〉 액비처리량에 따른 벼 생육상황 (출수기 조사)

구 분		봄액비 사용				가을액비 사용			화학 비료 (대비)
		액비50%+ 요소50%추비	액비70%+ 요소30%추비	액비 100%	액비 150%	액비 100%	액비 150%	액비 200%	
배수 약간 불량	초장(cm)	72.7	77.8	75.1	82.6	72.4	72.8	76.8	76.1
	m ² 당 수수(개)	282	295	262	341	231	264	297	300
배수 약간 양호	초장(cm)	81.6	82.5	85.4	90.1	76.1	76.6	87.8	84.0
	m ² 당 수수(개)	336	341	377	379	231	285	379	338

- 액비사용후 벼 생육은 배수가 양호토양이 배수가 불량한 토양보다 초장이 길고 수수가 많음

〈표-40〉 액비사용시기 및 사용량별 벼 수량

(단위 : kg/10a)

구 분		봄액비 사용				가을액비 사용			화학 비료 (대비)
		액비50%+ 요소50%추비	액비70%+ 요소30%추비	액비 100%	액비 150%	액비 100%	액비 150%	액비 200%	
배수 약간 불량	쌀수량	536	537	460	542	400	452	524	567
	지수(%)	95	95	81	95	71	80	92	100
배수 약간 양호	쌀수량	568	577	479	559	399	471	510	580
	지수(%)	98	99	83	96	69	81	88	100

- 화학비료소비량 : 질소-인산-칼리(N-P₂O₅-K₂O) = 13.2-4.5-5.7kg/10a

- 액비 사용량 : 질소소비량의 50%, 70%, 100%, 150%, 200%를 액비로 사용(기비)
화학비료추비구 → 질소소비량의 50%, 30%를 요소로 추비

- 쌀수량은 액비 50%~70% 밀거름 사용후 화학비료로 추비하는 것이 관행의 화학비료 사용과 비슷하였고, 배수가 양호 토양이 불량한 토양보다 약간 높음

〈표-41〉 액비시용과 경운에 의한 벼짚분해효과

구 분	액 비 시 용 량			
	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

- 전복통(미사질양토)
- 벼짚시용후 액비를 사용하고 경운작업을 했을 때 벼짚의 분해가 촉진됨.

□ 곡간지는 토성별 액비 이용 기술('00~'02, 영남농업연구소)

〈표-42〉 토성별 액비시용에 따른 연차간 벼 수량

(단위 : kg/10a)

토성	처리내용	쌀수량(kg/10a)			
		2001년	2002년	평균	지수(%)
사 양 질	무 비	352	282	317	68
	화 학 비 료	445	493	469	100
	질소전량기비 액비 150%	434	499	467	100
	질소전량기비 액비 100%	376	423	400	85
	액비100% + N,K30% 추비	450	496	473	101
	액비70% + N,K30% 추비	-	485	485	103
	액비50% + N,K50% 추비	-	492	492	105
식 양 질	무 비	274	321	299	59
	화 학 비 료	467	552	510	100
	질소전량기비 액비 150%	413	458	436	85
	질소전량기비 액비 100%	383	449	416	82
	액비100% + N,K30% 추비	446	546	496	97
	액비70% + N,K30% 추비	-	555	555	109
	액비50% + N,K50% 추비	-	580	580	114

- 토양 : 사양질(사촌통) 및 식양질(지산통), - 품종 : 수진벼, - 시험장소 : 경남 창원시 북면 - 액비처리일(월 일) : 5. 11,
- 이앙기(월 일) : 6. 9, - 재배양식 : 중묘기계이앙 (30×15cm)
- 토성간 쌀수량은 식양질토양에서 높았으며 액비로 50%~70%기비시용에 화학비료를 추비사용하는 것이 화학비료만 사용하는 것보다 수량이 많음.

〈표-43〉 액비 살포후 경시적 약취도 및 암모니아가스 발생양상

(단위 : ppm)

토성	액비살포량	살포당일		살포 1일 후		살포 2일 후	
		약취도	암모니아	약취도	암모니아	약취도	암모니아
사 양 질	질소전량의 액비 150%		18		11.3		0.1
	질소전량의 액비 100%		18		10.0		0.0
	질소전량의 액비 70%		7		0.7		0.0
	질소전량의 액비 50%		3		0.2		0.0
	합 계	4	46	3	22.2	1	0.1
식 양 질	질소전량의 액비 150%		19		3.2		0.5
	질소전량의 액비 100%		18		2.0		0.1
	질소전량의 액비 70%		7		1.5		0.1
	질소전량의 액비 50%		5		0.9		0.0
	합 계	4	49	2	7.6	1	0.7

- 약취도 : 직접관능법(3 이상 : 부적합, 2 이하 : 적합)
- 암모니아 측정방법 : 가스텍과 검지관을 이용한 간이 측정법
- 살포 2일째는 로터리작업 후 조사
- 액비시용시 약취는 살포당일에 심하였으나 2일 후에는 크게 줄었음

〈표-44〉 토성별 주요시기에 따른 토양용액중 주요성분 변화 (토심 : 60cm)

토성	처 리 내 용	이 앙 후 15일				최고분얼기				출수기			
		pH	E.C (dS/m)	NH ₄ -N (mg/ℓ)	K	pH	E.C (dS/m)	NH ₄ -N (mg/ℓ)	K	pH	E.C (dS/m)	NH ₄ -N (mg/ℓ)	K
사 양 질	무 시 비	7.50	0.44	3.05	2.66	7.77	0.56	0.37	1.24	8.46	0.46	0.15	1.64
	화 학 비 료	8.51	0.41	8.98	5.36	8.00	0.23	0.58	2.99	8.51	0.58	0.56	3.07
	질소전량기비 액비 150%	8.24	0.60	8.01	6.98	7.90	0.76	4.71	7.59	8.15	0.61	2.97	3.30
	질소전량기비 액비 100%	7.92	0.55	7.67	5.74	8.02	0.54	1.79	5.47	8.01	0.49	0.30	2.04
	액비100% + N,K30% 추비	8.16	0.55	11.7	4.35	7.35	0.68	1.99	1.16	8.33	0.63	0.39	2.76
식 양 질	무 시 비	7.06	0.54	0.08	3.46	8.34	0.50	0.58	1.86	7.40	0.35	0.19	1.68
	화 학 비 료	8.84	0.51	0.65	7.15	8.01	0.57	1.16	3.08	7.48	0.44	1.52	2.19
	질소전량기비 액비 150%	8.48	0.63	4.35	7.45	8.46	0.60	4.74	3.44	7.15	0.69	2.38	4.22
	질소전량기비 액비 100%	8.19	0.63	1.10	7.74	8.38	0.46	1.25	2.53	7.35	0.45	1.21	2.34
	액비100% + N,K30% 추비	8.48	0.72	1.56	7.51	8.43	0.57	1.11	2.40	7.49	0.60	1.01	2.14

- 토양중 암모니아 및 칼리성분은 이양후 15일에 가장 많았으며 그 후 점차 감소

〈표-45〉 벼 생육시기별 논물중 무기태질소(NO₃-N+NH₄-N) 함량

(단위 : mg/kg)

토 성	처리내용	이앙당일	분얼기	최고분얼기
사 양 질	무 시 비	21.8	5.3	0.9
	화 학 비 료	9.9	4.6	0.4
	질소전량기비 액비 150%	39.9	4.7	1.4
	질소전량기비 액비 100%	28.5	4.7	0.9
	액비100% + N,K 30% 추비	24.1	4.2	0.4
	액비70% + N,K 30% 추비	11.9	4.7	0.0
	액비50% + N,K 50% 추비	17.7	6.3	0.0
식 양 질	무 시 비	10.1	12.0	0.0
	화 학 비 료	18.6	5.5	0.0
	질소전량기비 액비 150%	17.8	15.0	0.0
	질소전량기비 액비 100%	11.6	15.0	0.0
	액비100% + N,K 30% 추비	9.8	15.0	0.1
	액비70% + N,K 30% 추비	11.3	6.9	0.1
	액비50% + N,K 50% 추비	11.6	6.1	0.2

- 논물중의 무기태질소 함량은 액비사용량이 증가될수록 높았으며 토성간에는 사양질에서 높았고, 시기별로는 이앙기에 가장 높은 후 점차 감소.

〈표-46〉 액비살포 논의 토성별 중금속 함량

(단위 : mg/kg)

토성	처 리 내 용	2000년			2001년		
		아연	납	구리	아연	납	구리
사 양 질	무 시 비	2.60	1.37	9.53	3.66	5.22	7.44
	화 학 비 료	2.53	1.73	9.66	1.98	5.16	8.94
	질소전량기비 액비 150%	3.13	1.44	8.94	2.15	4.89	8.06
	질소전량기비 액비 100%	2.97	1.48	9.13	2.42	5.58	8.47
	액비100%+ N,K30% 추비	3.35	1.45	9.17	2.53	5.03	7.74
	액비70% + N,K30% 추비	-	-	-	3.04	5.82	8.61
	액비50% + N,K50% 추비	-	-	-	5.40	4.74	7.29
식 양 질	무 시 비	2.81	0.67	14.0	2.62	4.17	10.04
	화 학 비 료	2.66	0.75	14.0	2.98	4.72	9.55
	질소전량기비 액비 150%	3.35	0.51	14.2	3.03	4.81	10.66
	질소전량기비 액비 100%	3.23	0.74	15.9	3.26	6.11	12.21
	액비100%+ N,K30% 추비	3.32	0.66	14.9	2.84	5.79	11.99
	액비70% + N,K30% 추비	-	-	-	3.66	5.21	11.89
	액비50% + N,K50% 추비	-	-	-	3.76	6.15	13.58

- 토양중금속함량은 아연, 구리함량이 액비사용구에서 약간 높은 경향이었으나 우려기준치보다 낮음.

〈표-47〉 논 토성별 액비시용에 따른 미질특성 변화

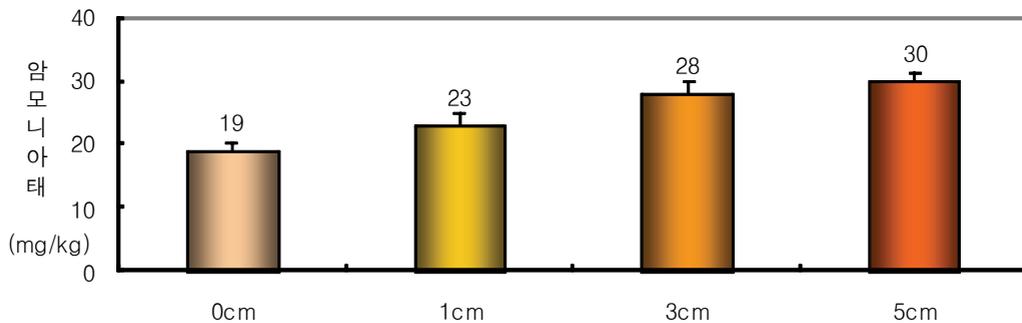
토성	처리내용	2000년			2001년
		단백질 (%)	Amylose (%)	알카리붕괴도 (1~9)	식미치*
사양질	1) 무 비	7.00	19.02	6.23	79.1
	2) 화학 비료	8.35	18.88	6.10	75.4
	3) 질소전량기비 액비 150%	7.73	18.46	6.10	78.4
	4) 질소전량기비 액비 100%	7.28	18.59	6.27	76.5
	5) 액비100%+ N,K30% 추비	8.23	17.86	6.17	77.1
	6) 액비70% + N,K30% 추비	-	-	-	76.7
	7) 액비50% + N,K50% 추비	-	-	-	71.1
식양질	1) 무 비	7.68	18.12	6.10	79.4
	2) 화학 비료	8.97	18.14	6.20	68.3
	3) 질소전량기비 액비 150%	7.32	18.23	6.23	76.7
	4) 질소전량기비 액비 100%	7.53	17.99	6.10	77.3
	5) 액비100%+ N,K30% 추비	8.42	18.10	6.10	74.8
	6) 액비70% + N,K30% 추비	-	-	-	72.1
	7) 액비50% + N,K50% 추비	-	-	-	69.8

- 식미치 : 도요식미계 이용 분석
- 액비시용으로 단백질함량이 감소하여 식미치가 증가.

□ 저농도 액비(SCB액비) 이용 벼 재배기술('06~'08, 국립식량과학원)

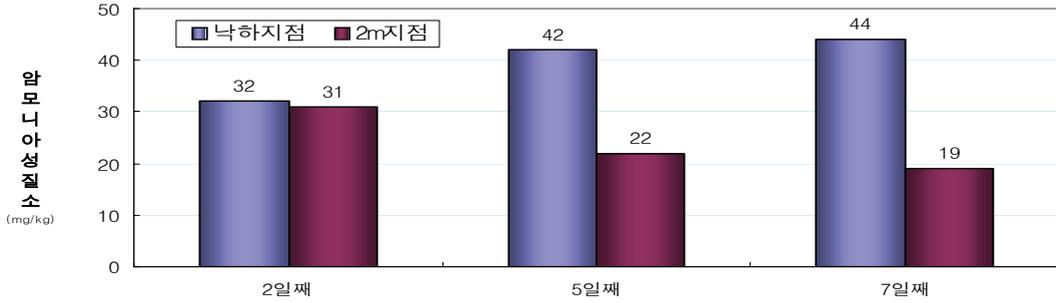
○ 저농도 액비(SCB)를 벼 밑거름으로 활용시 살포방법

- 논물을 3cm 이상 담수한 후 이앙 5일 전에 균일하게 살포해야 함.



〈그림-15〉 액비시용 후 논물 깊이에 따른 토양 중 암모니아성질소(NH₄-N) 농도

- 담수논에 저농도액비(N함량 0.2% 이하) 살포시 논물이 3cm 이상 많을수록 토양 중 암모니아태 질소농도가 높음.



〈그림-16〉 액비살포 후 경과일수별 로타리 균평작업시 토양중 NH₄-N 함량

- 저농도 액비 사용 후 2일 이내 균평작업을 해야 논 전체에 균일하게 유지됨
- 저농도 액비(SCB)를 벼 웃거름으로 활용시 살포방법
 - 논물이 거의 없는 상태(1cm 이하)에서 추천량의 액비를 관개수와 혼입 살포

〈표-48〉 액비의 관개수 혼입 살포 후 관개시간에 따른 논물중 NO₃-N 함량

액비 혼입 살포 후 물대는 시간(분)	유입 지점으로부터 거리(m)			
	0	20	40	70
0	8.0	7.8	7.5	7.9
20	0.7	1.9	7.6	21.8

mg/ℓ

‡ : 살포 후 1일째 조사

- 살포 완료시 물대기를 멈춰야 하며 계속 논물만 유입하면 유입지점보다 먼 곳에 양분이 축적되며 논물이 적을 경우 3일 후에 보충이 필요

〈표-49〉 벼 웃거름용 액비 살포방법별 논물과 논 토양중 무기태 질소 함량

구 분		관개수 혼입‡	직접살포 J	
			호스활용	살포기 활용 분무
논 물	NO ₃ -N ¹⁾ (mg/ℓ)	4.2~5.7(4.7)	2.8~6.1(4.8)	4.3~5.1(4.8)
	균일도(CV, %)	6.9	28.4	4.7
논토양	NH ₄ -N ²⁾ (mg/kg)	17.3~21.3(19.4)	14.1~25.6(18.9)	18.4~21.1(19.4)
	균일도(CV, %)	6.3	19.4	5.3

‡ : 논물 1cm 이하, J : 담수상태, 1) : 살포 후 5일째 조사, () 평균

- 물 논에 직접 살포할 때보다 관개수 혼입살포시 양분이 고루 공급됨

〈표-50〉 저농도액비의 기·추비 사용시 토양중 NH₄-N함량 변화

(단위 : mg/kg)

처리내용	이양직전	분얼초기	최고분얼기	유수형성기	출수기
무 시 비	14.7	9.5	8.4	3.6	3.7
관 행 (화 학 비 료)	29.6	33.5	14.2	5.8	7.2
기 비 액 비 N100%	28.4	29.5	14.0	5.2	5.4
기비N70+추비N30%	23.1	28.4	11.4	5.7	6.3
기비N70+화학N30%	23.1	25.9	12.5	4.5	6.9
기비N50+추비N50%	25.2	20.3	13.9	4.4	5.8

- 저농도 액비 살포시 기비는 이양 5일 전에 50%, 추비는 분얼비 20%, 이삭거름 30%로 논물과 함께 흘러대기를 함. 단, 추비 50%일 경우에 한하며, 30%일 경우 이삭거름으로 사용
- 토양중 NH₄-N함량은 기비N70+추비N30%분사에서 출수기 이후까지 화학비료 관행구와 유사함

〈표-51〉 저농도액비의 기·추비사용시 수량구성 요소 및 수량

처리내용	수수	립수	등숙비율	현미천립중	쌀수량	수량지수
	개/m ²	천개/m ²	%	g	kg/10a	
무 시 용	313	27.9	92.7	20.9	438	78
관 행 (화 학비료)	368	41.3	84.8	20.7	561	100
기 비 N100%	336	36.7	87.8	20.5	515	92
기비N70+추비30%	371	37.9	83.4	20.6	544	97
기비N70+화학30%	374	38.3	86.5	20.4	550	98
기비N50 추비50%	361	35.4	86.5	20.3	538	96
L S D (5%)	-	-	-	-	38.9	

- 기비질소 100%사용은 기·추비 분사처리에 비하여 쌀 수량이 낮음.

〈표-52〉 저농도액비 기·추비분사에 따른 현미 품위

(단위 : %)

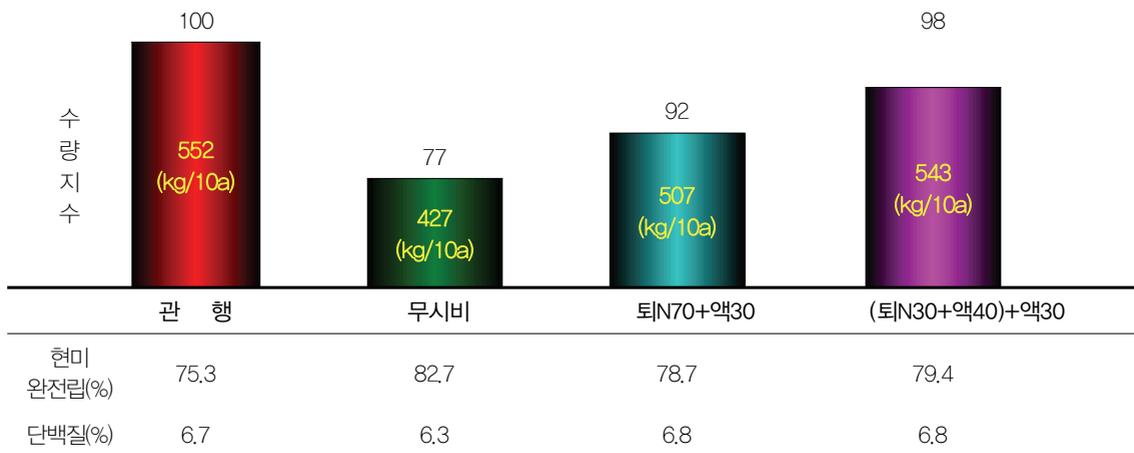
처리내용	완전립율	단백질	아미로스	지방산
무 시 용	78.3	7.6(6.5)	18.5	16.3
관 행 (화 학비료)	73.9	8.1(7.0)	18.5	16.2
기 비 N 100%	75.5	7.8(6.8)	18.3	16.6
기비N70+추비30%	73.5	8.1(7.1)	18.4	16.0
기비N70+화학30%	72.5	8.1(7.1)	18.4	16.0
기비N50+추비50%	71.1	8.2(7.3)	18.3	15.7

- 단백질 ()은 백미값임.
- 저농도액비 기비N70+추비30% 분사는 화학비료 관행구와 현미 품위에서 큰 차이가 없음.

□ 평야지 논에서 퇴·액비 이용 벼 재배 기술('07~'09, 국립식량과학원)

○ 돈분퇴비와 저농도액비(SCB) 혼용 자원순환형 벼 재배 요령

- 활용과정 : 밀거름 퇴비(질소 30% 해당량) 살포 → 경운 → 밀거름 액비(질소 40% 해당량) 살포 → 로타리 균평 → 이앙 → 이삭거름으로 액비(질소 30% 해당량)를 관개수와 혼입살포
- 밀거름 (퇴비 질소 30% +액비 질소 40%)과 이삭거름(액비 질소30%) 시용으로 쌀 수량 및 품질은 화학비료시용구 수준임



〈그림-17〉 벼 재배시 돈분뇨 퇴액비 사용방법에 따른 수량 및 품질

- 관행 : 화학비료 질소 검정시비량(퇴N30+액40)+액30 : 질소검정시비량에 준하여 밀거름으로 질소 30% 해당량의 돈분 퇴비와 질소 40% 해당량의 액비를 사용하고 이삭거름으로 질소 30% 해당량의 저농도 액비를 사용할 경우 관행(552kg/10a)과 유사한 수량
- 퇴비로 N30% 공급량 : 질소성분량이 1.17%일 경우 2300kg/ha시용
- 액비로 N30와 40%공급량 : 질소성분량이 0.16%일 경우 각각 17톤, 23톤/ha시용

〈표-53〉 벼 생육시기별 퇴액비 분시에 따른 토양중 NH₄-N함량 변화

(단위 : mg/kg)

처리내용	이양직전	분얼초기	최고분얼기	유수형성기	출수기
무 시 비	11.5	9.5	8.4	3.6	1.9
표 준 시 비	27.6	29.3	15.7	5.8	4.2
퇴비N70+액비30%	24.9	21.1	10.3	4.3	3.5
퇴비N50+액비50%	21.2	24.3	12.6	4.3	3.2
퇴비N30+액비70%	17.8	25.4	13.5	5.2	3.8
퇴비N30+화학70%	17.8	26.6	14.2	5.6	3.3
(퇴N30+액40)+액30%	31.2	28.3	15.5	5.3	4.2

- 각 시기별 (퇴비N30+액비 40%)+액비 30% 시용으로 화학비료표준구와 유사함.

〈표-54〉 벼 논 퇴·액비 사용방법에 따른 논토양의 물리 화학성 변화

처 리	pH (1:5)	총질소 (g/kg)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온 (cmol+/kg)			용적 밀도 (Mg/m ³)	공극율 (*%)	
					칼슘	마그네슘	칼륨			
시험전	6.0	2.3	21.3	132	3.82	1.11	0.30	1.08	59.2	
시험 후	화학비료	6.1	2.4	18.2	133	3.61	1.10	0.30	1.10	58.6
	무 시 용	6.0	2.2	17.5	111	3.11	0.81	0.24	1.11	58.1
	퇴비30+액비70%	6.2	2.4	21.1	146	4.05	1.14	0.30	1.08	59.3
	(퇴30+액40)+액비30	6.3	2.5	21.5	149	4.01	1.16	0.31	1.07	59.8

- 3년간 벼짚을 수거한 논에서 화학비료 관행 대비 (퇴30+액40)+액비30% 시용으로 유기물, 인산, 양이온 및 공극율이 높아져 토양 물리화학성이 개선되었음.

□ 벼에 대한 가축분 퇴비 이용 기비 대체기술('07~'09, 경기도농업기술원)

- 가축분퇴비 사용량 : 토양검정 인산 시비량 기준으로 해당량 시용(인산대체)
 - 토양검정 인산 시비량(kg/10a) × 100 ÷ 가축분퇴비중 인산함량(%)
- 축분퇴비 질소 성분의 시비효과(화학비료(요소) 대비)
 - 질소 기비량의 우분퇴비 13%, 돈분퇴비 7%, 계분퇴비 16%

○ 질소질비료 밑거름 시용량 산출방법

- 우분퇴비 시용시 : [질소밑거름량(kg/10a)] - [퇴비 질소시용량(kg/10a)×0.13]

- 돈분퇴비 시용시 : [질소밑거름량(kg/10a)] - [퇴비 질소시용량(kg/10a)×0.07]

- 계분퇴비 시용시 : [질소밑거름량(kg/10a)] - [퇴비 질소시용량(kg/10a)×0.16]

※ 새끼칠거름, 이삭거름 등 질소 추비는 시비처방기준에 따라 시용

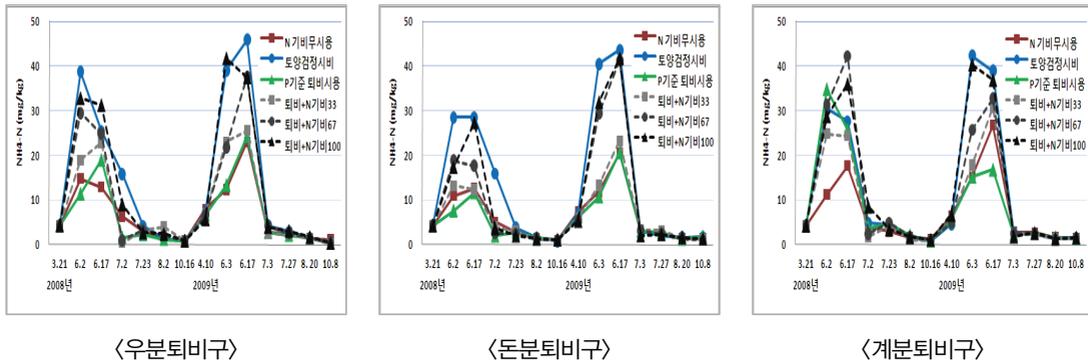
○ 칼리질비료 시용방법

- 칼리표준 시비량에서 퇴비투입 칼리량을 감하여 부족분만 화학비료로 시용

〈표-55〉 시험퇴비의 화학성

(단위 : %)

처 리 내 용	총질소	인산	칼리	칼슘	마그네슘
우분퇴비발효퇴비	0.97	1.33	1.66	1.57	0.62
돈분퇴비발효퇴비	1.26	3.99	2.76	4.36	1.52
계분퇴비발효퇴비	2.11	2.96	2.49	6.03	1.19

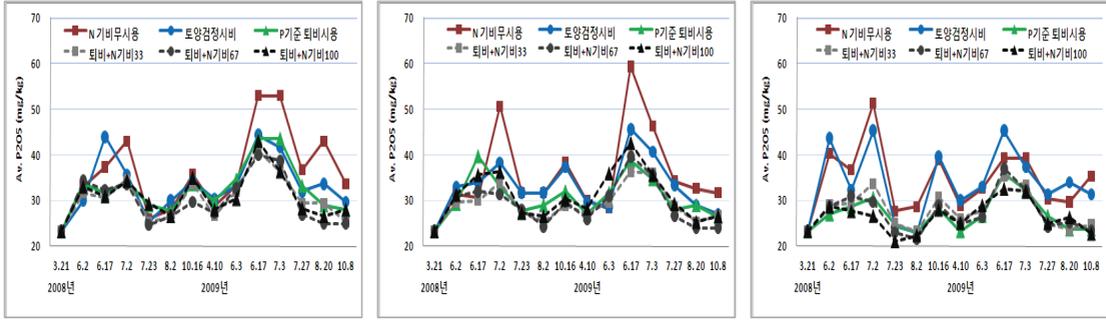


〈그림-18〉 토양중 암모니아태 질소 함량의 경시적 변화 ('08~'09)

- 분얼비 시용 직전(6. 2) 퇴비 단용구 함량 (mg/kg)

· 우분(N 5.3kg 투입) : 15.2~34.8, 돈분(N 2.3kg) : 7.6~10.7, 계분(N 5.4kg) : 11.3~13.3

※ 암모니아태 질소함량은 토양검정시비에서 가장 높은 편이며, 질소 기비 시용량이 많을수록 높았음.



〈우분퇴비구〉 〈돈분퇴비구〉 〈계분퇴비구〉

〈그림-19〉 퇴비종류별 토양 유효태 인산 함량의 경시적 변화

- 시험후 퇴비 단용구 함량 (mg/kg)
- 우분 : ('08)33.7~('09)28.0, 돈분 : ('08)32.0~('09)26.3, 계분 : ('08)28.3~('09)23.7
- ※ 유효태인산은 질소기비무시용 또는 토양검정시비가 높고 퇴비시용구가 낮은 편임

〈표-56〉 침출수중 무기태 질소(NH₄-N + NO₃-N) 함량의 경시적 변화

(단위 : mg/L)

처리내용	우분퇴비			돈분퇴비			계분퇴비		
	분얼기 (6. 2)	최고 분얼기 (7. 2)	출수기 (8. 18)	분얼기 (6. 2)	최고 분얼기 (7. 2)	출수기 (8. 18)	분얼기 (6. 2)	최고 분얼기 (7. 2)	출수기 (8. 18)
1) 질소 기비 무시용	3.13	0.50	0.37	2.56	0.66	0.53	3.78	1.02	0.92
2) 3요소 토양검정시비	2.37	0.42	0.42	2.35	0.60	0.39	3.06	1.18	0.88
3) 퇴비 인산시비 해당량	3.44	0.87	0.44	1.88	0.56	0.43	2.91	0.99	0.82
4) 3+질소 기비량 33%	2.29	0.44	0.39	2.93	1.06	0.46	3.05	0.91	0.73
5) 3+질소 기비량 67%	3.30	0.85	0.54	2.99	0.96	0.50	4.11	1.41	0.77
6) 3+질소 기비량 100%	2.86	0.63	0.35	2.48	0.59	0.47	2.98	1.00	0.76

- 침출수(50cm 깊이)중 무기태 질소함량은 우분과 돈분퇴비시용구의 최고분얼기에 약간의 차이가 있을 뿐 처리간에 큰 차이가 없음

〈표-57〉 퇴비종류별 백미수량 및 시비효과

처리내용	우분퇴비			돈분퇴비			계분퇴비		
	백미수량 (kg 10a ⁻¹)	기비질소 시비효과	단백질 (%)	백미수량 (kg 10a ⁻¹)	기비질소 시비효과	단백질 (%)	백미수량 (kg 10a ⁻¹)	기비질소 시비효과	단백질 (%)
1) 질소 기비 무사용	445.2	—	5.9	443.4	—	5.9	437.7	—	5.8
2) 3요소 토양검정시비	501.4	8.13	6.0	505.9	9.06	6.2	509.2	9.93	6.2
3) 퇴비 인산시비 해당량	447.4	0.43	5.9	434.1	0	5.8	446.0	1.52	6.0
4) 3+질소 기비량 33%	463.9	—	6.0	463.5	—	6.0	477.7	—	6.1
5) 3+질소 기비량 67%	480.2	—	6.1	480.5	—	6.0	496.7	—	6.1
6) 3+질소 기비량 100%	516.0	—	6.2	513.4	—	6.1	518.9	—	6.3
—	퇴비질소효율 [♪] : 5.3%			퇴비질소효율 [♪] : 0%			퇴비질소효율 [♪] : 15.3%		

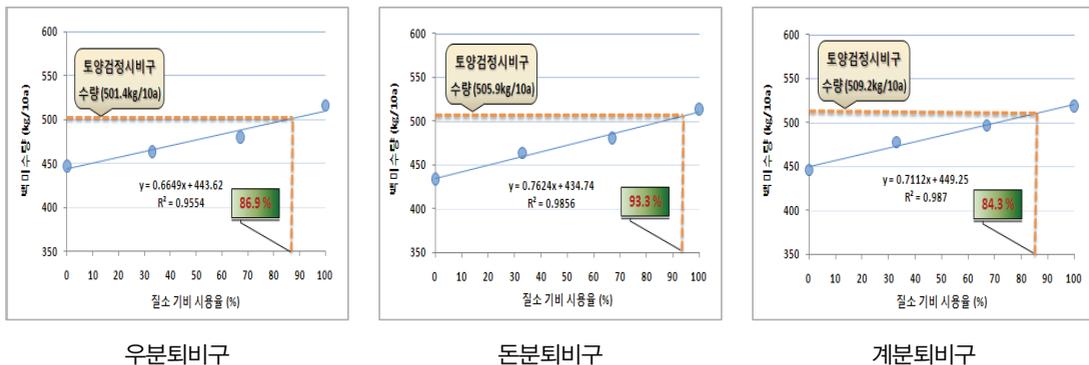
* LSD_{0.05} ————— 24.91 ————— 29.68 ————— 27.65

CV(%) ————— 2.88 ————— 3.45 ————— 3.16

↓ 기비질소 시비효과 : (질소시비처리구 수량 - 질소기비 무사용구 수량)/질소 기비 사용량

♪ 퇴비질소효율 : 질소비료(요소) 대비 축분퇴비 질소 효율 (퇴비 인산시비 해당량구 시비효과/토양검정시비구 시비효과 × 100)

- 수량은 가축분퇴비구 간에는 거의 유사하였으며 토양검정시비구는 인산기준 가축분퇴비 사용후 질소비료를 기비량의 67%와 100% 처리구와 유사하였고 그 밖의 처리는 낮은 수량을 보였음
- 기비질소 시비효과는 화학비료 질소 대비 가축분퇴비 함유 질소의 비율은 우분, 돈분, 계분퇴비 각각 5.3, 0, 15.3%수준으로 가축분퇴비 질소의 화학비료 대체효과가 매우 낮았음
- 쌀 단백질 함량은 질소무사용수준인 6.0%으로 처리간에 큰 차이가 없었음



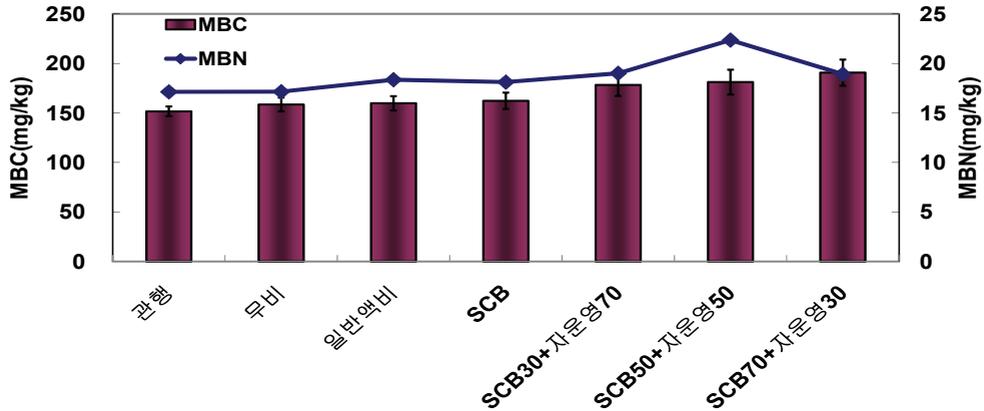
〈그림-20〉 퇴비종류별 화학비료 질소 기비 시비율

- 가축분퇴비는 인산기준으로 사용한 후 화학비료 질소를 기비량의 우분퇴비 86.9%, 돈분퇴비 93.3%, 계분퇴비 84.3%만큼 보충해 주고, 분얼비와 수비는 토양검정시비 추천량에 따라 사용 필요됨.

□ **벼재배시 가축분뇨 액비와 녹비혼용 기술('07~'09, 국립식량과학원)**

○ 액비와 녹비의 혼용으로 토양의 장기적 지력증진

- SCB액비와 녹비작물(자운영) 혼용시 토양 총탄소함량 17~25%
- 토양 미생물량 13~24% 증가

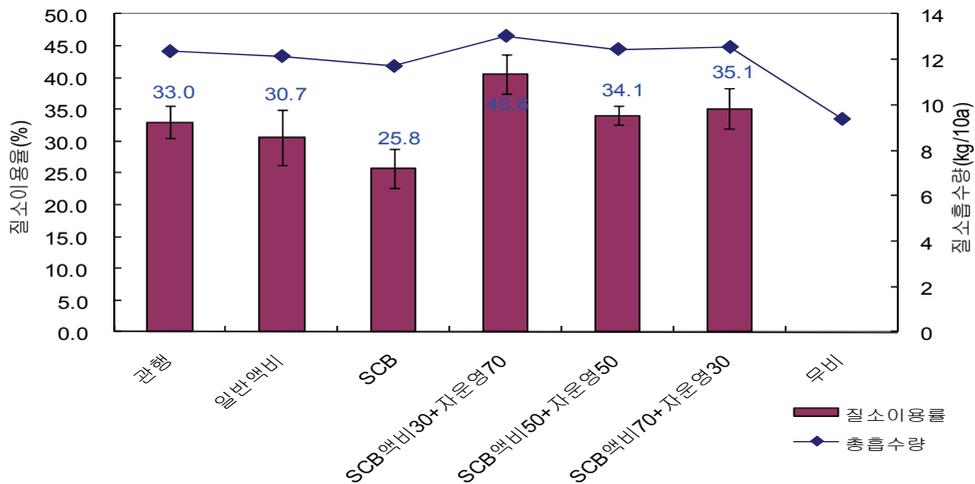


〈그림-21〉 SCB액비와 자운영 혼용시 토양 미생물체량 변화

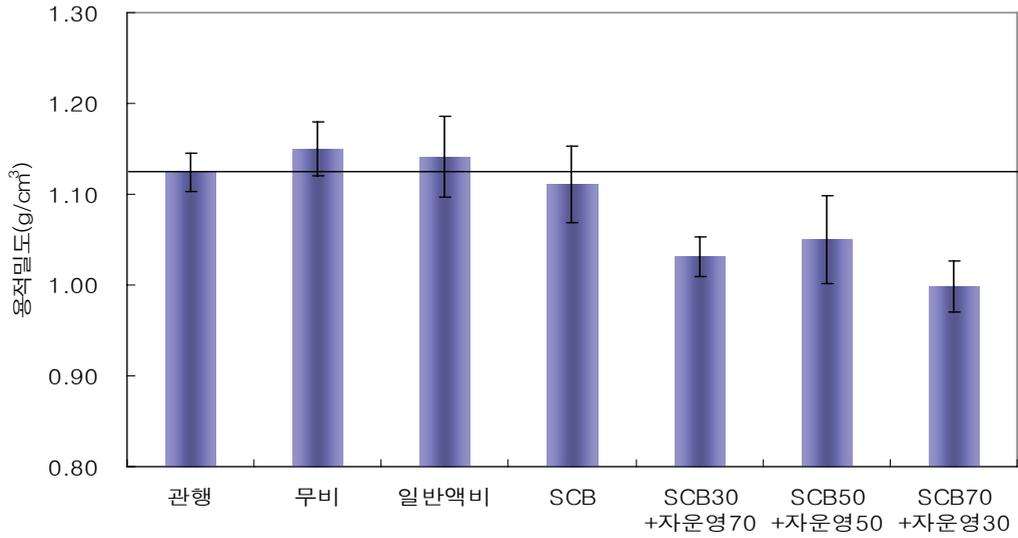
- MBC : Microbial Biomass C, MBN : Microbial Biomass N

○ 액비와 녹비작물 혼용으로 벼재배시 화학비료 완전대체

- 유·무기태 양분의 균형으로 작물 양분흡수효과 증대
- 질소흡수량 화학비료 대비 3~23% 증대

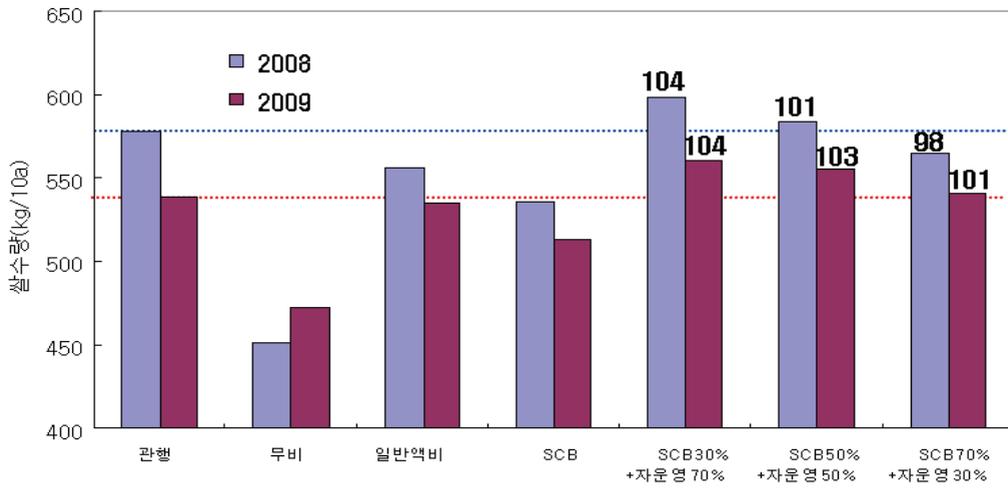


〈그림-22〉 SCB액비와 자운영 혼용시 질소흡수량 및 이용율 변화



〈그림-23〉 SCB액비와 자운영 혼용시 토양 용적밀도의 변화

- SCB액비와 자운영 혼용에 의한 토양용적밀도 감소로 토양물리성 개선



〈그림-24〉 SCB액비와 자운영 혼용시 연차간 벼 수량변화

- SCB액비와 자운영 혼용으로 벼 수량 1~4% 증수됨.

2. 벼-보리의 작부체계

가. 퇴비·액비 살포량

1) 퇴비 살포

- 축분퇴비 살포량은 벼-보리에 대해 퇴비중 인산함량을 기준으로 결정한다.
 - 벼의 인산시비량 4.5~6.4kg/10a, 보리의 칼리시비량은 3.0~3.9kg/10a 또는 각각에 해당하는 토양중 인산 및 칼리 검정시비량으로 산출하여 사용한다.
 - 질소비료는 토양검정시비량으로 산출하여 퇴비중에 함유하는 질소함량만큼 제외하고 밑거름으로 사용한다.
- 부득이 질소기준으로 살포할 경우 보리 재배시 기준량의 70~100%을 밑거름으로 살포하고 후작으로 벼 재배시는 퇴비를 살포하지 않는다.
 - 보리 및 벼 재배시 질소 부족량은 웃거름으로 화학비료 또는 액비로 사용한다.
 - 인산질 비료와 칼리질 비료는 보리 재배시 추가로 사용하지 않으며, 벼 재배시 총량의 50%씩만 기비로 사용한다.

2) 액비 살포

- 액비살포량은 액비 사용전에 성분 분석을 실시한 다음 액비중의 질소량을 기준으로 설정한다.
- 한편 토양을 분석하여 토양검정질소시비량을 구한 다음 액비에 포함된 질소량을 고려하여 살포량을 결정한다.
 - ※ 벼 재배시 알맞은 질소량은 7.0~10.0kg/10a
 - ※ 보리재배시 알맞은 질소량은 8.0~9.0kg/10a, 청보리 경우 13~15kg/10a
- 벼의 경우 질소 기비사용량은 질소 전량의 50%해당량을 액비로 사용하고 추비는 화학비료를 이용하여 보충한다.
 - ※ 보리는 기비로 질소 전량의 50%해당량을 사용하고 나머지는 추비로 화학비료 또는 액비로 보충한다.
- 농업기술센터에서 살포량을 추천받아 사용하되 만일 시비처방서가 없을 경우 표준시비량에 준해서 살포한다.
- 액비 성분 분석 결과에 따라 벼-보리의 질소시비량을 기준으로 액비 지침서의 조건표에

표시되어 있는 양을 살포하되, 보리-벼 작부체계시 보리는 100%해당량을 살포하고 후작 벼는 70%수준으로 살포해야 쌀 품질이 양호하다.

나. 퇴·액비 시용 시기

- 보리-벼의 작부체계시 완숙퇴비를 액비와 함께 적어도 보리 파종 5일전에 살포하고 경운을 한다.
 - 15일 전에 살포해야 안전하나 벼 수확 직후 보리를 파종해야 하므로 가급적 서둘러야 한다.
- 보리 재배시 추비 50%시용은 2월 하순경이 알맞으며 액비로도 가능하나 가급적 화학비료 질소로 시용해야 작물 생육에 안전하다.
 - 추비용 액비살포시 논토양이 얼은 상태 또는 과습한 상태에서는 액비살포를 지양해야 한다.
- 보리 재배 후 벼 재배시에는 가급적 저농도 액비를 사용하여 담수논에서 적어도 이앙 5일전에 살포하고 균평작업 후 이앙해야 벼의 생육이 균일하다.
- 보리-벼 이모작 재배시는 퇴비 또는 액비를 가급적 년 1회만 사용해야 작물 생육이 안전하고 수질의 부영양화를 줄일 수 있다.

다. 퇴·액비 살포 및 유의사항

- 퇴·액비는 살포 전 기후, 지형, 토양조건을 고려하여 최대한 논 전면에 균일하게 살포한다.
- 액비살포는 지중살포기 또는 지표살포기를 활용해야 균일하게 살포할 수 있다.
- 특히, 저농도 액비를 건답상태에서 살포시는 2회 이상 나누어 살포해야 하며 보리에 추비로 활용시는 악취가 거의 없는 저농도 액비를 사용해야 한다.
- 포장 특성상 수질 오염가능성이 높은 지역이나 인근 농가의 민원 발생 소지가 높은 지역은 되도록 액비살포를 지양한다.
- 논에서 퇴·액비사용하고 보리를 파종한 후에는 반드시 2~3m간격으로 배수로를 설치해야 습해를 막을 수 있다.
- 벼-보리 작부체계시 동·하계 퇴액비의 시용은 매년 토양검정을 실시하여 염류 집적이 우려될 경우 부족한 성분은 화학비료로 조절하여 재배한다.
- 만일 퇴·액비 과다사용으로 벼-보리의 생육이 웃자라 도복의 우려가 있을 경우 논

말리기를 하고 약제처리(벼 - 도열병, 보리 - 흰가루병)를 사전에 방제한다.

- 지하수위가 높은 논(수령논 등)은 이모작 재배를 지양하고 사질논 또는 토심이 낮은 논에서는 가급적 액비대신 퇴비를 이용하여 재배한다.

〈참고자료〉

□ 벼 - 보리 작부체계시 액비사용 기술('00~'02, 작물과학원)

〈표-58〉 벼의 도복 지수

구 분	Moment (g · cm) J	절간중 (g)	도복지수
화학(벼)+화학(보리)	926	510	181
화학(벼)+액비(보리)	880	481	182
액비(벼)+화학(보리)	1031	505	204
액비(벼)+액비(보리)	1019	501	203

- J : (간장+수장)×총생중

- 품종 : 그루벼

- 벼, 보리에 모두 액비 처리시 Moment값이 높아 도복지수가 높았으며, 이는 화학비료보다 액비 처리로 도복이 발생할 가능성이 증가.

〈표-59〉 쌀의 도정 특성

(단위 : %)

구분	도정율	백 미 품 위				
		완전립	쇄미율	심복백	피해립	합계
화학(벼)+화학(보리)	75.4	71.8	7.6	16.7	3.9	100
화학(벼)+액비(보리)	75.7	71.4	6.3	18.1	4.2	100
액비(벼)+화학(보리)	76.1	70.0	6.8	19.3	3.9	100
액비(벼)+액비(보리)	75.8	68.0	9.9	18.6	3.5	100

- 벼, 보리에 모두 액비를 사용할 경우 화학비료보다 완전립 비율이 94%로 낮음.

〈표-60〉 액비 사용량에 따른 현미의 품위

(단위 : %)

처리내용	완전미	불완전미			
		청미	사미	수미	쇄미
화학(벼) + 화학(보리)	94.3	1.2	1.6	2.4	0.2
벼+보리(액비 50%+화학 50%)	92.7	4.9	0.6	1.4	0.4
액비(벼)+액비(보리)	91.6	6.6	0.6	0.8	0.4

- 벼 품종 : 일미벼
- 벼와 보리에 액비 사용시 쌀의 완전립 비율이 낮음.

〈표-61〉 식물체의 무기성분 함량

(단위 : %)

처리내용	맥주보리			벼		
	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
화학(벼) + 화학(보리)	1.43	0.83	0.51	0.56	0.45	2.09
벼+보리(액비 50%+화학 50%)	1.48	0.82	0.47	0.69	0.51	2.36
액비(벼)+액비(보리)	1.48	0.98	0.57	0.69	0.54	2.48

〈표-62〉 벼-보리 작부체계시 액비사용이 쌀과 보리 수량

처리내용	쌀 수량(kg/10a)		보리수량(kg/10a)	
	현미	지수	겉보리	지수
무사용	258	54	51	-
화학+화학	474	100	355	100
화학+액비	490	103	359	101
액비+화학비료	495	104	361	102
액비+액비	543	114	357	101

- 벼 액비사용량 : 1년차 N100%, 2~3년차 N70%
- 보리 액비사용량 : 1년차 N200%, 2년차 N100%
- 벼+보리재배시 벼에 액비 1회사용하면 현미수량은 화학비료 대비 3~4%, 벼와 보리에 2회 모두 액비 사용시 14% 증수하였으나, 보리는 액비 또는 화학비료 사용간에 큰 차이가 없음

□ 벼 - 맥주보리 작부체계시 액비사용 기술('01~'03, 경남농업기술원)

〈표-63〉 벼 - 맥주보리 작부체계시 액비사용량별 맥주보리 포장 유거수 양분함량

처리내용	EC (dS/m)	PO ₄	K	Ca	Mg	NH ₄ -N	NO ₃ -N	COD
벼(무시용)+맥주(무시용)	0.13	0.84	2.5	5.2	3.2	0.6	0.6	5.4
벼(관행)+맥주(관행)	0.13	0.74	2.4	4.6	2.9	0.5	0.6	11.6
벼(액기비+화추비)+맥주(관행)	0.16	0.72	2.9	5.4	3.6	0.4	0.8	12.7
벼(액기비+화추비)+맥주(액기비+화추비)	0.16	0.48	2.6	5.9	4.3	0.5	1.0	10.4
벼(액100%)+맥주(관행)	0.14	0.58	3.2	5.2	3.7	1.1	1.0	11.2
벼(액100%)+맥(액100%)	0.21	0.58	2.7	5.2	3.5	0.8	1.1	10.6

- 액비100%처리구에서 NH₄-N와 NO₃-N함량이 약간 높을 뿐 관행에 비해 큰 차이가 없음

〈표-64〉 벼 - 맥주보리 작부체계시 액비사용량별 쌀 식미치 및 무기성분 비교

처리내용	식미치	조단백	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
벼(무시용)+맥주(무시용)	67.1	6.9	1.16	0.57	0.33	0.01	0.19
벼(관행)+맥주(관행)	59.8	7.6	1.27	0.55	0.32	0.01	0.18
벼(액기비+화추비)+맥주(관행)	63.7	7.7	1.29	0.60	0.33	0.01	0.19
벼(액기비+화추비)+맥주(액기비+화추비)	64.2	8.7	1.47	0.61	0.37	0.01	0.20
벼(액100%)+맥주(관행)	60.9	8.8	1.47	0.63	0.34	0.01	0.20
벼(액100%)+맥(액100%)	60.3	8.9	1.50	0.64	0.34	0.01	0.20

- 쌀 품질은 액비100%사용시 화학비료 100%사용에 비해 조단백질 함량은 높았으나 식미치는 큰 차이가 없음

〈표-65〉 벼 - 맥주보리 작부체계시 액비사용량별 쌀과 맥주보리 수량 비교

처리내용	1년차		2년차		3년차		3년평균		수량 지수
	쌀	보리	쌀	보리	쌀	보리	쌀	보리	
벼(무시용)+맥주(무시용)	471	165	369	147	336	207	392	173	78
벼(관행)+맥주(관행)	508	271	407	229	365	380	427	294	100
벼(액기비+화추비)+맥주(관행)	529	273	447	287	412	328	463	296	105
벼(액기비+화추비)+맥주(액기비+화추비)	529	303	458	267	409	325	465	299	106
벼(액100%)+맥주(관행)	562	407	460	328	412	345	478	360	116
벼(액100%)+맥(액100%)	562	393	458	333	427	348	482	358	117

- 벼(액100%)+보리(액100%)처리에서 쌀과 맥주보리의 3년간 평균수량은 관행대비 17% 증수

□ 벼 - 청보리 작부체계시 액비시용 기술('07~'09, 전북농업기술원)

〈표-66〉 청보리 재배시 액비시용량에 따른 유거수 중 양분함량

(단위: mg/ℓ)

액비시용량 (N %)	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺
관행	0.96	2.28	0.04	25.0	1.98
40	0.64	1.55	0.05	21.1	1.08
100	0.63	1.62	0.06	23.0	1.19
130	0.97	2.34	0.07	34.3	2.05
160	1.06	16.9	0.18	58.9	3.98

※ 액비 봄 추비 시용 후 5일째 조사

〈표-67〉 청보리-벼 작부체계시 청보리의 생육 및 수량

구 분	관행	액비N40%	액비N70%	액비N100%	액비N130%	액비N160%
간장(cm)	92.2	87.7	89.3	90.9	94.8	94.4
경수(개/m ²)	584	332	352	364	416	412
생체중(kg/10a)	1,910	1,568	1,839	1,856	2,173	1,918
건물중(kg/10a)	458	376	441	445	521	460

- 청보리 수량은 액비N130%에서 가장 높은 수량을 나타냈음.

〈표-68〉 청보리-벼 작부체계시 벼 출수기 생육 상황

처리 구분		초장 (cm)	경수 (개/주)	질소농도 (%)	건물중 (g/3주)
보리재배	벼재배				
관행(대조)	관행(대조)	95.3	20.5	3.9	141
액비 40%	액비 40%	90.1	18.4	2.4	99
액비 70%	액비 70%	93.4	18.9	2.8	121
액비 100%	액비 70%	94.1	19.4	3.0	129
액비 130%	액비 50%	93.9	18.8	2.9	126
액비 160%	액비 0%	90.3	18.7	2.6	113

- 출수기 벼 생육상황은 보리재배시 액비100%, 벼재배시 액비 70%에서 초장, 경수, 질소함량 및 건물중이 높았음.

〈표-69〉 청보리-벼 작부체계시 쌀수량 및 수량구성요소

처리 구분		수 수 (개/주)	립 수 (개/수)	등숙비율 (%)	천립중 (g)	수 량 (kg/10a)
보리재배	벼재배					
관행(대조)	관행(대조)	18.4	86	71.7	23.3	555
액비 40%	액비 40%	13.8	83	76.8	23.5	475
액비 70%	액비 70%	15.0	74	75.1	23.7	510
액비 100%	액비 70%	16.4	73	75.8	23.1	542
액비 130%	액비 50%	16.8	78	77.4	23.8	523
액비 160%	액비 0%	15.5	73	73.8	23.5	512

- 쌀 수량은 보리재배시 액비100%, 벼재배시 70%에서 높은 수량을 보였음

3. 간척지 벼 재배

가. 퇴·액비 시용량

- 퇴비 살포량은 간척년대에 따라 다르긴 하지만 일반적으로 토양검정시비 처방서상의 질소 시비량의 30~50%에 해당하는 량을 살포한다.
- 액비 살포량은 액비중의 질소량을 기준으로 설정한다.
- 액비 살포량은 간척지 질소 표준 시비량 또는 토양검정시비처방서 상의 질소 시비량의 50~75%에 해당하는 액비를 기비로 사용하고, 나머지 부족한 량은 가지거름과 이삭거름 또는 알거름 줄 때 화학비료로 사용한다.
- 간척조성년대가 짧은 신간척지는 유기물 및 인산함량이 낮아 질소 시비량의 70~100%에 해당하는 량을 살포하고 순차적으로 줄여 시용함이 바람직함

나. 퇴·액비시용시기 및 방법

- 액비 살포는 벼재배 15일 전에 사용한다.
- 그러나 부득이 할 경우에는 적어도 1주일 전에 사용하여야 하며 이때에는 인근 농업기술센터의 자문을 구하여 살포량을 조절한다.
- 가축분 퇴비사용은 부숙이 덜 된 것은 1개월 이전에 살포해야 하며, 완숙퇴비는 액비에 준하여 사용하고 반드시 경운을 해 주어야 한다.

□ 작물특성 및 유의사항

- 퇴·액비 사용후에는 간척호 수질오염방지를 위해 논물이 빠지지 않도록 물 관리를 철저히 한다.
- 염 피해가 자주 발생하는 간척지 논 토양에 있어서는 액비를 사용하지 않는 것이 바람직하다.
- 간척지에서는 물 빠짐이 심하여 한해와 염해 피해를 받기 쉬우므로 액비 사용 후 벼 재배중 물 관리를 철저히 하며 생육상태에 따라 시비관리해야 한다.
- 기타 유의사항은 일반논 액비사용 요령에 준한다.

〈참고자료〉

□ 간척지에서 액비사용 기술('01~'03, 충남농업기술원)

〈표-70〉 액비사용 수준별 쌀 수량 및 침투수중 NO₃-N 함량

구 분	화학 비료	액비 사용량		
		50%	75%	100%
기비질소량(kg/10a)	4.0	9.0	13.5	18.0
백미수량(kg/10a)	464	472	469	440
지 수	100	102	101	95
NO ₃ -N(mg/ℓ)	11.1	8.8	9.5	12.9

- 시험장소 : 보령시 남포간척지(간척년도 : '85~97)
- 시험액비 : 돈분뇨(질소함량 : 0.4%)
- 화학비료 시비량 : N-P₂O₅-K₂O = 18-5.1-5.7kg/10a
- 액비 사용량 : 질소 전량의 50%, 75%, 100%를 기비로 사용하고 질소전량에서 부족한 질소는 화학비료로 추비
- 화학비료 추비 : 기존 분시 비율과 동일
- 백미수량 : '01~'02 2개년 평균수량임.
- 질산태질소(NO₃-N) : 지하 침투수중 질산태 질소의 6회 조사 누적량임(토심 30cm)
- 간척지논에서 액비사용량별 쌀수량은 액비50%~75%기비사용에서 화학비료 표준과 비슷

〈표-71〉 액비시용 수준별 쌀 품위

(단위 : %)

구 분	완전미	청미	사미	수미
화학비료구	87.3	9.1	1.4	2.2
액비 50%	88.0	7.4	3.1	1.4
액비 75%	89.0	5.8	3.8	1.4
액비 100%	87.9	5.9	4.4	1.8

- 쌀 품위는 화학비료구와 액비시용량 증가에 따라 큰 차이가 없음

□ 계화간척지에서 돈분퇴비 시용 기술 ('06~'08, 국립식량과학원)

〈표-72〉 돈분퇴비의 성분함량

총질소	인산	유기물	수분	칼슘	칼륨	마그네슘	나트륨	C/N
%								
1.726	2.26	38.8	49.6	3.8	3.32	1.7	0.8	13.02

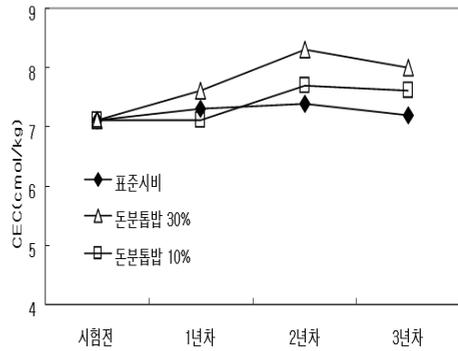
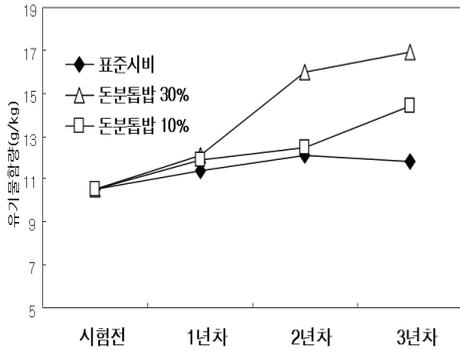
- 돈분퇴비는 톱밥과 왕겨혼합물로 입장농협 생산, C/N 총탄소 /총질소

〈표-73〉 돈분퇴비 시용에 따른 토양의 물리성의 변화

구분	작토심 (cm)	경도 (mm)	용적밀도 (g cm ⁻³)	공극률 (%)	고상 (%)	액상 (%)	기상 (%)
표준시비	12.5	9.4	1.207	54.5	45.5	45.4	9.1
돈분퇴비N10%	13.0	9.5	1.177	55.6	44.4	46.6	9.4
돈분퇴비N30%	13.8	9.8	1.159	56.3	43.7	46.9	9.4
돈분퇴비N50%	14.2	8.3	1.132	57.3	42.7	47.1	10.2

- 돈분퇴비 N10~50% 시용후 부족량은 질소 기·추비로 보충

- 돈분퇴비 시용량이 증가할수록 작토심이 깊어지고 경도와 용적밀도는 낮아졌고 공극률이 증가하여 액상과 기상이 증가.



토양유기물의 변화

토양 양이온치환용량의 변화

〈그림-25〉 돈분퇴비 사용에 의한 지력 향상 효과

- 돈분퇴비 사용량 증가로 화학비료 표준시비에 비하여 토양중 유기물함량과 양이온치환용량이 높은 경향임.

〈표-74〉 돈분퇴비 사용에 의한 생육시기별 토양 중 NH₄-N의 변화

(단위 : mg/kg)

구 분	분얼기	유수형성기	출수기	성숙기
표준시비	55.8	11.9	12.5	5.8
돈분퇴비N10%	52.2	20.9	15.7	5.8
돈분퇴비N30%	54.9	24.7	18.0	5.4
돈분퇴비N50%	61.5	28.9	18.2	9.9

- 돈분퇴비 사용량이 높을수록 토양 중 암모니아태 질소(NH₄-N)함량이 높았음

〈표-75〉 돈분퇴비 절충사용에 따른 쌀 수량

(단위 : kg/10a)

구 분	년도			평균 (수량지수)
	' 06	' 07	' 08	
표준시비	533	333	404	423(100)
돈분퇴비N10%	548	383	431	457(108)
돈분퇴비N30%	565	387	453	468(111)
돈분퇴비N50%	574	393	472	480(113)

- 돈분퇴비와 화학비료 절충시비에서 화학비료 표준시비보다 년차적으로 높았음

제5장 발작물 가축분뇨 퇴·액비 이용방법

1. 보리

가. 퇴·액비 시용량

- 퇴비살포량은 퇴비중 인산함량을 기준으로 설정한다.
 - ※ 토양유효인산함량에 따른 가축분퇴비 시용량은 500~1000kg/10a
 - ※ 보리 재배에 적당한 인산 기비량은 6.8kg/10a
- 액비살포량은 액비중의 질소량을 기준으로 설정하여 총량의 50%만 밑거름으로 살포한다.
- 조건표에서 시비처방서상의 질소전체량에 해당하는 액비량을 찾아 보리 재배시 밑거름 양을 액비살포량으로 결정한다.

나. 시용시기 및 방법

- 퇴액비 시용은 파종 15일 전까지 하며 시용 후 경운과 로타리를 실시한다.
- 부득이 파종시기가 늦어갈 경우 파종 3일전까지 퇴·액비를 시용하여 출현에 지장이 없도록 한다.
- 액비는 항상 액비살포기를 이용하여 농경지 전면에 균일하게 살포.

□ 작물특성 및 유의사항

- 액비는 살포직전에 비료성분을 분석하여 질소를 기준으로 시용량을 산출한다.
- 비료 절감을 위하여 밑거름으로 질소해당량의 100%전량을 퇴·액비로 살포하더라도 수량은 화학비료보다 저조하므로 반드시 추비가 필요하다.
- 월동작물인 보리는 질소시비량 총량 내에서 액비를 기비 50%살포하고 나머지 50%는

월동후 영양생장기(2월중 하순)에 웃거름으로 액비 또는 화학비료로 사용하되 토양이 얼었거나 과습한 경우는 화학비료 사용이 안전 하다.

- 토성에 따라 액비사용 포장에서 보리의 생육이 부진한 경우가 있으며 이 때는 화학비료로 준비한다
- 액비 과다 사용은 토양, 지하수오염 초래 및 질소과다에 의한 병해충 발생과 도복이 심하여 수량에도 영향을 미치므로 질소시비량을 지켜서 사용한다.
- 경사지 밭에서는 퇴비 위주로 사용해야 하며, 액비를 사용할 경우 가급적 횡수를 늘려 살포하고 특히 저농도액비는 일시에 전량사용보다는 2회 이상 분시한 후 곧바로 경운을 한다.
- 3년에 1회씩 토양을 분석하여 염류집적을 예방한다.

〈참고자료〉

〈표-76〉 액비사용에 따른 연차별 수량 변화

구 분	수 량 (kg/10a)				평균 지수
	'98	'99	'00	평균	
무 비	170	174	115	153	50
화 학 비 료	351	345	224	307	100
액 비 100%	312	273	229	271	88
액 비 100% + 추비	—	410	270	340	111
액 비 150%	325	337	225	296	96
액 비 200%	352	407	274	344	112

- 공시토양 : 식양질(덕평통)
- 공시액비 : 돈분뇨(질소함량 : 0.68%)
- 화학비료시비량 : $N-P_2O_5-K_2O = 13-10-10kg/10a$
- 액비 사용량 : 질소 시비기준의 전량을 액비로 사용(질소 13kg/10a ⇒ 돈분뇨액비 1.91톤/10a에 해당)
- 보리수량은 액비100%+추비구와 액비200%에서 높았으나 환경부하 등을 고려시 액비 100%+추비구가 효과적임.

〈표-77〉 연차별 수확기 보리 생육특성

구 분	간장(cm)			㎡당 수수			수당립수(개/주)			천립중(g)		
	'98	'99	'00	'98	'99	'00	'98	'99	'00	'98	'99	'00
무 비	73.5	58	55.0	91	273	142	46.1	34.9	43.3	29.9	28.1	36.0
화학비료	84.9	74	59.3	339	327	275	45.1	53.2	49.0	27.2	30.0	35.0
액비 100%	82.8	71	59.8	262	311	192	44.8	46.8	48.3	27.8	28.9	36.6
액비 100%+ 추비	-	76	62.2	-	344	308	-	53.5	51.0	-	28.9	35.7
액비 150%	89.7	74	60.1	265	348	236	43.9	49.9	50.0	28.5	29.5	34.5
액비 200%	88.2	82	63.9	345	333	228	41.5	52.7	51.7	27.6	31.6	36.2

- 보리의 생육은 액비100%+추비구와 액비200%에서 화학비료보다 좋았음.

〈표-78〉 연차간 토양용액중의 질산태 질소(NO₃-N)의 함량변이

(단위 : mg/l)

구 분	월.일 토심 (cm)	98				'99				'00	
		4. 2 (40)	4. 13 (39.5)	4. 23 (35)	5. 12 (51.5)	3. 15 (38.0)	3. 25 (21.0)	4. 10 (41.5)	5. 4 (84.5)	5. 25 (29.0)	6. 10 (관수)
무 비	30	2.80	0.93	2.30	1.90	1.58	2.52	3.83	1.93	2.17	1.56
	60	2.20	0.17	0.94	0.02	1.03	1.81	4.29	2.04	0.77	0.96
화학 비료	30	3.24	1.38	0.65	0.06	6.31	3.70	1.42	1.53	1.07	3.54
	60	7.4	6.70	1.06	0.12	5.15	3.04	1.54	1.48	1.13	4.40
액 비 100%	30	1.10	0.82	0.33	0.43	3.26	2.65	1.01	2.48	2.77	1.60
	60	7.63	1.52	0.75	0.12	3.88	3.11	1.63	1.72	0.93	4.68
액 비 100%+추비	30	-	-	-	-	6.50	3.17	1.68	2.06	0.50	2.44
	60	-	-	-	-	4.45	3.49	1.63	6.61	1.68	5.50
액 비 150%	30	2.05	1.23	0.57	0.50	4.55	2.88	1.49	2.32	1.04	2.52
	60	10.3	2.82	1.09	0.90	5.36	4.38	1.66	2.66	2.81	5.79
액 비 200%	30	5.10	5.24	0.36	0.41	6.29	4.75	1.56	3.86	0.63	3.37
	60	16.3	10.98	5.25	0.91	6.38	4.72	2.33	3.34	5.54	6.76

- ()는 강수량 임

- 토양용액중 질산태 질소는 액비의 사용량이 많을수록 다소 높아져 액비200%에서 가장 높았으나 액비100%, 액비 100%+추비, 액비150%는 화학비료와 비슷한 수준.

〈표-79〉 시험후 토양의 화학성

구 분	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol+/kg)			
				K	Ca	Mg	Na
무 비	5.54	29.8	143	0.64	6.68	1.55	0.28
화 학 비 료	5.07	31.4	215	0.74	4.50	1.35	0.24
액 비 100%	5.46	33.1	229	0.70	5.80	1.65	0.30
액비 100% + 추비	5.39	33.8	229	0.64	5.24	1.44	0.28
액 비 150%	5.39	32.2	233	0.86	6.11	1.83	0.32
액 비 200%	5.25	35.2	253	0.76	5.86	1.81	0.36

- 액비사용으로 토양양분함량은 전체적으로 증가되었으며 액비사용량간에는 큰 차이가 없었음.

2. 옥수수(식용옥수수, 단옥수수)

가. 퇴·액비 사용량

- 퇴비살포량은 퇴비중 인산함량을 기준으로 설정한다.
 - ※ 유효인산에 따른 가축분퇴비 사용량은 500~1000kg/10a
 - ※ 옥수수 재배에 적당한 인산 기비량은 3kg/10a
- 보통옥수수는 질소시비량의 50%를 액비로 대체하여 밑거름으로 사용하고 50%는 화학비료를 웃거름으로 사용
 - 식용옥수수의 총 질소시비량은 14.5kg/10a으로 액비로 50%를 밑거름으로 사용하고, 나머지 웃거름은 잎이 6~7매 전개시에 화학비료로 사용한다.
- 단옥수수는 질소시비량의 전량을 액비로 대체하여 사용하고 토성에 따라 생육 부진시 화학비료를 추비한다.

나. 퇴·액비사용시기 및 방법

- 퇴·액비는 옥수수 파종 15일전 까지 살포하여 경운과 로타리 실시한다.
 - 질소농도 0.1% 전후의 저농도액비를 사용할 경우 2회 이상 나누어 사용한 후 경운 로타리를 한다.
- 액비를 불균일하게 살포하면 작물생육이 고르지 못하므로 액비 살포기를 이용하여

농경지 전면에 균일하게 살포한다.

- 경사지 밭에서 퇴비위주 또는 퇴액비를 혼용사용하는 편이 좋으나 부득이 액비를 사용할 경우 2~3회 나누어 사용해서 유실되지 않도록 해야 한다.
- 옥수수는 흡비성 작물이기 때문에 보통 퇴비는 1500kg/10a 이상 사용토록 권장하고 있으나 가축분퇴비의 경우 토양중 양분의 균형을 고려하여 살포량을 조절한다.
- 3년에 한 번씩 토양을 분석하여 염류집적을 예방한다.
- 석회는 pH 6.5 중화량을 사용한다.

〈참고자료〉

□ 밭에서 퇴비종류별 사용 기술 ('97~'00, 호남농업시험장)

〈표-80〉 옥수수재배시 퇴비 사용량별 토양 용적밀도

(단위 : Mg/m³)

퇴비종류	시비량 (톤/ha)	양토		사양토	
		토양깊이(cm)			
		0~10	10~20	0~10	10~20
퇴비무사용		1.49	1.58	1.25	1.56
계분퇴비	40	1.19	1.36	1.01	1.33
	80	1.07	1.31	1.00	1.30
우분퇴비	40	1.29	1.44	1.30	1.40
	80	1.25	1.36	1.21	1.35
분뇨잔사	40	1.32	1.41	1.07	1.43
	80	1.17	1.34	1.16	1.36
식품오니퇴비	40	1.24	1.32	1.21	1.34
	80	1.12	1.31	1.17	1.33

- 4년 퇴비연용 밭토양의 용적밀도는 퇴비 무사용구에 비해 퇴비 사용에서, 그리고, 표토에서 낮아졌고 사양토가 양토보다 더 감소하여 물리성이 개선됨.

〈표-81〉 옥수수재배시 퇴비 시용량별 토양중 질소농도 변화

(단위 : Mg/m³)

퇴비종류	시비량 (톤/ha)	양토		사양토	
		NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N
퇴비무시용		19.4	23.3	29.5	41.7
계분퇴비	40	23.3	64.5	40.8	80.7
	80	25.3	83.7	31.7	95.8
우분퇴비	40	35.1	48.2	29.4	86.4
	80	39.5	62.0	32.0	108.3
분뇨잔사	40	41.9	78.3	41.0	169.5
	80	64.4	123.8	54.2	210.1
식품오니퇴비	40	39.1	44.9	27.9	74.1
	80	37.3	54.4	31.6	84.1

- 4년 퇴비연용 옥수수밭토양의 암모니아태 질소(NH₄-N)과 질산태 질소(NO₃-N) 함량은 사양토가 양토보다 높고, 퇴비시용량이 많을수록 분뇨잔사처리구에서 계분 퇴비나 우분퇴비구보다 높은 함량을 나타냈음.

〈표-82〉 옥수수재배시 퇴비 연용에 따른 토양중 유효태 인산함량 변화

퇴비종류	시비량 (톤/ha)	양 토				사양토		
		퇴비 연용 횟수(mg/kg)						
		1	2	3	4	1	2	3
퇴비무시용		756	732	682	471	685	505	457
계분퇴비	40	942	1037	1125	1416	961	1090	1127
	80	1009	1180	1282	1566	1237	1323	1343
우분퇴비	40	933	972	1097	1317	1047	1023	1080
	80	1033	1063	1265	1421	1181	1258	1313
분뇨잔사	40	904	1010	1114	1117	776	783	828
	80	1026	1111	1189	1254	938	958	1042
식품오니퇴비	40	802	957	952	939	785	820	926
	80	973	1047	1084	1170	966	982	1160

- 옥수수 밭토양의 유효태인산함량은 퇴비 연용횟수가 많고 시용량이 많을수록, 그리고 양토가 사양토보다 높은 함량을 나타내어 인산축적 우려가 높았음.

1. 고추

가. 퇴·액비 살포량

- 퇴비 살포량은 퇴비 중의 인산함량을 기준으로 결정한다.
 - 일반적으로 고추의 토양 중 유효인산함량에 따른 가축분 퇴비 시용량은 500~1,100kg/10a이다.
- 작물별 가축분 시용량 및 퇴비 중 비료량 계산 방법
 - 가축분 시용량(kg/10a)
 - = [인산 표준시비량 ÷ 가축분 중 인산 함량(%)] × 100
 - = [인산 토양검정 시비량 ÷ 가축분 중 인산 함량(%)] × 100
 - 가축분 중 인산 비료량(kg/10a)
 - = [가축분 시용량 × 가축분 중 인산 함량(%)] ÷ 100
- 퇴비의 질소 효율을 고려하면 질소 시비량은 60~100%로 조절한다.
- 가축분 퇴비 시용시 이론적인 화학비료 질소시비량(kg/10a)은
 - 토양검정 질소시비량 - [가축분퇴비 시용량 × (가축분 중 질소함량(%) / 100) × (가축분 퇴비의 화학비료 대비 이용률(%) / 100)]
- 가축분 퇴비 시용시 이론적인 화학비료 칼리시비량(kg/10a)은
 - 토양검정 칼리시비량 - 가축분퇴비 시용량 × (가축분 중 칼리함량(%) / 100)
- 가축분의 분석 자료가 건물중일 때는 현물중으로 수분 보정 방법은
 - 현물중 성분함량(%) = 건물중 성분함량 × (100 - 수분함량) ÷ 100
- 가축분의 분석 자료가 현물중일 때는 건물중으로 수분 보정 방법은
 - 건물중 성분함량(%) = 현물중 성분함량 × 100 ÷ (100 - 수분함량)

- 액비 살포량은 액비 중의 질소함량을 기준으로 설정한다.
- 가능한 액비 살포량은 토양검정 질소 시비량을 구한 다음 액비 중 질소함량을 고려하여 살포량을 결정한다.
 - 일반적으로 고추 재배에 적당한 질소 기비시비량은 10~12kg/10a임
- 시비처방서가 없는 경우는 표준시비량 또는 농업기술센터 추천량을 기준으로 살포한다.
- 액비를 질소 시비량 기준으로 살포할 때는 인산과 칼리함량이 부족할 경우 화학비료로 보충한다.



<그림-26> SCB 액비를 기비로 사용한 포장



<그림-27> SCB 액비를 사용한 고추

나. 살포 방법

- 가축분 퇴비 사용은 물리성 개량 목적이 큼으로 기비로 사용하되 경운 전에 살포하여 흙과 고루 섞이도록 한다.
- 가축분 퇴비의 사용량은 화학 분석치를 근거로 하며 분석이 곤란할 경우는 가축분 종류별 3요소 평균 성분함량 <표-83>을 기준으로 시비량을 정한다.

<표-83> 가축분 종류별 3요소 평균 성분함량 (%)

종류	수분	질소	인산	칼리
계분	66.7	1.73	1.65	0.47
돈분	75.2	0.90	1.49	0.19
우분	80.0	0.41	0.56	0.09
가축분퇴비	41.5	1.01	2.03	0.65

- 자료 : 가축분뇨 퇴비·액비 제조이용, 1999.

- 액비는 일단 뿌리고 나면 옆으로 이동이 잘 안되므로 고추밭에 고루 살포하기 위하여 액비 살포기를 이용한다.
- 밀거름(기비)은 액비로 웃거름(추비)는 화학비료를 살포하는 것을 기본으로 하며 SCB 액비는 관비시 추비로 이용한다.
- 관비를 할 때 질소 농도는 토양 중 질산태 질소함량이 100~200mg/kg 유지되도록 한다.

다. 재배시 유의사항

- 가축분 퇴비는 pH 교정, 유기물함량 증가, 작물에 양분공급 등의 효과가 있으나 과다 사용은 토양 중의 인산, 칼리가 집적될 수 있으므로 적당량이 사용되도록 한다.
- 가축분 퇴비 중 유기태질소는 미생물에 의해 분해되어 무기화된 질소형태를 작물에 이용됨으로 질소 무기화에 미치는 수분, 지온 변화, 가축분의 종류 등의 제한 요인을 감안해서 화학비료 대비 이용률을 고려한다.
- 가축분 퇴비는 사용 후 재배기간이 길어질수록 질소 무기화율이 높아짐으로 질소 비효가 후기로 갈수록 향상된다는 것을 고려한다.
- 부숙되지 않은 퇴비는 비닐피복재배시 가스피해가 우려됨으로 미리 살포하여 두둑 만들기 전에 발효가 끝나도록 한다.
- 액비사용 포장에서 정식 후 기상, 토성 및 비옥도에 따라 고추의 생육이 부진한 경우 화학비료를 추비로 보충한다.
- 액비 과다사용은 고추의 생육초기 영양생장이 촉진되어 착과량이 감소할 수 있으므로 과비되지 않게 주의한다.
- 액비는 고추에 대한 질소시비량 총량내에서 사용하되 토양검정 시비량을 구하여 사용함으로써 염류집적 예방한다.
- 액비는 사용할 때마다 비료성분량을 분석하여 질소를 기준으로 사용량을 산출한다.
- 액비는 고추 정식 전 최소한 15일 전에 살포하며 심기 5일전에 비닐을 피복하고 구멍을 뚫어두었다가 심는다.
- 석회와 함께 사용하면 질소성분의 날아가는 양이 많아짐으로 함께 사용하지 않는다.
- 액비에서 악취가 나면 시설재배에서 고추가 가스피해를 받을 우려가 있으므로 주의한다.
- 토양 중 인산함량이 높은 재배지에서는 질소대비 인산함량이 30~50%이상인 액비는 인산 축적예방을 위하여 사용을 지양한다.

〈참고자료〉

〈표-84〉 가축분퇴비 연용에 따른 채소재배지 토양화학성 변동 (농과원, '94)

구분	1년차		2년차		3년차		4년차	
	화학비료	축분퇴비	화학비료	축분퇴비	화학비료	축분퇴비	화학비료	축분퇴비
pH(1:5)	5.9	6.6	6.0	6.9	6.0	7.2	5.8	7.2
유기물(g/kg)	11	16	11	23	11	24	10	31
인산(mg/kg)	369	786	376	850	381	1,020	392	1,230
칼리(cmol/kg)	0.25	0.60	0.30	1.35	0.30	1.60	0.40	3.30
수량(지수)	100 고추	102	100 (양배추)	87	100 (고추)	122	100 (고추)	95

〈표-85〉 돈분 액비 시용량에 따른 고추 생육 및 수량 (충북농업기술원)

처리	생육(정식 후 100일)			수량	
	초장(cm)	주경장(cm)	경경 (mm)	생과중(kg/ha)	지수
토양검정 화학 비료구	86.7	22.7	15.5	13,376	100
토양검정기비질소 80%수준 돈분액비	83.8	22.7	15.6	12,202	91
토양검정기비질소 100%수준 돈분액비	86.2	22.8	15.5	13,948	104

※ 토양검정 기비질소 100% 수준은 화학비료 대비 수량이 증가하는 경향임

〈표-86〉 돈분액비 시용 시험 전 후 토양 화학성 변화 (충북농업기술원)

구분	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	Av. P ₂ O ₅	NO ₃ -N	Ex. cation (cmol/kg)		
			(mg/kg)		K	Ca	Mg
시험전	6.8	11	118	10	0.46	6.3	2.1
토양검정 화학비료	6.8	9	252	86	0.57	6.2	5.5
돈분액비 80%	6.9	10	275	37	0.53	5.8	5.2
돈분액비 100%	7.0	10	288	35	0.50	6.0	5.4

※ 돈분액비 시비구는 화학비료 처리구에 비하여 질산태질소함량이 낮았음

〈표-87〉 침투수에 의한 질소 및 칼리 용탈량 (g/m²) (충북농업기술원)

토성	처리	질소	칼리
사양토	화학비료+퇴비	2.33	2.09
	돈분액비+퇴비	1.23	2.50
양토	화학비료+퇴비	1.41	3.27
	돈분액비+퇴비	1.86	6.62
식양토	화학비료+퇴비	2.32	4.90
	돈분액비+퇴비	3.41	4.32

〈표-88〉 SCB액비 사용 수준에 따른 노지고추 수량 (국립원예특작과학원, '09)

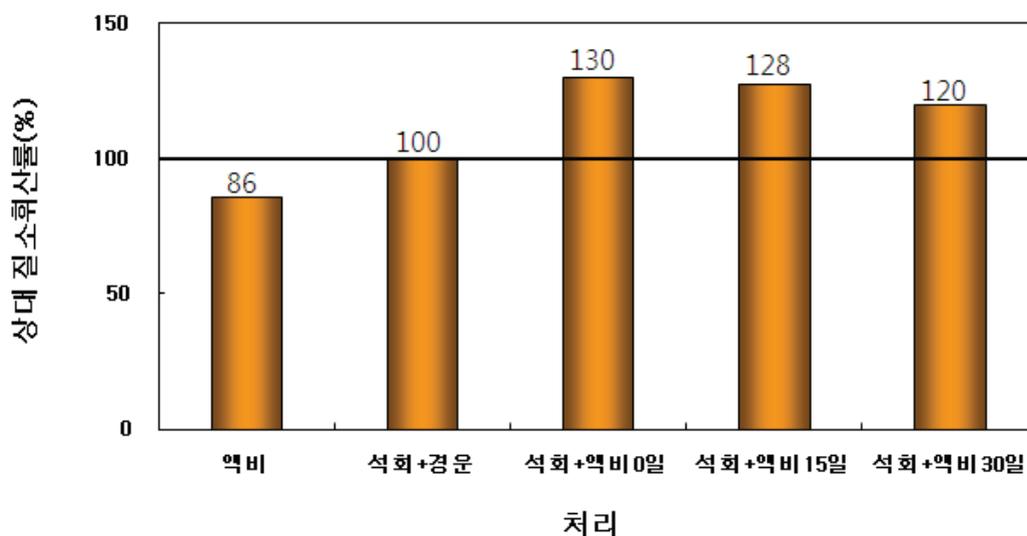
질소 처리	밑거름 사용량(kg N ha ⁻¹)	수량(kg ha ⁻¹ , FW)	수량 지수(%)
무시비구	0	10,700c	49
액비 0%	0	15,780b	72
액비 50%	51.5	19,220ab	87
액비 75%	77.3	20,770a	94
액비 100%	103.0	23,030a	105
액비 125%	129.0	22,260a	101
화학비료	103.0	22,100a	100

※ 추비는 화학비료 처리(무시비구 제외)

〈표-89〉 SCB액비 사용 수준에 따른 작물흡수량 및 이용률 (원예원, '09)

처리	질소 공급량 (A)			작물 질소 흡수량 (B)	질소양분수지 (A-B)	질소이용효율 (RUNF) [†]
	정식 전	추비	합계			
무시비구	0	0	0	99	-99	
액비 0%	0	87	87	124	-37	1.43
액비 50%	51	87	138	143	-5	1.04
액비 75%	77	87	164	154	10	0.94
액비 100%	103	87	190	173	17	0.91
액비 125%	128	87	215	169	46	0.79
화학비료	103	87	190	163	27	0.86

† RUNF, 작물 질소 흡수량/질소공급량



〈그림-28〉 SCB액비와 석회 혼용처리에 따른 질소 흡수량의 상대 비교 (국립원예특작과학원, 09)

□ 시설고추에서 SCB액비를 이용한 관비 재배 (국립원예특작과학원, '09)

〈표-90〉 정식 전 토양의 이화학적 특성

pH	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	질산태질소 (mg/kg)	암모니아태 질소 (mg/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온 (cmol/kg)			토성
						K	Ca	Mg	
6.9	2.7	12	114	17	413	0.42	7.3	1.6	사양토

EC(전기전도도) 염농도를 나타내는 것으로 양분의 많고 적음을 나타냄

〈표-91〉 액비 및 비료 처리별 관비 농도

처리	관비농도 (mg/L)	비료 혼합량/물	액비 중 전 질소 농도(g/L)	일일 관수량 (mm/day)	비료 공급량 (kg/10a)	비료투입비율 (%)
액비 0.5	50	15.0L/200L	0.75	1.8	10.8	53
액비 1.0	100	25.0L/200L			21.7	106
액비 1.5	150	35.0L/200L			32.5	106
화학비료	92	40.0g/200L			21.3	104

〈표-92〉 액비 시용 수준에 따른 고추 생육 및 수량

처 리	정식 후 75일			수 량 (kg/ha, 생체중)
	초장 (cm)	초폭 (cm)	경경 (mm)	
액비 0.5	93	94	14.7	17,670
액비 1.0	98	91	15.2	20,580
액비 1.5	95	91	14.6	18,120
화학비료	101	93	15.3	20,200

⇒ 액비와 화학비료 시비량이 같을 경우 생육과 수량에 차이가 없었음

2. 오이

가. 퇴·액비 살포량

- 퇴비 살포량은 퇴비 중의 인산함량을 기준으로 설정한다.
 - 유효인산함량에 따른 가축분 퇴비 시용량은 500~1,100kg/10a
 - 일반적으로 오이 재배에 적당한 인산 기비 시비량은 10~16kg/10a
- 퇴비 살포 후 질소 시비량은 화학비료 대비 효율을 고려하여 시비량을 산정하며 이용률이

확실하지 않을 때는 60~100%로 조절한다.

- 액비 살포량은 액비중의 질소 함량을 기준으로 설정한다.
 - 일반적으로 오이 재배에 적당한 질소 기비 시비량은 9~11kg/10a
- 액비 살포량은 토양검정 시비량에 액비 중 질소함량을 고려하여 살포량을 결정한다.
- 시비처방서가 없는 경우는 표준시비량 또는 농업기술센터 추천량을 기준으로 살포한다.
- 질소 시비량을 기준으로 살포시 인산과 칼리함량이 부족하면 화학비료로 보충한다.



〈그림-29〉 SCB 액비 이용한 오이 관비 재배

나. 살포 방법

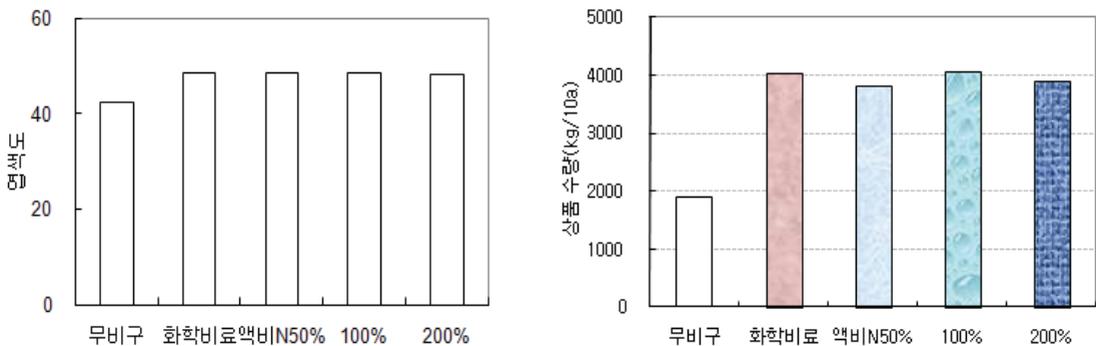
- 가축분 퇴비 사용은 물리성 개량 목적이 큼으로 기비로 사용하며 경운 전에 살포하여 토양과 고루 섞이도록 한다.
- 가축분 퇴비의 사용량은 화학 분석치를 근거로 하며 분석이 곤란할 경우는 가축분 종류별 3요소 평균 성분함량 <표-83>을 기준으로 시비량을 정한다.
- 액비는 일단 뿌리고 나면 옆으로 이동이 잘 안되므로 액비 살포기를 이용하여 고추밭에 고루 살포하여야 한다.
- 밀거름(기비)은 액비로 웃거름(추비)는 화학비료를 살포하는 것을 기본으로 하며 SCB 액비는 관비시 추비로 이용이 가능하다.
- 관비로 살포할 때 질소기준 관비농도는 토양 중 질산태 질소함량이 100~150mg/kg 농도를 유지하도록 조절하여 준다.

다. 재배시 유의사항

- 가축분 퇴비는 pH 교정, 유기물함량 증가, 작물에 양분공급 효과 등이 있으나 과다 사용은 토양 중의 인산, 칼리가 집적될 수 있으므로 적량이 사용되도록 한다.
- 정식 후 관리는 기상, 토성 및 비옥도에 따라 액비사용 포장에서 고추의 생육이 부진한 경우 화학비료 추비로 보충한다.
- 액비 과다사용은 생육초기 영양생장이 촉진되어 착과량이 감소할 수 있으므로 과비되지 않게 주의한다.
- 액비는 오이에 대한 질소시비량 총량내에서 사용하고 토양검정을 실시하여 염류집적 예방한다.
- 액비는 사용할 때 마다 분석하여 질소를 기준으로 사용량을 산출한다.
- 액비는 오이 정식 전 최소한 15일 전에 살포하며 석회와 함께 사용하면 질소성분의 날아가는 양이 많아 비료효과 떨어짐으로 함께 사용하지 않는다.
- 관비 재배시 시비량 조절은 오이의 생육 상태에 따라 가감한다.
- 토양 중 인산함량이 많은 재배지는 질소대비 인산함량이 30~50%이상의 액비는 인산 축적예방을 위하여 사용을 지양한다.

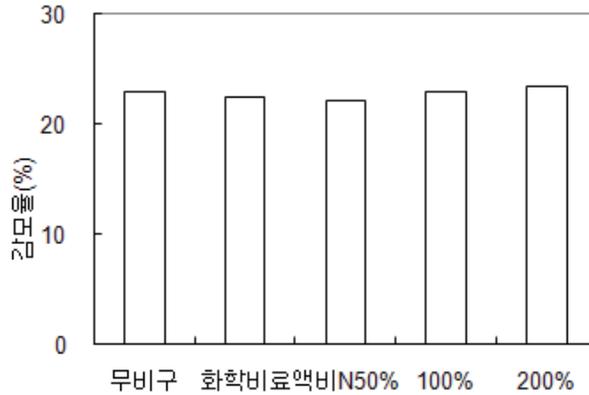
〈참고자료〉

□ SCB 액비를 이용한 오이 재배 (강원도농업기술원, 09)



⇒ 저농도 액비 처리구의 오이의 엽색도는 화학비료 처리구와 대등하였음.

⇒ 액비 처리시 오이의 상품 수량은 화학비료와 큰 차이가 없었음.



⇒ 오이의 저장성을 살펴보기 위해 30℃에서 5일간 저장시 감모율을 조사한 결과, 22.1~23.3%로 처리간에 차이를 보이지 않았음.

〈표-93〉 오이 재배 후 처리별 표토 (0~15cm)의 화학성 변화

처 리	pH	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	Ca	K	Mg
					cmol ⁽⁺⁾ /kg		
N 50%	6.3	1.25	20	401	5.1	0.87	1.6
N 100%	5.6	1.55	20	375	4.3	0.95	1.4
N 200%	5.4	2.58	21	451	4.4	1.62	1.5
화학비료	5.5	1.70	22	292	4.1	0.94	1.5
무 비 구	6.6	0.43	21	206	4.3	0.21	1.1
적정범위	6-7	<2	20-30	350-500	5-7	0.7-0.8	1.5-2.5

EC(전기전도도) 염농도를 나타내는 것으로 양분의 많고 적음을 나타냄

□ SCB 액비를 이용한 오이 관비 재배 (국립원예특작과학원, '06~'07)

○ 시험방법

- 시험품종 : 조은백다기(반축성재배), 올백다다기(억제재배)
- 관비 질소 농도 : 질소 1수준(50mg/L), 질소 1/2수준(25mg/L)
- 관수 개시점 : -15~-20kPa
- 재배방법 : 시설재배

〈표-94〉 SCB액비 및 화학비료 시용에 따른 오이 생육

처리	초장 (cm)	마디수 (개/주)	경경 (mm)
	<i>2006년 반촉성재배</i>		
돈분 액비 1/2	471	57	10.0
돈분 액비 1	474	58	10.0
화학비료	463	57	10.0
	<i>2006년 억제재배</i>		
돈분 액비 1/2	282	27	8.6
돈분 액비 1	287	28	8.6
화학비료	276	27	8.7
	<i>2007년 반촉성재배</i>		
돈분 액비 1/2	565	64	9.0
돈분 액비 1	559	63	8.6
화학비료	555	63	8.5

⇒ 액비 및 화학비료 관비에 따른 차이는 없었음

〈표-95〉 SCB액비 및 화학비료 시용에 따른 오이 수량

처리	상품과 (kg/주)	비상품과 (kg/주)	총수량 (kg/주)
	<i>2006년 반촉성재배</i>		
돈분 액비 1/2	2.38	0.28	2.66
돈분 액비 1	2.57	0.26	2.83
화학비료	2.26	0.19	2.45
	<i>2006년 억제재배</i>		
돈분 액비 1/2	1.09	0.09	1.19
돈분 액비 1	1.07	0.07	1.14
화학비료	0.97	0.16	1.13
	<i>2007년 반촉성재배</i>		
돈분 액비 1/2	2.29	0.45	2.74
돈분 액비 1	2.37	0.52	2.89
화학비료	2.38	0.48	2.86

⇒ 돈분액비와 화학비료를 관비 했을 때 수량에 차이가 없음

〈표-96〉 오이재배를 위한 SCB 액비 화학비료 처리 후 토양 화학성

처리	pH (1:5)	NO ₃ -N (mg/kg)	유효인산 (mg/kg)	EC (dS/m)	Ex. cat.(cmol/kg)		
					K	Ca	Mg
<i>2006년 반축성재배</i>							
돈분 액비 1/2	6.9	269	495	4.97	0.67	7.11	1.73
돈분 액비 1	6.9	235	498	4.03	0.74	7.21	1.78
화학비료	6.9	275	496	4.60	0.60	7.22	1.67
<i>2006년 억제재배</i>							
돈분 액비 1/2	7.6	15.7	512	1.31	0.32	5.72	1.21
돈분 액비 1	7.6	31.9	514	1.71	0.40	5.59	1.17
화학비료	7.1	40.8	487	1.95	0.32	5.67	1.17
<i>2007년 반축성재배</i>							
돈분 액비 1/2	7.1	32.1	551	2.25	0.51	4.61	1.02
돈분 액비 1	7.2	77.9	553	3.16	0.53	5.07	1.24
화학비료	6.9	73.6	519	2.91	0.49	5.00	1.15

NO₃-N: 질산태질소

⇒ 액비와 화학비료로 관비재배 한 후 토양 화학성 차이는 크지 않았음

3. 토마토

가. 퇴·액비 살포량

- 퇴비 살포량은 퇴비 중의 인산함량을 기준으로 결정한다.
 - 유효인산함량에 따른 가축분 퇴비 시용량은 500~1,100kg/10a
 - 일반적으로 토마토 재배에 적당한 인산 기비량은 10~16kg/10a
- 퇴비 살포 후 질소 시비량은 화학비료 대비 이용률을 고려하여 시비량을 산정하며 비효율이 확실하지 않을 때는 60~100%로 조절한다.
- 액비 살포량은 액비중의 질소 함량을 기준으로 설정한다.
 - 일반적으로 토마토 재배에 적당한 질소 기비 시비량은 12~14kg/10a
- 액비 살포량은 토양검정 시비량에 액비 중 질소함량을 고려하여 살포량을 결정한다.
- 시비처방서가 없는 경우는 표준시비량 또는 농업기술센터 추천량을 기준으로 살포한다.
- 질소 시비량을 기준으로 살포시 인산과 칼리함량이 부족하면 화학 비료로 보충한다.



〈그림-30〉 SCB 액비를 이용한 토마토 관비 재배

나. 살포 방법

- 가축분 퇴비 사용은 물리성 개량 목적이 큼으로 기비로 사용하며 경운 전에 살포하여 토양과 고루 섞이도록 한다.
- 가축분 퇴비의 사용량은 화학 분석치를 근거로 하며 분석이 곤란할 경우는 가축분 종류별 3요소 평균 성분함량 <표-83>을 기준으로 시비량을 정한다.
- 액비는 일단 뿌리고 나면 옆으로 이동이 잘 안되므로 액비 살포기를 이용하여 밭에 고루 살포하여야 한다.
- 밑거름(기비)은 액비로 웃거름(추비)는 화학비료를 살포하는 것을 기본으로 하며 SCB 액비는 관비시 추비로 이용이 가능하다.
- 관비로 살포할 때 질소기준 관비농도는 토양 중 질산태질소함량이 100~150mg/kg 농도를 유지하도록 조절하여 준다.

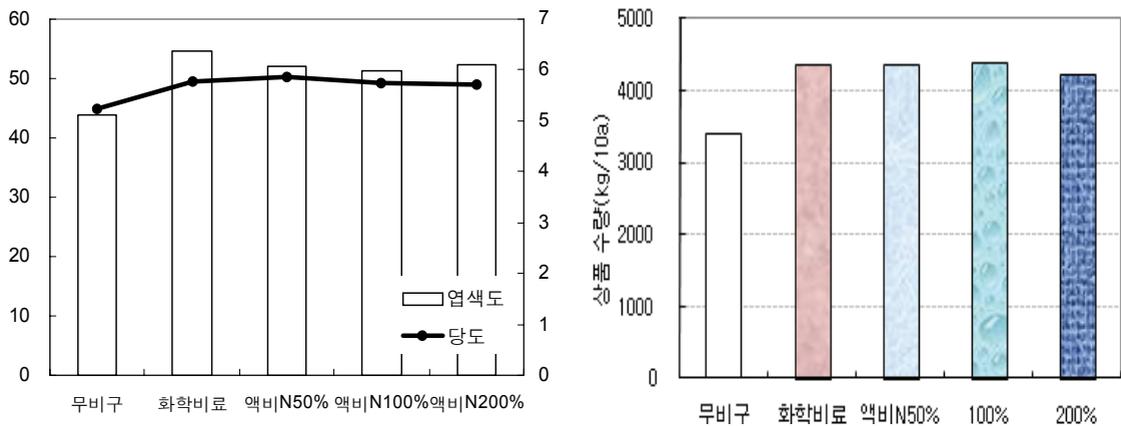
다. 재배시 유의사항

- 정식 후 관리는 기상, 토성 및 비옥도에 따라 액비사용 포장에서 토마토의 생육이 부진한 경우 화학비료는 추비를 줄때 보충한다.
- 액비 과다사용은 생육초기 영양생장이 촉진되어 착과량이 적을 수 있으므로 과비되지 않게 주의한다.
- 액비는 오이에 대한 질소시비량 총량내에서 사용하고 3년 1주기로 토양검정을 실시하여 염류집적 예방한다.
- 액비는 사용시 마다 비료성분을 분석하여 질소를 기준으로 사용량을 산출한다.

- 액비는 토마토 정식 전 최소한 15일 전에 살포하며 석회와 함께 사용하면 비료효과 떨어짐으로 먼저 살포하고 경운한다.
- 정식 후 착근이 되기 전까지는 관비시 비료를 공급하지 않는다.
- 관비 재배시 시비량 조절은 토마토의 생육 상태에 따라 가감한다.
- 토양 중 인산함량이 많은 재배지는 질소대비 인산함량이 30~50%이상의 액비는 인산 축적예방을 위하여 사용을 지양한다.

〈참고자료〉

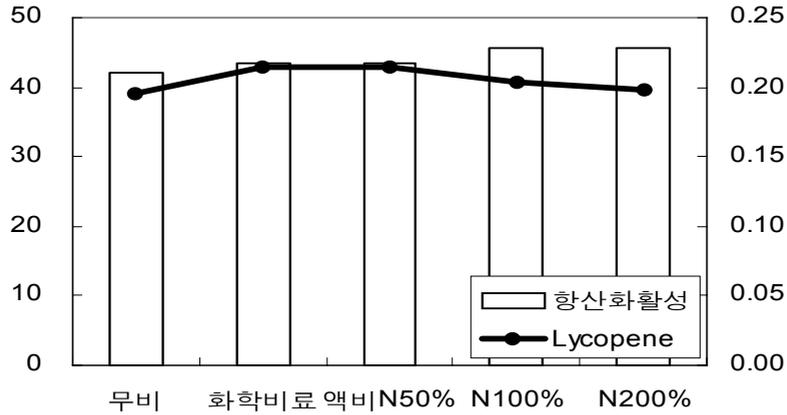
□ SCB 액비를 이용한 토마토 재배 (강원도농업기술원, '09)



〈그림-31〉 저농도 액비 및 화학비료 처리에 따른 토마토 생육 및 수량

※ 액비 50% 처리는 화학비료 50% 보충한 처리임

⇒ 화학비료와 SCB 액비는 처리간에 차이가 없었음



〈그림-32〉 저농도 액비 및 화학비료 처리에 따른 항산화활성 및 Lycopene

⇒ 액비 및 화학비료 처리에 따른 항산화활성 및 Lycopene 함량은 차이가 없음

□ SCB 액비를 이용한 토마토 관비 재배(국립원예특작과학원, '07~'08)

○ 시험방법

- 시험품종 : 슈퍼도태랑(반축성재배, 억제재배)
- 관비 질소 농도 : 질소 1수준(50mg/L), 질소 1/2수준(25mg/L)
- 관수량 : 2~3mm/일

〈표-97〉 SCB 액비 및 화학비료 시용에 따른 토마토 생육

처리	초장 (cm)	마디수 (개/주)	경경 (mm)
<i>2007년 억제재배</i>			
돈분 액비 1/2	129.8	29.0	10.4
돈분 액비 1	131.2	29.8	12.0
화학비료	124.8	28.5	11.7
<i>2008년 반축성재배</i>			
돈분 액비 1/2	164.4	30.0	12.0
돈분 액비 1	173.0	32.3	12.9
화학비료	163.0	32.1	12.6
<i>2008년 억제재배 생체중(g/주)</i>			
돈분 액비 1/2	193.0	28.5	343.8
돈분 액비 1	199.0	30.2	403.9
화학비료	199.3	30.7	356.9

〈표-98〉 SCB 액비 및 화학비료 시용에 따른 토마토 과실 특성 및 수량

처리	당도 (°Bx)	산도 (%)	총 수량 (kg/10a)
<i>2007년 억제재배</i>			
돈분 액비 1/2	4.8	0.31	2,891
돈분 액비 1	5.3	0.42	2,707
화학비료	5.0	0.34	3,167
<i>2008년 반촉성재배</i>			
돈분 액비 1/2	6.1	0.40	9,879
돈분 액비 1	6.3	0.43	11,766
화학비료	6.3	0.39	10,625
<i>2008년 억제재배</i>			
돈분 액비 1/2	5.2	0.48	5,630
돈분 액비 1	5.4	0.40	5,960
화학비료	5.6	0.37	6,450

※ 2008년 억제재배는 재배기간이 짧아 총 수량은 숙과+미숙과 임

〈표-99〉 토마토재배를 위한 SCB 액비 및 화학비료 처리 후 토양 화학성

처리	pH (1:5)	NO ₃ -N (mg/kg)	유효인산 (mg/kg)	EC (dS/m)	Ex. cat.(cmol/kg)		
					K	Ca	Mg
<i>2007년 억제재배</i>							
돈분 액비 1/2	7.3	9.8	520	0.88	0.38	4.95	0.98
돈분 액비 1	7.2	19.8	528	1.36	0.41	4.59	0.85
화학비료	6.8	32.5	494	2.00	0.20	4.48	0.93
<i>2008년 반촉성재배</i>							
돈분 액비 1	7.1	2.0	502	1.6	0.38	6.41	1.50
돈분 액비 1/2	7.0	4.6	549	2.7	0.45	7.30	1.84
화학비료	7.4	1.2	493	1.3	0.13	6.59	1.62
<i>2008년 억제재배</i>							
돈분 액비 1	7.0	46.7	630	3.2	0.31	6.30	1.84
돈분 액비 1/2	6.9	46.4	751	3.3	0.54	6.90	1.98
화학비료	6.7	92.0	697	4.4	0.54	7.30	2.31

NO₃-N: 질산태 질소, EC: 전기전도도

⇒ 돈분 비와 화학비료 관비 후 토양 화학성은 돈분액비 처리에서 치환성 칼리함량이 증가하는 경향을 보였음.

4. 상추

가. 퇴·액비 살포량

- 퇴비 살포량은 퇴비 중의 인산함량을 기준으로 결정한다.
 - 유효인산함량에 따른 가축분 퇴비 시용량은 200~800kg/10a임
 - 일반적으로 상추 재배에 적당한 인산 기비량은 3~6kg/10a임
- 퇴비 살포 후 질소 시비량은 화학비료 대비 비효율을 고려하여 시비량을 산정하며 비효율이 확실하지 않을 때는 60~100%로 조절한다.
- 액비 살포량은 액비중의 질소 함량을 기준으로 설정한다.
 - 일반적으로 상추 재배에 적당한 질소 기비 시비량은 3.5~10kg/10a
- 액비 살포량은 토양검정 시비량에 액비 중 질소함량을 고려하여 살포량을 결정한다.
- 시비처방서가 없는 경우는 표준시비량 또는 농업기술센터 추천량을 기준으로 살포한다.
- 질소 시비량을 기준으로 살포시 인산과 칼리함량이 부족하면 화학비료로 보충한다.



〈그림-33〉 SCB 액비를 기비로 사용한 상추 포장

나. 살포 방법

- 가축분 퇴비 시용은 물리성 개량 목적이 큼으로 기비로 시용하며 경운 전에 살포하여 토양과 고루 섞이도록 한다.
- 가축분 퇴비의 시용량은 화학 분석치를 근거로 하며 분석이 곤란할 경우는 가축분 종류별 3요소 평균 성분함량<표-83>을 기준으로 시비량을 정한다.
- 액비는 일단 뿌리고 나면 옆으로 이동이 잘 안되므로 분사호스를 이용하여 고루

살포하여야 한다.

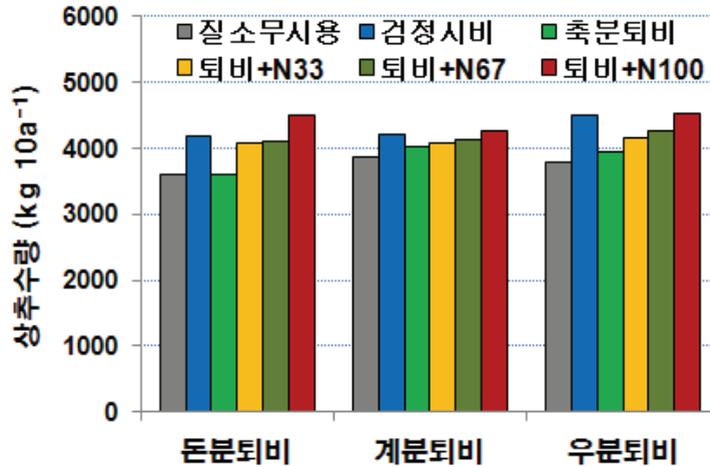
- 밑거름(기비)은 액비로 웃거름(추비)는 화학비료를 살포하는 것을 기본으로 한다.
- 액비에 부유물이 있을 경우 분사호스가 막힐 경우 분사호스가 터짐으로 필터를 거치는 작업을 선행하여 막힘 현상을 방지하여야 한다.
- 추비는 생산물 위생상 액비를 살포하지 않는다.

다. 재배시 유의사항

- 정식 후 관리는 기상, 토성 및 비옥도에 따라 액비사용 포장에서 상추의 생육이 부진한 경우 화학비료로 보충한다.
- 액비 과다사용은 생육초기 영양생장이 촉진되어 착과량이 감소할 수 있으므로 과비되지 않게 주의한다.
- 액비는 상추에 대한 질소시비량 총량내에서 사용하고 토양검정을 실시하여 염류집적 예방한다.
- 액비는 시용할 때마다 비료성분을 분석하여 질소를 기준으로 시용량을 산출한다.
- 액비는 정식 전 최소한 15일 전에 살포하며 석회와 함께 사용하면 질소성분의 날아가는 양이 많아 비료효과 떨어짐으로 함께 사용하지 않는다.
- 토양 중 인산함량이 많은 재배지는 질소대비 인산함량이 30~50%이상의 액비는 인산 축적예방을 위하여 사용을 지양한다.

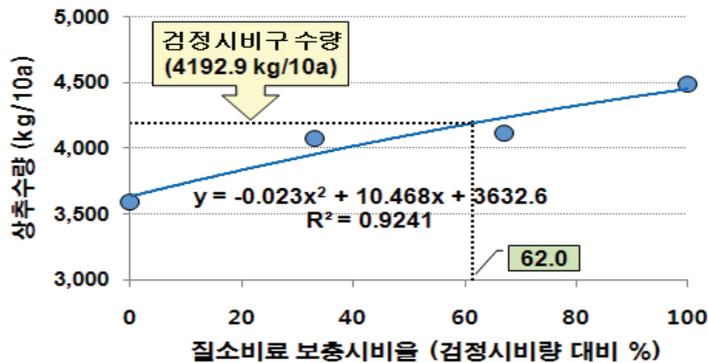
〈참고자료〉

□ 가축분 퇴비를 이용한 상추 재배 (경기도농업기술원, '10)



〈그림-34〉 가축분 퇴비 사용에 따른 상추 수량 (수확기간: 4.24~6.23)

⇒ 상추 수량은 퇴비 단용구는 질소 무시용구와 비슷한 수준이었음



〈그림-35〉 돈분 퇴비를 사용할 때 질소 시비율과 수량과 관계

⇒ 퇴비사용시 질소비료 사용량 증가에 비례하여 증수하여 토양검정시비구와 대등한 수량은 질소 62~100% 사용수준 범위에서 나타남

⇒ 가축분퇴비 이용 화학비료 인산은 100% 대체가 가능함

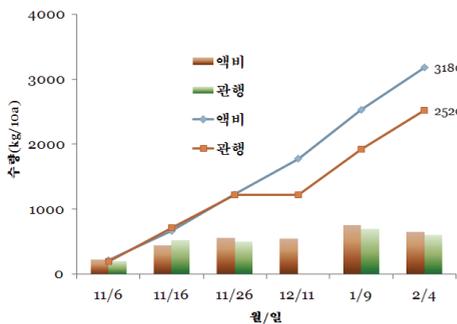
□ 상추재배에서 SCB 액비와 유기질비료 기비시용 효과 (원예원, '07~'08)

〈표-100〉 SCB 액비 및 유기질비료(유박) 시용량 비교

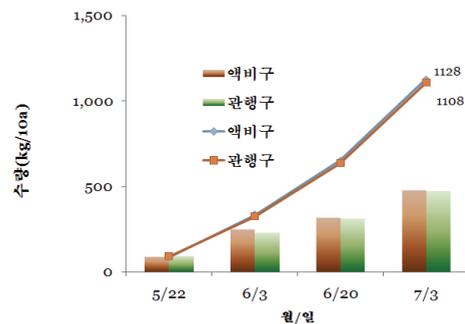
구분		SCB 액비		유기질비료	
		시용량(10a)	질소투입량(kg/10a)	시용량(kg/10a)	질소투입량(kg/10a)
가을 재배	밑거름	5000L	3.5	400	10.2
	추비 (요소)	0	0	0	0
봄 재배	밑거름	4000L	2.9	400	9.2
	추비 (요소)	4kg	1.8	4	1.8

〈표-101〉 상추 재배 중 토양 중 질소함량 변화

	NO ₃ -N (mg/kg)		NH ₄ -N (mg/kg)	
	SCB 액비	유기질비료	SCB 액비	유기질비료
정식 전	80	41	9	8
정식 후 15일	183	162	14	12
정식 후 35일	164	150	12	12
정식 후 60일	156	142	14	13
정식 후 90일	143	140	18	16



〈그림-36〉 SCB액비 및 유기질비료 시용에 따른 시설상추 누적 수량(겨울)



〈그림-37〉 SCB액비 및 유기질비료 시용에 따른 시설상추 누적 수량 (봄)

⇒ 유기질비료 및 SCB 액비로 기비 처리를 했을 때 상추 수량 차이는 없었음

1. 사과

가. 퇴·액비 살포량

- 퇴비 살포량은 퇴비 중의 인산함량을 기준으로 결정한다.
 - 일반적으로 사과 재배에 적당한 인산 기비량은 2~6kg/10a
- 사과원에서 가축분퇴비 시용량(kg/10a)은
= 토양검정에 의한 인산시비량 ÷ 가축분퇴비 중 인산함량(%)×100
- 가축분퇴비 살포 후 질소 시용량(kg/10a)은
= 토양검정 질소시비량 - 가축분퇴비 시용량×(가축분 중 질소함량(%) ÷ 100) × (화학비료 대비 비료 효율(%)÷100)
- 비료 효율이 확실하지 않을 때는 60~100%로 조절한다.
- 가축분퇴비 살포 후 칼리 시용량(kg/10a)은
= 토양검정 칼리시비량 - 가축분퇴비 시용량 × (가축분 중 칼리함량/100)
- 액비 살포량은 액비중의 질소 함량을 기준으로 설정한다.
 - 사과원 액비 시비량은 가을에 20~30%를 시비하고 이른 봄에 나머지를 시용한다.
- 액비 살포량은 토양검정 시비량에 액비 중 질소함량을 고려하여 살포량을 결정하며 부족량은 화학비료로 보충한다.
- SCB 액비는 질소 함량 기준으로 사용할 경우 토양 중 칼리함량이 증가할 우려가 있으면 이때는 토양 중 칼리함량을 기준으로 가을과 이른 봄에 기비로 살포하고 부족한 질소 시비량은 5월에 추비로 살포한다.
- 시비처방서가 없는 경우는 표준시비량 또는 농업기술센터 추천량을 기준으로 살포한다.



〈그림-38〉 사과원에서 SCB 액비 관비 및 현장평가

나. 살포 방법

- 가축분 퇴비 사용은 물리성 개량 목적이 큼으로 기비로 사용하며 토양과 고루 섞이도록 한다.
- 가축분 퇴비의 사용량은 화학 분석치를 근거로 하며 분석이 곤란할 경우는 가축분 종류별 3요소 평균 성분함량(표 83)을 기준으로 시비량을 정한다.
- 액비는 일단 뿌리고 나면 옆으로 이동이 잘 안되므로 액비 살포기를 이용하여 수관 하부에 고루 살포하여야 함
- 밀거름(기비)의 액비 사용은 늦은 가을과 이른 봄 2회 나누어 살포 한다. 살포량 비율은 토성에 따라 다르게 살포하며 모래가 많이 섞인 토양일수록 가을 시비량 비율을 줄여 가을 : 봄 시비량은 2 : 8 또는 3 : 7로 살포한다.
- SCB 액비는 비교적 균질한 저농도 액비로 생육기간동안 관비가 가능하여 토양검정 후 질소시비량을 기준으로 4월 상순부터 6월 중순까지 8월 상순부터 9월 하순까지 나누어 준다.
- 액비는 받을 때 마다 비료성분이 다르므로 분석하여 질소를 기준으로 사용량을 산출하여야 한다.



〈그림-39〉 가축분의 과다 시용

다. 재배시 유의사항

- 가축분 퇴비는 pH 교정, 유기물함량 증가, 작물에 양분공급 효과 등이 있으나 과다 시용은 토양 중의 인산, 칼리가 집적될 수 있으므로 적량이 시용되도록 한다.
- 기상, 토성 및 비옥도에 따라 액비시용 포장에서 사과와 생육 차이가 있을 수 있으므로 생육상태에 따라 화학비료를 가감한다.
- 액비 과다시용은 생육초기 영양생장이 촉진되어 도장하면 꽃눈발달이 부진하여 익년도 착과량이 적을 수 있으며 질소 과다는 후지 품종에서 착색이 불량하고 당도가 떨어질 수 있다.
- 액비 시용은 관비로 화학비료 시용보다 효과가 높을 수 있으므로 과용하지 말고 경사지 과원에서는 하부로 흘러가면 위쪽보다 아래쪽이 비료 효과가 클 수 있으므로 경사지 과원에서 사용시 주의하여야 한다.
- 경사가 15% 이상 지역이나 사질토양 및 환경규제(상수원보호, 특별대책, 자연공원) 지역에서는 수질오염원이 될 수 있기 때문에 환경 보전 차원에서 사용을 자제한다.

〈참고자료〉

□ 사과원에서 SCB 액비의 이용 기술 연구 (국립원예특작과학원, '09)

〈표-102〉 SCB 액비 및 농가 관행재배에 따른 사과원 토양화학성 변화

처리	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온 (cmol/kg)		
				K	Ca	Mg
시험 전	8.4	16.1	247	0.43	13.5	2.1
SCB액비	8.5	22.7	231	0.48	13.9	1.75
농가관행	8.4	19.7	365	0.35	18.4	1.99

〈표-103〉 SCB 액비 및 농가관행 재배에 따른 사과나무 잎의 무기성분 함량 변화

(단위 : g/kg)

처리	질소	인	칼륨	칼슘 ²	마그네슘
홍로					
SCB액비	22.0	1.51	11.89	23.46	3.32
농가관행	21.4	1.29	10.81	27.34	3.48
후지					
SCB액비	17.8	4.35	11.45	27.26	2.50
농가관행	17.8	4.04	10.63	26.86	2.67

²잎의 칼슘함량은 석회보르도액 살포 영향이 큼

⇒ SCB 액비 처리가 질소, 인 및 칼륨함량이 높은 경향임

〈표-104〉 SCB 액비 및 농가관행 재배에 따른 사과 과실 특성 및 수량

처리	당도 (°Bx)	산도 (%)	과중 (g/개)	수량 (kg/10a)
홍로				
SCB액비	14.5	0.23	265.3	2,685
농가관행	15.2	0.26	254.0	2,542
후지				
SCB액비	15.0	0.32	309.0	2,802
농가관행	15.1	0.33	305.3	2,777

⇒ SCB 액비 처리가 과중은 큰 경향이나 당도는 낮은 경향임

2. 배

가. 퇴·액비 살포량

- 퇴비 살포량은 퇴비 중의 인산함량을 기준으로 설정한다.
 - 일반적으로 배 재배에 적당한 인산 기비량은 5~11kg/10a
- 배과원에서 가축분 퇴비 사용량(kg/10a) 계산은 사과편 참조
- SCB 액비는 질소 함량 기준으로 사용할 경우 토양 중 칼리함량이 증가할 우려가 있으면 이때는 토양 중 칼리함량을 기준으로 가을과 이른 봄에 기비로 살포하고 부족한 질소 시비량은 5월에 추비로 살포한다.
- 시비처방서가 없는 경우는 표준시비량 또는 농업기술센터 추천량을 기준으로 살포한다.



〈그림-40〉 배 수확 후 SCB 액비 살포



〈그림-41〉 이른 봄 SCB 액비 살포

나. 살포 방법

- 가축분 퇴비 사용은 물리성 개량 목적이 큼으로 기비로 사용하며 토양과 고루 섞이도록 한다.
- 가축분 퇴비의 사용량은 화학 분석치를 근거로 하며 분석이 곤란할 경우는 가축분 종류별 3요소 평균 성분함량 <표-83>을 기준으로 시비량을 정한다.
- 액비는 일단 뿌리고 나면 옆으로 이동이 잘 안되므로 액비 살포기를 이용하여 수관 하부에 고루 살포하여야 함
- 밀거름(기비)의 액비 사용은 늦은 가을과 이른 봄 2회 나누어 살포 한다. 살포량 비율은

토성에 따라 다르게 살포하며 모래가 많이 섞인 토양일수록 가을 시비량 비율을 줄여
가을 : 봄 시비량은 2 : 8 또는 3 : 7로 살포한다.

- SCB 액비는 저농도 액비로 생육기간동안 관비가 가능하여 토양검정 후 질소시비량을 기준으로 4월 상순부터 6월 중순까지 8월 상순부터 9월 상순까지 나누어 준다.
- 액비는 받을 때 마다 비료성분이 다르므로 분석하여 질소를 기준으로 시용량을 산출하여야 한다.



〈그림-42〉 가축분의 과다 시비

다. 재배시 유의사항

- 가축분 퇴비는 pH 교정, 유기물함량 증가, 작물에 양분공급 효과 등이 있으나 과다 사용은 토양 중의 인산, 칼리가 집적될 수 있으므로 적량이 사용되도록 한다.
- 기상, 토성 및 비옥도에 따라 액비사용 포장에서 배나무의 생육 차이가 있을 수 있으므로 생육상태에 따라 화학비료를 가감한다.
- 액비 과다사용은 생육초기 영양생장이 촉진되어 도장하면 꽃눈발달이 부진하여 익년도 착과량이 적을 수 있으며 질소 과다는 배의 당도가 떨어질 수 있다.
- 액비 사용은 관비로 화학비료 사용보다 효과가 높을 수 있으므로 과용하지 말고 경사지 과원에서는 하부로 흘러가면 위쪽보다 아래쪽이 비료 효과가 클 수 있으므로 경사지 과원에서 사용시 주의하여야 한다.
- 경사가 15% 이상 지역이나 사질토양 및 환경규제(상수원보호, 특별 대책, 자연공원) 지역에서는 수질오염원이 될 수 있기 때문에 환경 보전 차원에서 사용을 자제한다.

〈참고자료〉

□ SCB 액비를 이용한 배 재배 (국립원예특작과학원, '06~'08)

〈표-105〉 SCB 액비 및 화학비료 처리에 따른 배나무 잎의 무기성분 함량

처리	전질소 인 칼륨 칼슘 마그네슘 (g/kg)				
		<i>2006</i>			
질소기준 액비	20.5	1,269	15,668	8,644	1,182
칼리기준 액비	19.7	1,078	15,625	7,740	1,182
화학비료	19.8	1,191	14,676	7,656	1,274
	<i>2007</i>				
질소기준 액비	19.5	1,420	17,507	9,383	1,588
칼리기준 액비	19.5	1,580	19,488	8,515	1,506
화학비료	19.4	1,496	17,446	8,922	1,618
	<i>2008</i>				
질소기준 액비	20.9	1,520	18,019	9,266	1,601
칼리기준 액비	20.0	1,650	19,398	9,255	1,583
화학비료	20.4	1,543	18,102	9,658	1,646

⇒ 배나무 잎의 무기성분함량은 처리간에 차이가 크지 않았음

〈표-106〉 SCB 액비 및 화학비료 처리에 따른 배나무 생육

처리	초장 (cm)	간주비대량 (cm)
	<i>2006</i>	
질소기준 액비	116.9	40.0
칼리기준 액비	114.9	38.5
화학비료	118.8	39.2
	<i>2007</i>	
질소기준 액비	120.3	40.3
칼리기준 액비	118.7	39.0
화학비료	121.3	39.7
	<i>2008</i>	
질소기준 액비	160.2	42.6
칼리기준 액비	141.0	41.1
화학비료	161.0	40.9

〈표-107〉 SCB 액비 및 화학비료 처리에 따른 배 과실 특성 및 수량

처리	과중 (g)	당도 (°Bx)	산도 (%)	수량 (kg/10a)
<i>2006</i>				
질소기준 액비	572.8	11.8	0.094	3,571
칼리기준 액비	530.6	11.6	0.099	3,325
화학비료	547.2	12.0	0.096	3,386
<i>2007</i>				
질소기준 액비	544.7	12.3	0.073	3,511
칼리기준 액비	527.0	12.3	0.070	3,528
화학비료	524.7	11.7	0.070	3,480
<i>2008</i>				
질소기준 액비	593.0	12.4	0.100	3,982
칼리기준 액비	572.9	12.5	0.104	3,911
화학비료	579.9	11.1	0.098	3,946

⇒ SCB 액비가 화학비료보다 당도가 높은 경향이었음

〈표-108〉 SCB 액비 및 화학비료 처리에 따른 토양 화학성

처리	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온(cmol/kg)		
				K	Ca	Mg
<i>2006</i>						
질소기준 액비	7.7	17.3	394	0.62	5.60	1.20
칼리기준 액비	7.5	16.9	369	0.54	4.38	0.94
화학비료	7.6	16.5	360	0.60	5.61	0.84
<i>2007</i>						
질소기준 액비	7.3	19.5	419	0.66	4.82	0.96
칼리기준 액비	7.1	16.5	411	0.52	4.74	0.84
화학비료	7.3	20.8	437	0.61	5.03	0.97
<i>2008</i>						
질소기준 액비	7.4	13.4	399	0.81	5.27	1.15
칼리기준 액비	7.6	14.6	403	0.68	5.33	1.29
화학비료	7.4	16.7	442	0.77	5.17	1.14

⇒ SCB 액비 질소기준에서 토양 중 치환성 칼리함량이 증가하는 경향임

3. 포도

가. 퇴·액비 살포량

- 퇴비 살포량은 퇴비 중의 인산함량을 기준으로 설정한다.
 - 일반적으로 포도 재배에 적당한 인산 기비량은 4~6kg/10a
- 포도과원에서 가축분퇴비 시용량(kg/10a) 계산은 사과편 참조
- SCB 액비는 질소 함량 기준으로 시용할 경우 토양 중 칼리함량이 증가할 우려가 있으면 이때는 토양 중 칼리함량을 기준으로 가을과 이른 봄에 기비로 살포하고 부족한 질소 시비량은 5월에 추비로 살포한다.
- 시비처방서가 없는 경우는 표준시비량 또는 농업기술센터 추천량을 기준으로 살포한다.



〈그림-43〉 SCB 액비 사용한 포도 과원

나. 살포 방법

- 가축분 퇴비 시용은 물리성 개량 목적이 큼으로 기비로 사용하며 토양과 고루 섞이도록 한다.
- 가축분 퇴비의 시용량은 화학 분석치를 근거로 하며 분석이 곤란할 경우는 가축분 종류별 3요소 평균 성분함량 <표-83>을 기준으로 시비량을 정한다.
- 액비는 일단 뿌리고 나면 옆으로 이동이 잘 안되므로 액비 살포기를 이용하여 수관 하부에 고루 살포하여야 함
- 밑거름(기비)의 액비 시용은 늦은 가을과 이른 봄 2회 나누어 살포 한다. 살포량 비율은 토성에 따라 다르게 살포하며 모래가 많이 섞인 토양일수록 가을 시비량 비율을 줄여

가을 : 봄 시비량은 2 : 8 또는 3 : 7, 5 : 5 비율로 살포한다.



〈그림-44〉 가축분 퇴비 과다 사용한 포도 과원

다. 재배시 유의사항

- 가축분 퇴비는 pH 교정, 유기물함량 증가, 작물에 양분공급 효과 등이 있으나 과다 사용은 토양 중의 인산, 칼리가 집적될 수 있으므로 적량이 사용되도록 한다.
- 기상, 토성 및 비옥도에 따라 액비사용 포장에서 배나무의 생육 차이가 있을 수 있으므로 생육상태에 따라 화학비료를 가감한다.
- 액비 과다사용은 생육초기 영양생장이 촉진되어 도장하면 꽃눈발달이 부진하여 익년도 착과량이 적을 수 있으며 질소 과다는 포도의 당도가 떨어질 수 있다.
- 액비 관비는 화학비료 사용보다 효과가 높을 수 있으므로 과용하지 말고 경사지 과원에서는 하부로 흘러가면 위쪽보다 아래쪽이 비료 효과가 클 수 있으므로 경사지 과원에서 사용시 주의하여야 한다.
- 액비는 받을 때 마다 비료성분이 다르므로 분석하여 질소를 기준으로 사용량을 산출하여야 한다.
- 경사가 15% 이상 지역이나 사질토양 및 환경규제(상수원보호, 특별 대책, 자연공원) 지역에서는 수질오염원이 될 수 있기 때문에 환경 보전 차원에서 사용을 자제한다.

〈참고자료〉

□ SCB액비를 이용한 포도 재배 (충북농업기술원 포도연구소, '09)

○ 처리내용

- 시험품종 : 자옥(비가림재배)
- 처리시기 : 10월말
- 재 배 법 : 표준재배에 준함(무핵재배)
- 처리수준 : 토양진단 시비량의 N 60%, 100%
토양진단 시비량의 K 60%, 100%, 관행시비구

〈표-109〉 개화기 포도의 생육현황(6.4)

처리	신초장 (12절)	절간장 (3절)	절간경 (3절)	엽장 (3절)	엽폭 (3절)
	(cm)	(cm)	(mm)	(cm)	(cm)
전량 가을	65.3	4.8	6.0	10.2	13.4
전량 봄	63.5	4.9	5.9	10.5	14.3
가을+봄 50%	66.2	4.8	6.3	10.2	13.8
관 행	66.5	4.8	6.2	10.3	1.32

〈표-110〉 착색기 포도의 생육현황(7.15)

처리	신초장 (12절)	절간장 (3절)	절간경 (3절)	엽장 (3절)	엽폭 (3절)
	(cm)	(cm)	(mm)	(cm)	(cm)
전량 가을	81	6.5	6.9	13.8	19.4
전량 봄	80	6.9	7.0	14.6	20.9
가을+봄 50%	80	6.6	7.4	13.7	19.7
관 행	84	6.8	7.5	14.0	18.9

⇒ SCB 액비를 이용한 포도재배에서 생육 차이가 없음

〈표-111〉 착색기 토양의 화학적 특성변화(7.15)

구 분	pH	유기물	유효인산	Ex. cation(cmol kg ⁻¹)			EC
	(1:5)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	K	Ca	Mg	(dS m ⁻¹)
시험 전	6.4	22	435	0.65	7.2	2.0	1.8
전량 가을	6.3	22	365	0.60	7.1	2.1	1.8
전량 봄	6.4	23	382	0.63	7.2	2.4	1.7
가을50+봄50	6.4	23	374	0.62	7.4	2.1	1.7
관 행	6.2	22	364	0.64	6.8	1.8	1.8

EC: 전기전도도

⇒ 전량 가을, 전량 봄, 가을 50%+ 봄 50% 처리간에 차이가 없는 것은 토성에 따라 달라질 수 있음을 시사하고 있음

4. 감굴

가. 퇴·액비 살포량 및 살포방법

- 퇴비 살포량은 퇴비 중의 인산함량을 기준으로 설정한다.
 - 일반적으로 감굴 재배에 적당한 인산 기비량은 300평당 15~25kg임
- 감굴과원에서 가축분퇴비 시용량(kg/10a) 계산은 사과편 참조
- 액비 살포량은 액비중 성분함량이 가장 높은 칼륨함량을 기준으로 설정한다.
 - 질소함량 0.13~0.14%, 인산 0.01%, 칼륨(K) 0.19±0.2%
 - 칼륨함량 기준시 칼리(K₂O)의 표준시비량인 300평당 19kg를 사용하기 위해서는 300평당 연간 8.4톤의 액비를 살포한다.
 - 액비 8.4톤(질소함량 0.14%)에는 질소 11.7kg이 포함되어 있으므로 질소의 연간 표준시비량인 23kg을 맞추기 위해서는 요소 24.5kg을 보충해줌
 - 액비내 인산(0.02%)은 매우 적은 양임으로 비료로서 표준시비량인 20kg(용성인비 100kg)을 사용한다.
- 봄비료는 300평당 액비 2.52톤과 요소 17.3kg, 용성인비 100kg을 3월초순경에 살포한다.
- 여름비료는 5월 말~6월 초순경에 액비 3.36톤을 사용한다. 여름비료가 늦을 경우 집중강우에 의해 유거될 위험성이 있으므로 강우직전에는 살포하지 않도록 유의한다.

- 극조생 온주밀감인 경우 가을비료는 수확직 후 살포하도록 한다. 일반조생인 경우 수확시기가 늦어 11월 중순이후가 되면 지온이 낮아 비료의 흡수가 낮아지므로 이때에는 토양살포대신 요소비료 0.3%액을 1주 간격 2~3회 엽면살포 하도록 한다.

봄비료	여름비료	가을비료	합 계(kg/10a) 질소(N)-인산(P ₂ O ₅)-칼리(K ₂ O)
액비 2.52톤 요소 17.3kg 용성인비 100kg	액비 3.36톤	액비 2.52톤 요소 7.4kg	23 - 20 - 19

- 300평당 2.52톤은 전 면적에 2.52mm의 비가 내린 양과 같음. 농가에서 실제적으로 살포시 부분적으로 사용되므로 사용되는 부분은 상당히 많은 양이 투입되게 되므로 가급적 2~3회에 나눠서 사용하고, 골고루 사용하도록 주의를 기울인다.
- 경사가 15% 이상 지역이나 사질토양 및 환경규제(상수원보호, 특별대책, 자연공원) 지역에서는 수질오염원이 될 수 있기 때문에 환경 보전 차원에서 사용을 자제한다.

나. 재배시 유의사항

- 기상, 토성 및 비옥도에 따라 액비사용 포장에서 감귤나무의 생육 차이가 있을 수 있으므로 생육상태에 따라 화학비료를 가감한다.
- 액비 과다사용은 생육초기 영양생장이 촉진되어 도장하면 꽃눈발달이 부진하여 착과량이 적을 수 있으며 양분 과다는 감귤의 품질을 떨어뜨리고, 토양환경을 악화시키므로 주의한다.
- 액비 사용은 관비로 화학비료 사용보다 효과가 높을 수 있으므로 과용하지 말고 경사지 과원에서는 하부로 흘러가면 위쪽보다 아래쪽이 비료 효과가 클 수 있으므로 경사지 과원에서 사용 시 주의하여야 한다.
- 액비는 받을 때 마다 비료성분이 다르므로 분석하여 칼리와 질소를 기준으로 사용량을 산출하여 사용토록 한다.

〈참고자료〉

〈표-112〉 발효 돈분액비의 대체비료 선정에 따른 무기물 함량(감굴시험장, '05)

구 분	pH	EC (dS/m)	T-N (%)	P	K	Ca	Mg	Na
				(mg/kg)				
검정침전조	8.7	52.6	0.14	143	2,098	164	26	538
후보침전조	8.8	50.0	0.14	112	1,700	64	3	427

〈표-113〉 액비살포후의 토양성분 변화(감굴시험장, '05)

처리별	pH	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	T-N (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation (cmol ⁺ /kg)				Fe	Mn	Zn	Cu
						K	Ca	Mg	Na	(mg/kg)			
액비정량	4.9	0.2	151.2	0.60	228	0.80	4.0	0.9	0.1	81	6	7	2
화학비료	5.4	0.5	132.0	0.51	241	1.90	5.8	1.5	0.35	118	33	21	5
액비반량	4.5	0.4	145.6	0.52	243	0.58	1.5	0.8	0.1	125	10	7	1
무 처 리	5.0	0.2	151.7	0.77	269	0.30	6.9	1.9	0.1	130	27	25	5
액비 2배	4.8	0.6	149.9	0.54	449	1.33	5.0	1.5	0.2	106	38	16	3

※ 시험토양 : 화산회토

화학비료 시비량 : N-P₂O₅-K₂O = 28-40-28kg/10a (기준 화산회토 성목 표준시비량)

분비료 시용량 : 질소 50%, 인산 100%, 칼리 30%인 14-40-8.4kg/10a

분비료 액비 처리 정량 : 액비 5톤(3회분시)+용성인비 200kg +요소 15.2kg

살포 3월, 조사 6.11일

〈표-114〉 돈분 액비 처리 3년차인 감귤원의 과실 품질(감굴시험장, '07)

구 분	횡경(mm)	과중(g)	과육율(%)	과피두께(mm)	당도(° Bx)	산함량(%)	당산비
액비정량	62.7	107.5	79.3	2.7	9.2±0.5	1.05±0.11	8.82
화학비료	61.4	99.8	80.2	2.4	9.4±0.3	1.02±0.08	9.31
액비반량	61.5	99.2	80.3	2.5	9.4±0.5	1.04±0.13	9.12
무 처 리	61.6	98.9	81.0	2.4	9.0±0.3	0.90±0.09	10.10
액비 2배	61.6	101.9	80.1	2.5	8.7±0.4	1.13±0.12	7.80

〈표-115〉 돈분액비 처리시 감귤의 수확량(kg/주) (감굴시험장, '04~'07)

처리별	2004년	2005년	2006년	2007년
액비정량	64.6	76.6	52.8	91.8
화학비료	15.8	76.3	59.3	92.4
액비반량	59.2	74.9	40.8	87.2
무 처 리	53.3	63.2	34.2	64.6
액비 2배	-	79.5	83.5	74.4

〈표-116〉 액비 사용에 따른 감귤 과실 특성(제주도 농업기술원)

구 분	과피 두께 (mm)	당도 (° Bx)	산도 (%)	당산비	착색도
화 학 비 료	2.40	9.8	0.81	12.0	16.5
액비 100%	2.35	9.7	0.78	12.4	17.3
화학비료 50%+액비 50%	2.40	9.9	0.75	13.2	17.8

※ 시험토양 : 농암갈색색화산회토

화학비료 시비량(검정시비량) : N-P₂O₅-K₂O = 30-40-16.6kg/10a

액비시비량(화학비료 50% 사용 기준) : 봄 2.3톤 가을 1.4톤/10a

〈표-117〉 시험 전·후 토양화학성(제주도 농업기술원)

구 분	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	Ex. cation(cmol/kg)		
				K	Ca	Mg
시험 전	4.5	125	282	0.79	4.5	0.98
화학비료	4.3	126	217	0.56	3.4	0.48
액비 100%	4.4	131	160	0.38	2.7	0.38
화학비료 50%+액비 50%	4.4	135	193	0.48	3.0	0.42

제8장 초지 및 사료작물에서의 액비 사용방법

□ 액비 살포시 고려사항

- 액비 살포시는 경운 또는 로타리 작업 후 살포하여 흘러내림을 방지하고 고르고 빠르게 스며들게 하여야함
- 살포 후에는 빠른 시일안에 다시 로타리를 하는 것이 악취를 줄일 수 있음
- 효율적인 액비 살포는 지중에 주입하여 질소의 휘산 방지
- 지표에 살포할 때는 가급적 낮게 또는 흘러 뿌려줌으로서 질소의 휘산량을 감소시킬 수 있어 환경오염 경감
- 사료용 옥수수나 수수×수단그라스 교잡종은 어느 정도 생육하기까지 나지에 가까운 상태가 유지되어 강우 시 비료성분 및 토양의 유실이 우려되어 이에 대한 대책이 필요함

□ 액비 살포시 유의사항

- 완숙된 액비로서 안정화된 것을 이용하는 것이 원칙이며 살포 전 기후, 지형, 토양조건을 고려하고 인근의 피해를 최소화하여야함.
- 안정화된 액비의 조건은 균일성, 액상화, 저 점착력, 무악취, 작물피해가 없는 등의 조건을 갖추어야 함
- 액비 중 질소 농도가 낮을 경우는 액비의 사용량이 증가하며 이때는 한번에 살포하는 것보다 시차를 두고 나누어서 살포하는 것이 좋음

〈표-118〉 가축분뇨의(돈분액비) 화학성분

구분	T-N (%)	pH	NH ₄ ⁺ -N (ppm)	DM* (%)	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
					ppm				
초지	0.34	7.9	840	1.3	3,910	1,396	106	1,731	489
사료작물	0.35	8.0	1,307	1.0	3,440	1,260	165	1,556	451

- DM* : Dry matter

- 질소의 함량이 0.35%로 보통 수준임

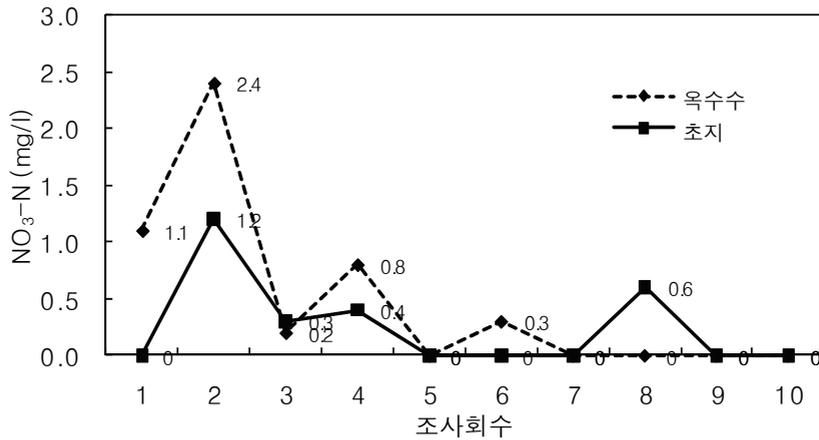
〈표-119〉 돈분액비 살포 후 약취정도 (관능법)

구분	조사일수			
	살포당일	1일 후	2일 후	3일 후
약취정도	< 3.3	< 1.9	< 0.8	< 0.3

0 : 무취기(None) 1 : 감지 취기(Threshold) 2 : 보통 취기(Moderate) 3 : 강한 취기(Strong)

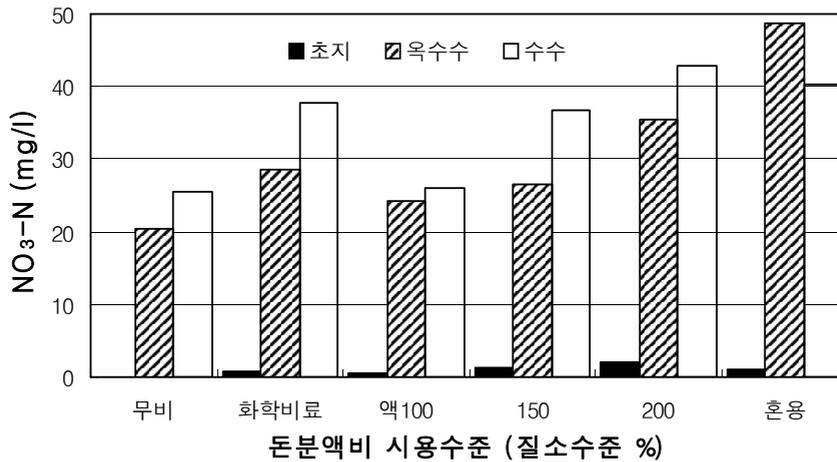
4 : 극심한 취기(Very strong) 5 : 참기 어려운 취기(Over strong)

- 약취는 살포당일에는 강한 취기이나 2일 후에는 무취에 가까움



〈그림-45〉 포장의 침투수중 시기별 NO₃-N 함량

- 침투수중 질산태 질소(NO₃-N) 함량은 시용초기 많으며 작물별로는 옥수수가 초지보다 많은데 이는 초지의 특성상 4~5회 분시하는 관계로 용탈량이 미미함



〈그림-46〉 포장의 침투수중 액비사용 수준별 NO₃-N 함량

- 침투수중 질산태 질소 함량은 작물별로는 초지, 옥수수, 수수류 순으로 증가하며 사용수준 간에는 화학비료와 액비150% 사용구가 비슷한 용탈량을 보이며 그 이상에서는 현저히 증가함

1. 초 지

가. 액비사용량

- 초지에 돈분액비를 사용할 경우 질소대비 200%까지 수량이 증가하여, 화학비료 사용수준에 이룸
- 초지에서는 연4회에 걸쳐 소량씩 나누어 사용하므로 유거수 및 토양침출수 내 질산태 질소의 검출이 거의 없는 특징이 있음
- 초지에서의 돈분액비 적정사용량은 질소 사용량의 200% 수준임

나. 사용시기 및 방법

- 돈분액비 사용시기는 약취에 의한 가축의 기호성에 영향을 미치지 않도록 방목 개시 15~20일 전에 사용
- 연간 4회에 걸쳐 나누어 사용할 경우 목초의 계절생산성을 고려하여 이른 봄 40%, 1번초

예취 후 30%, 3번초 예취 후 15%, 4번초 예취 후 15%로 설정되어 있음

다. 작물특성 및 유의사항

- 초지는 답압에 강하여 대형기계를 이용한 액비 시용이 가능
- 연중 4회 예취하므로 이른 봄 시비를 포함하여 5회로 나누어 액비를 시용할 수 있음
- 1회 시용량이 적어 토양 및 유거수의 오염 우려가 적음
- 방목 이용시 액비 시용에 따른 가축 기호성에 변화가 있을 수 있음
- 초지는 경사지에 많이 조성됨으로 일시에 액비를 많이 뿌리면 하천으로 흘러들어가 물을 오염시킬 수 있으므로, 경사도와 토양의 액비 흡수 정도를 고려하여 시용
- 액비를 골고루 뿌리지 못하면 식생이 불균일해져 단위면적당 생산성에 차이가 발생하여 목구간 체목일수가 달라질 수 있음

□ 추가사항

- 초지는 잔뿌리가 지표에 많이 분포하여 흡수력이 뛰어나므로 유거수 및 토양 침출수에서 질산태 질소는 검출되지 않아 많은 양을 환원할 수 있음

〈참고자료〉

〈표-120〉 돈분액비 처리 수준별 목초 생산성

예취 회수	건물수량 (톤/ha)				
	무비구	화학비료구	돈분액비 100%구	돈분액비 150%구	돈분액비 200%구
1차	4.42	6.37	4.71	5.19	5.68
2차	1.47	2.44	1.86	2.22	2.75
3차	2.25	3.07	2.39	2.43	2.17
4차	1.78	1.83	2.06	1.86	2.03
누계 수량	9.9	13.7	11.0	11.7	12.6
수량지수	72	100	80	85	92

- 돈분액비 사용량이 질소기준 200%까지 목초생산성이 증가

〈표-121〉 돈분액비 시용에 따른 식생구성 변화

처 리	구성요소	1차 예취	2차 예취	3차예취	4차예취
무비구	화본과 목초	33.3	61.0	51.0	51.0
	두과 목초	66.7	39.0	48.3	30.0
	잡 초	-	-	0.7	19.0
화학비료구	화본과 목초	53.3	69.3	55.7	41.0
	두과 목초	46.7	30.7	14.3	12.3
	잡 초	-	-	30.0	46.7
돈분액비 100%구	화본과 목초	43.3	50.0	74.0	54.7
	두과 목초	56.7	50.0	25.0	24.3
	잡 초	-	-	1.0	21.0
돈분액비 150%구	화본과 목초	33.3	60.0	74.0	60.7
	두과 목초	66.7	40.0	25.7	29.3
	잡 초	-	-	0.3	10.0
돈분액비 200%구	화본과 목초	30.0	55.0	58.7	50.0
	두과 목초	70.0	45.0	39.0	38.3
	잡 초	-	-	2.3	11.7

- 돈분액비 시용수준에 따른 식생변화는 적으나, 화학비료구에서 잡초발생량이 증가되는 경향이 있음

2. 사료용 옥수수

가. 액비 시용량

- 투입된 질소량에 대한 건물 생산량은 액비 100% 시용시 가장 높음
- 사료용 옥수수 재배시 수량과 환경을 고려한 액비 적정수준은 질소 기준으로 퇴구비 100%를 기비로 사용하고 비료성분이 부족하면 화학비료 혹은 액비를 추가 시용함

나. 시용시기 및 방법

- 옥수수는 봄에(4월중, 하순) 파종하여 여름(8월중, 하순)에 이용하는 관계로 가축분뇨시용은 파종시에 기비로 이용하는 것이 적합.
- 기비로 시용할 경우는 적어도 파종 2~4주 전에 살포하여 가축분뇨 시용으로 인한 피해를 제거하여야 함

다. 작물의 특성 및 유의 사항

- 옥수수는 수량 증수를 위해서는 다량 시용이 유리하지만 환경오염과 액비 연용시 토양중의 중금속 축적 및 염류의 집적을 고려하여 적정 시용량 준수
- 옥수수는 다비성 작물로 액비 살포량 과다시는 식물체내에 질산태 질소함량이 증가하며 이것을 가축에 다량 급여시 대사장애가 나타날 수 있어 적정 시용량 준수

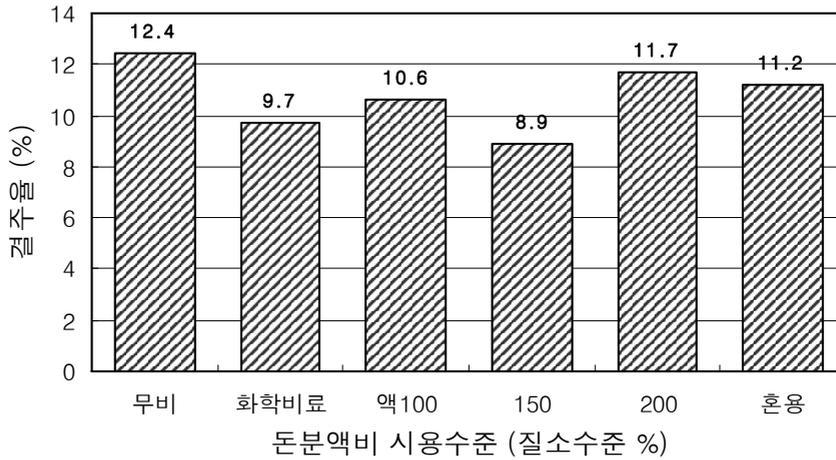
〈참고자료〉

〈표-122〉 돈분액비 이용시 옥수수 생육특성

처리내용	초기생육 (1-9)*	도복 (1-9)*	초 장 (cm)	옆 장 (cm)	엽 폭 (cm)	경직경 (mm)	당도 (%)	후기녹색도 (1-9)* (수확시)
1. 무비구	3.7	1.9	286	84.8	11.0	22.0	6.8	2.6
2. 화학비료구	3.2	1.9	282	84.6	11.6	22.5	6.9	1.6
3. 액비100%	3.5	1.9	280	85.2	11.1	18.4	8.6	2.0
4. 액비150%	2.2	2.2	283	84.7	11.3	22.7	7.0	1.8
5. 액비200%	2.2	2.7	288	86.3	11.2	22.6	6.6	1.8
6. 액비100% +화학비료	2.7	2.8	282	84.8	11.1	21.7	6.0	3.3

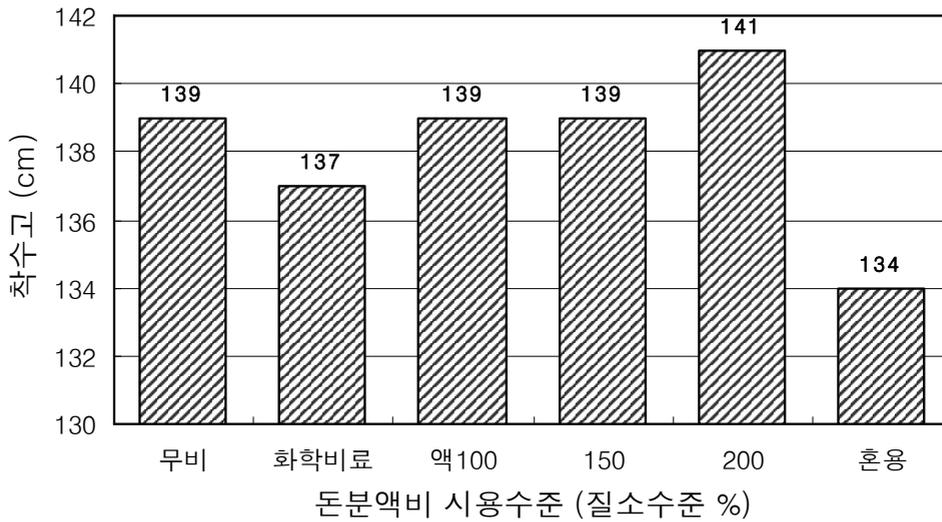
* 1 : 양호(강), 9 : 불량(약)

- 액비를 사용하면 화학비료를 사용한 것에 비하여 초기생육은 양호하나 도복이 증가 하고, 엽장, 엽폭, 경직경, 당도, 후기녹색도 등 일반적인 생육특성에는 차이가 없음



〈그림-47〉 돈분액비 이용시 옥수수 결주율

- 결주율은 액비 150% 수준까지는 큰 차이가 없으나 그 이상 사용시는 증가하는 경향이 있음



〈그림-48〉 돈분액비 이용시 옥수수 착수고

- 착수고는 화학비료를 사용한 것에 비하여 높은 경향이나 150% 수준까지는 큰 차이가 없음

〈표-123〉 돈분액비 이용시 옥수수의 병해

처리내용	이병성*(1~9)	흑조위축병(%)	줄기썩음율(%)
1. 무비구	2	1.3	0
2. 화학비료구	2	2.0	1.3
3. 액비 100%	2	2.6	0
4. 액비 150%	2	0.6	1.3
5. 액비 200%	2	2.6	0.6
6. 액비 100%+CF	2	4.0	2.6

- 액비를 사용하여도 병해 발생에는 차이가 없어 액비사용으로 인한 문제점은 없음

〈표-124〉 돈분액비 이용시 옥수수 암이삭 비율 및 수량

처리내용	암이삭 비율(%)	수량(kg/ha)		TDN수량 (kg/ha)
		건물	지수(%)	
1. 무비구	52.6	19,153	89	13,761
2. 화학비료구	51.5	21,565	100	15,483
3. 액비100%	51.3	19,904	92	14,260
4. 액비150%	48.4	22,908	106	16,243
5. 액비200%	50.3	22,391	104	16,067
6. 액비100%+화학비료	51.3	21,506	100	15,473
LSD(0.05)		4,213.7		

- 액비를 사용함으로 화학비료 이용 시보다 암이삭 비율은 감소되지만 건물수량과 TDN 수량은 증가됨.

〈표-125〉 돈분액비 사용방법별 옥수수의 생육특성

처리내용	결주율 (%)	초기생육 (1-9)*	도복(수확시) (1-9)*	초 장 (cm)	착수고 (cm)
1. 화학비료구	16.5	4.7	2.0	264	151
2. 액비 지중 살포구	17.0	4.4	1.7	255	132
3. 액비 지표 살포구	12.5	5.2	1.9	259	134

* 1 : 양호(강), 9 : 불량(약)

- 생육특성 중 결주율, 초기생육, 도복, 착수고는 액비를 지중에 주입함으로서 향상되는 경향임

〈표-126〉 돈분액비 사용방법별 옥수수의 생육특성

처리내용	옆 장 (cm)	엽 폭 (cm)	경직경 (mm)	당도 (%)	생엽수 (개/주)
1.화학비료구	85.9	11.2	21.9	5.7	10.5
2.액비 지중 살포구	84.7	11.0	21.7	5.7	9.8
3.액비 지표 살포구	84.6	10.8	19.9	7.7	9.6

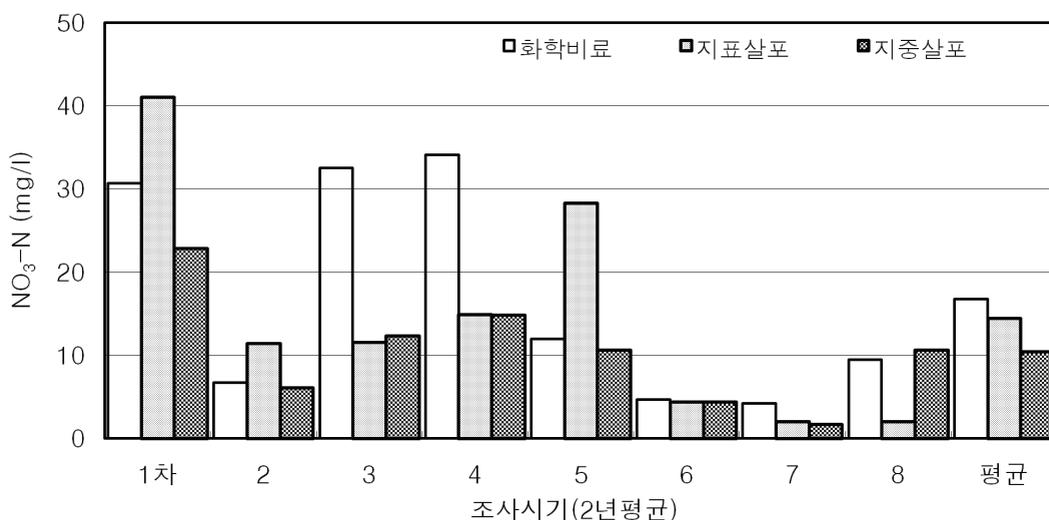
* 1 : 양호(강), 9 : 불량(약)

- 엽장, 엽폭에서는 큰 차이가 없으나 당도에서는 지표살포구가 높고, 경직경과 생엽수는 지중주입구에서 좋음

〈표-127〉 돈분액비 사용방법별 옥수수의 암이삭 비율 및 수량

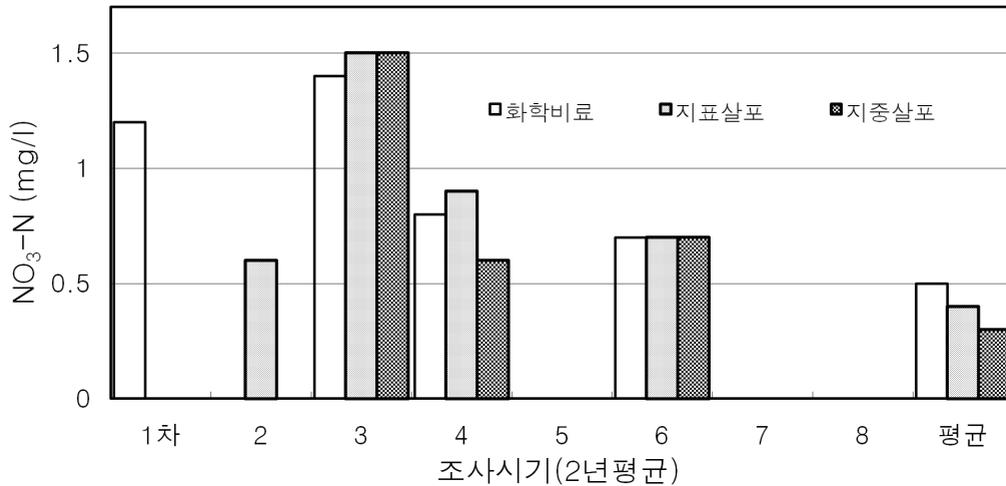
처리내용	암이삭비율 (%)	수량(kg/ha)		TDN수량 (kg/ha)
		건물	지수(%)	
1.화학비료구	47.2	15,932	100	11,281
2.액비 지중 살포구	48.2	16,039	101	11,400
3.액비 지표 살포구	45.0	16,781	105	11,780

- 건물수량은 지표 살포구에서 다소 증수되는 경향이나 큰 차이는 없고 암이삭 비율은 지중 살포구에서 다소 높음



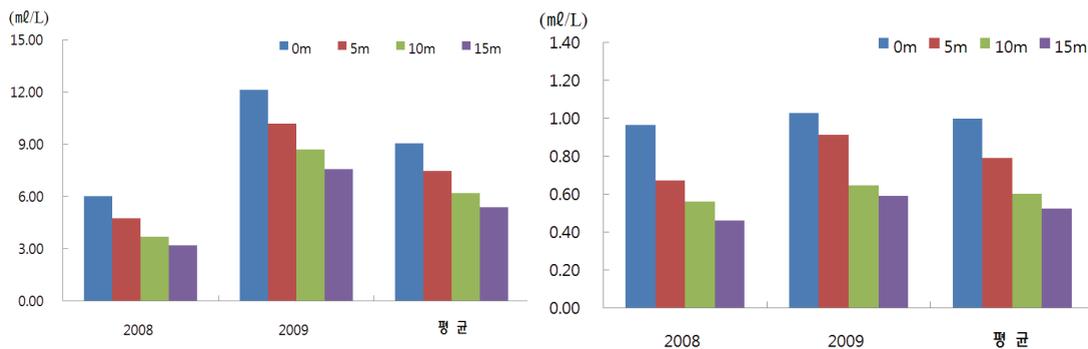
〈그림-49〉 돈분액비 사용방법별 포장의 침투수중 질산태 질소 함량

- 포장의 침투수중 질산태 질소 함량은 조사시기 별로는 사용초기 용탈량이 많은 경향이고, 사용방법간에는 지중살포에서 가장 적음



〈그림-50〉 돈분액비 사용방법별 포장의 유거수중 NO₃-N 함량

- 포장의 유거수중 질산태 질소 함량은 조사시기 별로는 일정한 경향은 없으나, 사용방법간에는 지중살포구에서 용탈량이 가장 적음
- 파종 직후에는 경운에 의해 나지에 가까운 상태로 강우에 의해 비료성분 및 토양의 유실 우려가 있어 초지수변 완충지대를 설치하는 것이 바람직함
 - 초지 수변완충지대의 길이는 10m가 적당함



〈그림-51〉 수변완충지대 설치길이에 따른 질소(왼쪽) 및 인(오른쪽)의 저감효과

3. 수수×수단그라스

가. 액비 사용량

- 수수×수단그라스 재배에 있어서 가축분뇨의 적정 사용량은 질소성분 기준 100% 임
- 투여된 질소량에 대한 건물생산량은 가축분뇨 100% 시용시 가장 높아 수량과 환경을 고려한 적정수준은 100%가 바람직하고, 1차수확 후 추비를 함으로서 재생력을 높일 수 있어 액비와 화학비료의 병행 시용이 유리함

나. 시용시기 및 방법

- 수수×수단그라스는 봄에(5월초, 중순) 파종하여 가을(9월중, 하순)까지 대부분 2회 예취 이용하는 관계로 액비사용은 파종시에 기비와 1차예취(7월하순) 후 추비로 사용할 수 있음
- 기비로 사용할 경우는 적어도 파종 2~4주전에 살포하여 가축분뇨 시용으로 인한 피해가 제거됨
- 추비를 할 경우는 1차 예취후에 기후나 포장조건을 고려하여 적정량을 살포함

다. 작물의 특성 및 유의 사항

- 수수×수단그라스는 증수를 위해서는 다량 시용이 유리하지만 환경오염과 액비 연용시 토양중의 중금속 축적 및 염류의 집적을 고려하여 적정 사용량을 준수하여야함
- 수수×수단그라스도 옥수수과 같이 다비성 작물로 액비를 다량 살포시는 식물체내에 질산태 질소 함량이 증가하며 이것을 다량 급여시 가축에 대사장해가 나타날 수 있어 적정 사용량을 유지하여야 함

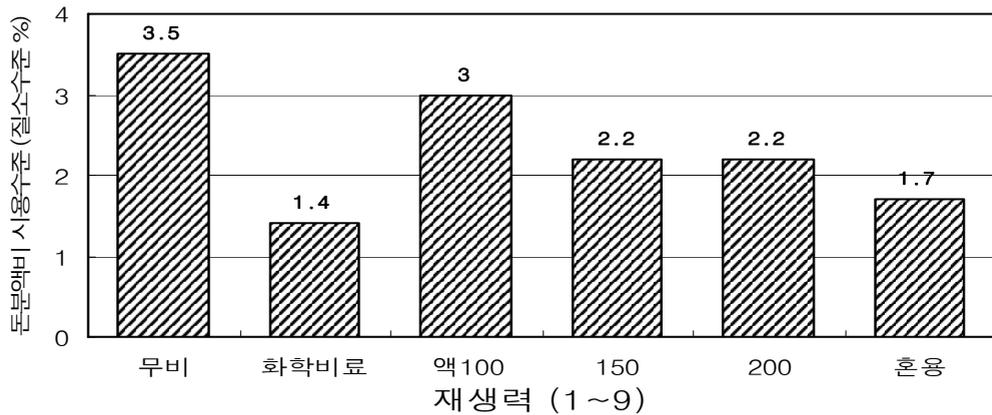
〈참고자료〉

〈표-128〉 돈분액비 이용시 수수*수단그라스 교잡종 생육특성

처리내용	초기생육 (1~9)*	초 장(cm)		엽 장 (cm)	엽 폭 (cm)	경직경 (mm)	당도 (%)	도복 (1~9)
		1차	2차					
1.무비구	3.9	218	185	88.5	5.7	11.2	5.2	1
2.화학비료구	2.9	260	200	85.8	5.7	10.6	5.0	2
3.액비100%	1.9	252	193	85.7	5.6	9.9	6.2	1
4.액비150%	1.4	249	195	84.1	5.5	10.8	5.7	2
5.액비200%	1.9	258	195	84.5	5.9	10.4	5.4	2
6.액비100%+화학비료	2.2	247	193	84.5	5.5	10.5	5.5	2

* 1 : 양호(강), 9 : 불량(약)

- 가축분뇨를 사용하여도 화학비료를 사용한 것에 비하여 초장, 엽장, 경직경 등 일반적인 생육특성은 차이가 없으나 당도는 증가됨.



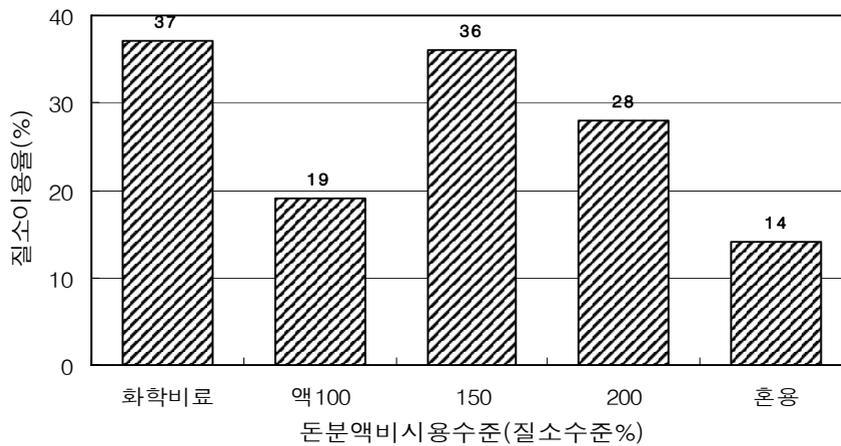
〈그림-52〉 돈분액비 이용시 수수*수단그라스 교잡종의 재생력

- 재생력은 가축분뇨 사용량이 증가할수록 높아지는 경향이고, 특히 1차 수확 후 화학비료 추비시는 뚜렷한 효과가 있어 가축분뇨와 화학비료의 혼용이 효과적임

〈표-129〉 돈분액비 이용시 수수×수단그라스 교잡종의 수량

처리내용	건물수량 (kg/ha)	수량지수 (%)	TDN 수량 (kg/ha)
1.무비구	16,742	76	6,433
2.화학비료구	22,008	100	9,909
3.액비100%	18,703	85	7,819
4.액비150%	20,642	94	8,772
5.액비200%	22,304	101	9,850
6.액비100%+화학비료	21,797	99	9,664
LSD(0.05)	NS		

- 수량은 가축분뇨 이용시에 화학비료 이용보다 감소되는데 이것은 수수×수단그라스의 생육기간이 길어 비절현상이 나타난 것으로 사료되며 따라서 화학비료와 병행이용이 바람직함



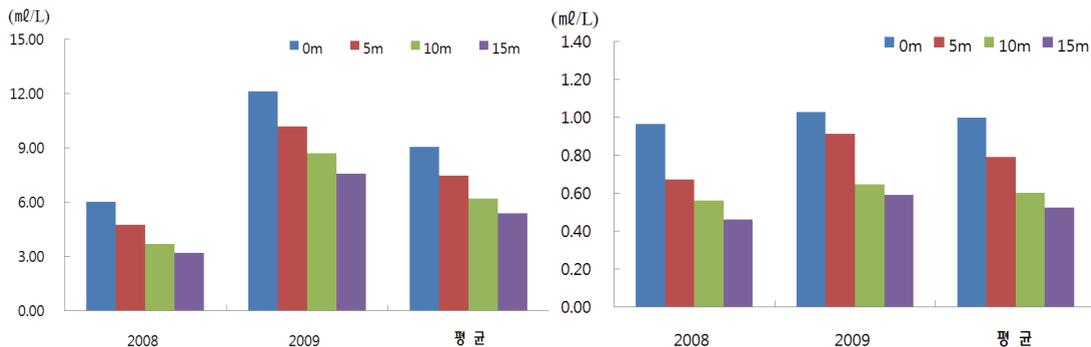
〈그림-53〉 돈분액비 이용시 수수×수단그라스 교잡종의 질소 이용률

- 투입된 질소 이용률은 액비150% 이용시 가장 높으며 액비를 그 이상에서는 질소이용 효과가 적음

〈표-130〉 돈분액비 이용시 수수×수단그라스 교잡종 일반성분함량 및 소화율

처 리	ADF	NDF	소화율	조단백질
1. 무처리	33.8	64.6	67.9	12.3
2. 화학비료	36.3	65.5	65.3	13.5
3. 액비100%	35.7	65.1	64.3	12.1
4. 액비150%	36.2	64.3	64.9	13.5
5. 액비200%	33.2	60.8	63.6	13.1
6.액비100%+화학비료50%	34.0	66.6	67.3	13.4

- 액비사용에 따른 수수×수단그라스의 사료가치는 ADF, NDF, 조단백질, 소화율에서 차이가 없어 액비사용에 의한 사료가치의 저하는 나타나지 않음
- 파종 직후에는 경우에 의해 나지에 가까운 상태로 강우에 의해 비료성분 및 토양의 유실 우려가 있어 초지수변 완충지대를 설치하는 것이 바람직함
- 초지 수변완충지대의 길이는 10m가 적당함



〈그림-54〉 수변완충지대 설치길이에 따른 질소(왼쪽) 및 인(오른쪽)의 저감효과

4. 호 밀

가. 액비 시용량

- 호밀 재배에 있어서 액비의 적정 시용량은 질소성분 기준 100% 임
- 100% 이상 시용효과도 인정되지만 투여된 질소량에 대한 건물생산량이 낮아 잔류량이

토양 중에서 용탈되어 수질오염에 영향을 미칠 수 있어 호밀의 수량과 환경을 고려한 적정수준은 100%가 바람직함

나. 시용시기 및 방법

- 호밀은 가을(10월초, 중순)에 파종하여 이듬해 봄(5월초, 중순)에 수확 이용되는 관계로 액비시용은 파종시와 월동 후 이른 봄(3월중, 하순)에 두 번에 나누어 사용하는 것이 바람직함
- 가을에 시용할 경우는 적어도 파종 2~4주전에 살포하여야함
- 봄에 추비를 할 경우는 월동 후(3월중, 하순)에 살포

다. 작물특성 및 유의 사항

- 봄철에 추비로 다량 살포시는 거름기가 후기까지 지속되어 도복의 위험성이 상존하며 도복될 경우 기계작업이 어렵고 수량의 손실량도 증가되므로 주의하여야 함
- 외국의 경우 작물이 생육하지 않는 시기나 동절기는 원칙적으로 살포 금지하는 경우도 있음

〈참고자료〉

〈표-131〉 돈분액비 이용시 호밀의 생육특성

처 리	월동 후 생육 (1 - 9)*	도 복 (1 - 9)*	초 장 (cm)
1. 무처리	2.5	3.8	160
2. 화학비료	1.5	6.3	145
3. 액비100%	1.9	5.5	151
4. 액비150%	1.7	5.6	153
5. 액비200%	1.0	5.0	149
6. 액비100%+화학비료50%	1.7	5.4	147

* 1 : 양호(강), 9 : 불량(약)

- 액비를 시용하여도 화학비료를 사용한 것에 비하여 월동 후 생육상황, 도복 및 초장에는 차이가 없음

〈표-132〉 돈분액비 이용시 호밀의 수량

처 리	생초수량 (kg/ha)	건물수량 (kg/ha)	TDN 수량 (kg/ha)	수량지수 (%)
1. 무처리	35,278	9,846	7,419	82
2. 화학비료	50,445	11,950	9,004	100
3. 액비100%	41,334	12,211	9,201	102
4. 액비150%	44,056	12,083	9,104	101
5. 액비200%	46,000	12,383	9,331	104
6. 액비100%+화학비료50%	50,222	13,824	10,416	116
LSD (0.05)	2,138.3			

- 액비 사용량이 증가할수록 화학비료 사용시보다 수량이 증가하는 경향이고 특히 액비100%+화학비료 50% 증비시는 16%의 증수 효과가 있음

〈표-133〉 돈분액비 이용시 호밀의 사료가치

처 리	ADF	NDF	소화율	조단백질
1. 무처리	33.4	56.6	71.0	9.8
2. 화학비료	33.6	56.9	66.6	12.0
3. 액비100%	33.8	57.1	70.8	10.6
4. 액비150%	31.9	55.4	70.1	12.2
5. 액비200%	32.1	54.8	70.8	11.0
6. 액비100%+화학비료50%	31.8	56.0	68.6	12.1

- 액비사용에 따른 호밀의 사료가치는 ADF, NDF, 조단백질은 차이가 없으나 소화율은 오히려 액비를 살포하므로 4% 정도 개선되어 액비사용에 의한 사료가치의 질적 저하는 나타나지 않음
- 파종 직후에는 경운에 의해 나지에 가까운 상태로 강우에 의해 비료성분 및 토양의 유실 우려가 있어 초지 수변완충지대를 설치하는 것이 바람직함
- 초지 수변완충지대의 길이는 10m가 적당함

5. 귀 리

가. 액비 사용량

- 귀리의 적정 우분액비 사용량은 ha당 60~70톤(전질소 0.2%), 돈분액비는 24~30톤(전질소 0.5%) 내외이나 호밀 재배시와 대등한 양을 살포

나. 사용시기 및 방법

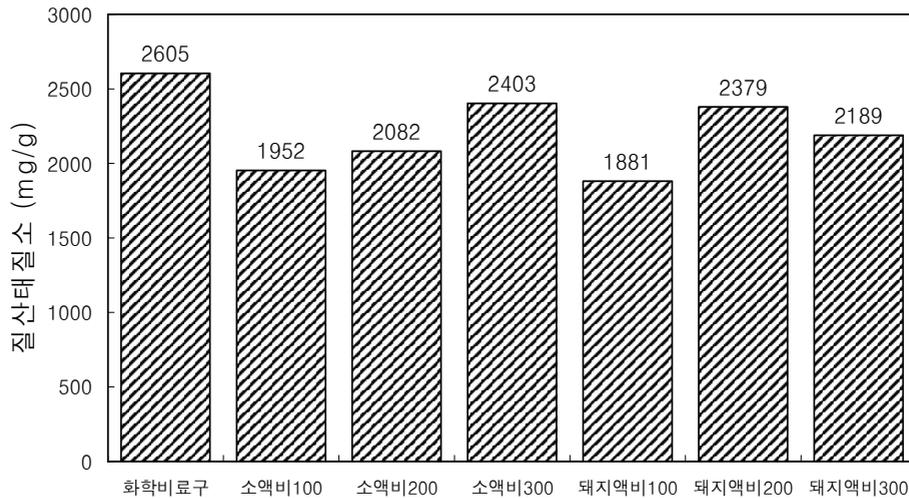
- 귀리는 일반적으로 봄재배와 가을 재배로 구분되며 봄재배는 3월중순에 파종하여 6월 초순에 이용하며 가을재배는 8월 하순에 파종하여 10월말~11월 초순에 이용하기 때문에 봄 재배는 큰 문제가 없으나 가을 재배시는 태풍이 자주 발생하므로 기상 변동을 예지하고 액비를 살포하여야함

다. 작물특성 및 유의사항

- 귀리는 생육기간이 보통 70~80일로 짧고 다비성 작물이기 때문에 가축분뇨의 과다 사용은 질산염이 다량 축적될 우려가 있으므로 주의

〈참고자료〉

- 우분액비나 돈분액비 공히 사용량이 증가할수록 건물수량은 큰 폭으로 증가되나 100%사용으로도 화학비료구보다 많은 건물수량을 얻을 수 있으므로 그 이상 사용은 환경오염이나 식물체내 질산 축적 등을 고려할 때 바람직하지 않음



〈그림-55〉 가축분뇨 시용수준별 귀리 중 질산태 질소 함량

- 우분액비나 돈분액비 공히 시용량이 증가할수록 식물체내의 질산태 질소의 함량 증가

6. 답리작 사료작물

가. 액비시용량

- 답리작으로 재배되는 동계사료작물인 호밀, 보리, 이탈리아안 라이그라스는 돈분액비 시용량이 많을수록(200%) 수량이 증대되는 경향이 있음
- 질소대비 200% 수준으로 돈분액비를 사용할 경우 토양 침출수에서 질산태 질소가 검출되어 토양오염 우려가 있음
- 조사료 생산성과 환경오염을 고려한 답리작사료작물의 돈분액비 적정시용량은 질소성분 기준 150% 수준임

나. 시용시기 및 방법

- 질소대비 150%의 돈분액비는 일시에 기비로 사용하기에는 많은 양으로 1회에 전량을 사용하지 말고 2회로 나누어 시용
- 시용전 로타리 작업을 하여 흡수가 용이토록 한 후에 돈분액비를 사용하고 건조 후 다시 로타리 작업을 하여 골고루 섞이도록 조치

- 돈분액비와 화학비료를 혼용할 경우, 돈분액비는 기비로 이용하고, 화학비료는 이듬해 이른 봄에 추비로 이용

다. 작물특성 및 유의사항

- 답리작 사료작물 재배는 주곡생산 기반인 논을 조사료생산 기반으로 활용하므로, 토양오염에 더욱 신중하여야함
- 겨울철동안 논에 가축분뇨 이용 사료작물 재배는 조사료 공급과 자연경관 유지로 국토의 공익적 기능 증대
- 이탈리아인 라이그라스는 이른 봄 추비에 의해 왕성한 생육을 보이므로 화학비료를 추비로 이용하는 것이 바람직함

〈참고자료〉

〈표-134〉 돈분액비 시용 수준별 답리작 사료작물 생육상황

작 목	시용수준	초장 (cm)	건물물 (%)	건물수량 (톤/ha)	수량지수
호밀	돈분 200%	148.1	35.0	8.76	98
	돈분 150%	160.7	34.0	6.34	71
	돈분 100%	153.1	36.5	6.04	67
	100%+화학비료구	159.8	29.5	9.20	103
	화학비료구	150.1	35.5	8.95	100
	무비구	156.1	33.0	4.20	47
보리	돈분 200%	85.0	300	6.65	104
	돈분 150%	92.5	28.0	7.14	111
	돈분 100%	72.2	34.0	4.32	67
	100%+화학비료구	76.7	31.0	5.15	80
	화학비료구	90.3	32.0	6.42	100
	무비구	75.9	31.0	4.54	71
이탈리아인 라이그라스	돈분 200%	51.0	20.5	2.78	63
	돈분 150%	42.3	24.0	2.77	63
	돈분 100%	48.4	20.0	2.05	46
	100%+화학비료구	50.0	23.0	4.33	98
	화학비료구	59.2	20.0	4.42	100
	무비구	33.7	23.5	1.06	24

- 답리작 사료작물은 액비사용수준이 150% 이상에서 건물생산성이 높음
- 이탈리아 라이그라스는 사용수준을 높여도 63%로 고정되나, 화학비료구나 100%+화학비료구에서 높음. 이는 두 처리구 모두 이른 봄 추비에 의한 결과로 판단됨

〈표-135〉 사료작물의 돈분액비 사용수준별 사료가치

작 목	사용수준	ADF	NDF	조단백질	소화율
호밀	돈분 200%	44.9	68.5	4.1	61.7
	돈분 150%	42.0	65.5	5.4	65.6
	돈분 100%	42.9	66.0	3.5	70.9
	100%+화학비료구	45.0	68.3	3.8	70.0
	화학비료구	42.2	66.4	4.9	53.8
	무비구	41.8	63.3	9.2	55.7
보리	돈분 200%	29.6	52.6	6.3	70.3
	돈분 150%	31.8	55.3	5.0	63.9
	돈분 100%	31.2	53.5	5.4	62.6
	100%+화학비료구	33.2	55.9	6.6	69.7
	화학비료구	33.3	55.4	8.8	65.4
	무비구	31.0	58.8	12.1	64.8
이탈리안 라이그라스	돈분 200%	23.7	47.5	8.8	82.6
	돈분 150%	27.7	49.1	8.9	81.8
	돈분 100%	24.7	44.8	8.6	84.0
	100%+화학비료구	23.7	42.2	7.4	82.9
	화학비료구	24.4	44.4	9.2	85.4
	무비구	26.4	49.2	14.2	75.0

- 돈분액비 사용수준에 의한 차이는 적으나, 작물에 의한 차이가 커 이탈리아 라이그라스가 사료가치면에서 우수함

〈표-136〉 액비사용수준별 토양침투수 중 질산태 질소 함량 및 생육세

작 목	사용수준	질산태 질소 함량 (ppm)	생육세
호밀	돈분 200%	12.6	1
	돈분 150%	-	1
	돈분 100%	-	2
	100%+화학비료구	-	1
	화학비료구	18.3	1
	무비구	-	2

보리	돈분 200%	-	2
	돈분 150%	4.5	2
	돈분 100%	-	2
	100%+화학비료구	-	2
	화학비료구	15.6	2
	무비구	-	3
이탈리안 라이그라스	돈분 200%	14.2	2
	돈분 150%	-	2
	돈분 100%	7.2	2
	100%+화학비료구	-	2
	화학비료구	10.2	2
	무비구	-	3

- 돈분액비 사용수준이 200%정도에서 질산태 질소의 검출량이 많음

7. 제주도(화산회토양)의 방목초지

가. 액비사용량

- 가축분뇨의 사용량은 질소를 기준으로 하여 살포함

〈표-137〉 시기별 질소 사용량

구 분	사용 시기별 사용량(kg/ha)			
	1차(3월초, 중순)	2차(6월중, 하순)	3차(9월초, 중순)	계
예취위주 초지	100	40	60	200
방목위주 초지	75	30	45	150

나. 사용시기 및 방법

- 방목초지에 액비살포는 예취 직후나 방목종료 후 타목구로 방목축을 이동시킨 다음 살포함
- 액비 살포기를 이용하여 초지 전면적에 골고루 살포함
- 여름철 고온기나 가뭄시에는 액비를 물 2~3배에 희석하여 살포함
- 고온기나 가뭄시 액비를 그대로 살포할 경우 목초에 피해가 나타날 위험이 높으므로 이 시기에는 액비사용을 피함



〈그림-56〉 액비 살포 전경



〈그림-57〉 액비사용 초지 방목광경

다. 작물특성 및 유의사항

- 액비사용 포장에 목초생육이 부진한 경우 화학비료로 추비 보충
- 화산회 토양은 배수가 양호하기 때문에 과다사용에 의한 지하수오염 가능성이 높으므로 시기별 적정 사용량 준수하여야 함
- 액비는 사용시마다 비료성분을 분석하여 질소기준으로 사용량 결정
- 고온기나 가뭄시에는 방목초지에 액비살포를 피해야 함
- 액비 살포 후 방목은 반드시 일정기간이 지난 후에 실시함

□ 화산회 토양의 특성

- 토색은 흑색이며 가볍고 인산 고정력이 크며 염기유실이 쉽게 일어남
- 표토층은 다량의 부식을 함유하고 있어 흑색 또는 암갈색을 띠
- 토양의 3상 분포는 고상의 20~30%로 적고 기상 및 액상의 용적이 큼
- 투수성과 통기성이 좋아 배수는 양호하나 토양이 가볍기 때문에 건조하면 바람에 날리기 쉬움
- 화산회 토양은 석회 사용량에 비하여 pH의 변화는 극히 완만하고 인산을 다량 사용하여도 유효인산 함량은 크게 증가하지 않음
- 화산회 토양은 토색으로 4개의 토양군 즉, 흑색, 농암갈색, 암갈색, 저산 구릉지 화산회 토양으로 분류됨
- 제주 중산간 지역 초지 및 사료작물 재배지역은 대부분 흑색 및 농암갈색 화산회 토양으로 구성되어 있음

〈표-138〉 화산회 토양의 물리·화학적 특성

토 양 별	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	CEC (cmol/kg)	유효인산 (mg/kg)	인산흡수계수 (mg/100g)	가비중 (g/cc)	삼상분포(%)		
							고상	액상	기상
흑색 화산회토	4.3	210	41	22	2,806	0.63	23.8	52.1	24.1
농암갈색화산회토	5.7	63	17	41	1,012	0.80	30.2	31.5	38.3
비 화산회토	6.6	17	8	58	1,000	1.33	50.2	28.0	21.8

〈참고자료〉

〈표-139〉 액비 살포량 조건표 (방목초지 및 사료작물포)

질소 시비량 (kg/ha)	액비의 N 함량에 따른 살포량 (톤/ha)			
	0.25%	0.375%	0.5%	0.625%
50	20.0	15.0	10.0	8.0
60	24.0	18.0	12.0	9.6
70	28.0	21.0	14.0	11.2
80	32.0	24.0	16.0	12.8
90	36.0	27.0	18.0	14.4
100	40.0	30.0	20.0	16.0

〈표-140〉 처리별 방목초지 건물수량

처 리	건물수량 (kg/ha)
1.화학비료	7,543 (100)
2.액비 100%	6,349 (85)
3.액비 150%	7,408 (98)
4.액비 200%	8,419 (111)
5.액비 50%+화학비료 50%	6,853 (90)
6.액비 75%+화학비료 50%	6,831 (90)
7.액비 100%+화학비료 50%	7,251 (96)

- 액비 사용량이 증가할수록 방목초지 건물생산성 증가

〈표-141〉 방목초지의 사료성분 함량(%)

처 리	CP	ADF	NDF	Ca	P
1. 화학비료	9.90	31.3	66.2	0.18	0.18
2. 액비 100%	10.03	31.2	65.5	0.21	0.21
3. 액비 150%	9.57	32.7	67.1	0.18	0.20
4. 액비 200%	10.29	35.9	65.4	0.17	0.19
5. 액비 50%+화학비료 50%	9.15	33.5	66.3	0.18	0.17
6. 액비 75%+화학비료 50%	9.46	33.3	65.1	0.18	0.20
7. 액비 100%+화학비료 50%	9.51	34.1	65.7	0.17	0.19

- 액비 사용수준에 의한 사료성분의 차이는 없음

〈표-142〉 방목초지에서 토양 침투수중 질산태 질소(NO₃-N) 함량

(단위 : mg/ℓ)

처 리	토심(cm)	4/10	6/20	8/17
1.화학비료	30	0.01	0.004	0.0
	60	2.66	0.001	0.0
2.액비 100%	30	0.01	0.007	0.0
	60	2.26	0.054	0.0
3.액비 150%	30	2.29	0.003	0.69
	60	4.00	0.003	0.62
4.액비 200%	30	0.20	0.002	2.71
	60	4.56	0.002	0.51
5.액비 50%+화학비료 50%	30	0.02	0.001	0.0
	60	1.43	0.002	0.0
6.액비 75%+화학비료 50%	30	0.81	0.001	0.0
	60	2.48	0.001	0.0
7.액비 100%+화학비료 50%	30	0.01	0.001	1.22
	60	2.54	0.002	0.58

- 침투수 중 질산태 질소는 액비 150% 수준에서 검출

〈표-143〉 방목초지에서 화학비료구와 액비구의 방목축 증체 비교

구 분	평균 방목율 (AU/ha)	방목일수 (CD/ha)	총 증체량 (kg/ha)	평균 일당 증체량 (kg/두/일)
○ 화학비료	2.75	466	541	0.570
○ 둔분액비100%	2.75	465	541	0.563
○ 둔분액비150%	2.76	473	555	0.580

* - 방목기간 : 1년차; 5.10~11.15 (189일), 2년차; 5.11~10.10(152일)

- 방목기간 중 농후사료 무급여

- 1AU(animal unit) : 체중 500kg

- 1CD(cow day) : 체중 500kg기준 1일 방목

8. 제주도(화산회토양)의 수수×수단그라스 교잡종

가. 액비 사용량

- 액비 사용량은 질소를 기준으로 하여 살포함
- 사료작물(수수 또는 수수교잡종) 재배 시 총 질소시비량은 200kg/ha임
- 액비사용은 파종시기비로 총질소량의 50%수준(N100kg/ha)을 사용하고 50%는 화학비료로 수수생육이 7~8엽기에 준비함

나. 사용시기 및 방법

- 제주지역의 사료작물 작부체계는 하계작물은 수수교잡종, 동계작물은 이탈리아인 라이그라스가 대부분 재배되고 있으며 하계작물 재배시 액비를 사용함
- 액비는 경운 후 전 면적에 골고루 살포하고 약취가 발생하지 않도록 바로 췌토를 한 다음 파종 실시



무비구



화학비



액비 사용구

〈그림 58〉 수수교잡종의 초기생육상황

다. 작물특성 및 유의사항

- 액비살포 균일정도에 따라 작물생육이 부분적으로 부진한 경우가 있으므로 이때는 화학비료로 보충 준비해주어야 함
- 제주지역은 대부분 화산회토양으로 액비의 과다사용은 토양침출수 중 질산태 질소(NO₃-N) 함량이 높아져 지하수 오염이 초래될 수 있음
- 액비는 기비로 총 질소 사용량의 50% 수준을 사용하고 준비는 화학비료로 50%를 사용함

〈참고자료〉

〈표-144〉 처리별 수수교잡종의 생육 및 건물 생산량

처 리	수확시 초장(cm)	건물수량(kg/ha)
1. 화학비료	304	15,729 (100)
2. 액비 100%	302	15,811 (100)
3. 액비 150%	300	17,279 (109)
4. 액비 200%	309	17,817 (113)
5. 액비 50%+화학비료 50%	296	15,239 (96)
6. 액비 75%+화학비료 50%	300	15,549 (98)
7. 액비 100%+화학비료 50%	301	15,910 (101)

- 돈분액비 사용량이 많을수록 건물생산성이 높음

〈표-145〉 수수교잡종의 사료성분 함량(%)

처 리	CP	ADF	NDF	Ca	P
1. 화학비료	6.37	50.5	82.0	0.23	0.30
2. 액비 100%	9.10	49.4	79.2	0.26	0.33
3. 액비 150%	8.26	51.8	80.4	0.24	0.31
4. 액비 200%	10.17	49.3	73.0	0.26	0.31
5. 액비 50%+화학비료 50%	8.77	49.8	73.9	0.23	0.30
6. 액비 75%+화학비료 50%	9.41	53.6	81.3	0.22	0.30
7. 액비 100%+화학비료 50%	10.24	48.4	77.3	0.28	0.26

- 액비사용구가 화학비료구보다 단백질 함량이 높은 경향이 있음

〈표-146〉 수수교잡종 재배 토양 용액중의 질산태 질소 함량(mg/l)

처 리	토심(cm)	6/20	8/17
1. 화학비료	30	69.3	0.0
	60	27.6	3.86
2. 액비 100%	30	96.4	0.04
	60	30.1	6.21
3. 액비 150%	30	90.4	2.11
	60	38.0	12.1
4. 액비 200%	30	75.9	4.57
	60	21.2	2.28
5. 액비 50%+화학비료 50%	30	53.5	0.01
	60	29.2	0.05
6. 액비 75%+화학비료 50%	30	48.8	0.92
	60	13.7	3.87
7. 액비 100%+화학비료 50%	30	65.2	3.55
	60	12.16	1.80

- 액비사용량이 많을수록 질산태 질소 검출량이 많음

1. 골프장을 포함한 스포츠구장 잔디에 대한 액비시용

가. 액비 살포

1) 액비 살포량

- 액비 살포량은 액비 중의 질소 함량을 기준으로 한다.
- 액비 살포량은 토양과 잔디 분석을 통해 잔디재배에 필요한 연간 시비량을 결정한다.
 - 잔디재배에는 농작물과 달리 기비보다는 추비 위주로 시비한다.
 - 일반적으로 골프장과 운동장 잔디관리에 적당한 질소 시비량은 연간 10~25kg/10a (잔디의 종류에 따라 한국잔디류는 10~15kg/10a, 한지형잔디의 경우는 15~25kg/10a 수준임)
- 국내에는 잔디에 대한 국가적인 표준시비처방서가 없으므로 잔디전문연구기관 등에서 제시하는 시비량을 기준으로 살포한다.



〈그림 59〉 골프장 SCB 액비 살포 장면

- 질소 시비량을 기준으로 살포시 인산, 칼리 및 기타 양분들의 함량이 부족하면 화학비료를 별도로 시비하거나 부족성분을 액비에 혼합하여 시비한다. 특히, 액비에는 인산함량이 거의 없으므로 잔디요구량에 적합한 인산함량을 반드시 혼합 또는 별도로 시비해야 된다.

2) 살포 방법

□ 일반 저장 액비

- 골프장 잔디는 많은 내장객이 이용하므로 냄새가 없으며, 발효가 잘 되고 찌꺼기가 없는 액비를 잔디에 고루 살포하여야 한다.
- 액비는 주로 추비로 살포하되, 잔디생육을 고려하여 고농도액비는 희석 또는 원액을 살포하는 것을 기본으로 한다.
- 질소를 기준으로 시비하되, 잔디요구량에 부족한 인산, 미량원소 등의 성분을 혼합하여 살포하는 것이 바람직하다.

□ 저농도 액비

- 저농도 액비(SCB 액비 등)는 원액을 살포하는 것을 기본으로 하며, 부족한 질소, 인산, 칼리, 미량원소 등의 성분을 혼합하여 살포하는 것이 바람직하다.

나. 재배시 유의사항

1) 액비 관리

- 골프장의 액비수급 시에 냄새, 불순물 정도에 따라 반입여부를 결정하되, 살포 시에는 질소농도를 고려하여 희석 여부를 결정한다.
- 골프장의 액비보관 시에 수시로 침전물의 발생여부를 점검하여 제거해야 살포에 지장이 없다.
- 골프장에 사용하는 액비에 다른 비료성분을 혼합하여 살포할 경우에는 사전분석을 통해 혼합이 가능한 비료나 성분을 선택해야 한다.
- 액비유출에 의한 연못 및 방류수 수질오염을 방지하고 액비의 효과를 높이기 위해 액비살포 후에는 일정량의 물을 살포하여 액비를 토양 내에 침투시킨다.

2) 액비 과다사용의 피해

- 액비 과다사용은 잔디의 웃자람, 대취(유기물)축적 및 발병을 야기하고 잔디깎기(예초) 작업량을 높이며, 물이 흐르는 곳과 맨홀 주변에 액비가 모여 잔디엽색이 다른 곳과 다르게 되어 잔디품질이 나빠지는 원인이 되므로 과다사용이 되지 않게 주의한다.
- 한지형잔디의 경우 액비사용 후 햇볕이 강하게 비추게 되면 잎이 탈 수 있으므로 오후 늦게 살포하든지 살포 후 바로 스프링클러를 틀어 관수를 해 주는 것이 좋다.
- 액비가 과다하게 사용되어 잔디가 고사하거나 건조현상이 나타나면 수시로 관수하여 건조를 예방하고 아미노산, 킬레이트 철과 같은 영양제의 엽면시비로 회복을 촉진시킨다. 고사된 잔디가 플레이에 지장을 줄 정도이면 정상적인 잔디로 이식하여 준다.

3) 유의사항

- 액비는 잔디종류별 질소시비량 기준으로 사용하되, 염류집적을 예방한다.
- 액비는 받을 때 마다 비료성분을 분석하여 질소, 인산, 칼리를 기준으로 사용량을 산출한다.
- 액비는 3월부터 약 3-4주 간격으로 살포하며, 잔디상태나 기후조건을 고려하여 시비량과 시비시기를 결정한다.
- 액비를 농약이나 다른 비료와 혼합하여 살포할 경우에는 액비의 pH와 혼합대상제제의 pH를 고려하여 혼합여부를 결정한다. 특히, 알칼리성비료인 석회나 규산의 혼합과 산성인 미량원소비료의 혼합은 피하는 것이 액비의 안전한 시비방법이다.
- 경사가 45% 이상 법면지역이나 환경규제(상수원보호) 지역인근 골프장에서는 수질오염원이 될 수 있기 때문에 환경보전 차원에서 사용을 자제한다.

2. 노지 잔디에 대한 액비사용

가. 액비 살포

1) 액비 살포량

- 노지에 재배되는 잔디는 주로 잔디재배(판매용), 공원, 묘지, 도로변 등이다.
- 액비 살포량은 액비 중의 질소 함량을 기준으로 설정하되, 정확한 시비량은 토양과 잔디 분석을 통해 연간 시비량을 결정한다.

- 노지잔디재배에는 골프장과 같이 추비 위주로 시비한다.
- 일반적으로 판매용 잔디생산의 질소 시비량은 연간 10~25kg (잔디의 종류에 따라 한국잔디류는 10~15kg/10a, 한지형잔디의 경우는 15~25kg/10a 수준임). 그 외의 잔디깎기작업이 잘 이루어지지 않는 공원, 묘지, 하천변, 도로변은 질소 시비량은 연간 3~10kg/10a 정도이다.
- 잔디재배에는 주기적인 관수가 필요하며, 액비살포는 물주기를 대체할 수 있는 장점이 있다.
- 노지 잔디관리용 표준시비처방서가 없으므로 잔디전문연구기관 등에서 제시하는 시비량을 기준으로 살포한다.
- 액비는 질소 시비량을 기준으로 살포하되 인산, 칼리 및 기타 양분들의 함량이 부족하면 부족성분을 액비에 혼합하여 시비한다.



〈그림 60〉 노지 잔디에 대한 액비시용

2) 살포 방법

- 일반 저장 액비
 - 노지재배잔디는 골프장이나 운동장과 같은 집중관리가 거의 이루어지지 않지만, 판매용 잔디재배에는 관리가 어느 정도 이루어지고 있는 실정으므로 액비살포도 관리수준에 맞게 살포해야 된다.
 - 액비는 물주는 대신에 살포하되, 잔디생육을 고려하여 시비량을 정하되, 액비로 인한 과잉성장은 잔디품질이 오히려 나빠지므로 1회 시비량설정에 주의가 필요하다.
 - 질소를 기준으로 시비하되, 잔디요구량에 부족한 인산, 미량원소 등의 성분을 혼합하여

살포하는 것이 바람직하다.

□ 저농도 액비

- 저농도 액비(SCB 액비 등)는 원액을 살포하는 것을 기본으로 하며, 부족한 질소, 인산, 칼리, 미량원소 등의 성분을 혼합하여 살포하는 것이 바람직하다.
- 저농도 액비(SCB 액비 등)는 소량씩 지속적으로 시비하는 것이 잔디품질 유지에 효과적이다.

나. 재배시 유의사항

1) 액비 관리

- 액비는 플라스틱 통에 보관하되, 가급적이면 냄새나 불순물이 적은 액비를 저장하여 사용한다.
- 사용하는 액비에 잔디가 꼭 필요로 하는 성분을 혼합하였다가 수시로 사용한다.
- 액비유출에 의한 인근 하천의 수질오염을 방지하기 위해 강우 시에는 살포하지 않는다.

2) 액비 과다사용의 피해

- 액비는 과다하지 않을 정도의 시비량 설정이 매우 중요하며, 액비가 과다하게 사용되어 토양이 오염되고 잔디가 고사하였을 경우에는 액비살포를 중단하고 아미노산, 킬레이트 철과 같은 영양제의 엽면시비로 회복을 촉진시킨다.

3) 유의사항

- 액비는 잔디종류에 적합한 질소시비량으로 사용하되, 살포량은 액비가 흐르지 않을 정도로 살포해준다.
- 액비는 4월부터 월 1회 정도씩 약 4-6회 정도 살포하며, 잔디상태나 기후조건을 고려하여 시비량과 시비시기를 결정한다.
- 경사가 심한 지역이나 환경규제(상수원보호) 지역인근 수질오염원이 될 수 있기 때문에 환경보전 차원에서 사용을 자제한다.

1. 포플러

가. 액비 살포량

- 액비 살포량은 액비중의 질소 함량을 기준으로 설정한다. 바이오매스 생산용 포플러 단벌기 맹아림 (그림 1) 재배에 적당한 질소 시비량은 1년생 기준으로 100~150kg/년/ha가 적합하며 수령과 바이오매스 생산능력이 증가함에 따라 질소 시비량도 높여 줄 수 있다.
- 포플러 단벌기 맹아림 재배지역에서 SCB액비 등 질소농도 0.1% 정도의 저농도액비 사용량은 1년생일 경우 3L/일/본, 2년생일 경우 5L/일/본, 3년생 이상으로 수령이 증가하고 안정적인 바이오매스 생산이 유지된 후부터는 10L/일/본까지도 가능하다.
- 액비 살포량은 토양검정 시비량에 액비 중 질소함량을 고려하여 살포량을 결정하며 부족량은 화학비료로 보충한다.
- 액비는 질소 함량 기준으로 사용할 경우 토양 중 칼리함량이 증가할 우려가 있으면 이때는 토양 중 칼리함량을 기준으로 살포한다.
- 시비처방서가 없는 경우는 표준시비량 또는 농업기술센터 추천량을 기준으로 살포한다.

나. 살포 방법

- 액비 살포시 그림 3과 같이 자동살포시스템을 설치하여 사용하면 노동력과 살포시간을 효과적으로 절약할 수 있다. 이때 그림 4와 같이 묘목 주위 토양을 직경 50cm, 깊이 10cm 정도로 둥글게 파고 액비를 시비하면 유실되지 않고 묘목의 뿌리 주위로 골고루 살포된다.
- 액비 사용 기간은 묘목의 잎이 나기 시작하는 4월 하순이나 5월 초순에 관수를 시작하여 잎이 지면서 휴면에 들어가는 9월 하순까지 관수할 수 있다.

- 액비의 시비 시기는 묘목 주위의 표토가 건조해 졌을 때마다 수시로 처리하는 것이 적합하며, 처리한 액비가 중력에 의해 지하수로 직접 유입되어 지하수 오염이 발생하는 것을 방지하기 위하여 한꺼번에 많은 양을 처리하거나 우천 등으로 인해 토양이 과습할 경우에는 시비를 하지 않는 것이 좋다.
- 액비는 제조시기에 따라 화학적 성분이 다를 수 있으므로 수시로 사용전 성분 분석을 통해 질소를 기준으로한 사용량을 산출해야 한다.

다. 재배시 유의사항

- 액비는 관비의 형태로 공급되기 때문에 사용하였을 때 경사로 인해 외부로 유출되는 것을 방지하기 위하여 포플러 맹아림은 가급적 평지에 조성되어야 한다.
- 포플러 맹아림 조성지의 토양이 과습할 경우 묘목의 생존 및 생장에 많은 피해가 우려되므로 맹아림 외곽과 맹아림 내부에 폭 1m, 깊이 50cm 이상의 배수로를 설치하여야 한다.
- 액비 시비는 포플러뿐만 아니라 잡초의 생육도 촉진시키므로 연간 1-2회의 잡초 제거를 위한 하에작업을 병행하여야 한다.
- 포플러는 흰불나방 등 잎을 가해하는 식엽충과 버들바구미 등 줄기를 가해하는 천공충에 대한 피해가 자주 발생할 수 있으므로 수시로 가시적 피해상황을 관찰하여 병해충 발생시 신속하게 방제하여야 한다.
- 경사가 15% 이상 지역이나 사질토양 및 환경규제(상수원보호, 특별대책, 자연공원) 지역에서는 수질오염원이 될 수 있기 때문에 환경 보전 차원에서 사용을 자제한다.
- 액비 살포에 따른 지하수 오염을 줄이기 위하여 지하수위가 지표로부터 5m 이내로 높을 경우 수시로 지하수질 분석을 실시하여 지하수 오염현상이 나타나면 살포량을 줄여야 한다.

〈참고자료〉

① 바이오매스 생산을 위한 포플러 단벌기 맹아림



〈그림-61〉 포플러 맹아림 전경(조성당년)



〈그림-62〉 포플러 맹아림 전경(조성후 3년째)

② 포플러 단벌기 맹아림의 가축분뇨 액비 살포장치

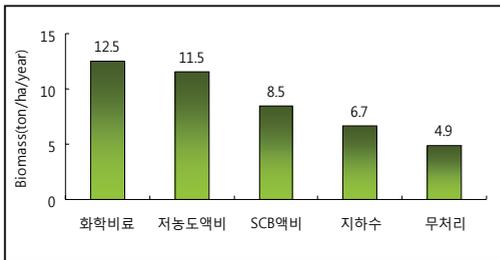


〈그림-63〉 액비자동살포시스템

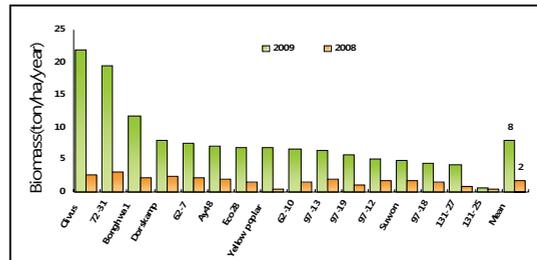


〈그림-64〉 가축분뇨액비 살포

③ 포플러 단벌기 맹아림의 바이오매스 생산능력 비교

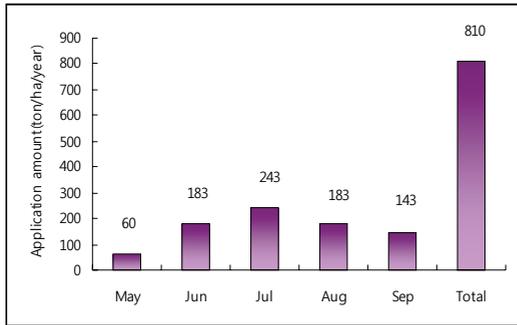


〈그림-65〉 시비처리별 바이오매스 생산

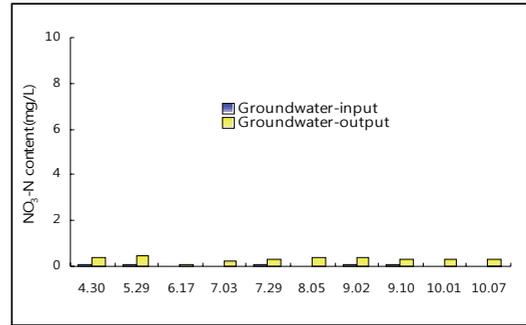


〈그림-66〉 클론별 바이오매스 생산

④ 포플러 단벌기 맹아림의 가축분뇨 액비 살포량 및 지하수 NO₃-N 농도



〈그림-67〉 월별 가축분뇨액비 살포량



〈그림-68〉 액비 살포후 지하수 NO₃-N 농도 변화

□ 연구기관 : 국립산림과학원 환경정화수연구실

2. 밤나무

가. 액비 살포량

- 액비 살포량은 액비중의 질소 함량을 기준으로 설정한다.
 - 일반적으로 밤나무는 시비 기준량에 준하여 수령(수목 년생)에 따라 적정 시비량을 조절한다.
 - 밤나무 재배지역에서 액비 사용량(L/주(week)/본)은 질소 성분의 시비량에 기준으로 산정한다.
 - 일반적인 밤나무 재배시, 시비는 연중 평균 2회 실시하며 ha당 400분을 식재하는 것을 기준으로 한다.
- * 1본당 시비량 산정(8년생 기준)
- = 수령에 따른 일반 질소 시비량 × 2회/년
- = 24 l/본 × 40회/년 (2회/주, 3월~8월) = 960 l/본
- ※ ha당 액비소요량(8년생 기준) = 960 l × 400본/ha = 384톤
- 액비 살포량은 토양검정 시비량에 액비 중 질소함량을 고려하여 살포량을 결정하며 부족량은 화학비료로 보충하며 과실의 결실 및 품질을 고려하여 미량의 영양성분이 함유된 비료를 추가로 실시할 수 있다.

- SCB 액비는 질소 함량 기준으로 시용할 경우 토양 중 칼리함량이 증가할 우려가 있으면 이때는 토양 중 칼리함량을 기준으로 살포한다.
- 시비처방서가 없는 경우는 표준시비량 또는 농업기술센터 추천량을 기준으로 살포한다.



〈그림-69〉 SCB 액비 및 물을 저장하고 투여하기 위한 설비

나. 살포 방법

- 밤나무 재배지의 액비살포는 환상시비방법에 준하여 실시하며 대부분의 재배지가 경사지에 위치하여 액비살포시 흘러내리는 경우가 있으므로 반원 형태의 경사상방에 시비구를 만든다.
- 본당 액비의 총 시비량(기비, 추비 등 2회/년 기준)이 많으므로 밤나무 생육에 지장을 주지 않는 범위 내에서 작업량을 고려한 후, 몇 회에 걸쳐 나누어 살포한다.
- SCB 액비는 비교적 균질한 저농도 액비로 생육기간동안 관비가 가능하여 토양검정 후 질소시비량을 기준으로 5월 하순부터 8월 하순까지 비가 오지 않는 날 나누어 준다.
- 액비는 받을 때 마다 비료성분이 다르므로 분석하여 질소를 기준으로 시비량을 산출하며, 특히 밤나무는 수령에 따라 시비량이 다르므로 적정 시비량을 산출하여 시용한다.

다. 재배시 유의사항

- 기상, 토성 및 비옥도에 따라 밤나무의 생육 및 결실과 과실의 품질 차이가 있을 수 있으므로 생육 상태 및 결실상태에 따라 화학비료를 가감한다.
- 액비 과다시용은 밤나무의 뿌리 성장과 생육 초기의 성장 및 결실 등에 장애가 되거나 배수불량 문제로 인해 심하면 고사할 수 있다.
- 액비 시용은 관비로 화학비료 시용보다 효과가 높을 수 있으므로 과용을 피해야 하며

경사지 재배지역에서는 흘러내려 위쪽보다 아래쪽이 비료 효과가 클 수 있으므로 사용 시 주의하여야 한다.

- 경사가 15% 이상 지역이나 사질토양 및 환경규제(상수원보호, 특별 대책, 자연공원) 지역에서는 수질오염원이 될 수 있기 때문에 환경 보전 차원에서 사용을 자제한다.

〈참고자료 1〉

〈표-147〉 SCB 액비의 이화학적 특성

pH	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N
	mg · kg ⁻¹			
8.8	961	91.6	6.9	80.3

- 처리별 시비 시험구 (8년생, 400본/ha 기준)

(가) 무 처리구

(나) SCB 액비 처리구 : 48 ℓ /tree/week = 384 ton/ha

(다) 화학비료 처리구 : 2.5kg/year (기비와 추비, 속비 중 2회)

(라) 유기질비료 처리구 : 7.8kg/year (기비와 추비 등 2회)

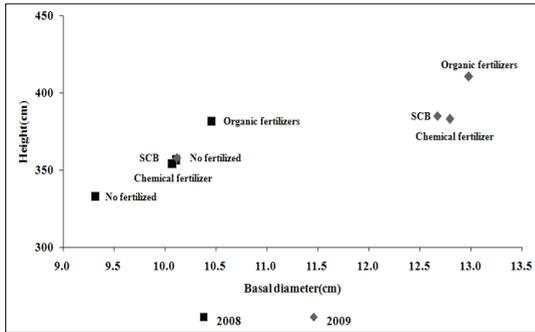
(마) 관수 처리구 : SCB 액비 처리구와 동일한 양의 물을 관수

〈표-148〉 질소함량 기준에 따른 수령별 시비량 [() : 1회 시비량/40회]

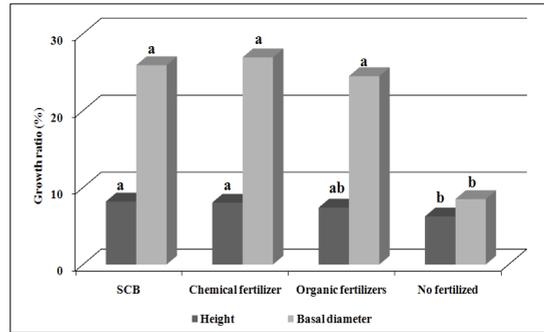
수령 (연령)	액비	화학	유기질
	N=0.1%	21-17-17	4-2-1.5
	ℓ	kg	kg
5~6	720 (18)	1.9	7.4
7~9	960 (24)	2.5	7.8
10~14	1,440 (36)	3.8	12.7
15~19	1,930 (48)	5.1	13.6
20~25	2,410 (60)	6.3	14.5

〈표-149〉 2. 연차별 액비처리에 따른 개화 및 결실 특성

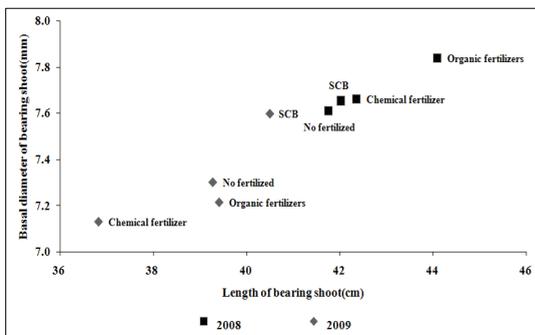
연도	처리	결과지당 수꽃의 개수	결과지당 암꽃의 개수	결과모지당 결과지의 개수	결과모지당 밤송이의 개수	결과지당 밤송이의 개수	결실률 (%)
2008	SCB 액비 처리구	9.82 ± 0.91	1.62 ± 0.60	2.47 ± 0.85	3.87 ± 1.59	1.52 ± 0.47	84.48
	화학비료 처리구	9.43 ± 0.88	1.68 ± 0.55	2.55 ± 1.17	3.85 ± 2.21	1.44 ± 0.35	83.35
	유기질비료 처리구	10.21 ± 1.29	1.56 ± 0.61	2.55 ± 1.28	3.94 ± 2.15	1.41 ± 0.38	84.37
	무처리구	10.13 ± 1.04	1.70 ± 0.59	2.58 ± 1.27	4.78 ± 3.02	1.39 ± 0.61	76.11
2009	SCB 액비 처리구	9.31 ± 1.31	1.59 ± 0.49	2.95 ± 1.18	4.25 ± 2.26	1.44 ± 0.47	86.25
	화학비료 처리구	10.36 ± 0.93	1.60 ± 0.37	3.07 ± 1.15	3.93 ± 2.29	1.49 ± 0.74	86.63
	유기질비료 처리구	8.94 ± 1.63	1.40 ± 0.58	2.82 ± 1.40	3.56 ± 1.87	1.31 ± 0.40	84.02
	무처리구	8.13 ± 1.72	1.47 ± 0.57	2.67 ± 0.78	4.17 ± 1.75	1.15 ± 0.35	72.07



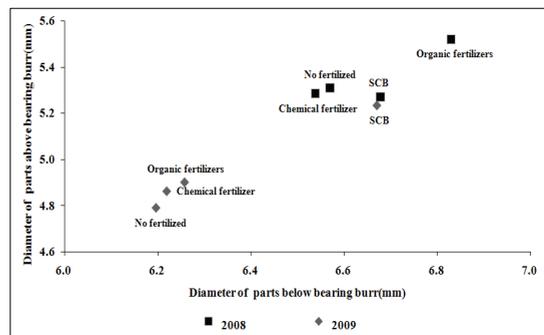
〈그림-70〉 연차별 처리에 따른 수고 근원부 직경의 생장량



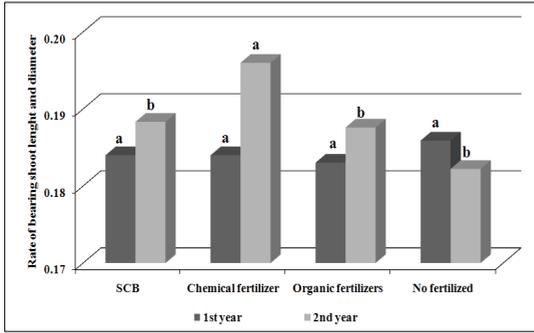
〈그림-71〉 연차별 처리에 따른 평균생장량



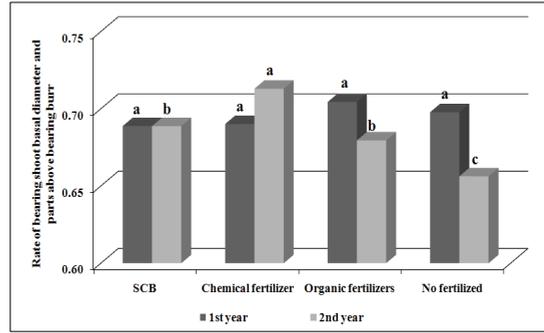
〈그림-72〉 연차별 처리에 따른 결과지길이 및 기부직경의 생장량



〈그림-73〉 연차별 처리에 따른 결과지의 착구부 상하 직경생장



〈그림-74〉 연차별 가지의 두께지수 변화



〈그림-75〉 연차별 착구부와 기부직경 비율 변화

□ 연구기관 : 국립산림과학원 특용자원연구과 밤나무연구실

3. 백합나무

가. 액비 살포량

- 액비 살포량은 액비중의 질소 함량을 기준으로 설정한다.
 - 일반적으로 백합나무 재배에 적당한 질소 기비량은 10년생 기준으로 200kg/ha 이하 수목의 년생에 따라 증감한다.
- 백합나무 재배지역에서 액비 사용량(L/주(week)/본)은 수목 년생에 따른 일반 질소 시비량
 - 약 200kg/ha × ha당 본수
 - 1,000본/ha ÷ SCB 액비 중 총 질소함량(0.07%) × 총 시비기간(약 15주) ≒ 20kg/주/본 = 20L/주/본
- 액비 살포량은 토양검정 시비량에 액비 중 질소함량을 고려하여 살포량을 결정하며 부족량은 화학비료로 보충한다.
- SCB 액비는 질소 함량 기준으로 사용할 경우 토양 중 칼리함량이 증가할 우려가 있으면 이때는 토양 중 칼리함량을 기준으로 살포한다.
- 시비처방서가 없는 경우는 표준시비량 또는 농업기술센터 추천량을 기준으로 살포한다.



〈그림-76〉 SCB 액비 및 물을 저장하고 투여하기 위한 설비

나. 살포 방법

- 액비는 일단 뿌리고 나면 옆으로 이동이 잘 안되므로 액비 살포기를 이용하여 수관 하부에 고루 살포하여야 한다.
- 밑거름(기비)의 액비 사용은 늦은 가을과 이른 봄 2회 나누어 살포한다. 살포량 비율은 토성에 따라 다르게 살포하며 모래가 많이 섞인 토양일수록 가을 시비량 비율을 줄여 가을 : 봄 시비량은 2 : 8 또는 3 : 7로 살포한다.
- SCB 액비는 비교적 균질한 저농도 액비로 생육기간동안 관비가 가능하여 토양검정 후 질소시비량을 기준으로 5월 하순부터 9월 하순까지 비가 오지 않는 날 나누어 준다.
- 액비는 받을 때마다 비료성분이 다르므로 분석하여 질소를 기준으로 사용량을 산출하여야 한다.

다. 재배시 유의사항

- 기상, 토성 및 비옥도에 따라 액비사용 백합나무의 생육 차이가 있을 수 있으므로 생육상태에 따라 화학비료를 가감한다.
- 액비 과다사용은 생육초기 영양생장이 촉진되어 수목의 재질이 약해져서 가지가 절단될 수 있으며 심하면 고사할 수 있다.
- 액비 사용은 관비로 화학비료 사용보다 효과가 높을 수 있으므로 과용하지 말고 경사지 재배지역에서는 하부로 흘러가면 위쪽보다 아래쪽이 비료 효과가 클 수 있으므로 사용시 주의하여야 한다.
- 경사가 15% 이상 지역이나 사질토양 및 환경규제(상수원보호, 특별 대책, 자연공원) 지역에서는 수질오염원이 될 수 있기 때문에 환경오염 방지 차원에서 사용을 자제한다.

〈참고자료〉

〈표-150〉 SCB 액비의 이화학적 특성

pH	총질소 (%)	인산 (%)	칼리 (%)	치환성 양이온			
				Na (mg/kg)	Mg (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)
8.00	0.07	0.016	0.112	200.73	4.51	918.37	45.71

(1) 기본 시험구

(가) 무 처리구

(나) SCB 액비 처리구 : 20L/tree/week = 200kg/ha¹

(다) 관수 처리구 : SCB 액비 처리구와 동일한 양의 물을 관수

(2) 시비량 시험구

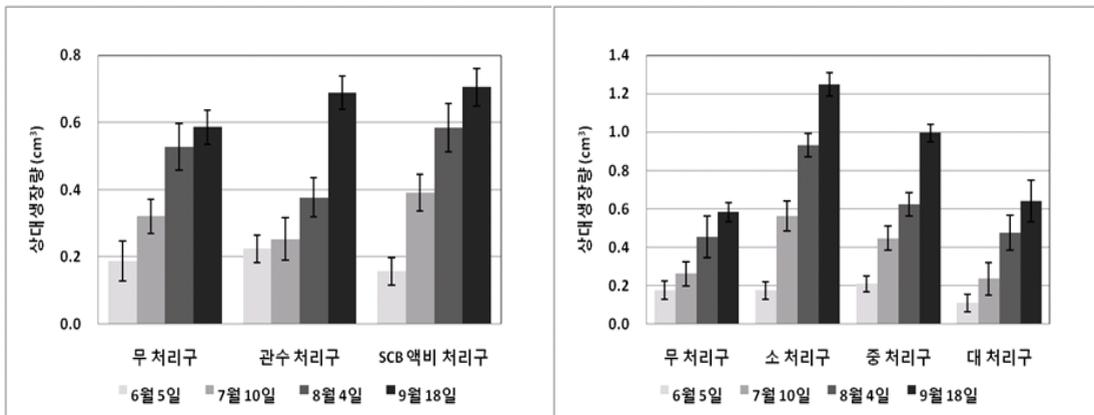
(가) 무 처리구

(나) 소 처리구 : 10L/tree/week = 100kg/ha

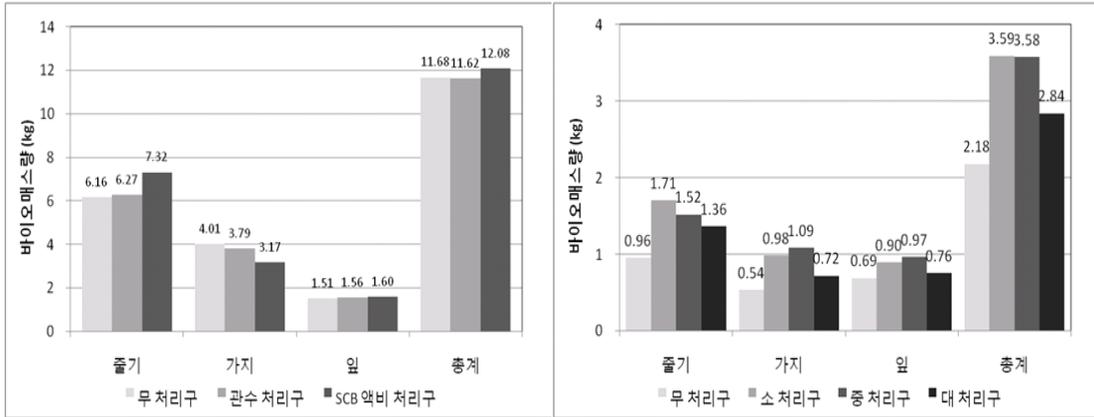
(다) 중 처리구 : 20L/tree/week = 200kg/ha

(라) 대 처리구 : 30L/tree/week = 300kg/ha

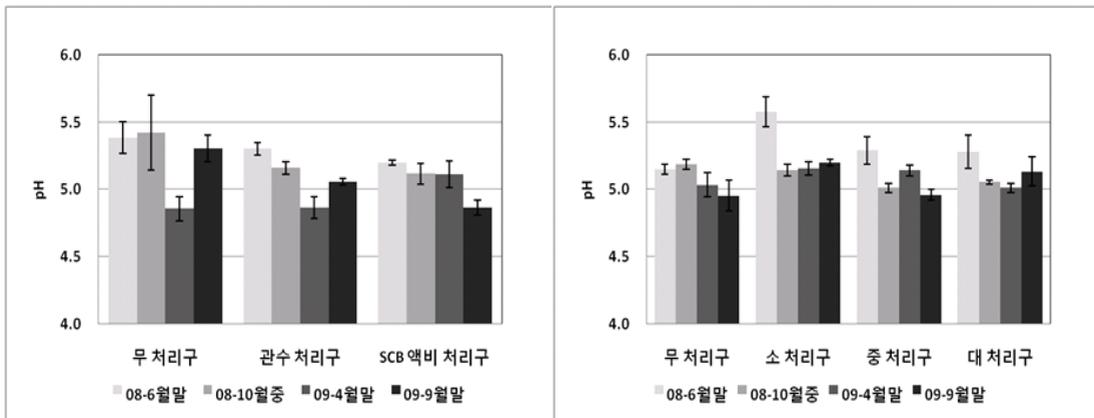
¹ 질소 시비량 기준, SCB액비 시비량은 SCB액비 내의 총 질소 함량을 고려한 실제 투입량 (L)



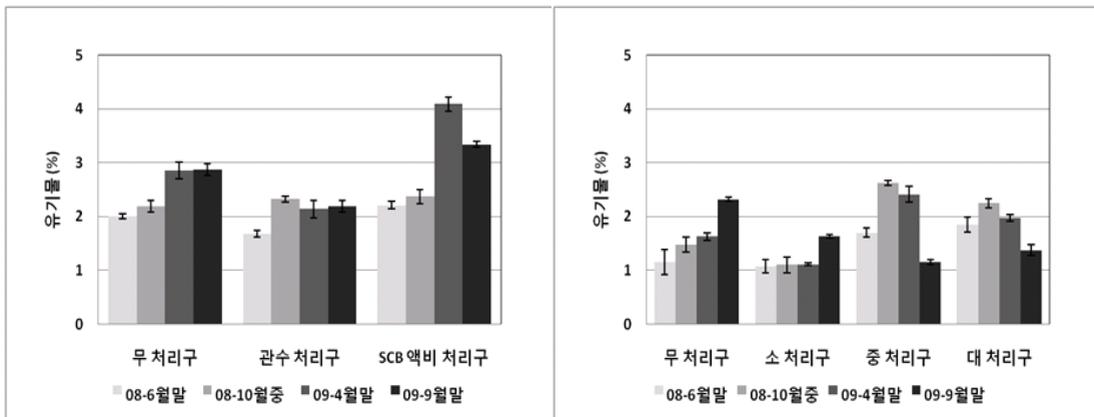
〈그림-77〉 백합나무의 상대생장량 (기본 시험구 ; 좌, 시비량 시험구 ; 우)



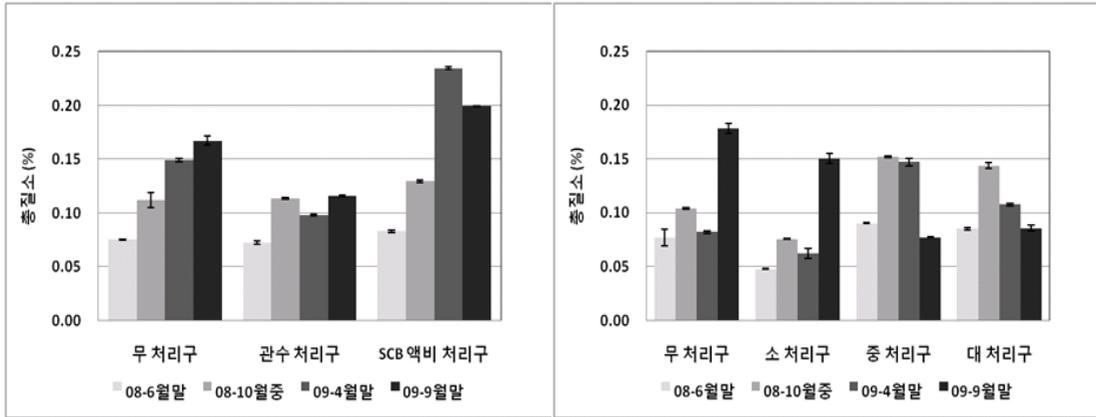
〈그림-78〉 백합나무의 바이오매스량 (기본 시험구 ; 좌, 시비량 시험구 ; 우)



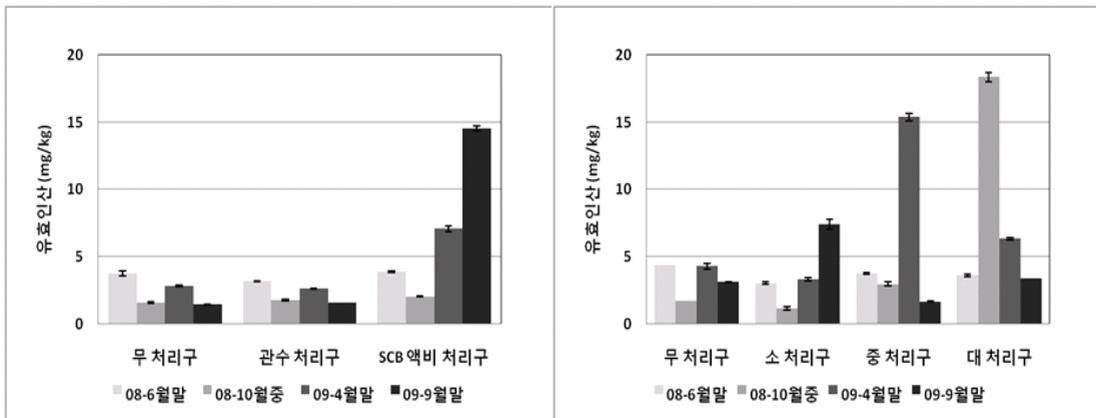
〈그림-79〉 토양의 pH (기본 시험구 ; 좌, 시비량 시험구 ; 우)



〈그림-80〉 토양의 유기물 함량 (기본 시험구 ; 좌, 시비량 시험구 ; 우)



〈그림-81〉 토양의 총질소 함량 (기본 시험구 ; 좌, 시비량 시험구 ; 우)



〈그림-82〉 토양의 유효인산 함량 (기본 시험구 ; 좌, 시비량 시험구 ; 우)

□ 연구기관 : 서울대학교 목재화학연구실

1. 용어풀이

○ 전기전도도(electrical conductivity)

물속에 해리된 이온이 있으면 전기를 통하는 원리를 이용하여 전기의 전도되는 정도로 용존한 염류의 농도를 알 수 있는 지표가 되며, 전기전도도는 25℃의 수온에서 측정된 전기저항의 역수를 기준으로 함. 보통 축약형으로 EC로 표기하며 단위는 dS/m임.

EC가 높다는 것은 이온성분이 많아 전기가 잘 통한다는 것이며, 염농도가 높다는 것을 의미 함

○ 산도(pH, potential hydrogen, acidity)

용액중의 수소이온의 농도를 말하는 것으로, 가축분뇨 퇴액비 용액에 해리되어 있는 수소이온의 활성도. pH 7은 중성이고 그 이하는 산성, 그 이상은 알칼리성임. 산성도(酸性度).

○ 완충액(緩衝液, buffer solution)

용액에 산이나 알칼리를 넣을 때나, 증류수로서 희석할 때 그 용액의 수소 이온 농도가 급격히 변화하는 것을 억제시키는 용액.

○ 항량(抗量)

어떤 물질을 일정한 온도로 가열하였을 때 물질 속에서 끓는점이 낮은 성분이 달아나거나 열분해되어 물질의 질량이 일정한 값에 이른 때의 질량.

○ 비결현상(fertilizer deficiency, manurial deficiency)

거름기가 떨어지는 현상

○ 인(phosphorus)

P를 나타내며 인산(P_2O_5)로 나타내기 위해서는 계수 2.2914을 곱해주어야 함.

○ 인산(phosphate)

P_2O_5 를 나타내며 인(P)로 나타내기 위해서는 계수 2.2914로 나누어 주어야 함.

○ 칼륨(potassium)

K를 나타내며 칼리(K_2O)로 나타내기 위해서는 계수 1.2046을 곱해주어야 함.

○ 칼리(potash)

K_2O 를 나타내며 칼륨(K)로 나타내기 위해서는 계수 1.2046으로 나누어 주어야 함.

○ 토양비옥도(soil fertility)

토양비옥도는 자연비옥도(토양의 본질적 성질에 의한 화학적 면의 생산력)와 양분함량을 중심으로 하여 화학적 측면에 중점을 둔 토양의 능력을 뜻한다. 이에 반해 유사어로 사용되는 지력은 종합적 토양의 작물생산력을 나타내는 의미로 쓰인다.

○ 질소 무기화작용

유기태질소가 미생물의 활동에 의해 무기태의 NH_4^+ 로 변환되는 것.

○ 밑거름(basal application, basal dressing)

작물의 파종 또는 정식 전에 시비하는 것을 말하며 기비라고도 한다. 밑거름으로는 오랜 생육기간에 걸쳐 비효를 나타내는 지효성 비료를 주로 사용하는데 그 예로 퇴비, 두엄, 녹비, 깻묵 등이 있다. 인산 및 칼륨비료는 유실의 우려가 적고 일시에 시비하여도 해가 없으므로 전량을 기비로 주는 경우가 많다.

○ 기비(基肥) : 밑거름

○ 웃거름(top dressing)

작물 재배기간이 비교적 장기간인 경우 밑거름(기비, 基肥)만으로는 양분공급이 부족하기 때문에 생육 중반기에 추가로 사용하는 비료를 말하며 덧거름 또는 추비(追肥)라고도 한다. 작물의 생육상태에 맞춰 시용시기 및 사용량을 결정한다.

○ 추비(追肥) : 웃거름(top dressing) 또는 덧거름

○ 표준시비량

농경지의 대표토양에 대하여 비료 적정량 시험 또는 작물 양분의 요구도에 따라 설정된 평균 시비량.

○ 캘리브레이션

측정기기에 표준용액의 값(mV, 흡광도 등)을 인식시켜 기기가 미지의 시료농도를 계산할 수 있도록 설정(검량선 작성)하여 주는 과정.

○ SCB 액비

Slurry composting biofiltration의 약어로 돈분뇨를 퇴비단(왕겨나 톱밥 등의 층) 여과를 거치 액비를 말하며 비교적 균질하고 저농도이다.

○ NO₃-N

질산태질소이며 작물이 질소성분을 흡수하는 한 형태로 발작물은 암모니아태보다 질산태질소를 많이 흡수한다.

○ NH₄-N

암모니아태질소이며 작물이 흡수하는 질소의 한 형태임

○ EC(Electric conductivity, 전기전도도)

염농도를 나타내는 방법으로 이용되고 있다. EC가 높다는 것은 이온 성분이 많아 전기가 잘 통하는 것이며 염농도가 높다는 의미임

○ 관비(灌肥)

물과 비료를 동시에 공급하는 것을 말하며 시설채소 재배에서 많이 이용되는 방법임 .

○ 토양 검정

토양 중의 양분함량을 분석을 통하여 알아내는 것을 토양 검정이라 함

○ 유효인산

작물에 흡수 이용될 수 있는 형태의 토양 인산

2. 가축분뇨 퇴·액비 용어의 정의

○ 가축분뇨

가축이 배설하는 분뇨 및 가축사육과정에서 사용된 물 등이 분뇨에 섞인 것을 말한다.

○ 배출시설

가축의 사육으로 인하여 가축분뇨가 발생하는 시설 또는 장소 등으로서 축사, 운동장 그밖에 환경부령이 정하는 것을 말한다.

○ 자원화시설

배출시설에서 배출되는 가축분뇨를 퇴비, 액비 또는 바이오에너지 등으로 만드는 시설을 말한다.

○ 퇴비

가축분뇨를 발효시켜 만든 비료 성분이 있는 물질 중 액비를 제외한 물질로서 농림수산식품부령이 정하는 기준에 적합한 것을 말한다.

『비료 공정규격설정 및 지정』(농촌진흥청 고시 제2010-8호, '10.03.29)

비료의 종류	규격의 함량(%)	함유할 수 있는 유해성분의 최대량(%)	그 밖의 규격	비 고
01. 가축분퇴비	1. 유기물 : 30	1. 건물중에 대하여 비 소 45mg/kg 카드뮴 5mg/kg 수 은 2mg/kg 납 130mg/kg 크 롬 200mg/kg 구 리 360mg/kg 니 켈 45mg/kg 아 연 900mg/kg (*09.10.1)	1. 유기물대 질소의 비 40 이하 인 것 2. 건물중에 대하여 염분 (NaCl) : 1.8% 이하 (*09.10.1) 3. 수분(H ₂ O) : 55%이하 4. 부속도는 암모니아와 이산화탄소 발색반응을 이용한 기계적 부속도 측정 기준(솔비타 40이상 혹은 콤팩 부속완료)에 적합하거나 종자발아법의 경우 무 발아지수 70이상	1. 별표 5의 1. 사용가능한 원료에서 가축분뇨를 50% 이상 사용 2. 가축분뇨 외의 원료는 별표 5의 1. 사용가능한 원료에서 제1호 농림부산물류, 광물질, 토양미생물제제에 한함

○ 액비

가축분뇨를 액체상으로 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질로서 농림수산식품부령이 정하는 기준에 적합한 것을 말한다. 일반적으로는 비료공정규격에서 말하는 가축분뇨발효액을 기준하지만, 농사현장에서는 일반액비와 저농도액비(또는 SCB액비)로 구분하여 활용되고 있다.

- **일반액비(저장액비, 고농도액비)** : 일반적으로 저장액비라고도 하는데, 가축분뇨를 고액분리한 액상물을 교반과 폭기를 실시하여 부숙이 잘된 액상비료를 말한다. 주로 질소의 함량을 기준하여 0.1~0.3%내외가 된다.
- **저농도 액비** : 질소의 함량을 기준하여 0.1% 내외의 액비를 통칭하며, 주로 장기 폭기처리된 액비에서 많이 생산된다. 여기에는 퇴비화시설의 퇴비단을 생물여과상으로 활용하여 저농도, 균질, 무악취의 액비를 생산하는 SCB액비도 포함된다. 또한 정화처리과정에서 발생하는 중간처리수도 이 범주에 포함될 수 있다.

「비료 공정규격설정 및 지정」(농촌진흥청 고시 제2010-8호, '10.03.29)

비료의 종류	규격의 함량(%)	함유할 수 있는 유해성분의 최대량(%)	그 밖의 규격	비 고
11. 가축분뇨발효액 (신설: '02.12.31) (*04.10.2, *09.10.1)	질소전량, 인산전량, 칼리전량 각각의 성분 합계량 0.3%이상, 각 성분별 함량 보증할 것	비 소 5mg/kg 카드뮴 0.5mg/kg 수 은 0.2mg/kg 납 15mg/kg 크 롬 30mg/kg 구 리 50mg/kg 아 연 130mg/kg 니 켈 5mg/kg	1. 염분(NaCl) : 0.3% 이하 2. 수분함량 : 95% 이상	1. 충분한 발효시 까지 저장 2. 살포시기 : 겨울철 및 장마기 제한 3. 주거지에서 200m 이상 격리 지역, 다만 관할 시·군·구청장이 액비 살포가 주거시설에 영향을 미치지 아니한다고 인정하는 경우에는 시·군·구청장이 인정하는 거리내에서 근접 살포 허용 4. 농경지밖으로 유출금지 5. 냄새 약취강도(관능법) : 2수준 대기환경보전법 약취발생제한 규정에 준함 6. 혐기성소화시설(바이오가스 생산시설)에서 생산할 경우 가축분뇨 이외의 농림부산물류 또는 음식물폐기물 30% 이내 사용 할 수 있음

<SCB액비와 관행 저장액비의 특성 비교>

액비 종류	비료성분(mg/ℓ)			액비특성
	N	P	K	
SCB액비 (성분비)	1,000 (1.0)	300 (0.3)	3,000 (3.0)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저농도의 무취, 균질성등 청결성을 구비 ○ 관비형태로 시용하므로 신속, 간편하게 시용 ○ 목질물 분해산물인 부식물질 등 유익성분 함유 ○ 옷거름 사용 가능
일반액비 (성분비)	3,000 (1.0)	1,000 (0.3)	4,500 (1.5)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 악취발생, 성분 불균일 ○ 장비가 경지를 주행하면서 직접살포

※ P×2.2914 = P₂O₅(인산), K×1.2046 =K₂O(칼리)

○ 정화시설

가축분뇨를 침전·분해 등 환경부령이 정하는 방법에 따라 처리하는 시설을 말한다.

○ 처리시설

가축분뇨를 자원화 또는 정화하는 자원화시설 또는 정화시설을 말한다.

○ 공공처리시설

지방자치단체의 장이 설치하는 처리시설을 말한다.

○ 생산자단체

축산업자를 회원으로 하는 비영리법인, 농업협동조합법(제2조 제4항)의 규정에 따른 농업협동조합중앙회와 그 회원조합을 말한다.

○ “수질보전특별대책지역”(특정지역)

수질보전을 위하여 오수의 처리가 특히 필요하다고 인정하여 지정 고시된 지역

- 수도법 규정에 의한 취수시설로부터 유하거리 4 km이내의 상수원 상류지역과 상수원보호구역
- 환경정책 기본법의 상수원 수질보전을 위한 특별대책지역
- 한강수계상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률 규정에 의한 수변구역
- 호소수질관리법 규정에 의한 호소 수질보전구역
- 자연공원법에 의한 자연공원, 공원구역, 공원보호구역
- 지하수법의 지하수 보전지역
- 환경기준이 환경정책기본법 규정에 의한 1등급 정도의 수질을 보전하여야 한다고 인정되는 수역의 수질에 영향을 미치는 지역으로서 환경부장관이 고시하는 지역

○ 운동장

축사를 제외한 소의 휴식이나 운동을 목적으로 소가 일시적으로 머무르는 장소로서 이동을 제한하는 고정된 시설(울타리와 비가 올 때 축산폐수의 유출을 방지하기 위한 턱)에 의하여 구획되어지는 장소를 말한다.

○ 용존산소 (DO : Dissolved Oxygen)

물속에 녹아있는 산소의 양을 용존산소라 한다. 하천상류의 깨끗한 물에는 거의 포화에 가까운 정도의 DO가 들어 있으나 가정에서 버린 물, 공장에서 버린 물, 기타 썩을 수 있는 물질로 오염되어 그 양이 점점 작아지며 DO가 없으면 썩게 된다. 2ppm 이상이면 냄새가 나지 않으며 물고기가 살 수 있는 DO는 4ppm이상이다. DO는 그 값이 크면 클수록 좋은 물이라 할 수 있다.

○ 생물학적 산소요구량(BOD: Biochemical Oxygen Demand)

물의 오염정도를 표기하는 지표의 한가지로서 유기물이 생물학적으로 분해시켜 안정화하는데 요구되는 용존산소량을 말한다. 즉, 미생물에 분해 가능한 유기물량이 지표로 된다. 통상 20℃, 5일간에 소비하는 산소량을 mg/l 로 표기한다.

○ 화학적산소요구량(COD: Chemical Oxygen Demand)

물속에 들어 있는 유기물, 아질산염, 제1철염, 황화물 등은 물속에 녹아 있는 산소를 소비하는데 이런 물질이 많이 들어 있으면 물 속의 산소가 없어져 물고기와 미생물이 살 수 없게 되고 물이 썩어 고약한 냄새가 나고 물색깔이 검게 변하여 물이 죽게 된다. 이런 유기물질이 들어 있는 물에 과망간산칼륨이나 중크롬산칼륨 등의 수용액을 산화제로 넣으면 유기물질이 산화된다. 이때 쓰여진 산화제의 양에 상당하는 산소의 양을 나타낸 것을 COD 값이라고 한다.

○ 부유물질 (SS : Suspended Solids)

수질오염의 중요한 지표의 한가지로써 오수 중에 부유·현탁되어 있는 불용성 물질(유기물, 무기물)로써 오수의 탁함에 관계한 오탁물질을 말한다. 측정법은 우선 2mm체 또는 금망을 통과한 오수중의 부유물질의 대상으로 한다(100mm 이상 : 이물, 100~2mm : 고형물, 2mm이하 : 부유물질).

○ 호기성처리방법

산소가 충분한 상태에서 호기성 미생물을 증식시켜 오수를 산화정화하는 방법

○ 혐기성처리방법

산소공급이 없는 상태에서 혐기성 미생물을 증식시켜 오수중의 오염물질을 환원 분해하는 방법

○ 상수원관리구역

한강수계중 수도법 지정 공고된 상수원보호구역, 환경정책기본법지정고시된 상수원수질보전을 위한 특별대책지역과 한강수계상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률에 의하여 지정 고시된 수변구역

○ 수변구역

한강수계의 수질보전을 위하여 팔당호, 남한강(팔당댐부터 충주조정지댐까지), 북한강(팔당댐부터 의암댐까지), 경안천(하천법에 의하여 지정된 구간)의 양안중 다음 각호에 해당되는 지역으로서 필요하다고 인정하는 지역

- ① 환경정책기본법으로 특별대책지역의 경우에는 하천·호소의 경계지역로부터 1km 이내의 지역
- ② 제①호 외 지역의 경우에는 하천·호소의 경계로부터 500m 이내 지역

3. 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률

제2조 (정의) 이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. “가축”이라 함은 소·돼지·말·닭 그 밖에 대통령령이 정하는 사육동물을 말한다.
2. “가축분뇨”라 함은 가축이 배설하는 분(분)·요(뇨) 및 가축사육과정에서 사용된 물 등이 분·요에 섞인 것을 말한다.
3. “배출시설”이라 함은 가축의 사육으로 인하여 가축분뇨가 발생하는 시설 및 장소 등으로서 축사·운동장 그 밖에 환경부령이 정하는 것을 말한다.
4. “자원화시설”이라 함은 배출시설에서 배출되는 가축분뇨를 퇴비·액비 또는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 제2조제1호 나목의 규정에 따른 바이오에너지 등으로 만드는(이하 “자원화”라 한다) 시설을 말한다.
5. “퇴비”라 함은 가축분뇨를 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질 중 액비를 제외한

물질로서 농림부령이 정하는 기준에 적합한 것을 말한다.

6. “액비”라 함은 가축분뇨를 액체상으로 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질로서 농림부령이 정하는 기준에 적합한 것을 말한다.
7. “정화시설”이라 함은 가축분뇨를 침전·분해 등 환경부령이 정하는 방법에 따라 처리(이하 “정화”라 한다)하는 시설을 말한다.
8. “처리시설”이라 함은 가축분뇨를 자원화 또는 정화(이하 “처리”라 한다)하는 자원화시설 또는 정화시설을 말한다.
9. “공공처리시설”이라 함은 지방자치단체의 장이 설치하는 처리시설을 말한다.
10. “생산자단체”라 함은 축산업자를 회원으로 하는 비영리법인, 「농업협동조합법」 제2조 제4호의 규정에 따른 농업협동조합중앙회와 그 회원조합을 말한다.

제17조 (배출시설 및 처리시설의 관리 등) ① 시설설치자, 제27조의 규정에 따른 재활용의 신고를 한 자, 제28조제2항제2호의 규정에 따른 가축분뇨처리업의 허가를 받은 자(이하 “처리업자”라 한다) 또는 동항제3호의 규정에 따라 가축분뇨시설관리업의 허가를 받은 자(이하 “시설관리업자”라 한다)는 배출시설에서 배출되는 가축분뇨를 처리함에 있어서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 하여서는 아니 된다.

1. 배출시설에서 배출되는 가축분뇨를 처리시설에 유입하지 아니하고 배출하거나 처리시설에 유입하지 아니하고 배출할 수 있는 시설을 설치하는 행위
2. 처리시설에 유입되는 가축분뇨를 자원화하지 아니한 상태 또는 최종 방류구를 거치지 아니한 상태로 중간배출하거나 중간배출을 할 수 있는 시설을 설치하는 행위. 다만, 처리시설의 처리과정에서 액비를 생산하기 위하여 관할 시장·군수·구청장에게 미리 중간배출이 필요하다고 인정을 받은 경우에는 그러하지 아니하다.
3. 정화시설에 유입되는 가축분뇨에 물을 섞어 정화하거나 물을 섞어 배출하는 행위. 다만, 관할 시장·군수·구청장이 환경관리공단 등 관련 전문기관의 자문을 거쳐 가축분뇨의 정화공법상 물을 섞어야만 가축분뇨의 정화가 가능하다고 인정한 경우에는 그러하지 아니하다.
4. 자원화시설에 따라 가축분뇨를 처리하는 경우 발효되지 아니한 상태의 퇴비·액비를 사용하거나 다른 사람에게 주는 행위. 다만, 발효되지 아니한 상태의 퇴비·액비를 다시 발효시켜 사용하고자 하는 자에게 주는 경우에는 그러하지 아니하다.

5. 액비를 만드는 자원화시설에서 생산된 액비를 당해 시설설치자·처리업자 또는 시설관리업자가 확보한 초지 또는 농경지 외의 장소에 뿌리거나 환경부령이 정하는 살포기준을 지키지 아니하는 행위
6. 퇴비 또는 액비를 비료로 사용하지 아니하고 버리는 행위
7. 정당한 사유 없이 정화시설을 정상적으로 가동하지 아니하여 방류수수질기준에 맞지 아니하게 가축분뇨를 배출하는 행위

4. 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙

제1조 (목적) 이 규칙은 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 및 같은 법 시행령에서 위임된 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조 (배출시설) 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」(이하 “법”이라 한다) 제2조 제3호에서 “환경부령이 정하는 것”이란 착유실, 먹이방, 분만실을 말한다.

제3조 (정화시설의 처리방법) 법 제2조제7호에서 “환경부령이 정하는 방법”이란 다음 각 호와 같다.

1. 호기성 생물학적 방법
2. 혐기성 또는 혐기성 생물학적 방법
3. 물리·화학적 방법
4. 제1호부터 제3호까지의 규정에 따른 방법을 조합한 방법

제8조 (초지 및 농경지의 확보기준) 법 제12조제2항에 따른 액비의 살포에 필요한 초지나 농경지의 면적은 별표 1과 같다.

[별표 1] 액비의 살포에 필요한 초지 또는 농경지의 면적 (제8조 관련)

(단위 : m²/마리)

구분	초지	농경지	
		논	밭·과수원
소·말	520 이상	990 이상	640 이상
젓소	1,610 이상	3,080 이상	1,990 이상
돼지	340 이상	640 이상	420 이상

제10조 (처리시설의 설치 기준) 법 제12조 제6항에 따른 처리시설의 설치기준은 별표 2와 같다.

[별표 2] 가축분뇨처리시설의 설치기준(제10조 관련)

1. 구조물의 천장·바닥 및 벽은 누수되거나 빗물·지표수 등이 유입되지 아니하도록 방수재료로 만들거나 방수재를 사용하여야 한다.
2. 구조물은 토압, 수압, 자체중량, 그 밖에 무게에 견딜 수 있는 구조이어야 하며 부식되거나 변형되지 아니하는 재료를 사용하여야 한다.
3. 점검, 보수 및 오니·스컴·찌꺼기의 청소를 쉽고 안전하게 할 수 있는 구조이어야 한다.
4. 펌프 등 기계류는 계속하여 가동될 수 있는 내구성이 있는 구조로 하되 소음과 진동을 방지할 수 있어야 한다.
5. 가축분뇨의 배관은 막힘, 역류 및 누수를 방지할 수 있는 구조이어야 한다.
6. 가스배출장치는 이물질이 유입되지 아니하고 발생가스가 충분히 배출될 수 있도록 설치하여야 한다.
7. 악취가 날 우려가 있는 부분은 밀폐하거나 악취를 방지할 수 있는 시설을 설치하여야 한다. 다만, 약품 등을 이용하여 악취를 제거할 수 있는 경우에는 그러하지 아니하다.
8. 가축분뇨의 유입량이 증감되어도 처리시설에는 일정량이 유입되어 처리기능에 지장을 주지 아니하는 구조로 설치하여야 한다(생물학적 처리방법, 물리·화학적 처리방법의 경우에만 해당한다).
9. 배출시설에서 배출되는 가축분뇨를 1개월 이상(톱밥 등 수분조절재를 사용하는 경우에는 2개월 이상) 건조·발효할 수 있는 퇴비화시설을 설치하여야 하며 발효시설 등은 수분이 증발하기 쉬운 구조로 설치하여야 한다(퇴비화방법의 경우에만 해당한다).
10. 퇴비화시설을 설치한 경우에는 생산된 퇴비를 최종 처분하기 전까지 저장할 수 있는

퇴비저장시설을 갖추어야 한다. 이 경우 퇴비저장시설은 퇴비가 외부로 유출되거나 빗물·지표수 등이 유입되지 아니하는 구조이어야 한다.

11. 액비화시설에는 축사에서 발생한 가축분뇨를 6개월 이상 저장할 수 있는 저장조를 설치하여야 한다. 다만, 교반장치(攪拌裝置: 섞는 장치)가 설치되지 아니한 저장조를 설치하는 경우에는 저장조를 2단으로 설치하여 가축분뇨가 1단계 저장조를 거쳐 2단계 저장조로 유입되도록 하여야 하며, 1단계 저장조는 가축분뇨를 6개월 이상, 2단계 저장조는 가축분뇨를 1개월 이상 저장할 수 있는 용량이어야 한다.
12. 가축분뇨의 처리방법상 가축분뇨의 저장·보관이 필요한 경우에는 빗물로 가축분뇨가 유출되지 아니하도록 비가림시설이나 가축분뇨 유출방지턱을 설치하여야 하고, 배출시설 중 운동장을 설치하는 경우에는 가축분뇨 유출방지턱을 설치하여야 한다.

제11조 (정화시설의 방류수수질기준) ① 법 제13조제1항에 따른 정화시설의 방류수수질기준은 별표 3과 같다.

[별표 3] 정화시설의 방류수수질기준(제11조제1항 관련)

2. 제1호 외의 정화시설 방류수수질기준

지역	항목	구분	허가대상배출시설을 설치한 자가	신고대상배출시설을 설치한 자가
			설치한 처리시설	설치한 처리시설
특정지역	BOD(mg/L)		50 이하	150 이하
	SS(mg/L)		50 이하	150 이하
	T-N(mg/L)		260 이하	850 이하
	T-P(mg/L)		50 이하	200 이하
기타지역	BOD(mg/L)		150 이하	350 이하
	SS(mg/L)		150 이하	350 이하
	T-N(mg/L)		850 이하	-
	T-P(mg/L)		200 이하	-

비고 : 1. 이 표에서 특정지역은 영 제12조 제1호부터 제5호까지 및 제8호에 해당하는 지역 또는 구역으로 한다.

2. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 배출시설의 설치신고를 한 자가 설치한 처리시설의 방류수수질기준 항목 중 생물화학적 산소요구량은 1,500mg/L 이하로 한다.

- 가. 돼지 사육시설: 면적 140㎡ 미만
- 나. 소(젓소는 제외한다) 사육시설: 면적 200㎡ 미만
- 다. 젓소 사육시설: 축사면적 200㎡ 미만 또는 운동장 면적 600㎡ 미만
- 라. 말 사육시설: 면적 200㎡ 미만
- 마. 닭·오리·양 사육시설: 면적 500㎡ 미만
- 바. 사슴 사육시설: 모든 사슴 사육시설
- 사. 개 사육시설 : 모든 개 사육시설

3. 기타지역이 특정구역으로 변경된 경우에는 변경 당시 그 지역에 설치된 처리시설에 대하여 그 변경일부터 3년까지는 기타지역의 방류수수질기준을 적용한다.

제13조 (액비 살포기준) 법 제17조제1항제5호에 따른 액비의 살포기준은 별표 4와 같다.

[별표 4] 액비의 살포기준 (제13조 관련)

1. 액비는 액비화시설에서 충분히 부숙(腐熟)시켜 악취를 제거한 후 사용하여야 하며, 액비 살포와 더불어 흙을 갈거나 로터리작업을 하여 액비가 흘러내리지 아니하고 토양 속으로 잘 스며들 수 있도록 하여야 한다.
2. 토양이 얼거나 비가 오는 경우 및 액비가 흘러내리는 경사지에서는 액비를 살포하여서는 아니 된다.
3. 사람이 거주하는 주거시설과 200m 이내로 근접된 지역에서는 액비 살포를 금지하여야 한다. 다만, 관할 시장·군수·구청장이 액비 살포가 주거시설에 영향을 미치지 아니한다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니하다.
4. 가축분뇨를 계속하여 쓰는 땅은 액비 사용량 절감 및 액비를 계속 쓴 데에 대한 사용량 조절을 위하여 염류가 토양에 쌓이는 것을 방지하기 위한 조치를 하여야 한다.

<가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙>

제2조 (퇴비) 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」(이하 “법”이라 한다) 제2조제5호에서 “농림부령이 정하는 기준”이란 「비료관리법」 제2조제4호에 따라 고시한 비료공정규격 중 퇴비의 공정규격을 말한다.

제3조 (액비) 법 제2조제6호에서 “농림부령이 정하는 기준”이란 「비료관리법」 제2조제4호에 따라 고시한 비료공정규격 중 가축분뇨발효비료(액)의 공정규격을 말한다. 다만, 질소전량의 최소함유량은 0.1% 이상이어야 한다.

5. 비료 공정규격설정 및 지정(농진청고시 2010-8호)

[별표 3] 부산물비료의 지정

1. 부속비료 (신설 : '09.10.1)

비료의 종류	규격의 함량(%)	함유할 수 있는 유해 성분의 최대량(%)	그 밖의 규격	비 고
01. 가축분퇴비 (신설 : '02.12.31) (*10.3.29)	1. 유기물 : 30 (*10.3.29)	1. 건물중에 대하여 (*09.10.1, *10.3.29) 비 소 45mg/kg 카드뮴 5mg/kg 수 은 2mg/kg 납 130mg/kg 크 롬 200mg/kg 구 리 360mg/kg 니 켈 45mg/kg 아 연 900mg/kg	1. 유기물대 질소의 비 40 이하인 것 2. 건물중에 대하여 염분(NaCl) : 1.8% 이하(*09.10.1, *10.3.29) 3. 수분(H ₂ O) : 55%이하(*10.3.29) 4. 부숙도는 암모니아와 이산화탄소 발생반응을 이용한 기계적 부숙도 측정 기준(솔비타 4 이상 또는 콤팩 부숙완료)에 적합하거나 종자발아법의 경우 무 발아지수 70 이상(신설: *10.3.29)	1. 별표 5의 1. 사용가능한 원료에서 가축분뇨를 50% 이상 사용(*10.3.29) 2. 가축분뇨 외의 원료는 별표 5의 1. 사용가능한 원료에서 제1호 농림부 산물류, 광물질, 토양미생물제제에 한함(*10.3.29)
02. 퇴비	1. 유기물 : 25	1. 건물중에 대하여 (*09.10.1, *10.3.29) 비 소 45mg/kg 카드뮴 5mg/kg 수 은 2mg/kg 납 130mg/kg 크 롬 250mg/kg 구 리 400mg/kg 니 켈 45mg/kg 아 연 1,000mg/kg	1. 유기물대 질소의 비 50이하 인 것 2. 건물중에 대하여 염분(NaCl) : 2.0% 이하(*09.10.1) 3. 수분(H ₂ O) : 55% 이하 (*09.10.1) 4. 부숙도는 암모니아와 이산화탄소 발생반응을 이용한 기계적 부숙도 측정 기준(솔비타 4 이상 또는 콤팩 부숙완료)에 적합하거나 종자발아법의 경우 무 발아지수 70 이상(신설: *10.3.29)	1. 제조시 별표 5의 원료에 한하여 사용하여야 한다>(*97.7.19, *09.10.1) 2.삭제(*10.3.29) 3.삭제(*10.3.29)
11. 가축분뇨 발효액 (신설:'02.12.31) (*04.10.2, *09.10.1)	질소전량, 인산전량, 칼리전량 각각의 성분 합계량 0.3% 이상, 각 성분별 함량 보증할 것(*10.3.29)	비 소 5mg/kg 카드뮴 0.5mg/kg 수 은 0.2mg/kg 납 15mg/kg 크 롬 30mg/kg 구 리 50mg/kg 아 연 130mg/kg 니 켈 5mg/kg	○염분(NaCl) : 0.3%이하 ○수분함량 : 95% 이상	1. 충분한 발효시까지 저장(*10.3.29) 2. 살포시기 : 겨울철 및 장마기 제한 3. 주거지에서 200m 이상 격리 지역, 다만 관할 시·군·구청장이 액비 살포가 주거시설에 영향을 미치지 아니한다고 인정하는 경우에는 시·군·구청장이 인정하는 거리내에서 근접살포 허용(*10.3.29) 4. 농경지밖으로 유출금지 5. 냄새 약취강도(관능법) : 2수준 대기 환경보전법 약취발생제한 규정에 준함 6. 혐기성소화시설(바이오가스 생산시설)에서 생산할 경우 가축분뇨 이외의 농림부산물류 또는 음식물폐기물 30% 이내 사용할 수 있음(신설: *10.3.29)

집필진

제1장 가축분뇨의 자원화

국립축산과학원 김재환 ☎ 031-290-1723, kimjh@korea.kr

국립축산과학원 최동윤 ☎ 031-290-1715, cdy5760@korea.kr

제2장 가축분뇨 퇴·액비 생산기술

국립축산과학원곽정훈 ☎ 031-290-1721, kwagjh@korea.kr

국립축산과학원강희설 ☎ 031-290-1711, kanghs@korea.kr

국립축산과학원정광화 ☎ 031-290-1732, gwhaju@korea.kr

국립축산과학원조승희 ☎ 031-290-1719, shcho0488@korea.kr

제3장 가축분뇨 퇴·액비 분석과 시용량 결정 및 살포

국립농업과학원 이종식 ☎ 031-290-0314, jongslee@korea.kr

국립농업과학원강성수 ☎ 031-290-0333, sskang33@korea.kr

국립농업과학원이예진 ☎ 031-290-0320, leeyj418@korea.kr

국립농업과학원권순익 ☎ 031-290-0227, sikwon@korea.kr

국립농업과학원박우균 ☎ 031-290-0239, sunrise7000@korea.kr

제4장 논 작물 가축분뇨 퇴·액비 이용방법

국립식량과학원 이상복 ☎ 063-840-2268, leesbok@korea.kr

국립식량과학원강위금 ☎ 031-290-6770, kangug@korea.kr

제5장 밭 작물 가축분뇨 퇴·액비 이용방법

국립식량과학원 이상복 ☎ 063-840-2268, leesbok@korea.kr

국립식량과학원 김기중 ☎ 063-840-2107, kkj737@korea.kr

제6장 채소의 가축분뇨 퇴·액비 이용방법

국립원예특작과학원	박진면	☎ 031-290-6222, a1542627@korea.kr
국립원예특작과학원	임태준	☎ 031-290-6263, taejun1575@korea.kr
경기도농업기술원	강창성	☎ 031-229-5821, cskang@gg.go.kr
강원도농업기술원	조병욱	☎ 033-258-9731, 33781114@korea.kr

제7장 과수원 가축분뇨 퇴·액비 이용방법

국립원예특작과학원	박진면	☎ 031-290-6222, a1542627@korea.kr
국립원예특작과학원	이성은	☎ 031-290-6225, pplm96@korea.kr
국립원예특작과학원	고상욱	☎ 064-730-4106, swkoh@korea.kr
국립원예특작과학원	한승갑	☎ 064-730-4172, skhan@korea.kr
충북농업기술원	김현주	☎ 043-220-5861, khjeus@korea.kr

제8장 초지 및 사료작물에서의 액비 사용방법

국립축산과학원	윤세형	☎ 041-580-6772, himryoon@korea.kr
국립축산과학원	정민웅	☎ 041-580-6775, mwjung@korea.kr
국립축산과학원	박남건	☎ 064-754-5720, parkng@korea.kr
국립축산과학원	임영철	☎ 041-580-6740, ycliml@korea.kr

제9장 잔디식재 지역별 액비시용의 실제

AM 잔디연구소	함선규	☎ 032-741-8516, hamsuonk@hanmail.net
----------	-----	--------------------------------------

제10장 수목에 액비시용의 실제

산림청 국립산림과학원	여진기	☎ 031-290-1115, jkyeo@forest.go.kr
산림청 국립산림과학원	이 욱	☎ 031-290-1185, rich26@korea.kr
서울대학교 목재화학연구소	최인규	☎ 02-880-4795, cingyu@snu.ac.kr

발간등록번호 : 11-1390000-002801-01

가축분뇨 퇴·액비 이용 기술 매뉴얼

발행일 : 2010년 9월

발행인 : 농촌진흥청장 민승규

편집인 : 국립축산과학원장 라승용

농촌진흥청 연구정책국 연구운영과 과장 박기훈

농촌진흥청 연구정책국 연구운영과 축산팀 김시동, 한만희

발행처 : 농촌진흥청

(연구정책국 연구운영과 Tel. 031-299-2623)

인쇄처 : 한국학술정보(주) ☎ 031-940-1062

ISBN : 978-89-480-0788-6 93520