

2021년도 한우자조금사업
완료보고서(1차년도)

한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구

2021. 11.

연구기관: (사)한국축산환경학회

 한우자조금관리위원회



(사)한국축산환경학회

The Korean Society of Animal Environmental Science & Technology

2021년도 한우자조금사업
완료보고서(1차년도)

한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구

2021. 11.

연구기관 : (사)한국축산환경학회

본 연구결과는 연구진의 의견 및 주장이며 한우자조금의 공식입장과 다를 수 있음

 한우자조금관리위원회

제 출 문

한우자조금관리위원장 귀하

본 보고서를 『한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구』
의 완료보고서(1차년도)로 제출합니다.

2021년 11월

(사)한국축산환경학회장 이 명 규

연구기관명 | (사)한국축산환경학회

연구책임자 | 이명규 (상지대학교, 교수)

연구원 | 성하균 (상지대학교, 교수)

황선구 (상지대학교, 교수)

박기관 (상지대학교, 교수)

이호중 ((사)농어업정책포럼, 상임이사)

이병오 (한바이오 경축순환연구소 소장)

김수량 (상지대학교 산학협력단, 연구교수)

홍성하 (상지대학교 산학협력단, 연구원)

변지은 (상지대학교 산학협력단, 연구원)

연구보조 | 함권웅 (상지대학교, 석사과정)

안상현 (상지대학교, 석사과정)

박승현 (상지대학교, 석사과정)

정지원 (상지대학교, 석사과정)

이수찬 (상지대학교, 석사과정)

김동섭 (상지대학교, 학부생)

김동현 (상지대학교, 학부생)

조영희 (상지대학교, 학부생)

목차

제1장 서론	1
1.1 연구 배경 및 필요성	1
1) 연구 배경	1
2) 연구 필요성	4
1.2 연구의 목적	8
 제2장 한우 분뇨와 타 축종 분뇨 간 성상 차이점	9
2.1 국내 가축 동향 및 분뇨 발생·처리 현황	10
1) 가축 동향	10
(1) 축종별 현황	10
(2) 한·육우 사육 동향	11
2) 가축분뇨 발생 및 처리 현황	14
2.2 축종별 분뇨 성상 비교에 따른 한우 분뇨의 특징 도출	17
1) 선행연구(1): 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정	17
(1) 축종별 분뇨의 배설량 및 세정수 발생량('08년)	17
(2) 축종별 분뇨의 오염물질 및 비료 성분 특성 비교('08년)	18
2) 선행연구(2): 가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚 축사 유형별 분뇨 발생량 산정	20
(1) 축종별 분뇨의 배설량 및 세정수 발생량('19)	20
(2) 한우 분뇨 배출원단위 재산정('19년)	21
가) 대사틀에서의 한우 연령별, 성별 배출원단위 산정	21
나) 깔짚 우사 내 계절별, 성장단계별 배출원단위 산정	25

(3) 축종별 분뇨의 오염물질 및 비료 성분 특성 비교	28
가) 대사틀에서의 축종별 분뇨의 오염물질 및 비료 성분 특성 비교	28
나) 깔짚 축사에서 축종별 분뇨의 오염물질 및 비료 성분 특성 비교	29
제3장 한우 분뇨 및 퇴비가 환경에 미치는 영향	30
3.1 국내외 축산환경 관련 법률 및 제도	31
1) 국내 축산환경 관련 법률 및 제도	31
(1) 국내 축산환경 관련 법률 개관	31
(2) 국내 축산환경 관련 제도	35
가) 가축분뇨 자원화	35
나) 축산악취 관리	39
다) 인증제도	40
라) 기타 (스마트 축산단지 조성사업)	42
2) 국외 축산환경 관련 법률 및 제도	43
(1) 미국, EU, 덴마크, 독일, 벨기에, 영국	43
(2) 네덜란드	48
(3) 일본	52
3.2 한우 분뇨 및 퇴비가 환경에 미치는 영향	56
1) 수질 및 토양 환경	56
(1) 축분 야적 등에 따른 수질 및 토양 오염	56
(2) 토양 양분 관리	58
2) 미세먼지 및 암모니아	66
(1) 미세먼지의 개념	66
(2) 2차 미세먼지 생성과 암모니아	67
(3) 농축산 분야에서의 미세먼지 및 암모니아 배출	68
(4) 축산에서 발생하는 미세먼지의 영향	72

3) 온실가스(탄소배출) 및 탄소중립	74
(1) 기후변화 대응 필요성	74
(2) 온실가스의 개념	75
(3) 국내 온실가스(전 분야) 배출량	76
(4) 국내 농업 분야(축산 및 경종 부문) 온실가스 배출량	78
(5) 축산 부문 온실가스 배출량	80

제4장 한우농가 축분 처리 중점 관리 요소 도출

4.1 한우농가 축분 처리 현황 조사

1) 선행연구 조사 및 시사점 도출

 (1) 선행연구(1) 한우퇴비 부숙도 검사 의무화 단기적 대응 방안 연구

 (2) 선행연구(2) 지속가능한 낙농산업 발전을 위한 퇴비 부숙도 실태 조사

2) 한우농가 축분 처리 실태조사

 (1) 조사개요

 (2) 조사 결과

3) 한우퇴비 중심 소규모 경축순환 사례 조사

 (1) 원주축협 사례

 (2) 춘천축협 사례

 (3) 횡성군 수집·운반업체 중심의 퇴비 살포 사례

4) 한우퇴비 품질조사

 (1) 한우퇴비의 품질조사

 가) 가축분뇨 퇴비의 품질 관련 법률 개요

 나) 한우퇴비의 품질 조사

 다) 한우퇴비 우수성 검토: 한우퇴비의 고품질화 가능성 평가

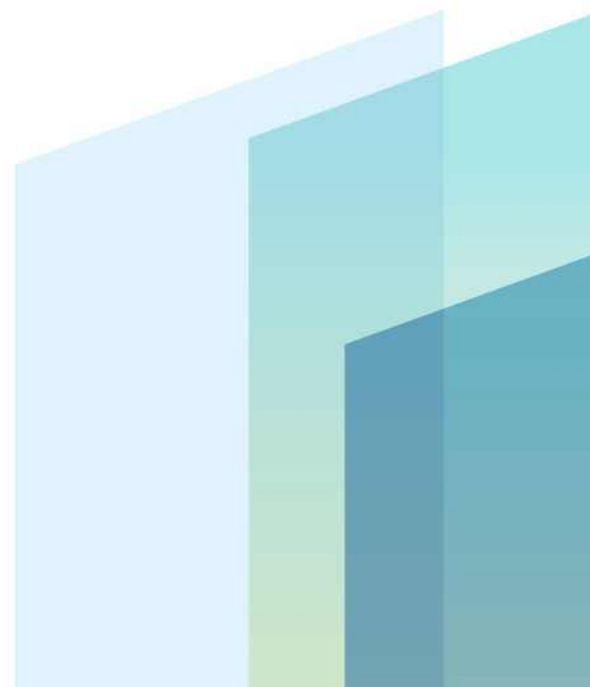
 (2) 한우퇴비의 우수성 검토: 한우퇴비를 이용한 작물생육 시험(1차년)

4.2 한우농가 축분 처리를 중점 관리 요소 도출

1) 문제점 도출

2) 한우농가의 축분 환경관리 단계적 접근

제5장 한우농가 실정에 적합한 축산환경 규제 해소 및 지원책 제언	185
5.1 한우농가의 역할 검토 및 환경관리 대응 실천과제 제언	186
1) 한우농가의 퇴비 부숙도 관리 관련 정책 지원 방안	186
2) 한우 분뇨의 적정 처리를 위한 정책 지원 방안	188
(1) 한우 분뇨 처리지원 사업	188
(2) 한우농가 환경 개선 사업	189
5.2 한우농가 축산환경 규제 해소 및 지원책 제언	192
1) 한우산업의 지역단위 양분관리체계 도입 대응 정책 지원 방안	192
(1) 필요성	192
(2) 한우산업의 지역단위 양분관리체계 도입 대응 정책 지원 검토	193
2) 한우산업의 탄소중립 대응 정책 방안(경축순환을 중심으로)	198
(1) 한우산업을 포함한 축산분야 탄소중립 방안 개요	198
(2) 탄소중립형 축산환경 및 경축순환으로의 접근	199
가) 환경오염·자원화·경축순환을 포함한 탄소중립형 축산 개념	199
나) 기존 경축순환농업의 추진상 문제점	201
다) 통합형 탄소중립 축산환경 기반 경축순환 시스템	203
5.3 종합결론 및 제언	211
참고문헌	221



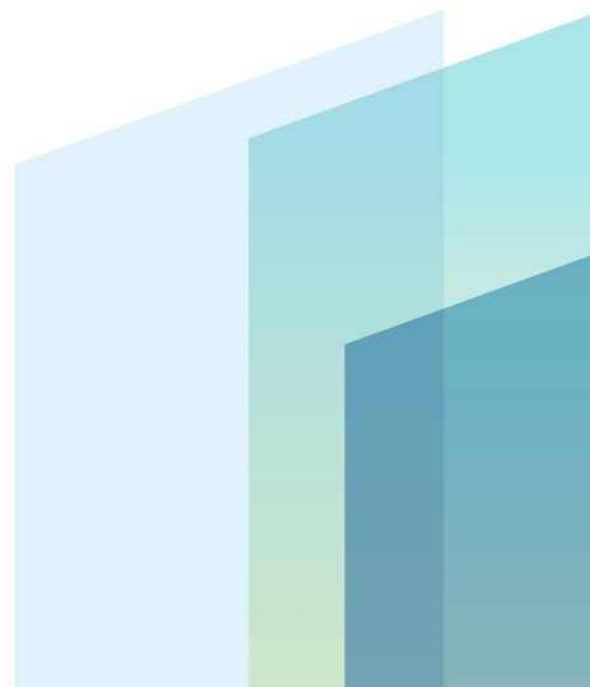
표목차

표-01 연도별 한·육우 사육 현황	12
표-02 지역별 한·육우 사육 현황('21년 3/4분기)	13
표-03 축종별 가축분뇨 발생량('19년 기준)	14
표-04 연도별 국내 가축분뇨 발생 및 처리현황	15
표-05 가축분뇨 배출원단위('08년)	18
표-06 축종별 분뇨의 오염물질 농도 및 pH 특성 ('08년)	19
표-07 축종별 분뇨의 비효성분 함량 특성 ('08년)	19
표-08 가축분뇨 배출원단위 재산정(안)	20
표-09 연령에 따른 한우 분뇨 발생량('19년)	22
표-10 성별에 따른 한우분뇨 발생량('19년)	23
표-11 한우분뇨의 이화학적 특성('19년)	24
표-12 깔짚축사 내 계절별·성장단계별 한우분뇨 배출량 평가('19년)	26
표-13 표준체중 350kg 보정 시 깔짚축사 내 한우분뇨 배출원단위('19년)	26
표-14 깔짚축사 내 성장단계별 한우분뇨의 이화학적 특성('19년)	27
표-15 깔짚축사 내 계절별 한우분뇨의 이화학적 특성('19년)	27
표-16 대사틀에서의 축종별 분뇨의 오염물질 특성 비교('19년)	28
표-17 대사틀에서의 축종별 분뇨의 비효성분 특성 비교('19년)	28
표-18 깔짚축사 내 계절별 한우분뇨의 이화학적 특성('19년)	29
표-19 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 체계	32
표-20 축산환경 부문 주요 법령	33
표-21 축산환경 부문 환경규제 관련 정책·연구 동향	34
표-22 축산환경 부문 주요 제도	35
표-23 깨끗한 축산농장 지정 현황	41
표-24 축종별 깨끗한 축산농장 지정 현황	41

표-25 스마트축산 ICT 시범단지의 생산·분뇨·질병 관리 체계	42
표-26 국외 축산환경 관련 법령 및 제도	47
표-27 네덜란드의 축산환경 관련 주요 제도 및 정책	50
표-28 일본의 축종별 가축사육 동향('16년)	52
표-29 일본의 축종별 가축분뇨 발생량('17년)	52
표-30 일본의 비료취급법에 따른 특수비료 및 보통비료의 구분	54
표-31 일본의 가축분뇨를 원료로 한 주요 보통비료의 공정규격	54
표-32 일본의 축산환경 관련 주요 보조사업 현황	55
표-33 연도별 경지면적 및 증감을 추이	58
표-34 경지 증감 사유별 면적	59
표-35 국내 양분관리 및 경축순환 관련 선행 연구 사례	61
표-36 양분수지 산정법의 비교	62
표-37 토지수지산정법(Land budget)과 토양수지산정법(Soil budget)의 차이점	62
표-38 우리나라 도별 양분수지 분석 결과(2014년 기준)	64
표-39 부산물비료 생산량 동향	65
표-40 분뇨관리 부문 NH ₃ 배출계수	69
표-41 암모니아 농도별 인체에 미치는 영향	74
표-42 6대 온실가스의 종류 및 발생원	76
표-43 국내 6대 온실가스 발생량('18년)	76
표-44 국내 분야별 온실가스 발생량('18년)	77
표-45 농업 분야(축산 및 경종) 온실가스 배출원	78
표-46 농업 분야(축산 및 경종) 온실가스 발생량('18년)	79
표-47 농업 분야 CH ₄ , N ₂ O 발생량('18년)	79
표-48 축산 및 경종 부문에서 CH ₄ 발생량('18년)	80
표-49 축산 및 경종 부문에서 N ₂ O 발생량('18년)	80
표-50 장내 발효 부문 축종별 CH ₄ 배출계수	81
표-51 가축분뇨 처리 부문 축종별 CH ₄ 배출계수	82
표-52 축종별 분뇨 내 연평균 질소량(Nex(T))	82
표-53 가축분뇨 처리 부문 가축분뇨 처리시설별 N ₂ O 배출계수	83
표-54 가축사육두수 연도별 평균치(2010-2018)	83
표-55 장내 발효 부문 축종별 온실가스 배출량(2010-2018)	84
표-56 가축분뇨 처리 부문 축종별 온실가스 배출량(2010-2018)	84
표-57 축산분야(장내발효+가축분뇨 처리) 축종별 온실가스 배출량(2010-2018)	84

표-58 사육두수별 우상 깔짚의 종류(n=85).....	96
표-59 사육두수별 우상 깔짚의 두께(n=85).....	97
표-60 사육두수별 우상 깔짚 교반(n=85).....	98
표-61 사육두수별 우상 깔짚 미교반 사유(n=71).....	99
표-62 사육두수별 우상 깔짚의 관리(n=85).....	100
표-63 사육두수별 깔짚 사용량(n=85).....	101
표-64 사육두수별 축분 발생량(n=85).....	102
표-65 사육두수별 우상 축분 수거 횟수(n=85).....	103
표-66 사육두수별 우상 축분의 수거 장비 보유(n=85).....	104
표-67 사육두수별 축분의 저장 장소(n=85).....	105
표-68 사육두수별 축분의 저장기간(n=85).....	106
표-69 사육두수별 축분 처리 방법(n=85).....	107
표-70 사육두수별 퇴비사 보유 여부(n=85).....	109
표-71 사육두수별 퇴비사 보유 개수(n=81).....	110
표-72 사육두수별 퇴비사 용적(n=81).....	111
표-73 사육두수별 퇴비사 작업 공간(n=81).....	112
표-74 사육두수별 부숙퇴비의 저장 공간(n=85).....	113
표-75 사육두수별 퇴비사의 타 용도 활용 여부(n=81).....	114
표-76 사육두수별 자가 퇴비화 방법(n=85).....	115
표-77 사육두수별 자가 퇴비화 시 단순 퇴적 이유(n=43).....	116
표-78 사육두수별 퇴비화 기간(n=85).....	117
표-79 퇴비 살포 농경지 평균 면적(n=69).....	122
표-80 퇴비 살포 농경지 합계 면적(n=69).....	122
표-81 원주축협 퇴비 유통 전문조직 사업계획 예상 비용.....	130
표-82 원주축협 퇴비 유통 전문조직 사업계획에 따른 예상 수익.....	130
표-83 가축분뇨 퇴비의 정의 및 기준 관련 법률.....	136
표-84 가축분퇴비 기준(비료 공정규격설정 및 지정, 별표3).....	136
표-85 퇴비화 기준(가축분뇨법 시행령, 별표3).....	137
표-86 가축분뇨 퇴비 부숙도 관련 법률.....	138
표-87 가축분뇨 퇴비의 부숙도 시료 측정방법.....	139
표-88 가축분뇨 처리상황 등의 기록·보존 및 전자인계관리시스템 관련 법률.....	142
표-89 한우퇴비의 비료 성분 및 이화학적 성상 평균(n=51).....	144
표-90 한우퇴비의 비료 성분 및 이화학적 성상(n=51).....	145

표-91 일본 토치기현의 가축분 퇴비 품질평가 기준.....	156
표-92 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(평균)(n=51).....	158
표-93 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(개별)(n=51).....	158
표-94 시험 토양의 화학적 성분.....	164
표-95 시험에 사용된 한우퇴비의 이화학적 성분.....	165
표-96 처리구별 시비기준 및 시비 시기별 시비량.....	167
표-97 처리구별 출웅기 및 출사일수.....	168
표-98 화학비료 및 한우퇴비 시용에 따른 시기별 초장의 변화.....	169
표-99 화학비료 및 한우퇴비 시용에 따른 시기별 경경의 변화.....	169
표-100 화학비료 및 한우퇴비 시용에 따른 시기별 엽수의 변화.....	170
표-101 화학비료 및 퇴비 시용에 따른 시기별 엽장의 변화.....	171
표-102 화학비료 및 퇴비 시용에 따른 시기별 엽폭의 변화.....	171
표-103 화학비료 및 퇴비 시용에 따른 시기별 엽록소의 변화.....	172
표-104 화학비료 및 퇴비 시용에 따른 수량성.....	173
표-105 시험 전후 토양의 화학적 성분.....	179
표-106 한우농가의 축분 환경관리 단계적 접근.....	183
표-107 한우 분뇨의 적정 처리를 위한 정책 지원 방안.....	191
표-108 한우농가 기반 지역단위 양분관리체계 구축을 위한 고려사항.....	194
표-109 한우산업을 포함한 축산분야 탄소중립 방안 개요.....	199
표-110 “환경4법” 연계를 통한 한우 분뇨 자원화 정책지원 방안.....	206



그림목차

그림-01 연구 개요	8
그림-02 2021년 3분기 가축 동향	11
그림-03 지역별 한·육우 사육 현황('21년 3/4분기)	13
그림-04 가축분뇨의 처리 방법	15
그림-05 국내 가축분뇨 발생 및 처리현황('19년)	16
그림-06 국내 가축분뇨 자원화조직체 현황	36
그림-07 퇴비 유통 전문조직의 축산농가 퇴비 부속도 관리 절차	38
그림-08 퇴비 유통 전문조직의 축산농가 퇴비 살포 관리 절차	38
그림-09 ICT 활용 축산악취 관리 지원시스템 운영 모식도	40
그림-10 깨끗한 축산농장 현판 및 지정서	41
그림-11 네덜란드의 축종별 분뇨 발생량과 이용·유통 경로 및 토양 유입 양분량	50
그림-12 일본의 연도별 가축분뇨 발생량 추이	52
그림-13 노지에 야적된 축분, 부정적 사례	57
그림-14 연도별 경지면적 추이	58
그림-15 논밭별 경지면적 변화	59
그림-16 경지 증감 사유별 면적	60
그림-17 양분수지 산정 시 필요한 양분관리 항목	63
그림-18 우리나라 국가 양분수지(질소, 인)	63
그림-19 화학비료 발생량과 분뇨 발생량 추이	65
그림-20 미세먼지의 크기 및 구성성분	67
그림-21 미세먼지의 1차 및 2차 발생원	67
그림-22 미세먼지(PM _{2.5})의 2차 생성과정	68
그림-23 분뇨관리 부문 축종별 암모니아 발생량	71
그림-24 한우농가의 농장주 연령 분포(n=85)	93
그림-25 한우 사육 경력(기간)(n=85)	94
그림-26 농장 규모에 따른 농장(수)의 분포(n=85)	94

그림-27 사육두수별 농장(수)의 분포(n=85).....	95
그림-28 사육두수별 깔짚 종류(n=85)	96
그림-29 사육두수별 우상 깔짚 두께(n=85).....	97
그림-30 사육두수별 우상 깔짚 교반(n=85)	98
그림-31 사육두수별 우상 깔짚의 미교반 사유(n=71)	99
그림-32 사육두수별 우상 깔짚의 관리(n=85)	100
그림-33 사육두수별 우상 깔짚의 사용량(n=85)	101
그림-34 사육두수별 축분 발생량(n=85).....	102
그림-35 사육두수별 우상 축분의 수거 횟수(n=85)	103
그림-36 사육두수별 우상 축분의 수거 장비 보유(n=85).....	104
그림-37 사육두수별 축분의 저장 장소(n=85).....	105
그림-38 사육두수별 축분의 저장기간(n=85).....	106
그림-39 사육두수별 축분 처리 방법(n=85).....	107
그림-40 위탁처리 농가의 위탁처리 유형(n=30)	108
그림-41 위탁처리 농가 중 위탁처리 비용(n=30)	108
그림-42 사육두수별 퇴비사 보유 여부(n=85).....	109
그림-43 사육두수별 퇴비사 보유 개수(n=81).....	110
그림-44 사육두수별 퇴비사 용적(n=81).....	111
그림-45 사육두수별 퇴비사 작업 공간(n=81).....	112
그림-46 사육두수별 부숙퇴비의 저장 공간(n=85).....	113
그림-47 사육두수별 퇴비사의 타용도 활용 여부(n=81).....	114
그림-48 사육두수별 자가 퇴비화 방법(n=85).....	115
그림-49 사육두수별 자가 퇴비화 시 단순 퇴적 이유(n=43).....	116
그림-50 사육두수별 퇴비화 기간(n=85).....	117
그림-51 퇴비 부숙도 의무 검사 횟수 인지 여부(n=85).....	118
그림-52 퇴비 부숙도 검사 의뢰 기관(n=85).....	118
그림-53 퇴비 부숙도 교육 참여 여부(n=85).....	119
그림-54 퇴비 부숙도 컨설팅 참여 여부(n=85).....	119
그림-55 최근 1년간 퇴비 부숙도 검사 횟수(n=85).....	120
그림-56 최근 1년간 퇴비 부숙도 검사 결과(n=85).....	120
그림-57 퇴비 살포기 보유 여부(n=85).....	121
그림-58 퇴비 살포 농경지 보유 여부(n=85).....	122
그림-59 타인 농경지 퇴비 살포 방법(n=20).....	123

그림-60 타인 농경지 퇴비 살포비 (n=20)	123
그림-61 축분 처리가 한우사육에 미치는 영향(n=85)	124
그림-62 축분 처리에 대한 대책의 필요성(n=85)	124
그림-63 한우분뇨 기반 경축순환 협의체 구축 시 운영 주체(n=85)	125
그림-64 경종농가와 한우분뇨 처리 비용 분담(n=85)	125
그림-65 기존 퇴비사 개조 및 개선 의향(n=85)	126
그림-66 축분처리 관련 여유 부지 보유 여부(n=85)	126
그림-67 향후 퇴비 부숙도 교육의 필요성(n=85)	127
그림-68 향후 퇴비 부숙도 컨설팅의 필요성(n=85)	127
그림-69 향후 우상 깔짚 교반장치 구입 의향(n=85)	128
그림-70 향후 한우산업 개선을 위해 필요한 분야(n=85)	128
그림-71 횡성군 수집·운반업체 중심의 퇴비살포 사례	133
그림-72 고품질 한우퇴비 품질평가 기준(안)	157
그림-73 옥수수 미백2호 모종 및 모종 정식	163
그림-74 한우퇴비의 옥수수 재배 시험 처리구별 배치도	164
그림-75 처리구별 모종 정식 및 29일차 모습	166
그림-76 처리구별 옥수수의 차이	173
그림-77 옥수수 줄기와 잎의 N 함량	174
그림-78 옥수수 줄기와 잎의 P 함량	174
그림-79 옥수수 줄기와 잎의 K 함량	175
그림-80 처리구별 옥수수의 당도 차이	175
그림-81 처리구별 옥수수의 수분 함량	176
그림-82 처리구별 옥수수의 조단백질 함량 차이	176
그림-83 처리구별 옥수수의 조지방 함량 차이	177
그림-84 처리구별 옥수수의 조회분 함량 차이	177
그림-85 처리구별 옥수수의 탄수화물 함량 차이	177
그림-86 한우농가 축분처리 단계별 중점 요소	180
그림-87 한우농가의 축분 환경관리 단계적 접근	184
그림-88 축산분야의 탄소중립 개념 모식도	198
그림-89 환경오염·자원화·경축순환을 포함한 탄소중립형 축산 개념	201
그림-90 탄소중립형 축산환경 구축을 위한 관련 법률 및 기술체계	204
그림-91 “환경 4법” 연계를 통한 지역단위 경축순환 거버넌스 구축	205
그림-92 탄소중립형 축산환경 기반 경축순환 시스템 모식도	205

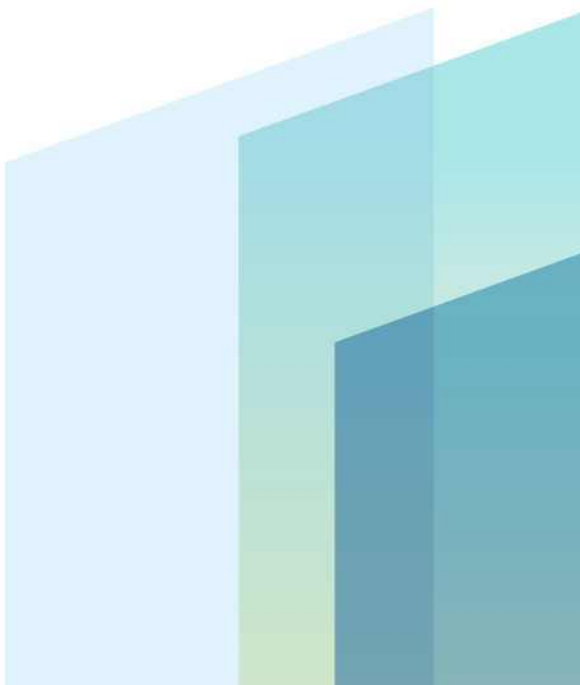


제1장 서론

1.1 연구 배경 및 필요성

- 1) 연구 배경
- 2) 연구 필요성

1.2 연구의 목적



제1장 서론

1.1 연구 배경 및 필요성

1) 연구 배경

□ 가축 질병, 분뇨, 악취 등으로 축산업이 사회·환경에 부담을 주는 산업으로 인식

○ 급격한 경제발전으로 인한 축산물 소비 증가 및 WTO·FTA를 통한 시장 개방에 대응하기 위하여, 국내 축산업은 전업화·규모화 위주의 양적 성장 전략을 채택·추진해 왔음.

○ 소득증가와 식생활의 서구화에 힘입어 축산업의 농산업 내 비중이 지속적으로 커지고 있으며, 축산업은 국민경제의 중요한 산업이자 단백질 공급원으로 자리매김함.¹⁾

-2000년 축산업 생산액은 약 8조 원으로 농림업 생산액의 24.4%에 불과하였으나, 이후 점차 증가하여 2019년 19.8조 원으로 농림업 생산액(52.2조 원)의 37.9%를 차지함. 축산물의 소비량(육류 소비량 1인당 소비 기준)은 동기간 31.9kg에서 54.6kg으로 증가함.

○ 그러나 축종별 가축 사육두수 및 농가(경영체) 당 평균 사육 규모가 급격히 늘어남에 따라 축산환경 악화(악취, 암모니아 등 미세·초미세 먼지 전구물질, 메탄·아산화질소 등 온실가스, 질소·인 과다 배출로 인한 수질오염 등)와 가축 질병 등이 사회문제로 대두됨. 축산업의 기반이 위축되고 있음.

○ 최근에는 비점오염원으로 작용하는 가축분뇨 및 퇴·액비 제품의 엄격한 이동관리를 위하여 “가축분뇨 전자인계관리시스템의 운용 및 절차 등에 관한 고시”, “퇴비액비화기준 중 부숙도 기준 등에 관한 고시” (환경부 고시) 등 환경 관련 규제 강화 및 가축 사육제한 구역 확대 등이 도입되면서 축산업의 기반이 위축되고 있음.

1) 서울대학교 산학협력단 (2021) “축산환경 개선 기본계획 수립을 위한 정책 연구”

○ 가축분뇨로 인한 환경문제와 관련하여 축산악취 발생 및 비점오염원으로 인한 수질오염 문제는 “악취방지법”(환경부 법률)과 “수질 및 수생태계 보전에 관한 법률”(환경부 법률) 등에 따른 축산악취 관리 강화 및 수질오염총량관리제도 시행 등으로 축산 규제 영향이 예측됨.

○ 특히, 최근에는 “수질 및 수생태계 보전에 관한 법률”과 관련하여 농업 부문의 축산 및 농경지 비료(화학비료, 가축분뇨 퇴·액비 등) 사용으로 인한 비점오염원의 관리 강화 방안의 일환으로 “양분총량관리제도”의 단계적 도입이 추진되고 있음.

□ 기후위기 시대 지속가능한 축산업으로 발전하기 위한 다각적이고 선제적인 대응 전략 수립의 필요성 증대

○ 축산에서 환경과 직접적인 연관이 되어있는 부분은 가축분뇨, 온실가스, 토양 분야 임. 가축분뇨는 육류소비량과 비례해 증가하고 있으며, 온실가스 배출도 마찬가지임. 국내 농경지의 부족으로 인한 토양의 양분과다 축적 또한 축산에서 해결해야 할 문제임.

○ 국내 축산업은 가축분뇨 퇴·액비를 살포할 농경지 면적은 감소하고 있으나 축산규모는 지속적으로 확대되어 분뇨처리에 급급한 실정임. 개별농가에서 처리해야 하는 가축분뇨량이 증가하여 축산농가의 가축분뇨 처리 부담이 가중될 것으로 예상되며 이에 따라 향후, 개별농가의 가축분뇨 퇴·액비 부숙도 관리에 어려움이 발생할 수 있음.²⁾

○ 가축분뇨의 관리는 축산농가만의 문제를 넘어 지역 내 중간조직체, 경축순환의 농지환원 농가, 그리고 지역주민, 지자체가 모두 연계되어 있는 문제임. 따라서 이를 해결하기 위하여 향후 축산농가 중심의 지역 내 거버넌스 모형은 물론 중간조직체 중심, 작목반 경종농가 중심의 다양한 거버넌스 모형을 도출할 필요가 있음.

2) 강원대학교 산학협력단 (2020) “경축순환농업 현황분석 및 모델 개발”

- 전 지구적 기후위기 대응책으로 축산분야에 있어서도 선제적인 전략을 수립하기 위해서는 환경문제를 기반으로 하는 새로운 제도의 틀, 즉 탄소중립형 축산분야 수익형 경제사업, 순환 경제사업의 기술 도입, 이에 대응하는 행정 제도 등 우리나라 사정에 적합한 순환형 사회의 운영체계 등이 연구될 필요가 있음.

2) 연구 필요성

□ 팬데믹 이후 농축산업의 위기

- 코로나19 위기 상황은 생명 안전과 식량안보에 대한 가치를 다시 한번 확인하게 되었음. 한편, 포스트 코로나 즉, 팬데믹 이후 가속화되는 석유 에너지 기반 대량 생산 및 대량 소비 시대가 막을 내리는 변화 속에서 국내 농축산업의 위기 상황을 풀어내기 쉽지 않은 현실임.
-이에, 광범위한 경제·사회적 변화가 농식품 분야에 미칠 영향에 대비해 선제적으로 포스트 코로나 이후 새로운 농정 방향을 설정해야 한다는 의견이 강조되고 있음.
- 최근 정부에서는 2022년까지 67조 7천억 원을 투입해 일자리 88만 7천개를, 2025년까지 160조 원을 투입해 일자리 190만 1천개를 창출한다는 구상을 담은 한국판 뉴딜 종합계획을 발표한 바 있음.
-그중에서도 그린뉴딜 정책 방향은 식량·에너지·자원 등 지역단위 중심의 자립형 사회의 구축을 추구하고 있음.
- 농어업·농어촌특별위원회에서는 3대 전략 과제로서 친환경 경축순환, 토양 양분관리, 지역자원 순환 및 이용 활성화를 제시한 바 있으며, 궁극적으로는 농축산업의 “지역단위 환경·자원·에너지·식량의 자립화 사회”로의 급진적 전개가 예측되는 상황임.

□ 환경문제에 따른 한우산업(축산업)의 위축과 환경규제의 강화

○ 2005년 해양오염방지법 강화 및 2012년 이후 해양배출 전면 금지와 더불어 축산시설에 대한 각종 규제가 강화됨에 따라 한우농가의 분뇨 처리 어려움이 가중됨. 이에 가축분뇨의 자원화와 친환경적 활용에 대한 사회적 요구가 심화됨.

○ 최근 환경부는 ‘가축분뇨법’ 정비에 착수한 바 있으며, 이에 따라 새로운 규제도 대거 포함될 전망이다. 이 과정에서 국가적인 가축분뇨 관리 계획을 수립하는 한편 가축분뇨 처리 유형 확대와 우·계분 및 퇴비의 배출, 유통·살포 등에 대한 관리 강화(환경오염 예방·감시·대응 체계 등)는 물론 양분관리제 도입 근거도 마련하겠다는 계획임.

-환경부는 2020년 3월부터 가축분뇨법 개정과 관련된 5개의 연구용역 입찰공고를 낸 바 있음. 5개 연구용역은 ①가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 정비방안 연구, ②가축분뇨 관리 종합계획 수립연구, ③가축분뇨 자원화시설 표준설계도 개정방안 연구, ④퇴비부숙도 분석법 평가 및 제시, ⑤가축분뇨 전자인계관리시스템 정보서비스체계 기능 고도화 등이며, 가축분뇨법의 각 세부 사항을 정비하는 것이 골자임.

○ 환경부에서는 이미 '15년 환경부는 농가형 퇴·액비 품질기준을 마련을 통한 자가 이용 퇴비의 부숙도 검사 의무화 (가축분뇨법 제13조의2, 같은 법 시행령 제12조의2) 계획을 발표하였으며, '20년 3월 25일 전격적으로 시행됨에 따라 농가와 지자체 및 관련 기관에서는 분뇨관리 및 관련 시설 보유 현황과 농가 인지, 의식 등에 관한 실태 파악이 추진됨.

-기본적인 환경개선과 관련된 인지도 외에도 현재 분뇨 및 시설 관리 실태로서 다음과 같은 핵심적 문제가 지적되고 있음. ①사육두수가 증가함에도 퇴비사의 용적이 증가하지 않음, ②분뇨 발생량이 퇴비사의 분뇨 수용을 초과함, ③퇴비사를 기타의 다른 용도로 사용함(분뇨 수용 능력 저하 유발), ④퇴비사가 없는 경우 농경지 주변에 단순 야적(양분 유실의 원인 및 한우 경영에 추가적 환경규제 촉발 요인)

□ 한우분뇨의 관리(처리, 자원화 등) 및 환경규제 관련 현안 분석

○ 미세·초미세먼지, 온실가스, 축산 냄새, 양분관리제에 따른 사육두수 총량제 등 한우산업(축산업)에 대한 정부 규제는 지속적으로 강화되는 추세임.

-전국한우협회에서는 이러한 환경규제 강화에 따른 축산업의 전면적 위축 속에서 한우분뇨의 적정 처리 및 자원화 관련 현안을 다음과 같이 진단하고 있음.

-화학비료 감축, 환경 허용범위 내 적정사육두수 관리를 핵심으로 하는 토양 양분관리제(농경지에 실제 투입되는 양분 기준)에 기반한 “지역자원기반 경축순환농업 활성화 방안” 도출이 필요함.

-또한 한우산업(축산업)의 공익적 가치에 대한 국민적 공감 확대와 지속가능성 증진을 위하여, 과도한 정부 축산 규제를 합리적으로 조정하고 축산농가에 대한 지원 및 해결책(축산분야 공익형직불제 등 인센티브 제공 포함) 마련과 시행이 시급함.

○ 한우분뇨(또는 퇴비)가 환경오염(수질오염, 대기오염, 온실가스, 축산 냄새)에 미치는 영향을 분석, 기초 자료 및 대응 논리 확보하고, 한우분뇨(퇴비) 관련 정부 규제·지원 정책 개선방안 제시 및 한우 농가가 수용·실현 가능한 정책 대안 마련이 필요한 것으로 분석하고 있음.

□ 한우 중심의 지역단위 축산환경 협동조합(협치사회) 모형 개발의 필요성

○ 향후 축산환경 분야 4대 혁신으로서 (1)원천적 악취저감, (2)최상급 자원화 전략, (3)에너지 소비형 화학비료 시대 마감 및 완전 대체 비료화, (4)지역환경의 새로운 “민·관·산 협치 사회” 구축이 제시되고 있는 실정임.

-범지구적 기후·환경·에너지 유래의 축산업 관련 국내 환경정책을 단순한 규제가 아닌 축산업의 경쟁력을 강화할 수 있다는 도전적인 인식 전환이 필요함.

-국내 규제를 통해 날이 갈수록 강화되는 글로벌 규제를 대비함과 동

시에 기후변화에 대응하여 “축산환경 기반(바이오매스) 그린뉴딜 산업화”의 거버넌스 구축 및 로드맵 전략 수립이 필요함.

- 이에 따라 본 연구에서는 가축분뇨 경축순환 활성화 거버넌스 체계 (악취관리·양분관리·자원화 등 협의 체계), 즉 「한우 중심의 지역단위 축산환경 협동조합(협치사회) 모형 발굴 및 개발」을 중심으로 협회 및 농가 차원에서 실증적으로 활용 가능한 관련 기초 자료를 마련하고, 한우농가 실정을 반영한 적정 자원화 방안 및 한우산업 환경규제에 대한 정책 방향 대안을 제시하고자 함.

1.2 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 한우산업이 직면한 축산냄새, 수질오염, 퇴비 부족 등 환경문제에 초점을 두고, 관행적인 한우분뇨 관리(처리) 및 자원화 관련 현안 진단과 이에 대한 대응 방안 제시, 그리고 정책지원 방안을 마련하는 것임. 또한, 지속가능한 한우산업 거버넌스 모델인 「한우 중심의 지역단위 축산환경 협동조합(협치사회) 모형」을 제시하여 한우산업 및 지역의 중장기적 발전에 기여하는 데 있음.
- 한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향을 다각적(축산냄새, 미세먼지, 온실가스, 양분관리 등)으로 분석하고, 한우분뇨 관리를 포함한 자원화 실태조사 및 국내 자원화 정책조사, 국외 축산 선진국의 한우분뇨 자원화 정책 동향 또는 자원화 우수사례를 조사하여 실증적으로 활용 가능한 기초 자료(농지환원 비효성 및 고품질 자원화 등)를 마련함. 아울러 최종적으로는 테스트베드(강원도 횡성) 지역단위 기반의 「한우 중심 축산환경 협동조합(협치사회) 모형」 개발을 통하여 경축순환 활성화 거버넌스 구축 방안 및 농가 실정에 적합한 축산환경 지원책을 제안함.

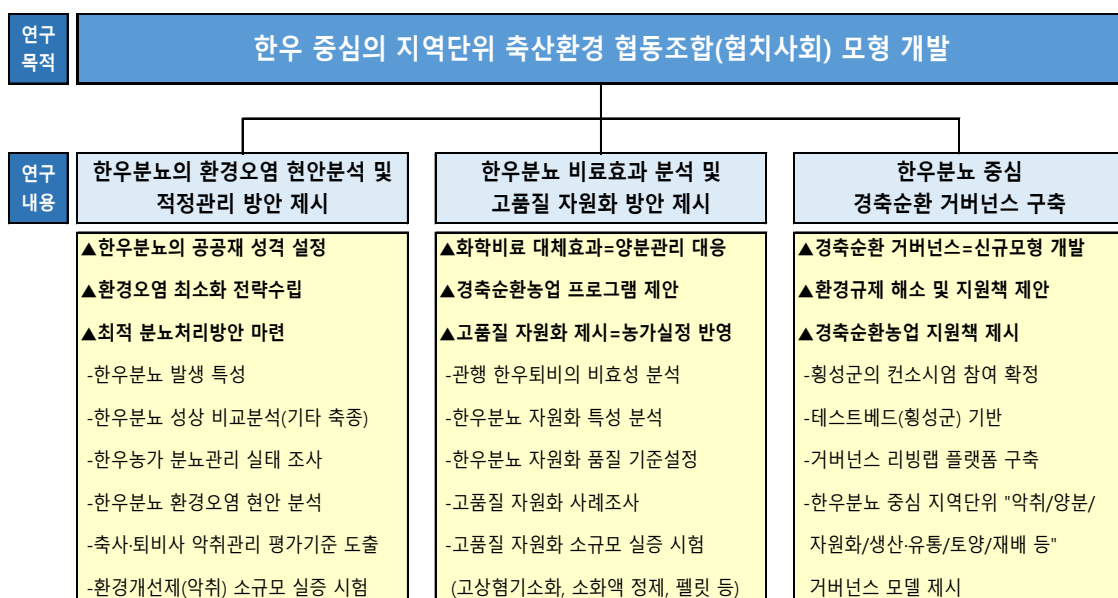


그림-01 연구 개요



제2장 한우분뇨와 타 축종 분뇨 간 성상 차이점

2.1 국내 가축동향 및 분뇨 발생·처리 현황

- 1) 가축동향
- 2) 가축분뇨 발생 및 처리 현황

2.2 축종별 분뇨 성상 비교에 따른 한우분뇨의 특징 도출

- 1) 선행연구(1): 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정
- 2) 선행연구(2): 가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사
유형별 분뇨 발생량 산정

제2장 한우분뇨와 타 축종 분뇨 간 성상 차이점

2.1 국내 가축동향 및 분뇨 발생·처리 현황

1) 가축동향³⁾

(1) 축종별 현황

○ '21년 3/4분기(9월 1일 기준) 가축 사육두수는 전년동기대비 한·육우, 돼지는 증가하고 젓소, 육계, 산란계, 오리는 감소함.

-한·육우 사육두수는 358만 4천 마리로 전년동기대비 14만 9천 마리(4.3%), 전분기대비 1만 6천마리(0.5%) 각각 증가함.

-젓소 사육두수는 40만 마리로 전년동기대비 8천 마리(-1.9%) 감소, 전분기대비 1천 마리(0.2%) 증가함.

-돼지 사육두수는 1천 146만 5천 마리로 전년동기대비 10만 마리(0.9%), 전분기대비 31만 4천 마리(2.8%) 각각 증가함.

-산란계 사육두수는 7천 72만 2천 마리로 전년동기대비 313만 1천 마리(-4.2%) 감소, 전분기대비 485만 1천마리(7.4%) 증가함.

-육계 사육두수는 8천 369만 9천 마리로 전년동기대비 450만 4천 마리(-5.1%), 전분기대비 2천 602만 1천 마리(-23.7%) 각각 감소함.

-오리 사육두수는 753만 마리로 전년동기대비 175만 6천 마리(-18.9%) 감소, 전분기 대비 3천 마리(0.0%) 증가함.

3) 통계청 (2021) "2021년 3/4분기(9월1일 기준) 가축동향조사 결과 보도자료"에서 재정리

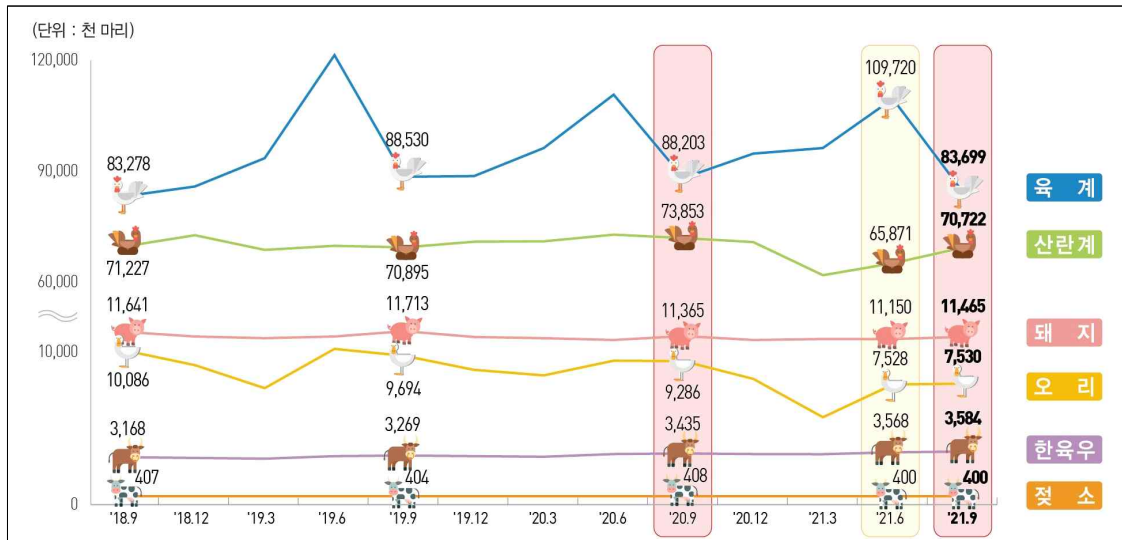


그림-02 2021년 3분기 가축동향

출처) 통계청 (2021) "2021년 3/4분기(9월 1일 기준) 가축동향조사 결과 보도자료"

(2) 한·육우 사육 동향

- '21년 3/4분기(9월 1일 기준) 한·육우 사육두수 358만 4천 마리중 한우 사육두수는 341만 6천 마리이며, 전년동기대비 14만 4천 마리, 전분기대비 1만 7천 마리 각각 증가함.

-한·육우 사육두수 기준으로 지역별 사육 규모는 경북(21.9%), 전남(16.8%), 충남(12.6%), 전북(12.3%), 경남(9.1%), 경기(9.0%), 강원(7.2%), 충북(7.1%), 울산(1.1%), 제주(1.0%) 순을 나타냄.

- 한우 사육 농장수는 89,678호이며, 전년동기대비 683호 증가, 전분기대비 33호 감소함.

-한·육우 기준으로 농장 당 마릿수는 평균 38.3두로 집계됨.

표-01 연도별 한·육우 사육 현황

(단위: 천 마리, 농장, %)

구 분		'18.12	'19.12	2020년			2021년			증 감(증감률) ^{p)}	
				6월	9월	12월	3월	6월	9월 ^{p)}	전분기	전년동기
총 마릿수		3,113	3,237	3,383	3,435	3,395	3,373	3,568	3,584	16 (0.5)	149 (4.3)
- 가임암소		1,434	1,491	1,487	1,551	1,555	1,532	1,564	1,631	67 (4.3)	80 (5.2)
배우농가	한우	2,962	3,078	3,226	3,272	3,227	3,204	3,399	3,416	17 (0.5)	144 (4.4)
	육우	151	159	157	163	168	169	168	168	-1 (-0.4)	5 (3.1)
전가농가	1세미만	939	988	1,023	1,032	1,049	1,058	1,074	1,049	-26 (-2.4)	17 (1.6)
	1 ~ 2세미만	885	915	939	952	965	982	995	1,004	9 (0.9)	52 (5.4)
	2세이상	1,289	1,334	1,421	1,450	1,382	1,333	1,498	1,531	33 (2.2)	81 (5.6)
규모별	50마리미만	1,089	1,094	1,094	1,104	1,104	1,108	1,124	1,134	10 (0.9)	30 (2.7)
	50 ~ 100마리 미만	751	782	832	849	843	844	898	908	10 (1.1)	59 (6.9)
	100마리이상	1,273	1,361	1,458	1,482	1,448	1,421	1,546	1,542	-4 (-0.2)	60 (4.1)
사육 농장수		96,630	94,007	93,327	93,255	93,178	93,313	93,666	93,678	12 (0.0)	423 (0.5)
- 한우		92,238	89,731	89,248	88,995	88,994	89,138	89,711	89,678	-33 (0.0)	683 (0.8)
- 육우		7,474	7,276	7,039	7,223	7,174	7,173	6,979	7,048	69 (1.0)	-175 (-2.4)
규모별 농장수	50마리미만	78,935	75,374	73,433	72,941	73,157	73,386	72,232	72,108	-124 (-0.2)	-833 (-1.1)
	50 ~ 100마리 미만	10,755	11,198	11,930	12,187	12,094	12,132	12,888	12,994	106 (0.8)	807 (6.6)
	100마리이상	6,940	7,435	7,964	8,127	7,927	7,795	8,546	8,576	30 (0.4)	449 (5.5)
농장당 마릿수(마리)		32.2	34.4	36.3	36.8	36.4	36.2	38.1	38.3	0.2 (0.4)	1.4 (3.9)

주1) 한·육우, 젓소는 소이력제 자료

주2) 사육 농장수는 한우·육우 복합 사육 농장인 경우 1농장으로 집계

주3) p : 잠정치

출처) 통계청 (2021) "2021년 3/4분기(9월 1일 기준) 가축동향조사 결과 보도자료"

표-02 지역별 한·육우 사육 현황('21년 3/4분기)

(단위: 마리, 농장(가구))

구 분	한·육우 ^{p)}	
	마릿수	농장수
전국	3,583,672 (100%)	93,678
경북	784,318 (21.9%)	19,824
전남	600,369 (16.8%)	16,805
충남	451,047 (12.6%)	12,063
전북	440,953 (12.3%)	9,364
경남	324,632 (9.1%)	11,187
경기	321,335 (9.0%)	7,309
강원	257,844 (7.2%)	6,800
충북	255,332 (7.1%)	5,934
제주	36,725 (1.0%)	688
울산	38,779 (1.1%)	1,663
세종	27,925 (0.8%)	673
인천	21,160 (0.6%)	504
대구	12,700 (0.4%)	431
대전	4,917 (0.1%)	169
광주	3,999 (0.1%)	168
부산	1,570 (0.04%)	94
서울	67 (0.002%)	2

주1) 닭은 3,000마리 이상 사육농가를 대상으로 전수 조사한 자료

주2) 오리 2,000마리 이상 사육농가를 대상으로 전수 조사한 자료이며, 특·광역시에는 인접도에 포함

주3) p : 잠정치

출처) 통계청 (2021) "2021년 3/4분기(9월 1일 기준) 가축동향조사 결과 보도자료"에서 재정리

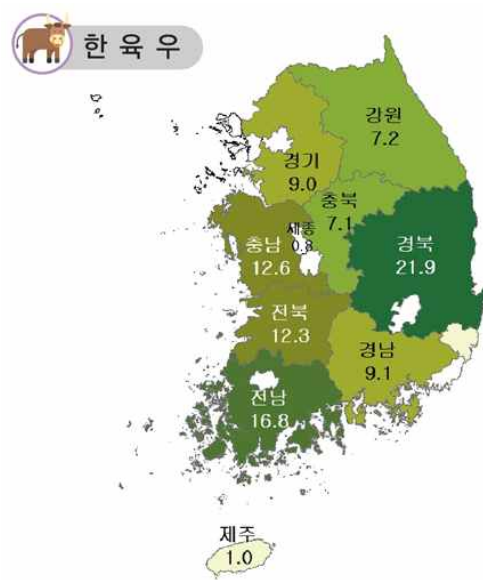


그림-03 지역별 한·육우 사육 현황('21년 3/4분기)

출처) 통계청 (2021) "2021년 3/4분기(9월 1일 기준) 가축동향조사 결과 보도자료"

2) 가축분뇨 발생 및 처리 현황

○ '19년 기준 국내 가축분뇨의 연간 발생량은 51,838천톤임.

-연간 가축분뇨 발생량 및 점유율은 축종별로 돼지(20,724천톤, 40.0%), 한·육우(15,978천톤, 30.8%), 닭(7,924천톤, 15.3%), 젖소(5,572천톤, 10.7%) 기타 축종(1,248천톤, 2.4%) 순으로 나타남.

표-03 축종별 가축분뇨 발생량('19년 기준)

(단위: 천 마리, 천 톤, (%))

구 분	계	한·육우	젖소	돼지	닭	기타
사육두수	216,295	3,195	405	11,377	180,907	20,411
발생량 (점유율)	51,838 (100)	15,978 (30.8)	5,572 (10.7)	20,724 (40.0)	7,924 (15.3)	1,248 (2.4)

주1) 사육두수 : 가축통계('19년 1~4분기 평균), 기타가축('18년 12월) 사육두수 기준으로 산출

주2) 축종별 분뇨발생량(1일/두) : 한우 13.7kg, 젖소 37.7kg, 돼지5.1kg, 닭·오리 0.12kg

주3) 기타 가축은 오리, 말, 사슴, 양, 토끼, 개, 칠면조, 메추리, 타조, 꿩 등을 의미함

출처) 농림축산식품부 (2021) 내부자료, 서울대학교 산학협력단 (2021) "축산환경 개선 기본계획 수립을 위한 정책연구"

○ 가축분뇨 총 발생량(51,838천톤) 중에서 91.4%가 퇴비(79.9%) 및 액비(11.5%)로 자원화되고 있음. 그 외 정화방류의 경우 개별처리(2.3%)와 공공 처리(5.1%)로 구분되어 처리되고 있음.

-'12년 가축분뇨의 해양투기가 전면 금지됨에 따라 자연순환 농업정책을 바탕으로 국내에서 발생하는 대부분의 가축분뇨는 퇴비 및 액비로 자원화되고 있는 실정임.

○ 가축분뇨 처리 방법을 크게 나누면 자원화(퇴비화, 액비화, 에너지화 등) 처리 또는 분뇨를 정화하여 수계에 방류하는 정화처리로 구분할 수 있음.

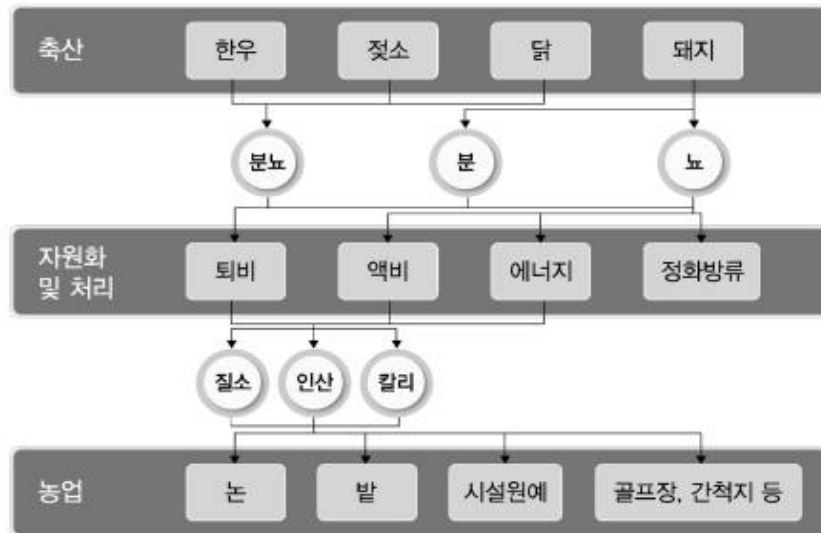


그림-04 가축분뇨의 처리 방법

출처) 농림축산식품부 (2015) “농업·농촌 70년”

표-04 연도별 국내 가축분뇨 발생 및 처리현황

(단위: 천톤, %)

연도	발생량	자원화			정화방류		기타
		소계	퇴비	액비	개별	공공	
'14	46,233 (100)	41,469 (89.7)	37,495 (81.1)	3,974 (8.6)	1,339 (2.9)	2,496 (5.4)	929 (2.0)
'15	46,530 (100)	41,991 (90.2)	37,244 (80.0)	4,747 (10.2)	1,064 (2.3)	2,977 (6.4)	499 (1.1)
'16	46,988 (100)	42,576 (90.6)	37,417 (79.6)	5,159 (11.0)	1,084 (2.3)	2,762 (5.9)	566 (1.2)
'17	48,460 (100)	44,103 (91.0)	38,484 (80.2)	5,256 (10.8)	1,095 (2.3)	2,762 (5.7)	499 (1.0)
'18	51,013 (100)	46,530 (91.2)	40,647 (79.7)	5,884 (11.5)	1,167 (2.3)	2,751 (5.4)	565 (1.1)
'19	51,838 (100)	47,404 (91.4)	41,428 (79.9)	5,976 (11.5)	1,167 (2.3)	2,630 (5.1)	636 (1.2)

출처) 강원대학교 산학협력단 (2020) “경축순환농업 현황분석 및 모델 개발”

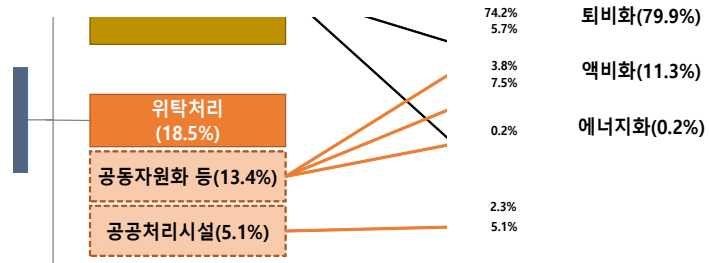


그림-05 국내 가축분뇨 발생 및 처리현황(‘19년)

출처) 박치호 (2020) “축산환경 개선 정책 현황 및 방향 (2020 축산환경 전문컨설턴트 양성교육 기초과정)”에서 재정리

2.2 축종별 분뇨 성상 비교에 따른 한우분뇨의 특징 도출

○ 국립축산과학원에서 축종별 분뇨 배설량, 비료성분 함량, 오염물질 함량 등의 과학적 분석·조사를 통해 이 결과를 토대로 축종별 가축분뇨 배출원 단위를 현실화하여 정부 정책에 반영하고 있음.

-가축분뇨 배출원단위는 가축분뇨 발생량 산정의 근거로서 가축분뇨 처리 및 저장 시설의 설치면적 산정, 허가농가 배출부과금 부과 시 유량산출 근거, 가축분뇨 발생량 통계 기초자료 등 국가정책 입안 자료로 활용되고 있음.

-농가는 가축분뇨의 처리 및 이용에 대한 기초자료로 활용할 수 있으나 농가마다 사육 여건과 방식에 따라 분뇨의 배출량, 배출 분뇨의 물리적 성상 및 화학 성분 조성 차이가 있기 때문에 농가 여건에 따라 조정하여 사용하는 것이 합리적임.

-가축분뇨 발생원단위는 '08년 개정·고시된 배출원단위를 현재까지 사용하고 있으나, 최근 국립축산과학원에서는 가축분뇨 배출원단위 재산정 연구('19년)를 수행하고 이에 대한 정책 반영을 준비 중에 있음.

○ 본 장에서는 선행 연구된 ①가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정(국립축산과학원, 2008)과 ②가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정(국립축산과학원, 2019) 연구를 구분하고, 결과를 중심으로 축종별 분뇨의 성상 비교에 따른 한우분뇨의 특징을 도출하였음.

1) 선행연구(1): 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정(국립축산과학원, 2008)⁴⁾

(1) 축종별 분뇨의 배설량 및 세정수 발생량('08년)

○ 현행 가축분뇨 배출원단위('08년) 근거로 하루에 두당 소·말은 13.7L (분 8.0L, 뇨 5.7L), 젖소는 37.7L (분 19.2L, 뇨 10.9L, 세정수 7.6L), 돼지는 5.1L (분 0.87L, 뇨 1.74L, 세정수 2.47L)로 나타남.

4) 국립축산과학원 (2008) "가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정"에서 재정리

표-05 가축분뇨 배출원단위('08년)

축종별 (단위)		기존 환경부 고시('99)				환경부 고시('08)			
		분	뇨	세정수	계(a)	분	뇨	세정수	계(a)
소·말 (L/두·일)		10.1	4.5	0	14.6	8.0	5.7	0	13.7
젖소 (L/두·일)		24.6	11.0	10	45.6	19.2	10.9	7.6	37.7
돼지 (L/두·일)		1.6	2.6	4.4	8.6	0.87	1.74	2.47	5.1
닭	산란계 (L/1000수·일)	미고시				124.7			
	육계 (L/1000수·일)	미고시				85.5			

출처) 국립축산과학원 (2019) "가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정"

(2) 축종별 분뇨의 오염물질 및 비료성분 특성 비교('08년)

- 축종별 분뇨의 오염물질 농도는 BOD₅ 기준으로 한우 분과 뇨가 각각 27,250 mg/L, 8,686 mg/L, 젖소 분과 뇨가 각각 31,988 mg/L, 9,588 mg/L, 돼지 분과 뇨가 각각 96,335 mg/L, 7,364 mg/L, 육계는 42,134 mg/L, 산란계는 50,266 mg/L로 나타남.

-대표적인 오염물질 지표인 BOD₅ 기준으로는 분의 경우 돼지>산란계>육계>젖소>한우 순이며, 뇨의 경우 젖소>한우>돼지 순임. 한우 분의 BOD₅ 농도는 돼지 분의 BOD₅ 농도 대비 약 28% 수준인 것으로 나타남.

- 축종별 분뇨의 비효성분 농도는 질소 기준으로 한우 분과 뇨가 각각 0.50%, 0.68%, 젖소 분과 뇨가 각각 0.33%, 1.02%, 돼지 분과 뇨가 각각 0.96%, 0.80%, 육계는 1.19%(현물), 산란계는 1.39%(현물)로 나타남.

-질소 기준으로는 분의 경우 산란계>육계>돼지>한우>젖소 순이며, 한우 분의 질소 농도는 산란계 분(뇨)의 대비 약 36% 수준인 것으로 나타남.

표-06 축종별 분뇨의 오염물질 농도 및 pH 특성 ('08년)

구분		pH	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	SS (mg/L)
한우	분	7.98	27,250	48,280	73,750
	뇨	8.13	8,686	5,187	170
젖소	분	8.37	31,988	43,321	133,333
	뇨	6.67	9,588	5,948	1,688
돼지	분	6.91	96,335	61,073	207,466
	뇨	6.50	7,364	7,149	2,715
닭	육계	—	42,134	52,668	106,699
	산란계	—	50,266	62,832	121,725

주1) 한우: 송아지, 미경산암소, 거세한우의 평균값

주2) 젖소: 육성우, 처녀우, 건유우, 착유우의 평균값

주3) 돼지: 자돈, 육성돈, 비육돈, 임신돈, 포유돈의 평균값

주4) 육계: 5~7주령 암컷과 수컷의 평균, 현물기준

주5) 산란계: 55주령 산란계, 현물기준

자료) 국립축산과학원 (2008) "가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정"에서 재정리

표-07 축종별 분뇨의 비효성분 함량 특성 ('08년)

구분		질소(%)	인산(%)	칼리(%)
한우	분	0.50	0.60	0.18
	뇨	0.68	0.07	0.60
젖소	분	0.33	0.49	0.20
	뇨	1.02	0.27	1.03
돼지	분	0.96	0.83	0.42
	뇨	0.80	0.09	0.53
닭	육계	—	0.29	0.50
	산란계	—	0.62	0.68

주1) 한우: 송아지, 미경산암소, 거세한우의 평균값

주2) 젖소: 육성우, 처녀우, 건유우, 착유우의 평균값

주3) 돼지: 자돈, 육성돈, 비육돈, 임신돈, 포유돈의 평균값

주4) 육계: 5~7주령 암컷과 수컷의 평균, 현물기준

주5) 산란계: 55주령 산란계, 현물기준

자료) 국립축산과학원 (2008) "가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정"에서 재정리

2) 선행연구(2): 가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정(국립축산과학원, 2019)⁵⁾

(1) 축종별 분뇨의 배설량 및 세정수 발생량('19년)

○ 국립축산과학원은 '17년~'19년, 3년간의 연구 결과에 대하여 가축분뇨 배출원단위에 대한 새로운 산정안을 마련한 바 있음.

-한우, 산란계, 돼지의 분뇨 배출원단위(안)이 현행보다 감소함. 한우의 경우 분은 기존과 동일하나 뇨에서 0.8 kg/두·일이 감소하여 배출원단위(안)은 12.9 kg/두·일로 나타남.

-돼지의 경우 배출원단위(안)의 총량(5.1→4.9 kg/두·일)은 줄었지만 세척수만 큰 폭으로 감소하고 각종 규제의 기준이 될 수 있는 분뇨량은 오히려 150% 이상 증가하게 됨.

-반면 젖소와 육계는 각각 40.5 kg/두·일, 96.95 g/수·일로 증가함.

표-08 가축분뇨 배출원단위 재산정(안)

축종별 (단위)	환경부고시('08)				축종별 (단위)	배출원단위 조사결과('19)				증감률 (%)
	분	뇨	세정수	계(a)		분	뇨	세정수	계(a)	
소·말 (L/두·일)	8.0	5.7	0	13.7	한우 (kg/두·일)	8.0	4.9	0	12.9	▼5.8
젖소 (L/두·일)	19.2	10.9	7.6	37.7	젖소 (kg/두·일)	17.1	10.7	12.7	40.5	▲7.4
돼지 (L/두·일)	0.87	1.74	2.47	5.1	돼지 (kg/두·일)	1.1	3.6	0.2	4.9	▼2.5
닭	산란계 (L/1000수일)	124.7			산란계 (g/수일)	99.05			99.05	▼20.6
	육계 (L/1000수일)	85.5			육계 (g/수일)	96.95			96.95	▲13.3
기 타 가 축	오리 (g/수일)	미고시			오리 (g/수일)	191.04			191.04	-
	말 (kg/두·일)	미고시			말 (kg/두·일)	6.80	3.70	-	10.50	-
	사슴 (kg/두·일)	미고시			사슴 (kg/두·일)	2.31	1.76	-	4.07	-
	염소 (kg/두·일)	미고시			염소 (kg/두·일)	0.33	0.36	-	0.69	-

출처) 축산신문 (2020.10.21.) "축산원, 축분뇨 배출원단위 변경 추진 '논란'"에서 재정리. 검색일: 2021.10.14.

5) 국립축산과학원 (2019) "가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정"에서 재정리

(2) 한우분뇨 배출원단위 재산정('19년)

가) 대사틀에서의 한우 연령별, 성별 배출원단위 산정('19년)

○ 한우분뇨 배출원 단위 재산정 연구(국립축산과학원, 2019)에 따르면 한우 연령별, 성별 배출원단위는 다음과 같음.

-1세미만 한우의 두당 일일 평균 사료섭취량은 5.24kg, 음수량은 17.13L로 조사되었고, 두당 일일 평균 분 배설량은 7.67kg, 뇨 배설량은 3.88kg으로 조사됨.

-1~2세 한우의 두당 일일 평균 사료섭취량은 6.54kg, 음수량은 19.34L이었으며, 두당 일일 평균 분 배설량은 7.34kg, 뇨 배설량은 3.78kg으로 조사됨.

-2세 이상 한우의 두당 일일 평균 사료섭취량은 7.49kg, 음수량은 21.54L이었으며, 두당 일일 평균 분 배설량은 9.06kg, 뇨 배설량은 4.27kg으로 조사됨.

-한우 암소의 두당 일일 평균 사료섭취량은 5.48kg, 음수량은 17.69L로 조사되었으며, 두당 일일 평균 분 배설량은 8.29kg, 뇨 배설량은 2.98kg으로 조사됨.

-한우 거세우의 두당 일일 평균 사료섭취량은 7.32kg, 음수량은 20.91L로 조사되었으며, 두당 일일 평균 분 배설량은 7.67kg, 뇨 배설량은 5.34kg으로 조사됨.

○ 결과적으로 한우 체중 350kg 기준으로 볼 때 1일 평균 분뇨 발생량은 12.9kg으로 분배설량 8.0kg, 뇨 배설량 12.9kg으로 활용되고 있는 현행 가축분뇨 배출원 단위인 1일 평균 분뇨 발생량 13.7kg(분배설량 8.0kg, 뇨 배설량 5.7kg) 비해 가축분뇨 배출원 단위가 5.84% 감소된 것으로 나타났음.

-가축의 분 배설량은 가축의 능력, 사료의 종류, 사료의 가공형태, 사료섭취량, 사료급여 횟수 등 다양한 요인에 영향을 받게 됨. 선행연구결과에 비해 분 배설량이 다소 감소되었는데, 이는 10년전에 비해 지속적인 개량을 통한 한우의 유전적 개량량 증가, 사료 가공 및 배

합기술의 발달 등과 같은 요인으로 한우의 사료 이용효율이 향상되었기
기 때문에 판단하고 있음.

표-09 연령에 따른 한우 분뇨 발생량('19년)

구분	1세미만 ¹⁾²⁾	1~2세 ³⁾⁴⁾	2세이상 ⁵⁾⁶⁾	P-value
물섭취량 (kg/두)	17.13±0.74b	19.34±0.90ab	21.54±0.97a	0.0021
농후사료 섭취량 (kg/두)	3.01±0.12b	4.97±0.28a	4.88±0.32a	<0.0001
조사료 섭취량 (kg/두)	2.23±0.09a	1.57±0.15b	2.61±0.21a	<0.0001
소화율 (건물, %)	60.22±1.55b	66.24±1.67ab	66.11±2.22a	0.0435
분 배설량 (kg/일/두)	7.67±0.29ab	7.34±0.37ab	9.06±0.59a	0.0131
뇨 배설량 (kg/일/두)	3.88±0.29	3.78±0.22	4.27±0.45	0.5509
소계	11.61±0.50	11.12±0.43	12.75±0.75	0.1311

¹⁾¹세 미만 암소: 육성기사료+티모시 건초 급이

-육성기사료: 수분(13.2%), 조단백질(12.96%), 조지방(3.85%), 조회분(4.53%), 조섬유(8.32%), NDF(23.6%), ADF(10.22%), TDN(70%)

-티모시 건초: 수분(12.18%), 조단백질(5.72%), 조지방(3.53%), 조회분(4.41%), 조섬유(35.1%), NDF(64.9%), ADF(37.86%), TDN(60%)

²⁾¹세 미만 거세우: 육성기사료+티모시 건초 급이

-육성기사료: 수분(13.2%), 조단백질(12.96%), 조지방(3.85%), 조회분(4.53%), 조섬유(8.32%), NDF(23.6%), ADF(10.22%), TDN(70%)

-티모시 건초: 수분(12.18%), 조단백질(5.72%), 조지방(3.53%), 조회분(4.41%), 조섬유(35.1%), NDF(64.9%), ADF(37.86%), TDN(60%)

^{3)1~2}세 암소: 번식우사료+볏짚 급이

-번식우사료: 수분(12.17%), 조단백질(14.13%), 조지방(4.44%), 조회분(5.9%), 조섬유(7.94%), NDF(26.14%), ADF(10.65%), TDN(69%)

-볏짚: 수분(8.83%), 조단백질(4.79%), 조지방(2.28%), 조회분(13.15%), 조섬유(34.67%), NDF(66.81%), ADF(39.82%), TDN(43%)

^{4)1~2}세 거세우: 비육전기사료+볏짚 급이

-비육전기사료: 수분(12.09%), 조단백질(15.99%), 조지방(4.35%), 조회분(5.51%), 조섬유(8.32%), NDF(28.83%), ADF(11.76%), TDN(72%)

-볏짚: 수분(8.83%), 조단백질(4.79%), 조지방(2.28%), 조회분(13.15%), 조섬유(34.67%), NDF(66.81%), ADF(39.82%), TDN(43%)

⁵⁾²세 이상 암소: 번식우사료+볏짚 급이

-번식우사료: 수분(12.17%), 조단백질(14.13%), 조지방(4.44%), 조회분(5.9%), 조섬유(7.94%), NDF(26.14%), ADF(10.65%), TDN(69%)

-볏짚: 수분(8.83%), 조단백질(4.79%), 조지방(2.28%), 조회분(13.15%), 조섬유(34.67%), NDF(66.81%), ADF(39.82%), TDN(43%)

⁶⁾²세 이상 거세우: 비육후기사료+볏짚 급이

-비육후기사료: 수분(13.86%), 조단백질(12.79%), 조지방(4.02%), 조회분(4.51%), 조섬유(7.63%), TDN(74%)

-볏짚: 수분(8.83%), 조단백질(4.79%), 조지방(2.28%), 조회분(13.15%), 조섬유(34.67%), NDF(66.81%), ADF(39.82%), TDN(43%)

주1)본 실험은 대사통을 이용함

자료) 국립축산과학원 (2019) "가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정"에서 재정리

표-10 성별에 따른 한우분뇨 발생량('19년)

구분	암소 ¹⁾³⁾⁵⁾	거세우 ²⁾⁴⁾⁶⁾	P-value	합계
물섭취량 (kg/두)	17.69±0.67 ^b	20.91±0.76 ^a	0.0017	19.19±0.52
농후사료 섭취량 (kg/두)	2.91±0.73 ^b	5.66±0.22 ^a	<0.0001	419±0.16
조사료 섭취량 (kg/두)	2.57±0.12 ^a	1.66±0.12 ^b	<0.0001	217±0.92
소화율 (건물, %)	59.44±1.13 ^b	68.50±1.39 ^a	<0.0001	63.53±1.08
분 배설량 (kg/일/두)	8.29±0.34	7.67±0.36	0.2115	7.98±0.33
뇨 배설량 (kg/일/두)	2.98±0.17 ^b	5.34±0.29 ^a	<0.0001	4.87±0.23
소계	11.01±0.35 ^b	12.69±0.55 ^a	0.0086	12.85

¹⁾1세 미만 암소: 육성기사료+티모시 건초 급이

-육성기사료: 수분(13.2%), 조단백질(12.96%), 조지방(3.85%), 조회분(4.53%), 조섬유(8.32%), NDF(23.6%), ADF(10.22%), TDN(70%)
-티모시 건초: 수분(12.18%), 조단백질(5.72%), 조지방(3.53%), 조회분(4.41%), 조섬유(35.1%), NDF(64.9%), ADF(37.86%), TDN(60%)

²⁾1세 미만 거세우: 육성기사료+티모시 건초 급이

-육성기사료: 수분(13.2%), 조단백질(12.96%), 조지방(3.85%), 조회분(4.53%), 조섬유(8.32%), NDF(23.6%), ADF(10.22%), TDN(70%)
-티모시 건초: 수분(12.18%), 조단백질(5.72%), 조지방(3.53%), 조회분(4.41%), 조섬유(35.1%), NDF(64.9%), ADF(37.86%), TDN(60%)

³⁾1~2세 암소: 반식위사료+볏짚 급이

-반식위사료: 수분(12.17%), 조단백질(14.13%), 조지방(4.44%), 조회분(5.9%), 조섬유(7.94%), NDF(26.14%), ADF(10.65%), TDN(69%)
-볏짚: 수분(8.83%), 조단백질(4.79%), 조지방(2.28%), 조회분(13.15%), 조섬유(34.67%), NDF(66.81%), ADF(39.82%), TDN(43%)

⁴⁾1~2세 거세우: 비육전기사료+볏짚 급이

-비육전기사료: 수분(12.09%), 조단백질(15.99%), 조지방(4.35%), 조회분(5.51%), 조섬유(8.32%), NDF(28.83%), ADF(11.76%), TDN(72%)
-볏짚: 수분(8.83%), 조단백질(4.79%), 조지방(2.28%), 조회분(13.15%), 조섬유(34.67%), NDF(66.81%), ADF(39.82%), TDN(43%)

⁵⁾2세 이상 암소: 반식위사료+볏짚 급이

-반식위사료: 수분(12.17%), 조단백질(14.13%), 조지방(4.44%), 조회분(5.9%), 조섬유(7.94%), NDF(26.14%), ADF(10.65%), TDN(69%)
-볏짚: 수분(8.83%), 조단백질(4.79%), 조지방(2.28%), 조회분(13.15%), 조섬유(34.67%), NDF(66.81%), ADF(39.82%), TDN(43%)

⁶⁾2세 이상 거세우: 비육후기사료+볏짚 급이

-비육후기사료: 수분(13.86%), 조단백질(12.79%), 조지방(4.02%), 조회분(4.51%), 조섬유(7.63%), TDN(74%)
-볏짚: 수분(8.83%), 조단백질(4.79%), 조지방(2.28%), 조회분(13.15%), 조섬유(34.67%), NDF(66.81%), ADF(39.82%), TDN(43%)

주1)본 실험은 대사통을 이용함

자료) 국립축산과학원 (2019) "가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정"에서 재정리

- 한우 분 중 생물학적 산소 요구량(BOD), 화학적 산소 요구량(COD) 및 부유 물질농도(SS)는 각각 65,428.2 mg/L, 67,119.4 mg/L 및 186,020.3 mg/L 이었으며, 뇨 중 이들 물질의 농도는 14,965.5 mg/L, 7,759.3 mg/L 및 2,342.8 mg/L으로 조사되었음.
- 한우분뇨 중 중금속 함량은 전반적으로 미미한 수준으로 나타남. 한우의 분에서 납, 카드뮴, 비소, 수은 등은 검출되지 않았고, 뇨에서는 납, 카드뮴, 비소, 수은 외에 크롬, 구리, 니켈 등도 검출되지 않음.
- 한우분뇨 중 비료성분 중 질소(N), 인산(P₂O₂), 칼리(K₂O)의 함량은 각각 0.54%, 0.53% 및 0.15%로 조사되었으며, 뇨 중 질소(N), 인산(P₂O₂), 칼리(K₂O)의 함량 각각 1.05%, 0.06% 및 1.58%로 조사되었음.

표-11 한우분뇨의 이화학적 특성('19년)

구분	분	뇨	평균	p-value
수분함량 (%)	78.42±0.25c	95.47±0.34a	83.66±0.80b	<0.0001
pH	17.73±9.72	6.67±0.07	13.76±5.47	0.7141
BOD (mg/L)	65,428.21±8,535.41	19,965.50±1,685.82	43,350.77±5,327.57	<0.0001
COD (mg/L)	67,119.40±6,361.27	7,759.39±367.84	41,149.40±4,424.78	<0.0001
SS (mg/L)	186,020.34±10,144.48	2,342.89±218.57	105,661.46±9,886.64	<0.0001
N (%)	0.54±0.02c	1.05±0.06a	0.76±0.04b	<0.0001
NH ₄ -N (%)	0.04±0.00	0.23±0.03	0.12±0.02	<0.0001
NO ₃ -N (%)	0.00±0.00	0.01±0.00	0.00±0.00	<0.0001
P ₂ O ₅ (%)	0.53±0.02a	0.06±0.01c	0.33±0.02b	<0.0001
K ₂ O (%)	0.15±0.01c	1.58±0.09a	0.77±0.07b	<0.0001
CaO (%)	0.90±0.04a	0.02±0.00c	0.51±0.05b	<0.0001
MgO (%)	0.27±0.01a	0.09±0.09c	0.19±0.01b	<0.0001
Mn전량 (%)	0.01±0.00	-	0.01±0.00	1
B전량 (%)	0.00±0.00c	0.00±0.00a	0.00±0.00b	<0.0001
Fe전량 (%)	0.03±0.00a	0.00±0.00c	0.02±0.00b	<0.0001
Na (%)	0.07±0.01	0.14±0.14	0.10±0.01	0.0037
Pb (mg/kg)	-	-	-	
Cd (mg/kg)	-	-	-	
As (mg/kg)	-	-	-	
Hg (mg/kg)	-	-	-	
Cr (mg/kg)	0.98±0.04	-	0.98±0.04	1
Cu (mg/kg)	13.04±0.80	-	13.04±0.80	1
Ni (mg/kg)	0.83±0.06	-	0.83±0.06	1
Zn (mg/kg)	108.55±5.72a	0.54±0.20b	105.64±5.93a	0.0115

주1)본 실험은 대사틀을 이용함

자료) 국립축산과학원 (2019) "가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정"에서 재정리

나) 깔짚우사 내 계절별, 성장단계별 배출원단위 산정('19년)

- 실험에 사용된 시험축의 평균 체중(개시체중 기준)은 송아지 약 120kg, 육성우 약 190kg, 번식우 약 550kg, 비육우 640kg으로 나타났으며 사료 섭취량은 송아지를 제외하고 겨울철>봄·가을철>여름철 순으로 높아지는 경향을 보였음. 이는 송아지의 경우 저온스트레스 문제로 인해 겨울철의 사료 섭취량이 감소된 것이라 판단되고 있음.
- 계절/성장단계별 한우분뇨 발생량의 경우 계절별 깔짚우사 내 한우분뇨 발생량은 모든 성장단계에서 겨울철>봄·가을철>여름철 순으로 많이 나타났으며, 깔짚우사 내 한우분뇨 발생량은 계절적 요인에 따라 약 1.4~1.9배 차이를 보였음. 성장단계/계절별 요인을 반영한 깔짚우사 내 한우분뇨 발생량은 비육우의 경우 12.2kg/head/day, 번식우는 17.7kg/head/day로 번식우>비육우·육성우>송아지 순으로 나타남.
- 깔짚을 제외한 여름철 분뇨 배출원 단위(kg/head/day)는 송아지 6.44 ± 0.00 kg, 육성우 8.50 ± 1.82 kg, 비육우 8.11 ± 1.56 kg, 번식우 9.61 ± 1.21 kg, 봄·가을철은 송아지 7.03 ± 1.59 kg, 육성우 12.60 ± 0.58 kg, 비육우 11.99 ± 2.45 kg, 번식우 17.50 ± 0.87 kg으로 나타났음.
- 한우분뇨 배출원단위(kg/head/day)는 사료 섭취량이 많은 번식우 > 육성우 > 비육우 > 송아지 순이며, 모든 성장단계에서 계절별 분뇨 배출량이 겨울철 > 봄·가을철 > 여름철 순으로 기온이 낮을수록 많은 분뇨 발생량을 나타냄.
- 결과적으로 계절별·성장단계별 요인을 반영하여 '08년도 가축분뇨 배출원단위의 한우 표준체중인 350kg으로 환산 시 분뇨 발생량은 9.5kg/두/일로 '08년에 대사들을 이용해 측정한 한우의 분뇨 발생량보다 1.4배 감소함을 보였음. 이는 깔짚우사라는 특성상 분뇨가 깔짚우사에서 상온과 대기에 오랫동안 노출됨에 따라 수분 증발 및 유기물 분해 등으로 인한 요인이 작용 되었기 때문이라 판단되고 있음.

표-12 깔짚축사 내 계절별·성장단계별 한우분뇨 배출량 평가('19년)

(단위: kg/두/일)

성장 단계	봄·가을		여름		겨울	
	배출량	깔짚포함 배출량	배출량	깔짚포함 배출량	배출량	깔짚포함 배출량
송아지	7.03±1.59	7.97±1.59	6.44±0.00	7.60±0.00	9.68±0.00	10.74±0.00
육성우	12.64±0.58	13.90±0.58	8.50±1.82	9.63±1.82	13.48±3.34	14.95±3.34
비육우	11.99±2.45	13.89±2.45	8.11±1.56	9.81±1.56	12.53±0.59	14.71±0.59
번식우	17.50±0.87	19.40±0.86	9.61±1.21	11.32±1.20	18.43±5.23	20.63±5.24

주1) 본 실험은 깔짚축사에서 수행됨

자료) 국립축산과학원 (2019) "가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정"에서 재정리

표-13 표준체중 350kg 보정 시 깔짚축사 내 한우분뇨 배출원단위('19년)

(단위: kg/두/일)

성장단계	항목	기준	여름	봄·가을	겨울
육성우	분뇨 배출량 (kg/day/head)	15.8±4.4	8.5±1.8	12.6±0.6	13.5±3.3
비육우	분뇨 배출량 (kg/day/head)	15.3±2.5	8.1±1.6	12.0±2.4	12.5±0.6
번식우	분뇨 배출량 (kg/day/head)	19.7±3.8	9.6±1.0	17.5±0.9	18.4±5.2

주1) 본 실험은 깔짚축사에서 수행됨

자료) 국립축산과학원 (2019) "가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정"에서 재정리

표-14 깔짚축사 내 성장단계별 한우분뇨의 이화학적 특성('19년)

구분	성장단계별 평균			
	송아지	육성우	비육우	번식우
수분 (%)	74.6±0.3	75.2±3.9	69.4±3.8	70.3±4.5
TS (%)	25.369±0.288	24.766±3.883	30.637±3.774	29.703±4.543
VS (%)	21.254±0.346	20.249±2.383	25.622±2.741	23.316±2.551
BOD ₅ (g/kg)	4.471±0.19	3.557±0.307	5.203±2.014	4.502±2.216
COD _{cr} (g/kg)	130.274±0.351	181.765±32.030	217.957±44.628	214.086±29.996
N (mg/kg)	6,156.6±10.0	5,250.1±626.4	6,048.7±2,042.3	5,477.3±1,255.4
P ₂ O ₅ (mg/kg)	3,119.3±37.8	3,252.9±985.1	4,802.8±1,888.1	3,298.5±1,039.6
K ₂ O (mg/kg)	7,994.2±1,724.0	12,864.4±5,716	12,378.0±5,817	10,194.5±4,458
Ca (mg/kg)	4,920.5±2,687.2	7,650.0±3,690.8	11,904.2±4,689	9,761.7±4,229.2
Mg (mg/kg)	1,362.3±527.2	2,044.0±948.1	3,912.6±1,678.3	2,636.5±1,127
As (mg/kg)	ND	ND	ND	ND
Cd (mg/kg)	ND	ND	ND	ND
Cr (mg/kg)	ND	ND	ND	ND
Cu (mg/kg)	13.6±7.7	21.0±5.7	63.7±21.4	21.6±8.8
Pb (mg/kg)	ND	ND	ND	ND
Ni (mg/kg)	ND	ND	ND	ND
Zn (mg/kg)	88.8±49.3	115.4±59.7	286.6±129.8	82.8±51.3
Hg (ug/kg)	3.0±1.9	3.7±3.3	2.9±1.9	4.2±3.2

주1) 송아지 6개월령 미만, 육성우 6-14개월령 미만, 번식우/비육우 14개월령 이상, 주2) 사육밀도 송아지 2.5m²/두, 번식우 10m²/두, 비육우 7m²/두

주3) 본 실험은 깔짚축사에서 수행됨

자료) 국립축산과학원 (2019) "가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정"에서 재정리

표-15 깔짚축사 내 계절별 한우분뇨의 이화학적 특성('19년)

구분	성장단계별 평균		
	송아지	육성우	비육우
수분 (%)	74.8±3.6	68.1±3.6	72.7±4.7
TS (%)	25.243±3.598	31.941±3.614	27.336±4.714
VS (%)	21.005±2.987	25.035±2.643	22.956±3.548
BOD ₅ (g/kg)	5.482±1.505	2.576±0.862	5.593±1.497
COD _{cr} (g/kg)	213.980±27.935	174.004±58.632	264.539±127.395
N (mg/kg)	6,042.4±1,810.9	5,441.3±1,457.5	4,878.3±1,084.8
P ₂ O ₅ (mg/kg)	2,363.6±600.5	4,013.7±519.4	4,218.6±314.8
K ₂ O (mg/kg)	11,167.0±1,134	13,703.8±1,986	2,538.1±2,347.1
Ca (mg/kg)	9,378.9±2,697.3	12,205.7±3,315	1,663.0±304.8
Mg (mg/kg)	2,714.7±917.6	3,624.1±1,384	512.2±193.3
As (mg/kg)	ND	ND	ND
Cd (mg/kg)	ND	ND	ND
Cr (mg/kg)	ND	ND	ND
Cu (mg/kg)	33.7±23.2	42.0±27.5	14.5±7.4
Pb (mg/kg)	ND	ND	ND
Ni (mg/kg)	ND	ND	ND
Zn (mg/kg)	147.5±93.8	223.1±130.9	23.2±11.4
Hg (ug/kg)	3.4±2.3	5.2±3.4	2.5±1.5

주1) 송아지 6개월령 미만, 육성우 6-14개월령 미만, 번식우/비육우 14개월령 이상, 주2) 사육밀도 송아지 2.5m²/두, 번식우 10m²/두, 비육우 7m²/두

주3) 본 실험은 깔짚축사에서 수행됨

자료) 국립축산과학원 (2019) "가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정"에서 재정리

(3) 축종별 분뇨의 오염물질 및 비료성분 특성 비교('19년)

가) 대사에서서의 축종별 분뇨의 오염물질 및 비료성분 특성 비교('19년)

- 축종별 분뇨의 오염물질 농도는 BOD₅ 기준으로 한우 분과 뇨가 각각 65,428 mg/L, 14,966 mg/L, 젖소 분과 뇨가 각각 30,217 mg/L, 11,954 mg/L, 돼지 분과 뇨가 각각 53,371 mg/L, 3,924 mg/L로 나타남. 대사에서서는 비교적 한우분뇨의 BOD₅ 농도가 높은 것으로 측정됨.

표-16 대사에서서의 축종별 분뇨의 오염물질 특성 비교('19년)

구분		pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)
한우	분	-	65,428	67,119	186,020
	뇨	8.67	14,966	7,759	2,342
젖소	분	7.57	30,217	-	144,077
	뇨	7.89	11,954	-	2,043
돼지	분	6.45	53,371	67,314	251,778
	뇨	7.55	3,924	4,303	718
닭		-	-	-	-

자료) 국립축산과학원 (2019) "가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚측사 유형별 분뇨 발생량 산정"에서 재정리

- 축종별 분뇨의 비료성분 중 질소의 농도는 한우 분과 뇨가 각각 0.54%, 1.05%, 젖소 분과 뇨가 각각 0.50%, 0.90%, 돼지 분과 뇨가 각각 2.96%, 0.42%, 산란계가 1.32%, 육계가 1.01%로 나타남.

표-17 대사에서서의 축종별 분뇨의 비료성분 특성 비교('19년)

구분		질소 (%)	인산 (%)	칼리 (%)
한우	분	0.54	0.53	0.15
	뇨	1.05	0.06	1.58
젖소	분	0.50	0.40	0.16
	뇨	0.90	0.09	1.44
돼지	분	2.96	3.20	1.26
	뇨	0.42	0.06	0.25
닭	산란계	1.32	0.33	0.68
	육계	1.01	0.28	0.41

자료) 국립축산과학원 (2019) "가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚측사 유형별 분뇨 발생량 산정"에서 재정리

나) 깔짚축사에서 축종별 분뇨의 오염물질 및 비료성분 특성 비교('19년)

- 깔짚축사에서 축종별 분뇨의 오염물질 농도는 BOD₅ 기준으로 한우 깔짚 분이 4.463 g/kg, 젖소 깔짚 분이 14.480 g/kg, 육계 깔짚 분 이 24.813 g/kg로 나타남. 이는 한우 깔짚 분 BOD₅ 농도가 육계 대비 약 18%, 젖소 대비 약 31% 수준인 것으로 나타남.
- 깔짚축사에서 축종별 분뇨의 비료성분 중 질소(N) 기준으로 한우 깔짚 분이 5,677 mg/kg, 젖소 깔짚 분이 5,847 mg/kg, 육계 깔짚 분 이 55,281 mg/kg로 나타남. 한우 깔짚 분의 질소 농도는 젖소와 큰 차이는 없었으나 육계 대비 약 10% 수준인 것으로 나타남.

표-18 깔짚축사 내 계절별 한우분뇨의 이화학적 특성('19년)

구분	수분 (%)	BOD ₅ (g/kg)	COD _{cr} (g/kg)	N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K ₂ O (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
한우	71.9	4.463	191.819	5,677	3,618	10,858	8,559	2,489	30.0	143.4
젖소	70.7	14.480	287.378	5,847	3,240	5,366	2,368	807	6.2	34.2
육계	42.8	24.813	517.272	55,281	9,812	16,083	11,457	3,675	161.4	190.7

자료) 국립축산과학원 (2019) "가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정"에서 재정리

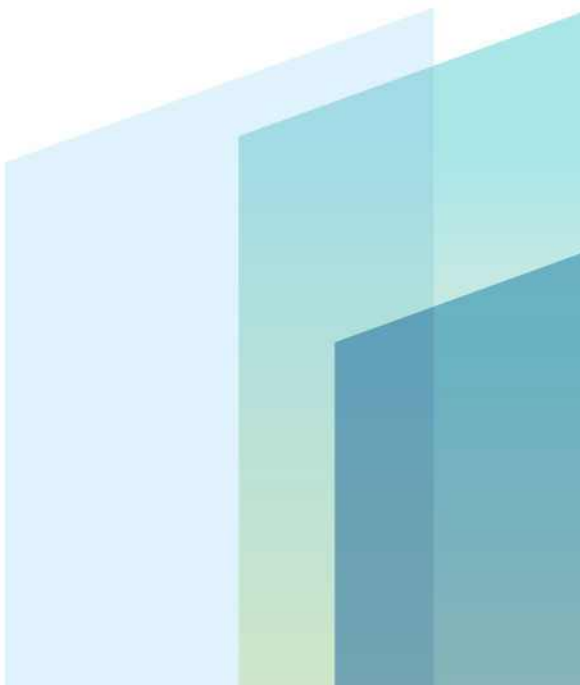


제3장 한우 분뇨 및 퇴비가 환경에 미치는 영향

3.1 국내외 축산환경 관련 법률 및 제도

- 1) 국내 축산환경 관련 법률 및 제도
- 2) 해외 축산환경 관련 법률 및 제도

3.2 한우 분뇨 및 퇴비가 환경에 미치는 영향

- 1) 수질 및 토양 환경
 - 2) 미세먼지 및 암모니아
 - 3) 온실가스(탄소배출) 및 탄소중립
- 

제3장 한우 분뇨 및 퇴비가 환경에 미치는 영향

3.1 국내외 축산환경 관련 법률 및 제도

1) 국내 축산환경 관련 법률 및 제도

(1) 국내 축산환경 관련 법률 개관⁶⁾

- 1960년대에는 「가축전염병예방법」(1961년), 「축산물가공처리법」(1962년), 「축산법」(1963년) 등 축산물의 위생적 관리와 질병 발생 방지를 위한 법이 제정되었음.
- 1981년에는 「환경보전법」에 축산시설을 폐수배출시설로 간주하고 대규모축사 시설을 규제하는 내용을 포함하였고, 1986년에는 전업규모 축산농가의 분뇨처리시설 설치를 의무화하고 중규모 축산시설을 규제하는 내용을 「폐기물관리법」에 포함하였음.
- 이후 분뇨 배출시설의 범위와 기준 배출량을 고려한 「수질환경보전법」(1990년), 가축분뇨로부터 수질오염 방지를 위한 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」(1991년)을 바탕으로 축산환경과 관련된 다양한 논의가 이루어지기 시작하였으며, 「친환경농업육성법」(1997년)을 통해 농업의 환경보호 기능 증진, 환경오염 감소를 통해 지속가능한 농업을 추구하였음.
- 2000년 이후에는 구제역, 조류인플루엔자 등 가축 전염병이 발생하면서 축산물 안전성에 대한 요구가 증대됨에 따라 「소 및 쇠고기 이력 추적에 관한 법률」(2007년), 「도축장 구조조정법」(2008년), 「축산물위생관리법」(2010년)을 통해 축산물의 위생적 관리 및 안정성을 도모함.

⁶⁾ 한국축산환경학회 (2019) "축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안" 및 서울대학교 산학협력단 (2021) "축산환경 개선 기본계획 수립을 위한 정책연구"에서 재정리

○ 가축분뇨에 의한 악취 및 환경오염 문제가 대두 되면서 「악취방지법」(2004년), 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」(2007년)(이하 가축분뇨법)이 제정됨.

- 「가축분뇨법」의 제정을 계기로 기존의 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」에서 가축분뇨 부분이 분리되었으며, 가축분뇨에 의한 환경오염 방지 및 자원화(퇴·액비, 혐기성소화 및 바이오가스 생산 등)에 중점을 둔 법률이 현재까지 이어지고 있음.

표-19 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 체계

구분	내용
사전 예방	• 국가·지자체·축산업자의 의무 • 가축분뇨관리기본계획 수립 • 환경친화축산농장 지정 • 가축사육제한지역 지정 • 가축분뇨등 실태조사
가축분뇨 관리	• 가축 및 배출시설·처리시설 정의 • 가축분뇨 및 퇴비·액비 처리의무 • 설치 허가·신고 및 관리기준, 액비살포 기준 • 퇴비·액비화, 방류수 수질 및 고체연료 기준 • 행위금지, 조치 및 개선 명령
이용촉진 및 농가지원	• 퇴비·액비 수요확대 • 유통 활성화·지원 • 공공처리시설 설치(지자체외 농협추가) • 축산환경관리원 설치
관련영업 및 사후관리	• 재활용 신고, 수집·운반업, 관리업 및 처리업 영업 허가 • 처리시설의 설계·시공업 • 허가취소, 사용중지 및 폐쇄 명령, 과징금 • 전자인계관리 • 보고·검사, 교육 • 벌칙 및 과태료

자료) 농림축산식품부·축산환경관리원 (2020) “퇴·액비 유통전문조직 자원화 길라잡이”

○ 가축분뇨에 의한 환경부담 증가 및 가축질병 발생 등으로부터 국내 축산업을 친환경적인 방향으로 유도하고자 「축산업허가제」(2013년) 도입·시행하였으며, 2020년에는 「축산법」에 축산환경의 개념을 추가하고 시행규칙으로 축산환경 개선계획이 수립됨.

○ 이외 가축분뇨의 이용, 처리, 관리 등과 관련된 법령으로는 앞서 언급된 「악취방지법」을 포함하여 「비료관리법」 및 「신재생에너지촉진법」 등이 있음. 이 법들의 주요 사항은 「가축분뇨법」으로부터 규정되고 있으며, 동 법을 근거로 한 각 부처의 고시들과 지자체별 조례들이 제정되어 시행되고 있음.⁷⁾

–「악취방지법」은 사업장 악취에 대한 규제, 생활 악취방지, 검사 등에 대한 세부 사항들을 규정하고 있음.

–「비료관리법」은 가축분뇨 관련 규제와의 직접적인 연관성은 크지 않지만, 가축분뇨 퇴·액비 등 부숙유기질비료의 기준과 함께 비료공정 규격, 품질검사 등의 내용을 포함하고 있음.

–「신재생에너지법」은 가축분뇨로부터 신재생에너지 원료인 바이오가스 생산·사용하는 것으로 친환경적인 에너지 생산과 온실가스 배출 저감에 목적을 두고 있음.

표-20 축산환경 부문 주요 법령

분야	법령	발표연도
가축분뇨 및 축산악취	「폐기물관리법」	1987
	「수질환경보전법」	1990
	「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」	1991
	「악취방지법」	2004
	「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」	2007
축산물 관리	「가축전염병예방법」	1961
	「축산물가공처리법」	1962
	「소 및 쇠고기 이력추적에 관한 법률」	2007
	「도축장 구조 조정법」	2008
	「축산물위생관리법」	2010
동물복지	「동물보호법」	1991

출처) 서울대학교 산학협력단 (2021) “축산환경 개선 기본계획 수립을 위한 정책연구”

7) 성승제 외 (2017) “축산업 진입규제 현황 및 개선방안 연구”

표-21 축산환경 부문 환경규제 관련 정책·연구 동향

구분	축산냄새	수질오염	미세먼지 (PM ₁₀ , PM _{2.5})	온실가스(메탄)	퇴비 부숙도
관련법	악취방지법, 가축분뇨법	가축분뇨법	대기환경보전법, 악취방지법	대기환경보전법	가축분뇨법 시행령 등
정책 동향	○ 제2차 악취종합시책('19~'28) -축산시설 사전 신고 대상시설 지정('21~) -축사시설 전면 밀폐('20~) -배출허용기준 변경('19) -악취 자동관리 시스템 도입('22~) 등	○ 양분관리제 전면 도입('21) -가축분뇨법 개정 추진 -지자체별 양분수진 신청 -양분관리 반영 가축분뇨 관리시행계획 수립 -국가/지자체별 장기 양분 관리 목표 설정 등 ○ 정화방류수에 TOC(총유기탄소) 기준 도입	○ 제2차 미세먼지 특별대책위원회('19. 6. 28.) ○ 농업·농촌 분야 미세먼지저감 강화방안('19. 6) -'22년까지 초미세먼지·암모니아 배출량 30% 감축 목표	○ 2030 온실가스 감축 로드맵 수정안('18. 7.) -농축산부문 감축 목표('30): 1.6백만톤CO₂eq -가축분뇨 에너지화 및 자원화 시설 확충으로 0.4백만톤 감축 ○ 우리나라 NDC 수립경과 -('18.7) 2030 BAU 대비 국내 감축목표 확대 (37% 감축목표 25.7%p → 32.5%p) -('19.12) 2017년 배출량 대비 24.4% 감축(감축목표를 BAU에서 절대치로 변경) -('21.10) 2018년 배출량 대비 40% 감축안 제시	○ 퇴비 부숙도 검사 의무화('20. 3. 25.) -대상: 신고규모 이상 농가 -성분분석 결과와 퇴·액비 관리대장을 보관·관리
연구 동향	○ 국립환경과학원('17) : “축산악취 특성에 기반한 관리방안 연구” -제2차 악취방지 종합시책 중 축산 분야 신규 규제 도입 근거로 활용	○ 양분관리제 기반연구: 농경연('15), 한경대('16) ○ 지역 단위 양분관리제 시범사업 시행(1차·2차) -1차: 논산, 군산, 김해 -2차: 안성, 옥천, 홍성	○ 한국환경정책평가연구원('17): 이전 해외 자료를 단순반영, 국내 현실과 괴리 ○ 환경부·국립축산과학원, 암모니아·미세먼지 관련 연구 진행중 ○ 농식품부 연구 계획(안) -1단계: 3대 중점 분야 10개 연구과제 추진('19~'21) -2단계: 축분·화학비료 유래 미세먼지 배출기작 추가 연구('20~'21)	○ 농촌진흥청: 축산부문 국가 온실가스 인벤토리 구축 ○ 민간(대학교): 반추동물 유래 온실가스(메탄) 배출 관련 연구 등 수행	○ 농식품부·환경부 합동 축종별 실태조사 실시('19. 8) -한우, 낙농, 한돈(3개 축종) ○ 한우 자조금 관리위원회 -단기 대응방안 연구용역('19) -축산규제 해소 조사연구 수행 예정('20.)
규제 수준	○ 신고대상 시설의 악취배출허용 기준 초과시-(현행)/벌금→('21.이후)사용 중지명령	○ 미허가축사 적법화('19) ○ 가축분뇨법에 근거, 배출·처리시설 관련 규제 정책 시행중(중앙정부, 지자체)	○ 암모니아 관련 농업 분야에 구체적인 규제는 없는 상태 ○ 농업(축산) 분야 대기오염물질 감축을 위한 개별법 제정 필요	○ 온실가스(메탄) 관련 농업 분야에 구체적인 규제는 없는 상태	○ 1,500㎡ 이상: 부숙후기·완료 ○ 1,500㎡ 미만: 부숙중기 ○ 검사주기 -허가규모: 6개월에 1회 -신고규모: 1년에 1회

자료) 한우마당 홈페이지 (2020.02.27.) “축산환경 문제 대응 방안”에서 재정리. 검색일: 2021.10.28.

(2) 국내 축산환경 관련 제도⁸⁾

- 축산환경과 관련된 제도는 크게 ①가축분뇨, 축산악취와 같은 환경오염과 관련된 정책, ②축산물의 안정성과 관련된 정책, ③가축 사육환경과 관련된 정책으로 구분할 수 있음.

표-22 축산환경 부문 주요 제도

구분	규제	지원사업	시설	ICT관리시스템	인증제도
가축분뇨		-가축분뇨처리 지원사업	-액비유통센터 -공동자원화센터 -경축순환센터	-가축분뇨 전자 인계 관리 시스템	
축산악취	-양돈 사료 단 백질 함량 제 한	-광역 축산악취 개선사업		-악취 모니터링 시스템	
안정성	-축산물 검사 등록 및 허가제 -가축거래상인 등록제 -차량등록제	-예방약품, 백 신, 가축사체 처리 지원사업 -친환경안전 축 산직불제도		-축산물이력추적제	-축산물 HACCP -유기인증제도
사육환경		-축사시설 현대 화 사업			-동물복지 축산 농장 인증
축산환경			-축산환경전담 기구 신설	-친환경 스마트 축산단지 조성 사업	-환경친화축산농장 -깨끗한 축산농 장

출처) 서울대학교 산학협력단 (2021) “축산환경 개선 기본계획 수립을 위한 정책연구”

가) 가축분뇨 자원화

- 자연순환농업 활성화 정책 방향을 목적으로 1991년 가축분뇨 처리지원사업을 계기로 하여 농축산 부산물의 자원화 사업을 추진해왔음.
- 2007년부터 가축분뇨 자원화를 중심으로 공동자원화시설의 운영 및 유기질비료 지원사업을 추진함.

- 2013년 「중장기 가축분뇨 자원화 대책」에서 2020년까지 150개소의 공동자원화시설을 추가 설치할 계획을 발표함.
- 고품질 퇴·액비 생산체계 구축, 민간중심의 사후관리체계 강화와 관련된 제도개선을 주요 내용으로 하는 가축분뇨 중장기 대책을 수립하여 추진하고 있음.

⁸⁾ 한국축산환경학회 (2019) “축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안” 및 서울대학교 산학협력단 (2021) “축산환경 개선 기본계획 수립을 위한 정책연구”에서 재정리

- 그러나 가축분뇨 자원화조직체(공동자원화시설, 액비유통센터)의 운영 실태를 조사한 결과, 공동자원화시설과 액비유통센터에서 각각 49% 및 33%의 부속으로 평가되어 액비품질의 관리가 미흡한 것으로 확인되었음. 이는 가축분뇨 자원화의 확산에 장애가 되고 있는 주요 원인 중 하나로 지적되고 있음.⁹⁾
- 그동안 관련 부처에서 가축분뇨 공동자원화시설 및 액비유통센터 등의 자원화 시설기반을 조성하고, 액비 성분분석기, 액비 부속도판정기 개발 등 가축분뇨 자원화 확대를 위한 중장기적인 대책을 추진해 오고 있으나 성상이 일정하지 않은 불균질한 제품 생산에 따라 경종농가의 사용이 기피되어 왔음.¹⁰⁾
- 또한, 가축분뇨 공동자원화시설은 낮은 경제성으로 인한 시설의 유지개보수 및 관리 등에 많은 어려움을 겪고 있어 수거/처리 단가 증대 또는 정부의 보조·지원 확대가 강조되고 있음.

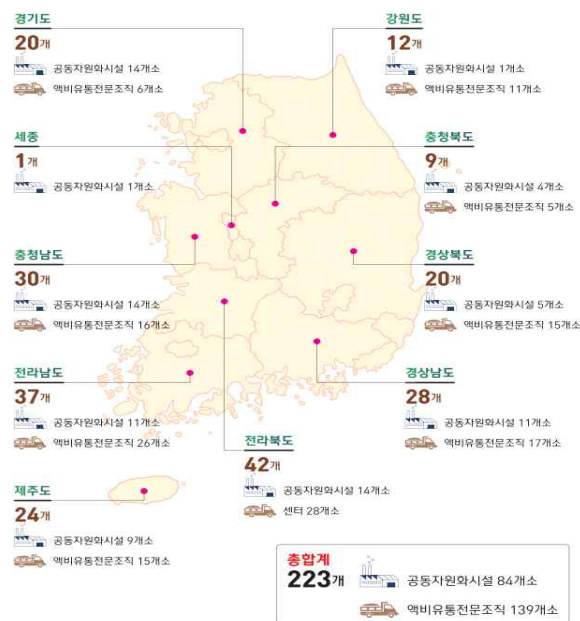


그림-06 국내 가축분뇨 자원화조직체 현황

자료) 농림축산식품부·축산환경관리원 (2020) “퇴·액비 유통전문조직 자원화 길라잡이”

9) 김현중 외 (2018) “가축분뇨처리 사업군 심층평가”

10) 친환경자연순환농업협회 (2017) “통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서”

○ 환경부는 가축분뇨 퇴·액비의 관리 강화 계획으로서 2014년 가축분뇨법을 개정하여 ‘퇴비액비화기준’을 신설(「가축분뇨법」 제13조의 2)하였음. 액비는 2019년 3월, 퇴비는 2020년 3월(계도기간 1년)부터 해당 기준이 적용됨.

-퇴·액비 부숙도 기준은 별도의 고시(환경부 고시 2018-115호)로 규정하고 있으며, 퇴·액비의 부숙도 정의, 측정 방법 및 판정 기준 등에 관하여 규정하고 있음.

-퇴비의 부숙도 기준은 배출시설 규모에 따라 다른 기준을 적용하며 2020년 3월 25일부터(계도기간 1년) 사육면적 1,500㎡ 이상의 배출시설은 부숙 후기 또는 부숙완료 단계까지 퇴비를 부숙시켜야 하고, 1,500㎡ 미만은 부숙중기까지 부숙시켜야 함. 액비의 경우는 2017년 3월 25일부터 허가대상, 재활용신고자, 가축분뇨처리업자가 설치한 자원화시설을 대상으로 부숙완료 단계까지 부숙시켜야 하며, 그 외 배출시설은 2019년 3월 25일부터 적용되고 있음.

○ 퇴비 부숙도 검사 의무화 시행을 대비하여 가축분 퇴비 처리 기반이 부족한 중·소규모 농가 지원을 위해 '19년부터 퇴비유통전문조직 육성을 추진하고 있음.¹¹⁾

-축사 바닥 및 퇴비사 교반 관리, 퇴비 부숙도 기준 준수의 주체는 축산농가임. 위탁관리(교반·살포) 및 분뇨처리 비용은 농가 부담이 원칙임(퇴비유통전문조직에서 자율 결정).

-퇴비유통전문조직은 농가 교반장비 보유 여부 등을 고려하여 부숙도 기준 준수를 위한 농가 유형별 지원 및 퇴비 관리·처리비용을 부과하며, 축산농가와 계약체결 시 책임소재 및 비용(교반관리, 시험분석비 등)을 반드시 명시해야 함.

-퇴비유통전문조직 지원사업 대상 조직체의 의무사항은 월 1회 이상 계약 축산농가에 방문하여 축사 내 깔짚 및 퇴비사 퇴비를 교반(퇴비유통전문조직 보유장비 또는 축산농가 장비로 직접 교반)하거나 축산농가 스스로 교반 및 미생물제제 사용 등 부숙도를 적정 관리하도록

11) 농림축산식품부·축산환경관리원 (2020) “퇴·액비 유통전문조직 자원화 길라잡이”

컨설팅을 해야 함.

- 퇴비유통전문조직은 농경지에 부속퇴비 살포 전 농업기술센터에서 작물별 시비처방서를 발급받아 적정량을 농경지에 살포해야 함.
- 농식품부가 주관하는 가축분뇨 자원화 기술 교육 등 연간 5시간을 이수해야 함.

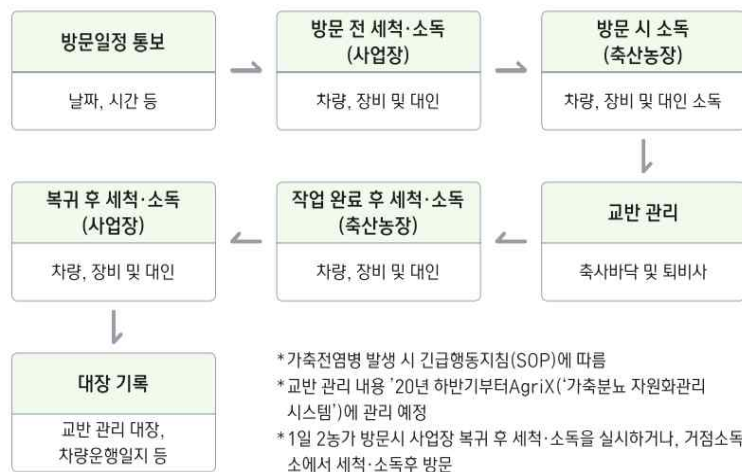


그림-07 퇴비유통전문조직의 축산농가 퇴비 부속도 관리 절차

자료) 농림축산식품부·축산환경관리원 (2020) "퇴·액비 유통전문조직 자원화 길라잡이"

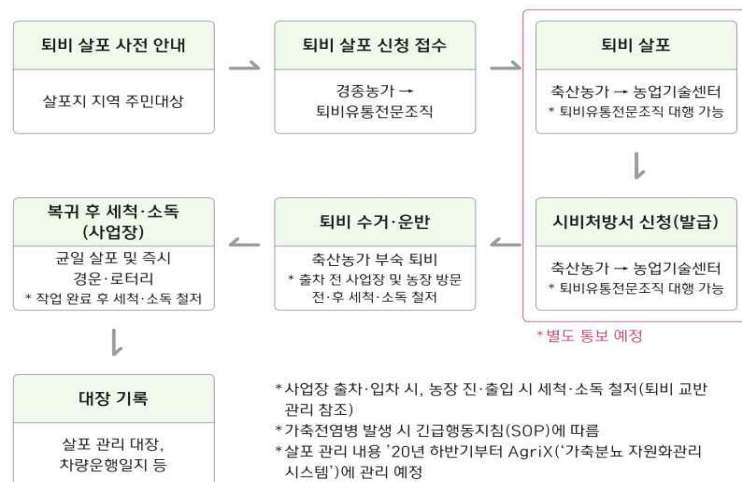


그림-08 퇴비유통전문조직의 축산농가 퇴비 살포 관리 절차

자료) 농림축산식품부·축산환경관리원 (2020) "퇴·액비 유통전문조직 자원화 길라잡이"

- 한편, 2017년에는 가축분뇨의 배출, 수집·운반, 처리 전 과정과 재활용사업장에서의 업무처리 과정을 관리할 수 있는 가축분뇨전자인계관리시스템을 구축함.

나) 축산냄새 관리

- 광역축산악취개선사업은 축산악취 민원발생이 잦은 지역에 대해 광역단위(마을, 읍·면 등)로 악취 저감시설 설치, 컨설팅 등을 지원함으로써 축산냄새를 효과적으로 저감하고 민원을 해소하기 위한 사업임.
 - 개별 농가시설단위로 지원하던 축산악취개선 사업을 지역단위 축산악취개선 계획과 연계하여 사업 지원·추진 유도함에 따라 현재는 기존의 세부 사업을 통합하고 지원 조건도 통일하는 등 축산악취개선사업으로 전면 개편되었음.
 - 시군 또는 시도 단위의 축산악취개선 계획을 수립하고, 평가를 통해 지원 여부를 결정, 계획 실행에 필요한 사업비의 일부를 지원함. 사업에 참여하는 농가를 대상으로 가축분뇨 냄새 저감과 사육환경을 개선할수 있는 액비순환시스템을 도입하고, 바이오커튼이나 탈취탑 설치, 퇴비사 및 액비저장조 밀폐 등을 통해 축산냄새 저감 효과를 극대화함.
- 악취측정 ICT 기계장비 사업은 ICT (Information and Communication Technology, 정보통신기술)를 활용한 실시간 악취모니터링시스템으로서 악취민원에 대한 신속한 대응과 축산냄새를 체계적으로 관리하기 위한 시설 장비의 설치규격 및 서비스 기준을 포함함.
 - 관제시스템에서는 축산환경관리원을 중심으로 농가에 설치된 모니터링 시스템 센서에서 수집된 정보를 실시간 분석하고 문제가 발생했을 시 솔루션을 제공함. 모니터링 시스템은 축산악취 측정 센서(측정가스: 암모니아), 온도 및 습도 센서, 환기량 제어관리 등 전산장비 및 소프트웨어가 경영체에 설치·운영되는 형태임.



그림-09 ICT 활용 축산악취 관리 지원시스템 운영 모식도

자료) 축산환경관리원 홈페이지. 검색일: 2021.10.12.

다) 인증제도

- 국내 축산환경 관련 제도로는 ①유기축산물('01년), ②HACCP('06년), ③환경친화축산농장('07년), ④동물복지축산농장('12년), ⑤깨끗한 축산농장('17년) 등이 있음.

-우리나라의 친환경적인 축사 관리와 가축분뇨에 대한 제도적 관리는 환경부의 가축분뇨법에 근거를 둔 환경친화축산농장으로부터 시작됨. 가축분뇨법이 2005년 12월 27일 제정되어 2007년 9월 28일 시행된 후, 2009년 1월 20일 강원도 횡성의 젓소농장인 '범산농장'이 우리나라 최초로 환경친화축산농장으로 지정됨. '20년 기준 현재까지 축종별로 젓소 1곳, 한우 2곳, 돼지 3곳, 닭(산란계) 2곳 총 8개의 환경친화축산농장이 지정·운영되고 있음.¹²⁾

- 깨끗한 축산농장이란 가축의 사양관리(사육밀도·사료), 환경오염 방지, 주변 경관과의 조화 등 축사 내·외부를 깨끗하게 관리하여 냄새발생 미연에 방지하고 가축분뇨를 신속·적정하게 처리함으로써 쾌적한 도시·농촌지역의 환경조성과 지속가능한 축산업 발전에 이바지하는 축산농장을 의미함.¹³⁾

¹²⁾ 김경민 (2020) "환경친화적 축산환경 조성의 문제점과 개선방안"

-깨끗한 축산농장으로 지정된 경우 가축분뇨 처리지원사업 대상자 우선 지원이 가능하며, 사후관리 점검 및 컨설팅을 제공 받게 됨.

-‘20년 1월 기준 깨끗한 축산농장 지정 현황은 총 2,603호이며, 축종별로는 한육우(1,186호) > 양계(638호) > 양돈(462호) > 낙농(295호) > 오리(22호) 순임.¹⁴⁾

표-23 깨끗한 축산농장 지정 현황

구분	총합	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	세종
농가(호)	2,603 (100%)	548 (21.1%)	216 (8.3%)	167 (6.4%)	180 (6.9%)	469 (18.0%)	383 (14.7%)	190 (7.3%)	308 (11.8%)	106 (4.1%)	36 (1.4%)
’17년	1,026	274	109	64	100	132	101	79	116	39	12
’18년	781	189	94	36	63	93	153	57	86	-	10
’19년	796	85	13	67	17	244	129	54	106	67	14

자료) 축산환경관리원 (2020) “깨끗한 축산농장 조성 지정 및 사후관리 운영 지침”

표-24 축종별 깨끗한 축산농장 지정 현황

축종	총합	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	세종
한·육우	1,186	171	146	103	56	181	202	105	172	32	18
낙농	295	150	14	9	13	43	19	11	27	4	5
양돈	462	113	19	18	76	51	52	28	60	42	3
양계	638	112	37	37	35	188	96	46	49	28	10
오리	22	2	0	0	0	6	14	0	0	0	0

자료) 축산환경관리원 (2020) “깨끗한 축산농장 조성 지정 및 사후관리 운영 지침”



(깨끗한 축산농장 현판 예시)



(깨끗한 축산농장 지정서 예시)

그림-10 깨끗한 축산농장 현판 및 지정서

자료) 축산환경관리원 홈페이지. 검색일: 2021.10.12.

13) 축산환경관리원 (2020) “깨끗한 축산농장 조성 지정 및 사후관리 운영 지침”

14) 축산환경관리원 내부자료에 의하면 ‘21년 1월 기준 한육우(1,700호) > 양계(865호) > 양돈(590호) > 낙농(392호) > 오리(82호) 순임

라) 기타 (스마트 축산단지 조성사업)

- 스마트 축산단지는 냄새, 가축질병을 유발하는 기존 축사를 이전하여 깨끗하고 질병이 없는 데이터 기반의 미래 첨단 축산업 구현을 목표로 기존 축산의 한계를 보완할 수 있도록 첨단시설·장비와 정보통신 기술(빅데이터, 사물인터넷 등)이 융복합되어 최적화된 단지형 스마트 축사를 의미함.¹⁵⁾

표-25 스마트축산 ICT 시범단지의 생산·분뇨·질병 관리 체계

구분	관리체계	
생산성 향상	○ 환경·사양·경영관리 수집정보를 기반으로 자동으로 제어하고, 관련 데이터를 수집 및 분석하여 축산업의 생산성과 편의성을 향상	
	환경관리	○ 축사내부 온·습도 등과 외부 환경에 대한 정보를 모니터링하여 가축에게 최적상태로 내부 환경을 제어
	사양관리	○ 개체별 자동급이기, 출하선별기 등을 통한 최적 사양(급이·급수) 관리
	경영관리	○ 생산성, 사료비, 출하관리 등을 통한 경영분석 및 사업계획 수립에 활용
가축분뇨 관리	○ 가축분뇨를 축사에서 퇴·액비자원화 처리 단계까지 외부와 차단된 시스템에서 악취 등 환경오염을 최소화	
	악취관리	○ 퇴비, 액비 순환시스템 도입으로 악취 발생 최소화 - 외부 밀폐 축사구조 → 축사내 공기 정화 → 분뇨발생 최소화 (최적 급이·급수) → 분뇨 자동이송 시스템 → 고액분리(양돈) → 밀폐식 퇴·액비 저장조 발효 → 발효 완료 → 완숙퇴비제조 → 농가 환원 - 개방형 축사 및 퇴비사 구조의 한우·젖소는 충분한 깔짚+미생물+로터리로 발효를 촉진시켜 냄새 저감
	수질관리	○ 분뇨 자동이송 시스템 → 뇨분리 → 액비저장조 발효 → 발효 완료 → 완숙액비제조 → 농가 환원 젖소 세정수 : 착유실내 세정수 구분 관리 → 세정수 정화처리 → 수계환경 모니터링 → 방류
방역 시스템	○ 축산단지 독립적 입출고 시스템 구축으로 외부 차량 단지 내 진입제한, 사람 및 동물로 인한 질병전파 매개체 유입차단	
	차단방역	○ 차량 : 가축·사료·약품·퇴액비·축산물(원유·계란) 독립적 입출고 시스템 구축으로 외부 차량 단지내 진입제한 ○ 사람 : 단지 출입 시 대인소독(탈의 → 샤워 → 방역복 착용 → 소독) → 단지 ○ 동물 : 밀폐형 축사구조(가금, 돼지), 울타리 시설
	소독시스템	○ 차량 진입 소독시설, 단지 출입구 대인 소독시설, 축사 내·외부 소독시설
	폐사축	○ 가금·돼지 폐사축은 안전한 사체처리 체계 구축

자료) 농림축산식품부 (2021) "스마트축산 ICT 시범단지 조성 공모계획"

¹⁵⁾ 농림축산식품부 (2021) "스마트축산 ICT 시범단지 조성 공모계획"

2) 국외 축산환경 관련 법률 및 제도

(1) 미국, EU, 덴마크, 독일, 벨기에, 영국¹⁶⁾

○ 미국의 축산환경관리는 환경청 (Environmental Protection Agency, EPA)이 가축사육 시설을 일반가축사육시설과 (Animal feeding operations, AFOs) 밀집가축사육시설 (Concentrated animal feeding operations, CAFOs)로 구분하여 시행함.

-가축분뇨는 수질관리법 (Clean Water Act, CWA)에 의해 국가오염물 질배출저감시스템 (National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES)의 허가를 통해 방류수 수질기준을 충족하도록 관리됨.

-양분관리종합계획 (Comprehensive nutrient management planning, CNMP)에 따라 가축분뇨의 양분부하를 최소화하는 방식으로 이루어 지고 있음.

-환경책임배상법 (Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act, CERCLA)을 통해 농장의 오염물질 배출을 규제함.

-축산악취는 1963년부터 대기관리법 (Clean Air Act, CAA)을 통해 관리하기 시작함. 배출시설의 배출이 기준값에 근접하거나 초과하는 경우 규제함.

-환경청(EPA)과 미국농무부 (USDA)는 AgSTAR 프로그램을 통해 혐기 성소화 처리 시설 사용을 효과적으로 관리하고 있고, 축산악취 문제를 해결하기 위해 양돈농가를 기준으로 사육두수별로 구분하여 이격 거리를 제한하고 있음.

-수질개선을 위한 시장지향적 양분관리 수단으로 EPA와 농무부가 공동으로 양분 크레딧거래프로그램 (Nutrient Credit Trading Program, NCTP)을 수립하여 추진하고 있음.

¹⁶⁾ 상지대학교 산학협력단 (2019) "가축분뇨 통합 운영프로그램", 김현중 외 (2018) "가축분뇨처리 사업군 심층 평가", 한국축산환경학회 (2019) "축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안", 서울대학교 산학협력단 (2021) "축산환경 개선 기본계획 수립을 위한 정책연구"에서 종합하여 재정리

- EU 회원국의 질소 관련 환경문제 해결을 위해 1991년 질산염 지침 (The EU Nitrate Directive)을 시행함. 질산염 지침은 지하수와 지표수로 유입되는 질산염의 부하를 줄여 오염을 예방하는 목적을 가진 물 기본 지침 (Water Framework Directive)의 일부임.
- 본 지침의 실행 목표는 농업 과정에서 유출되는 질소를 줄여 수질오염을 줄이고 지하수의 질산염 오염을 방지하는 것임.
- 과잉된 양분, 특히 질소와 인의 환경적 영향에 초점을 맞추며, 가축 분뇨 살포시기, 용량, 저장시설 설치 의무화, 동물 비료 및 화학 비료 사용에 대한 규칙이 포함되어 있음. 이 지침의 핵심은 농작물에 의한 양분의 수요와 공급의 균형을 이루기 위해 가축분뇨의 최대 투여량에 대한 표준을 지정한 것임.
- 질산염 오염이 고농도로 진행된 질산염취약지구 (NVZs; Nitrate Vulnerable Zones), 고밀도 축산농가 (가축단위 100 이상/ha)를 대상으로 특별한 지원책이 이루어지고 있음.
- 질산염취약지구는 질소 시비 한도를 포함한 취약지구 내 의무적 수단 및 활동 프로그램 수립 등을 제시함. 질산염취약지구에는 오스트리아, 덴마크, 핀란드, 독일, 네덜란드의 국토 전체가 지정되어 있음.
- 덴마크는 「영양분 및 유기물에 기인한 오염을 저감하기 위한 행동계획 (Action plan to reduce the pollution with nutrient and organic matter, NPO)」과 「수자원 환경에 관한 행동 계획 (Action plan on the aquatic environment)」에 따라 규제 조치를 시행함.
- 덴마크에서는 동물복지법 (Animal Welfare Legislation)에 따라 돼지를 포함한 모든 가축이 적절하게 사육되어야 함.
- 가축분뇨를 경작지에 퇴비로 활용할 수 있는 범위 내에서만 가축을 사육할 수 있는 농지 조화법 (Harmony rules)을 운영하고 있고, 2008년부터 질산염 법 (Nitrates Action Programme)에 따라 질소 배출을 규제함.

○ 독일은 비료법령 (Fertiliser Ordinance, FO)에 따라 농업분야에서 배출되는 질소와 인의 배출을 제한하고 있음. 또한 2000년에 도입한 신재생에너지법 (Erneuerbare Energien Gesetz, EEG)을 통해 가축분뇨 및 유기성폐기물의 바이오 에너지화 기술 개발과 산업화에 대한 지원 정책을 전개함.

-독일의 비료법령 (FO)는 EU의 질산염법 (Nitrates Directive)에 근거하여 이행되고 있음. 비료생산 계획에서 중요한 사항은 비료 시비 시 가축분뇨와 바이오가스 잔여물을 의무적으로 포함해야 함. 비료법령에 의해 경종농가에서 비료사용 시 주법에 따른 기준에 따라 양분의 필요량을 조사하고 준수하도록 규정함.

-축산악취와 관련하여 악취, 분진, 암모니아 3개 항목의 규제기준을 설정하여 법적으로 규제함.

-독일은 바이오가스를 이용한 전기 생산을 선도해왔으며 바이오가스의 주원료로 가축분뇨를 사용하고 있음. 약 8,700개의 바이오가스 발전소 중 가축분뇨를 주원료로 발전소는 560개소 (2016년 기준) 정도이며 대부분이 소규모 (75kW이하) 발전소임. 약 8,200개의 농업원료를 이용한 발전소 중 약 2,500개소는 가축분뇨 사용 비율이 50%를 초과하고 있음.

○ 벨기에 축산환경 관리의 기본적인 법령은 가축분뇨법 (Manure Decree)이며, 이 법에 따라 1988년에 분뇨은행 (Manure Bank)을 설립하여 운영하고 있음. 가축분뇨를 이용한 양분관리 관련 법령은 농업오염원의 질산염에 의한 수질오염 방지법 (Decree for the Protection of Waters Against Pollution by Nitrates from Agricultural Sources)임. 양분배출권 (NER)은 농장이 보유할 수 있는 가축 사육두수를 통해 결정됨.

-분뇨은행의 주요한 업무는 양축농가의 신고 및 등록업무, 축분 퇴비와 액비의 유통업무, 부과금 부과와 행정상 과태료 수금, 보상금 지불 업무, 통제와 감시업무, 허가권, 환경관리 업무 등을 담당하고 있음.

-과잉 양분문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 가축분뇨처리 및 비료

(화학비료, 유기질비료 등)의 사용실태를 정확하게 파악하는 것이 필수적이므로, 매년 농가들의 관련정보 (평균 가축사육두수, 농가 경작면적 및 위치, 작부체계, 화학비료 및 기타 비료 사용량, 창고 저장용량 및 연말 기준 저장된 가축분뇨량 등)를 상세하게 기록하고 관리함.

-기록된 자료를 기초로 관리영역에 따라서 조합단위, 지구단위 (또는 지역단위) 및 도 단위 등 다양한 단위로 양분수지 산출과 과잉양분을 관리하며, 비료 유통경로를 추적할 수 있도록 모든 비료 이동 및 저장고에 대한 체계적인 도표 작성 및 당해년도 농가간 비료 판매 현황까지도 기록하여 관리하는 시스템임.

-가축분뇨 수요 촉진 및 생산자와 사용자 간의 비료 판매 중계 업무도 수행하며, 비료 잉여분에 대한 판로가 없는 업체에 대해서는 판로 확보를 위한 역할도 수행함.

-과세 및 행정상 과태료 수금, 보상금 지불 업무도 담당하며, 이 밖에도 행정상 점검 및 확인 업무로 각종 신고서 점검, 행정상 과태료와 관련된 서류점검, 비료 판매 및 공식적으로 허가된 비료 수송업자에 대한 수송 규정 점검 등의 업무도 담당함. 농민 또는 영농단체를 대상으로 관련 정보를 제공하는 업무와 경제적·과학적 연구에 대한 지원업무도 포함함.

○ 영국의 양분관리는 환경식품농무부 (Department for Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA)에서 관장하며 Tried & Tested와 PLANET을 보급하여 농장의 양분이용 계획을 세우고 및 실행 내역을 관리하고 있음. 양분관리는 EU 질산염 지침에 따라 질산염취약지역 (NVZs)의 지역지정제도를 통해 이루어 지고 있음.

-Tried & Tested는 농업 환경을 보호하기 위해 DEFRA에서 제시하고 있는 양분관리계획의 기록·관리서임. 2010년 6월에 약 68,000개의 농가에 배포되어 양분관리 내역을 기록하고 있음.

-PLANET (효과적인 양분관리를 위한 토지이용 계획)은 질산염 취약지역(NVZ)에 대한 양분관리를 위해서 양분관리 계획 및 의사결정 내역을 기록을 지원 소프트웨어로 2004년 배포되어 운영되고 있음.

표-26 국외 축산환경 관련 법령 및 제도

구분	법령 및 제도	부문	주요내용
미국	• 청정 수질법(CWA) • 국가 오염물질 • 배출저감시스템(NPDES)	가축분뇨 (수질·양분)	-밀집사육시설(CAFOs) 허가 -밀집사육시설에 대한 비점오염원 관리 프로그램 및 총량규제 프로그램 시행 -가축분뇨 살포 농지 양분도 조사 -국가 오염물질 배출저감 시스템(NPDES) 허가를 통해 방류수 수질 기준 설정 -밀집사육시설의 오염물질 배출 규제
	• 양분거래제도	가축분뇨 (수질·양분)	-NPDES에서 제시한 허용 방출량 대비 감축량이 크레딧이 되며, 크레딧 거래
	• 종합양분관리계획(CNMP)	가축분뇨 (양분)	-국가 양분관리 기술표준 개발(NNMTS) -농경지 양분 조절(질소 요구량) -시기별 질소 투입량 제한(16.5~22kg/ha)
	• 종합환경대응책임법(CERCLA)	가축분뇨	-밀집사육시설 가축분뇨로 인한 오염물질(암모니아, 황화수소) 기준 이상 배출 시 보고 체계 마련
	• 청정대기법(CAA)	축산악취	-오염 배출량 규제(현재까지 농장에 대한 규제는 없음) -(미네소타) 황화수소 규제(0.03ppm) -(텍사스) FIDO 차트 통한 악취 평가
	• AgSTAR 프로그램	에너지화	-혐기성소화 처리시설(248개)에서 바이오가스로 생산된 전력이 신재생에너지 의무 할당제 포함, 온실가스 저감규모 DB화
EU	• 질산염 지침	가축분뇨 (수질·양분)	-질산염 농도 모니터링 -가축분뇨 살포 시기, 용량, 저장 시설 설치 의무화 -질소(210kg/ha→170kg/ha) 규제 및 사육두수 제한
	• 통합환경관리 입법 지침	가축분뇨	-고농도 질산염 민감지역, 고밀도 축산농가(100 이상/ha) 환경영향평가 의무화 -사육두수 감소 시 지원금 지급 -민감지역 내 가축분뇨 및 화학비료 사용량 제한 및 사용 금지 기간 설정 -질산염 농도(50mg/L) 규제
덴마크	• 영양분 및 유기물에 기인한 오염을 저감하기 위한 행동계획 • 수자원 환경에 관한 행동 계획	가축분뇨 (수질·양분)	-가축분뇨 저장·살포에 관한 상세 지침 - 분뇨 저장 시설 최소 이격 거리 25m, 지역 취수원으로부터 50m
	• 농지 조화법	가축분뇨	-경축순환 가능 범위 내에서만 사육 가능(가축분뇨 질소량에 따른 가축 사육두수 제한) -EU 질산염 지침과 동일(170kg/ha) -2017년 이후 인(P) 규제 추가
	• 농업의 지속적 발전을 위한 행동계획 • 동물복지법	축사관리	-돈사 내 샤워 시설설치, 체중별 최소 소요 면적 기준 설정

독일	비료 법령(Fertilizer Ordinance, FO)	양분관리	-질소와 인 배출 제한(EU 질산염 지침 준수) -겨울철 고정 가축분뇨 배출 제한(6주) -질소(50kg/ha), 인(10kg/ha) 배출 제한 -비료 시비 시 가축분뇨, 바이오가스 잔여물 의무적 포함 -지표수로부터 거리 제한(4m)
	악취 평가지침(GIRL, GOAA)	축산악취, 오염물질 배출	-악취(1시간 기준 6분 이상 악취 발생 금지) - 악취빈도에 따른 허용기준 제시(가중악취농도 0.02 이하 사업장 인·허가) -암모니아(3ug/m ³ 이하), 분진(40ug/m ³ /yr), 질소(5kg/ha/yr) 이하
	신재생 에너지법(EGG)	에너지화	-바이오가스 플랜트 지원 -가축 사육두수, 오염물질 발생량, 가축분뇨 발생량 조사 보고
벨기에	- 가축분뇨법 - 농업오염원의 질산염에 의한 수질오염 방지법	가축분뇨 (수질)	-분뇨은행 설립 -축산농가에 양분 배출권(NER) 할당 및 관리 -가축분뇨 생산/비료사용/처리/운송/저장 등 모든 사항에 대한 관리
영국	질산염 취약지역(NVZs)	가축분뇨 (토양)	-축산으로 인한 질산염 오염 위험 지역 지정 - 오염된 수자원과 연결된 토지 -질산염 농도 기준: 50mg/L -NVZ 내 경작/축산 시 규정 제시
	사육복지법	동물복지	-가축 축사 표준 설계

출처) 서울대학교 산학협력단 (2021) "축산환경 개선 기본계획 수립을 위한 정책연구"에서 재정리

(2) 네덜란드

- 1986년 분뇨법 (Manure Act)을 기반으로 분뇨의 쿼터거래제를 도입하였고, 1998년 양돈농가 구조개선법 (Pig Farming Restructuring Act)을 제정하여 체계적인 양분관리를 전개함.
- 1986년 도입된 토양보호법 (Soil Protection Act)에 따라 분뇨살포의 양, 시기, 방법이 규제되고 있으며, 1998년부터 2005년까지 MINAS 양분계정과 부과금제도가 운영 되었음. 2015년부터는 연간양분순환평가 (Annual Nutrient Cycling Assessment, ANCA) 시스템을 구축하여 체계적인 분뇨관리가 이루어지고 있음.

-네덜란드 인구의 90%가 도시에 살고있는 반면, 국토 면적의 70%는 농업에 사용됨. 발생 분뇨를 농경지에 환원해왔기 때문에 토양양분 과잉과 지하수 질산염 오염 문제가 대두됨.

-네덜란드는 발생량의 약 50%가 축산농가 소유의 농경지에 환원되고, 26%는 경종농가 소유 농경지에 살포, 기타 나머지는 국외 반출 등으로 처리하고 있음.

-네덜란드는 가축분뇨에 의한 환경문제를 해결하기 위해 1980년 중반 ~2005년까지 수질오염 방지, 작물별 양분투입량 규제, 가축분뇨 생산쿼터제 (Livestock production quota system), 양분회계시스템 (MINAS), 가축분뇨 이동 계약제 등의 양분감축 정책을 추진해 왔음.

○ 네덜란드는 2018년 1월부터 낙농가에게 '인 소유권' (Phosphate Production Rights)을 부여하고 시장에서 낙농업 '인 거래'를 허용하고 있음. 매년 말에 농가들은 가축분뇨로부터 배출된 인의 양을 담보하는 인 소유권을 가지고 있음을 입증해야 하며 새롭게 진입하는 농가들은 시장에서 '인 소유권'을 구입해야 함.

○ 네덜란드 가축분뇨 관리정책의 핵심은 농경지로의 가축분뇨 환원에 제한을 두는 것임.

-가축분뇨의 토양 환원 시기 제한, 저장 시설 확충, 관련 기술 개발 등을 통해 암모니아가스 배출을 줄이고자 함.

-가축분뇨 사용량 감축을 추진하여, 질소를 기준으로 연간 ha당 1987년 350kg에서 2002년에는 80kg으로 대폭 감축하였음.

-아울러 할당제나 배출권거래제와 같은 인센티브 제도를 도입하여 분뇨와 양분의 배출량 자체를 줄이려는 노력도 1980년대 이래 시행해 오고 있음.

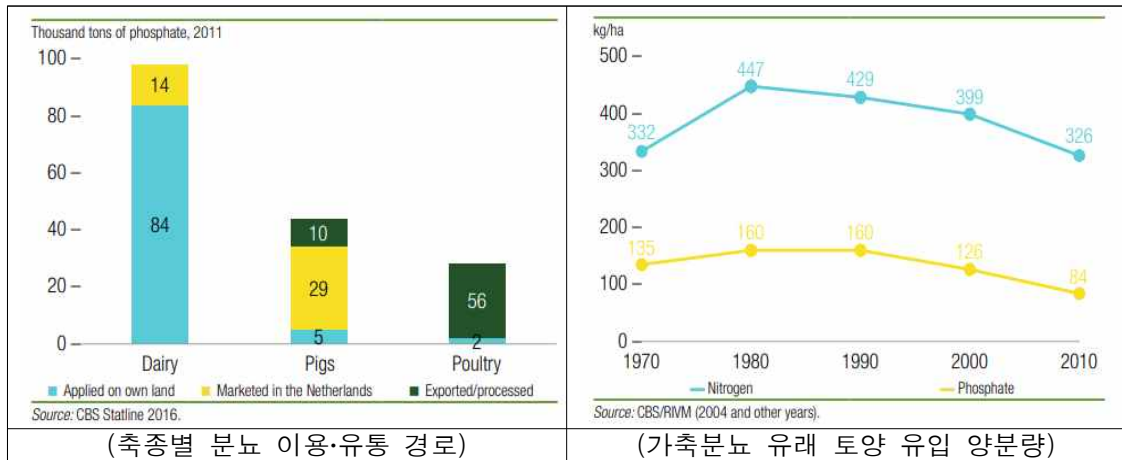


그림-11 네덜란드의 축종별 분뇨 발생량과 이용·유통 경로 및 토양 유입 양분량

출처) Gé B. C. Backus (2017) "Manure Management: An Overview and Assessment of Policy Instruments in the Netherlands (World Bank Regional Agricultural Pollution Study)"

표-27 네덜란드의 축산환경 관련 주요 제도 및 정책

구분	주요 제도 및 정책
[1] 가축 사육두수 제한	○ 1단계(1984~1986): 양돈과 양계에 관한 임시법 • 양돈과 양계 신규농장 설립 금지 및 기존농장의 확장 제한. 농가에서 사전에 허가를 얻어 효과 없음 ○ 2단계(1987~1998): 부과금을 이용한 농가별 인 배출량 규제 • 분뇨법(Manure Act) 도입하여 사육두수×인 배출계수로 계산되는 농가별 배출량을 산정, 규제 ○ 3단계(1994~1997): 양분배출권거래제 • 분뇨생산권으로 불리는 배출권이 거래되고, 폐업하는 농가로부터 구입하여 생산 규모 확장 가능 • 쿼터는 토지기반(land-based)쿼터와 토지비기반쿼터로 나뉘며, 거래는 토지비기반쿼터에 국한 ○ 4단계(1998~): 양돈 및 양계 사육권 • 1998년 양돈농가구조개선법(Pig Farming Restructuring Act) 발효 • 은퇴농가나 일반농가로부터 사육권 구입하는 등 사육권의 감축 추진이 10% 허용됨 • 2001년부터 사육권 제도는 양계에도 적용되었으나, 소, 양 등에는 여전히 분뇨 배출권제도 실행 ○ 5단계(2000~2002): 폐업장려금 • 양돈, 양계, 비육우 농가의 폐업을 장려하기 위해 사육권과 분뇨배출권 정부 구매 • 2004년에 양돈 농가의 사육권 18% 감소하여 분뇨 배출량 저감에 기여
[2] 분뇨 살포규제	○ 인 살포규제(1986~2005) • 1986년의 토양보호법(Soil Protection Act)은 분뇨 살포의 양, 시기, 방법을 규제 • EU기준을 따르기 위해 상한을 단계적으로 축소 ○ 분뇨 및 비료 살포 상한(2006~) • 인 살포규제가 강화되면서 축산 분뇨의 판매가가 마이너스가 되고 처리비용이 2007년 연간 2.74억 유로에 달함 • 2006년 인 살포 상한이 분뇨와 비료에 함께 적용 ○ 분뇨 살포 계절제한(1991~) • 연간 초지와 농지에 분뇨 살포할 수 있는 시기 제한 • 초지는 9월~2월, 농지는 8월~1월 등 주로 겨울에 허용 • 이 규제로 인해 농가는 모두 분뇨 저장설비를 갖추게 되며, 관련 투자액이 늘어남
[3] 신기술 장려	○ 분뇨의 토양주입 의무화(1992~) • 모든 분뇨는 살포 후 24시간 내에 수 인치의 땅속에 주입(injection)해야 함 • 관련 기계에 대한 투자를 필요로 함(연간 약 3,000만 유로) • 비료효율성을 높이는 부가 이득도 있음

	○ 토지비기반쿼터 삭감(1996~1997) • 가격이 좀 더 비싸지만 인 성분을 적게 가진 배합사료가 개발되면서 토지비기반 쿼터를 30% 삭감 ○ 분뇨 의무가공비율(2013~) • 농가는 자가 소유 농지에 살포하는 것 이상의 분뇨는 가공하거나 외부 판매하도록 의무화 • 분뇨가공처리와 처리시설의 수익성을 높이려는 조치 • 의무가공비율이 계속 높아짐: 2017년 59% • 스스로 가공하지 못할 경우 주로 농협이 운영하는 외부 처리시설에 맡김 • 다른 농가와 협의하여 가공처리 부담을 넘길 수 있음
[4] 양분계정 (Nutrient Accounting)	○ MINAS(MINeral Accounting System) 양분계정과 부과금제도(1998~2005) • MINAS는 농가단위의 양분계정을 만들고 초과 양분에 대해 부과금을 납부케 함 • 인과 질소에 대해 적용 • 양분 투입과 산출이 정확히 기록되어야 하고, 초과 양분이 양분손실을 넘어서는 경우 부과금 부과 • 부과금 액수와 적용대상이 시간이 지나면서 증가하고 확대 • EU재판소가 이 제도는 EU Nitrates Directive와 상충된다고 판결 • EU기준에 맞도록 분뇨와 비료 사용량을 규제하는 새로운 제도에 의해 대체됨 ○ 연간 양분순환평가(2015~) • ANCA(Annual Nutrient Cycling Assessment)시스템 • 2015년 기준 70%의 낙농가가 양분과잉을 보임 • 농가별로 ANCA모형을 이용해 양분관리현황을 보고해야 함 • 낙농업의 지속가능성 유지를 위해 도입된 제도
[6] 토지-가축 연계	○ 분뇨 이전계약(2002~2005) • 자기소유 농지에 분뇨를 모두 살포하지 못하는 농가는 1년 전에 분뇨를 이전하는 계약을 경종농가와 맺어야 함 • 계약을 맺지 못하는 농가는 사육두수를 줄여야 함 • 기준은 EU의 Nitrates Directive로서, 초지의 ha당 질소 170kg과 농지의 210kg임 • 실제 계약이 이행되는지 등을 검증하기 어려운 문제 가짐 ○ 토지연계 낙농업 확대(2016~) • 사육두수를 늘리려는 낙농가는 분뇨처리를 위한 토지를 구매해야 함 • 인수지 초과분이 20kg/ha 이하인 농가는 미적용 • 20~50kg인 농가는 규모 확대로 인한 분뇨 증가분의 1/4은 토지 추가구매로 해결하고 3/4은 가공처리 • 50kg 이상인 농가는 늘어나는 분뇨의 1/2을 토지 추가구매로 해결하고 1/2은 가공처리 • 2018년부터 낙농가 간의 인 배출권 거래제 도입
[7] 농가지원정책	○ 분뇨은행(1987~1998) • 가축분뇨의 원활한 지역 간 배분을 목적으로 하며, 분뇨의 이동을 추적·기록함 • 가축분뇨처리의 안전망 역할도 수행 • 전국에 분뇨저장설비 갖추고 직접 처리하는 데 어려움을 겪는 농가에게 수수료 받고 저장설비 이용하게 함 • EU가 분뇨처리 행정비용과 설비 건설 및 운영비만 농가로부터 수수할 수 있다고 규정하여 분뇨은행 해체됨 ○ 분뇨저장 보조(1987~2012) • 개별농가와 공동이용시설의 저장 설비 보조 • 분뇨 발생량 저감, 재처리 관련 신기술을 적용하려는 농가에 대한 지원 ○ 선도농가활용(1987~) • 농가 간 기술수준의 격차가 상당하여 선도농가를 선별하여 정책에 활용 • 선발된 농가에 대한 생산과 환경측면의 성취도 평가 • 양분균형달성을 위한 계획수립에 활용하며 수년간 농가의 성과가 관측·평가됨

자료) Gé B. C. Backus (2017) "Manure Management: An Overview and Assessment of Policy Instruments in the Netherlands (World Bank Regional Agricultural Pollution Study)", 및 서울대학교 산학협력단 (2021) "축산환경 개선 기본계획 수립을 위한 정책연구"에서 재정리

(3) 일본¹⁷⁾

- '16년 기준 일본의 각 축종별 사육두수는 젓소 1,350천두, 육우 2,480천두, 돼지 9,310천두, 육계 134,400천수, 산란계 173,350천수이며, 가축분뇨 발생량은 연간 약 80,000천톤인 것으로 나타남.

표-28 일본의 축종별 가축사육 동향('16년)

구분	젓소	육우	돼지	육계	산란계
사육두수	1,350천두	2,480천두	9,310천두	13,440천수	173,350천수
농가(호)	17,000호	51,900호	4,830호	2,360호	2,440호
평균 사육규모	79.1두/호	47.8두/호	1,928두/호	57,000수/호	55,000수/호

자료) 일본농림수산성 (2018) "축산환경을 둘러싼 정세"

표-29 일본의 축종별 가축분뇨 발생량('17년)

구분	젓소	육우	돼지	육계	산란계
발생량(천톤)	21,810	23,090	21,540	7,620	5,360
합계(천톤)	79,430				

자료) 일본농림수산성 (2018) "축산환경을 둘러싼 정세"

(천톤)

95,000

90,000

85,000

80,000

75,000

'99 '04 '10 '11 '12 '13 '14 '15 '16 '17

그림-12 일본의 연도별 가축분뇨 발생량 추이

자료) 일본농림수산성 (2018) "축산환경을 둘러싼 정세"

17) 한국축산환경학회 (2019) "축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안", 일본농림수산성 (2018) "축산환경을 둘러싼 정세"에서 재정리

- 일본의 축산환경과 관련된 법령으로는 「가축분뇨법」, 「환경기본법」, 「폐기물처리 및 청소에 관한 법률」, 「악취방지법」, 「수질오염방지법」, 「비료취급법」 등이 있음.
 - 「악취방지법」에서는 사업장 내 악취를 규제함. 도지사와 시장이 규제대상지역, 방법, 기준을 정함.
 - 가축분뇨는 「가축분뇨법」, 「비료취급법」에 의해 처리됨. 가축분뇨관리를 위한 전문조직은 없지만 축산환경 정비기구가 유관 사업을 수행함.
 - 일본은 최근 가축분뇨에 대해서 퇴비화와 바이오에너지 활용 추진 계획을 수립하고 있고, 지역 바이오매스를 활용해 지역이 주체가 된 사업 창출, 지역사회 순환 계획에 따라 이루어 지고 있음.

- 일본은 비교적 국토가 협소하고 도시와 농촌이 혼주되어 있고, 퇴비처리 및 정화처리 등 다양한 방법들이 적용되고 있음. 이는 주로 「가축분뇨법」, 「비료취급법」에 의해 행해지고 있음.
 - 일본은 축산환경대책 추진에 따라 2004년 말 퇴·액비화 중심의 비율이 90%까지 증가하였으며, 2014년 기준으로 347개소의 퇴비 생산시설이 운영되어 왔음.
 - 가축분뇨의 농지환원에 따라 일부 지역에서는 질소함량이 초과된 곳도 있어 지역별 상황에 따라 타 지역으로의 이동 확대하거나 바이오매스 활용추진 기본법(2009년 법률 제52호)에 근거한 축분 메탄발효 후 열 이용 발전 또는 소각·탄화 후 토양개량제 이용 등의 활용방안을 추진하고 있음.

- 한국과는 달리 일본의 「비료취급법」은 비료의 이용을 촉진하기 위해 일반비료에 가축분뇨를 혼합하여 제조가 가능함(퇴비 이용 촉진을 위하여 2012년 신설된 제도임).
 - 「비료취급법」은 크게 ‘특수비료’와 ‘보통비료’로 구분되며, 가축분퇴비의 경우 ‘특수비료’로 지정되어 있음(신고를 통해 생산이 가능함).

-특히 가축분뇨를 원료로 한 보통비료에는 ‘가공가금분비료’, ‘혼합유기질비료’, ‘화성비료’, ‘배합비료’, ‘혼합동물성분뇨복합비료’, ‘혼합퇴비복합비료’ 등으로 그 종류가 매우 다양한 것이 특징임.

표-30 일본의 비료취급법에 따른 특수비료 및 보통비료의 구분

구분	특수비료	보통비료
비료 (비료취급법)	• 농림수산대신이 지정하는 쌀겨, 퇴비 및 기타 비료 • 제조·수입할 경우 광역자치단체 지사에게 신고해야 함 • 판매 등을 할 경우 원료, 성분함량 등에 대해서 표시가 필요함	• 특수비료 이외의 비료 • 등록 후 공정규격에 적합하게 제조 등을 할 필요가 있음

자료) 일본농림수산성 (2018) “축산환경을 둘러싼 정세”

표-31 일본의 가축분뇨를 원료로 한 주요 보통비료의 공정규격

규격	규격의 개요	비고
가공가금분비료	• 가금분을 건조시킨 것	
혼합유기질비료	• 유기질비료에 계분의 탄화물 등을 혼합한 것	
화성비료	• 질소질비료 등에 계분의 탄화물, 계분 또는 계분과 우분의 혼합물의 연소재 등을 배합하여 조립한 것	2016년 추가
배합비료	• 질소질비료 등에 계분의 탄화물, 계분 또는 우분의 혼합물의 연소재 등을 배합한 것	2016년 추가
혼합동물성분뇨복합비료	• 질소질비료 등에 건조한 소·돼지 분뇨를 혼합(상한 70%)해 조립 등을 한 것	2012년 신설
혼합퇴비복합비료	• 질소질비료 등에 분뇨 퇴비 등을 혼합(상한 50%)해 조립 등 및 건조한 것	2012년 신설

주) 보통비료는 질소질비료, 요소질비료 등 화학비료를 말하며, 가축분뇨와 보통비료를 혼합한 경우도 보통비료에 포함
 자료) 일본농림수산성 (2018) “축산환경을 둘러싼 정세”

○ 일본에서는 축산환경을 위하여 다양한 지원 사업과 정책을 펼치고 있으며, ‘지역 바이오매스 적정활용 추진사업’이나 ‘신재생에너지 사업자 지원사업비보조금’ 등이 대표적임. 다음 표는 일본 정부의 축산환경 관련 주요 보조사업에 대하여 나타냄.

표-32 일본의 축산환경 관련 주요 보조사업 현황

구분	사업명	지원내용	비고
보조사업	농업생산교부금 강화사업	- 공동이용 정화처리시설 및 탈취시설 정비 지원 - 보조율 50%	-
	축산클러스터 사업	- 지역 전체에서 수익력을 향상시키는 데에 필요한 시설이나 기계의 정비를 지원 - 보조율 50%	- 축산클러스터 계획에서 중심적인 경영체로서 자리매김 필요 - 매전시설 등은 대상 외
	지역 바이오매스 적정 활용 추진사업	- 바이오매스 이용, 활용 시설 정비를 지원 - 보조율 50%	바이오매스 산업도시 구상 인정 필요
	공공사업	- 사료생산 기반의 정비 등에 맞춰 필요한 가축배설물처리 시설의 정비를 지원 - 보조율 50% 등	축산환경 종합대책 사업 등
	신재생에너지 사업자 지원사업비 보조금	- 바이오매스를 이용한 열이용시설이나 발전 시스템 등의 도입을 지원 - 보조율 50%	경제산업성의 사업
리스사업	축산 고도화 지원 리스사업	축산환경대책 등에 필요한 시설 기계를 대여	-
	축산경영환경 대응강화 긴급대책사업	축산환경 관련 규제 강화나 사육위생 관리기준의 재검토에 대한 대응에 필요한 시설 기계를 대여	-
융자	축산 경영환경 조화추진 자금	축산환경대책에 필요한 시설기계 정비에 필요한 자금을 융자	- 가축분뇨법에 의거한 계획의 인정 필요 - 산지활성화종합대책 사업에 따라 5년간 실질 무이자화
서제특례	오수처리시설의 고정자산세 과세 표준특례	오수처리시설 신설 시 고정자산세 과세 표준 5년간 1/3 경감	시설의 단순 갱신은 대상 외
	오수처리시설의 사업소세 자산비율 특례	오수처리시설에 부과되는 사업소세(도시지역에서 과세)의 자산비율 과세 표준이 되는 사업소 면적을 3/4 공제	-
직불제도	환경보전형농업 직접지불교부금	화확비료, 화학합성농약 사용을 50% 이상 줄이고 환경보전을 위한 대책(퇴비사용 등)을 실시했을 때 4,400엔/10a를 교부	-

자료) 일본농림수산성 (2018) "축산환경을 둘러싼 정세"

3.2 한우 분뇨 및 퇴비가 환경에 미치는 영향

1) 수질 및 토양 환경

(1) 축분 야적 등에 따른 수질 및 토양 오염

- 대부분의 한우농가는 우장에서 발생한 축분(+갈짚)을 퇴비사로 이동시킨 후 교반이나 송풍 등을 통하여 호기성 퇴비화를 진행함. 이후 부숙이 완료된 퇴비는 개인 농지 또는 경종 농가에서 살포하고 있음. 적정하게 처리된 축분 퇴비는 농촌에서 작물의 영양원 또는 토양 개량재로서 주요한 자원임.

-단, 이러한 가축분 유래 퇴비를 농지에 과다하게 살포하거나 야적한 상태로 방치할 경우, 강우 시 발생할 수 있는 비점오염물질로 수계에 부정적 영향을 줄 수 있음.

-국내 퇴비 살포시기가 대부분 강수량이 적은 봄철로 오염부하의 잠재적 가능성이 높지 않으나 최근 이상기후로 인해 강수량이 많은 시기에도 작물의 영양공급을 위해 퇴비를 사용하기 때문에 퇴비의 농지환원으로 인하여 수계에 유출되는 오염물질이 증가할 우려가 있음.

- 최근 농가의 축산환경 인식 개선으로 미부숙된 퇴비를 야적하거나 불법으로 살포하는 사례는 거의 없으나, 일부 부도덕한 농가로 인해 축산업 전체가 질타의 대상이 되는 경우도 일부 발생하고 있으며, 이는 지속적인 한우산업을 위해 반드시 근절되어야 하는 부분임.



그림-13 노지에 야적된 축분, 부정적 사례

자료) (좌)헤드라인제주 (2020.06.04.) "제주, '악취 진동' 엄청난 양 가축분뇨 무단투기 현장 적발", (우)장강신문 (2020.03.02.) "장흥 한우축사농가, 수년동안 퇴비사 놔두고 노지에 축분 쌓아놔" 검색일: 2021.09.14.

- 이 등(2009)은 우분퇴비의 농지환원 시 강우로 인한 유출수의 오염물질 유출 특성에 대해 단기유출과 장기유출로 구분해 조사한 결과, 단기유출의 강우시 BOD₅는 0.6 %, CODcr은 0.3 %로 나타났고, 장기유출의 강우시 BOD₅는 3.6 %, CODcr은 1.0 %로 나타나 강우유출시간이 증가될수록 수계 유출율이 높게 나타났다고 보고하였음.
- 홍과 이(2001)는 우분퇴비의 농지환원 과정에서 발생할 수 있는 오염부하 포텐셜을 평가하기 위해 인공강우 발생장치를 이용한 우분퇴비로부터 발생하는 오염부하 특성을 조사하였음. 그 결과 우분량이 증가함에 따라 오염물질의 농도가 증가하였으며, 동일한 우분량에 대하여 강우강도가 큰 경우 대체로 농도가 감소하였으나 부하량이 증가한다고 보고하였음.
- 어성욱(2010)은 인공강우시험을 통하여 영양물질의 유출특성을 돈분뇨 액비 및 우분퇴비 적용 구역으로 구분하여 실험한 결과, 액비로부터의 질소는 지하수로 가장 많이 유출되었고, 인은 퇴비 주입 시 대부분 표면 유출로 발생 된다고 보고하였음.

(2) 토양양분 관리

○ 통계청 자료에 의하면 '20년 기준 우리나라 경지면적은 1,565천ha로 전년 대비 1.0%(16천ha) 감소하였음.

-논 면적은 824천ha로 2019년 830천ha보다 6천ha(-0.7%) 감소함.

-논 비율은 52.7%로 2019년 52.5%보다 0.2%p 증가함

-밭 면적은 741천ha로 2019년 751천ha보다 11천ha(-1.4%) 감소함

-밭 비율은 47.3%로 2019년 47.5%보다 0.2%p 감소함.

○ 표-33 연도별 경지면적 및 증감률 추이

(단위: 천ha, %)

	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
경지면적	1,730	1,711	1,691	1,679	1,644	1,621	1,596	1,581	1,565
논	966	964	934	908	896	865	844	830	824
밭	764	748	757	771	748	756	751	751	741
증감률	-	-1.1	-1.2	-0.7	-2.1	-1.4	-1.6	-0.9	-1.0

자료) 통계청 (2021.2.26.) 보도자료 "2020년 경지면적조사 결과"

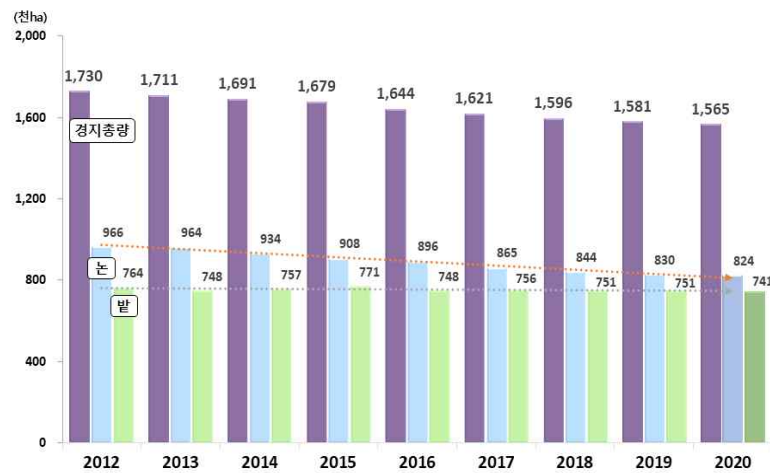


그림-14 연도별 경지면적 추이

자료) 통계청 (2021.2.26.) 보도자료 "2020년 경지면적조사 결과"



그림-15 논밭별 경지면적 변화

자료) 통계청 (2021.2.26.) 보도자료 "2020년 경지면적조사 결과"

○ 2020년 경지 실 증가면적은 전년대비 1천ha이고, 실 감소면적은 17천ha로, 순 증감면적은 16천ha 감소함.

-증가 요인은 개간간척(1천ha)이고, 감소 요인은 건물건축(11천ha), 유휴지(3천ha), 공공시설(2천ha) 등임

표-34 경지 증감 사유별 면적

(단위: 천ha)

	증가				감소						증감 계
	실 증가			논밭 전환	실 감소					논밭 전환	
	계	개간 간척	기타*		계	건물 건축	공공 시설	유휴지	기타**		
계	0.7	0.7	0.0	13.9	16.9	10.9	1.8	2.8	1.3	13.9	-16.2
논	0.1	0.1	0.0	6.2	4.5	3.1	0.6	0.5	0.3	7.7	-4.3
밭	0.6	0.6	0.0	7.7	12.4	7.9	1.1	2.3	1.0	6.2	-11.8

*기타(증가) : 복구 등

**기타(감소) : 야적장, 영농작업장, 조림, 묘지 등

자료) 통계청 (2021.2.26.) 보도자료 "2020년 경지면적조사 결과"

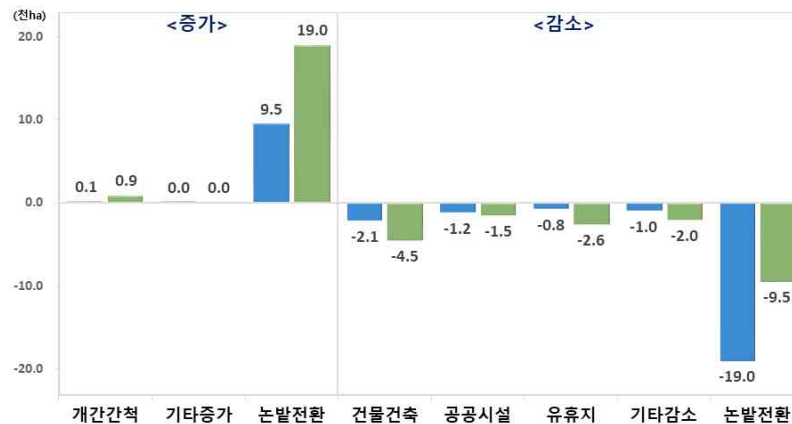


그림-16 경지 증감 사유별 면적

자료) 통계청 (2021.2.26.) 보도자료 “2020년 경지면적조사 결과”

- 우리나라의 가축분뇨 발생량은 '14년 기준 46,233 톤이었으나 가축사육증가로 인해 꾸준히 증가하여 '19년 기준 51,838 천톤이 발생하였음. 이 중 91.4%인 47,404 천톤 자원화로 처리되고 있으며, 자원화 처리는 각각 퇴비로 41,428 천톤(79.9%), 액비로 5,976 천톤(11.5%)로 처리되고 있음.

-즉, 가축분뇨의 발생량은 꾸준히 늘어나는 반면, 가축분뇨의 최대 수요처인 농경지는 면적은 점점 감소하고 실정임.

- 한편, “양분총량관리제도”는 농경지로 투입되는 질소, 인 성분의 총량을 관리하는 제도임.

-“양분총량관리제도”는 지속가능한 축산 발전을 고려하여 추진되어야 하며, 가축분뇨에서 발생하는 양분(질소, 인)의 적정관리 및 다양한 양분삭감기술 및 사업모델의 개발 등을 통해 농경지 양분 투입을 경감시킴으로써 직접적인 축산 규제 영향을 최소화하는 방향으로 검토 추진할 필요가 있음.

-그동안 국내에서는 양분관리 관련 다양한 연구들이 추진되어왔음.

표-35 국내 양분관리 및 경축순환 관련 선행 연구 사례

시기	수행기관	핵심분야	내용
'05	농촌경제연구원	지역단위 양분총량제도 도입 세부시행방안 연구	• 농경지 과잉양분을 효과적으로 관리하기 위한 양분총량관리제도 도입방안을 검토 • 양분부하 관리에 의한 양분특별관리 지역(Ⅰ, Ⅱ) 구분 및 관리 방안 제시
'15	농촌경제연구원	양분총량제 도입방안 연구	• '20년까지 단계적 양분총량관리제도 도입을 위한 방안 검토 • 양분부하 관리를 위해 양분초과율 개념을 설정하여 양분특별관리지역(Ⅰ, Ⅱ) 구분 및 관리 방안 제시
'16	한경대학교	양분총량제 도입을 위한 기반조성 연구	• 과학적인 양분총량제 도입을 위한 기술적 사항을 검토 • 토양경계 양분수지 분석모델을 통한 지역단위 양분수지 분석 방안 제시
'17	전북대학교	지역의 양분관리를 위한 양분수지산정 식감평가 등에 관한 시행계획 수립 및 현장적용	• 지역단위 양분총량제도 도입을 위한 시범사업 추진중 • 연구 대상지역에 대한 양분수지 산정법 적용 • 양분수지 시행계획 수립 및 세부 시행 모니터링
'18	축산경제연구원	양분관리 매뉴얼 개발	• 양분수지 산정법의 국내적용 한계점 및 개선방향 도출 • 개선된 양분수지 산정식을 이용한 양분 수지 산출
'18	상지대학교	가축분뇨 통합 운영프로그램 구축	• 가축분뇨 잉여양분 품질관리 프로그램 개발 및 잉여양분 비즈니스모델 도출 • 웹기반 가축분뇨 양분관리 통합운영 프로그램 개발 • 약130개(연구기관에서 기 제공)에 이르는 파라미터(산정계수)를 데이터세트(data set)화
'19	대통령직속 농어업·농어촌 특별위원회	지역자원기반 경축순환농업 활성화 방안	• 경축순환 저해요인 분석(축산분야, 경종분야) • 경축순환농업 활성화를 위한 주요 추진과제 도출 • 분야별 세부 추진방안(정책제안)
'20	충남연구원	지역단위 양분관리 시범사업(홍성군)	• 양분관리를 위한 지자체 중심 거버넌스 구축 및 운영 • 양분수지 단계별/연차별 관리목표 설정 및 시행계획(안) 수립
'20	강원대학교	경축순환농업 현황분석 및 모델 개발	• 경축순환농업 현황분석 및 우수사례 성공요인 분석 • 경축순환농업 유형별 모델 개발(적용방안, 적정규모 산정, 역할 제안)
'20	농촌경제연구원	경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안	• 경축순환농업의 저해 요인 분석 • 경축순환농업의 경제적·환경적 편익 분석 • 경축순환농업 관련 농업인·전문가 인식 조사 • 경축순환농업 활성화를 위한 부문별 추진방안 제시

○ 양분수지는 특정 범위를 기준으로 양분의 유입 및 유출을 파악해 잉여되는 양분을 나타내는 것으로 크게 3가지 방법이 존재함.¹⁸⁾

-농가수지(Farm budget), 토지수지(Land budget), 토양수지(Soil budget) 산정법이 있음.

-단, 양분수지 방법론을 선정하는데 있어 정부 부처 및 산업간 합일점이 도출되지 못하고 있는 실정임. 토지수지와 토양수지의 산정에 따른 결과를 검토하고, 제도 운영의 합리성과 제도 운영목적의 부합성 측면의 세심한 검토가 필요함.

18) (사)한국축산환경학회 (2018) "가축분뇨 양분총량 관련 대응 연구"

표-36 양분수지 산정법의 비교

양분수지 산정법	내용
농가수지산정법 (Farm budget)	- 농가수준 양분관리에 적합 - 가장 통합적이고 유의미한 지표 - 사료 사용 관련 데이터 (개별 사료 종류, 사료 반죽 등 농가 급이 특징) 확보 어려움. - 외국의 복합(축산+경종)농가의 양분관리에 이용
토지수지산정법 (Land budget)	- 지역단위 양분관리에 적합 [유입, 유출, 잔고(대기, 수계)] - 온실가스(GHG) 및 암모니아 (NH₃) 배출량 추산치와 통일 - 토양이나 수계로 유입되기 전 자원화 및 정화처리 과정에서 소실된 양분 모두가 대기잔고로 과다 산정 (탈취탑, 바이오커튼에서 포집 제거되는 양분 반영 못함)
토양수지산정법 (Soil budget)	- 지역단위와 토양 양분관리에 적합 [유입, 유출, 잔고(대기, 수계)] - 농지에 뿌리기 전 휘발된 질소량을 제외 - 환경에 용탈·유출될 위험이 있는 질소를 보다 정확히 산정 가능

자료) (사)한국축산환경학회 (2018) "가축분뇨 양분총량 관련 대응 연구"

표-37 토지수지산정법(Land budget)과 토양수지산정법(Soil budget)의 차이점

구분	토지수지산정법(Land budget)	토양수지산정법(Soil budget)
가축분뇨에 의한 양분 유입	- 배출된 가축분뇨 내 총 양분량	- 가축분뇨의 처리 후 토양으로 유입되는 퇴비, 액비, 정화처리 방류수(수계 직접배출) 내 양분량
자원화·정화처리 시 제거되는 양분의 산정	- 자원화·정화처리 과정 중 소실되는 양분과 토양에 양분(비료, 퇴·액비) 살포 후 소실(휘발, 탈질)되는 양분을 모두 대기잔고로 산정	- 살포 후 토양에서 소실(휘발, 탈질)되는 양분을 대기잔고로 산정

자료) (사)한국축산환경학회 (2018) "가축분뇨 양분총량 관련 대응 연구"

○ 양분수지를 계산하기 위해서는 양분의 발생과 토양으로의 유입, 유출에 관련된 상세항목들을 확보 해야함. 축산분야에서 가장 작은 규모인 농장에서부터 지역·국가로 이어지는 양분수지관리를 위해서는 다양한 최소한의 필요정보들이 있음.¹⁹⁾

-양분 발생량: 가축의 사육 시 배설되는 분뇨 양분의 양으로 대기중으로의 휘발과 외부로의 유실이 고려되지 않은 양분의 양

-양분 부하량: 발생한 가축분뇨의 토양 적용을 위해 자원화된 후의 최종 남아있는 양분의 양으로 국내 가축분뇨의 처리시설 및 환경을 고려하여 각 자원화 방법에 따라 소실되어지는 양분의 양이 제외된 실제 토양으로 적용되어지는 양분의 양 (양분 삭감량을 고려해야 함)

-양분 수요량 : 경제작물 및 사료작물 재배 시 토양과 작물에 요구되

¹⁹⁾ (사)한국축산환경학회 (2018) "가축분뇨 양분총량 관련 대응 연구"

어지는 양분의 합으로 토양의 개량을 위한 유기물 투입과 시비된 비료 물질의 소실량도 고려하여 산정되는 양분의 양

-양분 잉여량 : 양분부하량에서 양분수요량을 뺀 후 남은 양분의 양으로 일정 토양 내 양분잔고를 확인할 수 있으며, 양분관리 방안 마련을 위한 기준으로써 양분수지표로 이용할 수 있음.

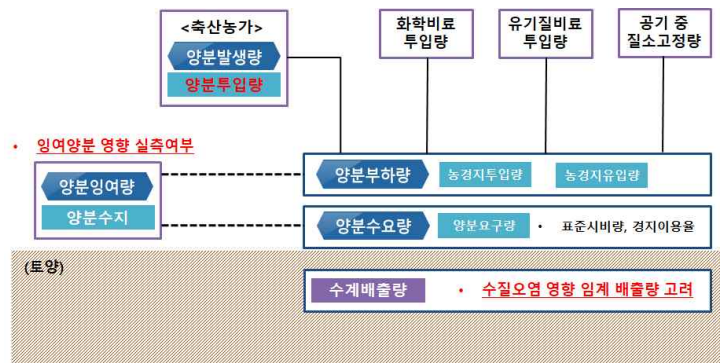


그림-017 양분수지 산정 시 필요한 양분관리 항목

자료) (사)한국축산환경학회 (2018) "가축분뇨 양분총량 관련 대응 연구"

○ 우리나라 국가 양분수지는 OECD 회원국 중에서 질소수지가 212 kg/ha로 1위이며, 인 수지는 46 kg/ha로서 일본 다음으로 2위라는 불명예를 안고 있음.

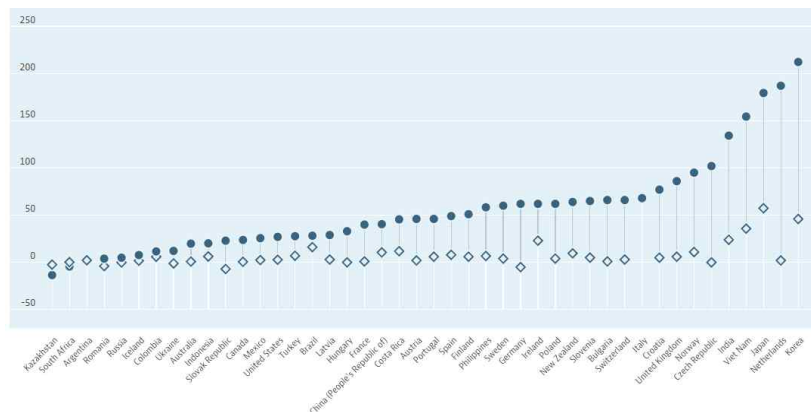


그림-18 우리나라 국가 양분수지(질소, 인)

자료) OECD (2021) "Nutrient balance", <https://data.oecd.org/agrland/nutrient-balance.html> 검색일: 2021.10.5

○ 국내 양분수지를 살펴보면, 양분(질소, 인)초과율이 평균 134.5%를 나타내고 있음.²⁰⁾

-양분수지는 화학비료 사용량, 가축분뇨 발생량, 부산물비료(부숙유기질비료, 유기질비료 등) 투입량 등의 양분공급량과 작물에 의해 흡수되는 양 사이의 관계를 나타냄. 즉 양분공급량이 양분흡수량에 비해 많으면 양분초과 상태가 됨.

표-38 우리나라 도별 양분수지 분석 결과(2014년 기준)

도	양분초과량(kg//ha)			양분초과율(%)		
	질소	인산	계	질소	인산	계
경기도	242.1	173.0	415.0	233.5	314.4	274.1
강원도	150.1	80.2	230.4	125.8	142.5	134.2
충청북도	164.9	92.5	257.4	167.1	175.3	171.2
충청남도	155.1	80.7	235.8	147.9	142.9	145.4
전라북도	169.9	78.1	248.0	154.6	120.3	137.5
전라남도	107.3	33.9	141.2	87.4	50.0	68.7
경상북도	144.9	91.0	235.9	142.6	172.1	157.4
경상남도	83.8	48.6	132.3	68.6	78.3	73.4
제주도	77.4	42.5	119.9	51.8	45.9	48.9
평균	143.9	80.0	224.0	131.0	138.0	134.5

자료) 한국농촌경제연구원 (2015) "양분총량제 도입방안 연구", 정 등 (2021) "경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안"

-우리나라 양분수지가 이렇게 높은 이유는 양분공급량은 지속적으로 늘어나고 있으나 양분흡수량은 경지면적 감소로 지속적으로 감소하기 있기 때문임. ha당 화학비료 사용량은 2011년 이후 연평균 1.8% 증가하고 있으며, 가축분뇨 발생량은 같은 기간 연평균 1.4% 증가하고 있음. 또한 부산물 비료 생산량 동향을 보면 2014~2018년 사이에 연평균 10.1%로 증가하고 있음.

-이렇게 양분공급량이 지속적으로 늘어나고 있기 때문에 양분수지는 2015년 이후 개선되었다고 보기 어려움.

²⁰⁾ 정 등 (2021) "경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안"

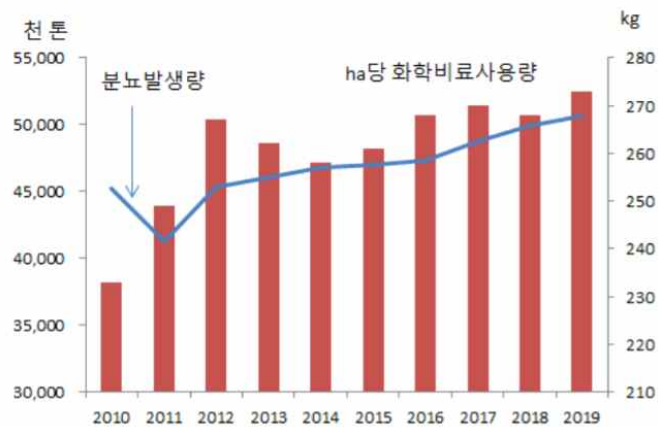


그림-19 화학비료 발생량과 분뇨발생량 추이

자료) 정 등 (2021) "경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안"

표-39 부산물비료 생산량 동향

(단위: 톤, %)

구분	2014	2015	2016	2017	2018
유기질비료	960,266 (14.2)	730,235 (10.0)	722,074 (9.3)	644,535 (7.0)	806,204 (8.2)
부속유기질비료	5,783,286 (85.8)	6,538,550 (90.0)	7,036,280 (90.7)	8,532,341 (93.0)	9,081,129 (91.8)
합계	6,743,552	7,268,785	7,758,354	9,176,876	9,887,369

주1) 괄호 안 숫자는 전체 합계 대비 비율(%)를 나타냄.

자료) 정 등 (2021) "경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안"

2) 미세먼지 및 암모니아

(1) 미세먼지의 개념²¹⁾

○ 먼지는 입자의 크기에 따라 $50\mu\text{m}$ 이하인 총먼지 (TSP, Total Suspended Particles)와 입자크기가 매우 작은 미세먼지(PM, Particulate Matter)로 구분함.

-미세먼지는 다시 지름이 $10\mu\text{m}$ 보다 작은 미세먼지(PM₁₀)와 지름이 $2.5\mu\text{m}$ 보다 작은 미세먼지(PM_{2.5})로 나뉨.

-PM₁₀이 사람의 머리카락 지름($50\sim 70\mu\text{m}$)보다 약 1/5~1/7 정도로 작은 크기라면, PM_{2.5}는 머리카락의 약 1/20~1/30에 불과할 정도로 매우 작음.

○ 미세먼지는 매우 작기 때문에 대기 중에 머물러 있다 호흡기를 거쳐 폐 등에 침투하거나 혈관을 따라 체내로 이동하여 건강에 악영향을 미칠 수 있음.

-세계보건기구(WHO)는 미세먼지(PM₁₀, PM_{2.5})에 대한 대기질 가이드 라인을 1987년부터 제시해 왔음.

-2013년에는 세계보건기구 산하의 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서 미세먼지를 사람에게 발암이 확인된 1군 발암물질(Group 1)로 지정하였음.

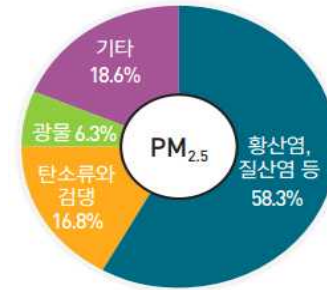
○ 미세먼지를 이루는 성분은 일반적으로 대기오염물질이 공기 중에서 반응하여 형성된 덩어리(황산염, 질산염 등)와 석탄·석유 등 화석연료를 태우는 과정에서 발생하는 탄소류와 검댕, 지표면 흙먼지 등에서 생기는 광물 등으로 구성됨.

-미세먼지(PM_{2.5})는 황산염·질산염 등이 58.3%, 탄소류와 검댕 16.8%, 광물 6.3%, 기타 18.6%로 구성되어 있음.

²¹⁾ 환경부 (2016) "바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까?"



(미세먼지 크기 비교)



(미세먼지의 구성 성분)

그림-20 미세먼지의 크기 및 구성 성분

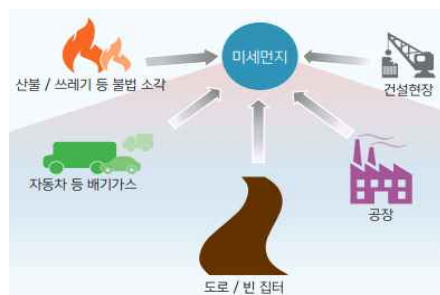
자료) 환경부 (2016) "바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까?"

(2) 2차 미세먼지 생성과 암모니아²²⁾

○ 미세먼지의 배출은 크게 배출원에서 직접적으로 배출되는 직접배출과 대기중에 광화학반응 통해 2차로 생성되는 간접배출로 나누어짐.

-직접배출은 보일러나 발전시설 등에서 발생하는 매연, 자동차 배기가스, 건설 현장의 비산먼지 등을 의미함.

-간접배출(2차 미세먼지 생성)의 경우 대기 중에 배출된 오염물질 중 질소산화물(NO_x), 황산화물(SO_x), 휘발성유기화합물(VOCs), 암모니아(NH₃) 등의 전구물질이 오존이나 수분과 같은 반응 인자와 광화학 반응을 일으켜 미세먼지의 주요 구성물질인 유기물질, 황산암모늄((NH₄)₂SO₄), 질산암모늄(NH₄NO₃) 등을 2차적으로 생성함.



(미세먼지 1차 발생원)



(미세먼지 2차 발생원)

그림-21 미세먼지의 1차 및 2차 발생원

자료) 환경부 (2016) "바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까?"

22) 환경부 (2016) "바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까?"

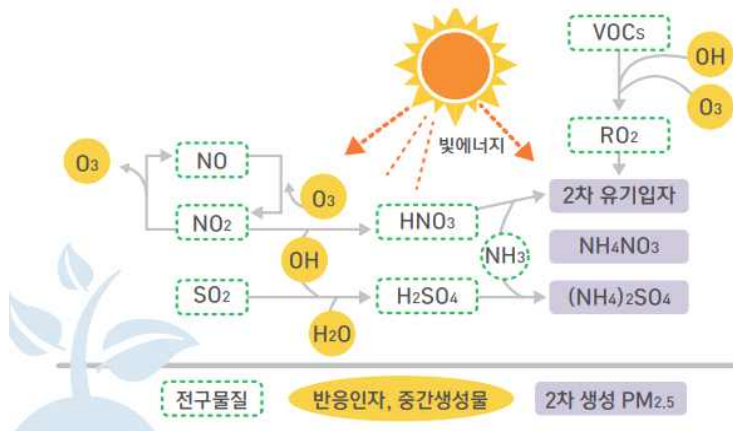


그림-22 미세먼지(PM_{2.5})의 2차 생성과정

자료) 환경부 (2016) "바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까?"

- 간접배출(2차 미세먼지 생성)이 중요한 이유는 화학반응에 의한 2차 생성 비중이 전체 미세먼지(PM_{2.5}) 발생량의 72%를 차지할 만큼 매우 높기 때문임.

-미세먼지 관리 종합대책(관계부처 합동, 2017)에서는 황산화물(SO_x), 질소산화물(NO_x), 휘발성유기화합물(VOCs) 등이 미세먼지로 전환되는 간접배출이 전체 배출량의 72% 정도를 차지한다고 발표하였음.

(3) 농축산 분야에서의 미세먼지 및 암모니아 배출

- 국가 대기오염물질 배출량은 대기정책지원시스템(Clean Air Policy Support System, CAPSS)을 통해 7개의 대기오염물질(CO, NO_x, SO_x, TSP, PM₁₀, VOC, NH₃)을 대상으로 1999년부터 배출량을 집계하고 있으며, PM_{2.5}는 2011년부터 대기오염물질로 지정되어 추가 산정되고 있음.²³⁾

-CAPSS는 배출원 목록(Emission Inventory)에 근거한 대기질 관리 종합시스템으로 체계적인 기초자료 수집·관리를 통해 대기오염총량관리제, 대기보전시책의 효율성 평가 등 정책 수행에 필요한 정보 및 시스템을 제공하고, 양질의 데이터 관리로 대국민 정보서비스를 제공하고 있음.

²³⁾ 상명대학교 천안산학협력단 (2018) "기후변화에 따른 농업부문의 미세먼지 영향 및 관련 기술 동향 분석"

-가축의 분뇨처리에 의한 암모니아 배출량 평가는 가축 사육두수에 암모니아 배출계수를 곱하는 방법으로 이루어짐.

$$E = A \times EF$$

E =배출량(kg/yr), A =가축 사육두수(마리/yr), EF =배출계수(Kg/마리)

-암모니아 배출계수는 EU CORINAIR와 US EPA(1994), 국립환경과학원(2008)의 자료를 반영함.

표-40 분뇨관리 부문 NH₃ 배출계수

가축종류		배출계수 (kg-NH ₃ /마리)		
		국립환경과학원	CORINAIR	US EPA
젖소	-		24.60	
일반소	1년 미만	11.80		
	1-2년	14.00		
	2년 이상	16.80		
돼지	자돈	4.40		
	육성돈	8.70		
	비육돈	11.40		
	모돈	21.40		
닭	산란계		0.37	
	육성계		0.28	
기타 가금류	오리		0.92	
	거위		0.92	
	칠면조		0.92	
양 및 염소	양		0.46	
	염소		0.46	
기제류	말		5.10	
	노새		5.10	
	나귀		5.10	
모피동물	밍크		1.69	
	여우		1.69	
	토끼		1.69	
기타	개			2.50
	사슴			
	고양이			

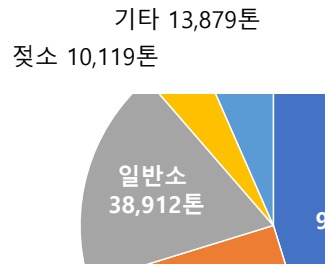
자료) 상명대학교 천안산학협력단 (2018) "기후변화에 따른 농업부문의 미세먼지 영향 및 관련 기술 동향 분석", 국립환경과학원 (2008) "대기중 암모니아 배출량 산정 및 인벤토리 구축(II)"

- '16년 기준으로 농축산분야 초미세먼지 발생량은 20.3천톤으로 전체 발생량의 5.8%를 차지하고 있으며, 2차 생성 미세먼지 전구물질 배출량은 356천톤으로 전체 발생량의 12.1%를 차지함.²⁴⁾
 - 1차 초미세먼지는 생물성연소, 농작업간 비산먼지, 노후 농기계 등이 주요 배출원임.
 - 2차 생성 미세먼지 전구물질은 축산분뇨와 화학비료로 인한 암모니아(NH_3)와 생물성연소로부터 발생하는 휘발성유기화합물(VOCs)임.
 - 특히 2차 생성 미세먼지 전구물질인 암모니아의 경우 전체 배출량의 82.3%인 237천톤이 농업·농촌 분야에서 배출됨. 그중 축산분뇨가 91.6% 화학비료가 8.0%를 차지함.

- 김 등²⁵⁾의 연구 보고에 따르면 '15년 우리나라에서 배출된 암모니아 총량은 297천톤으로, 이 중 231천톤(77.8%)이 농업부문 배출되었고, 농업부문 내에서는 '분뇨관리'에서 211천톤의 암모니아가 발생하는 것으로 산정되어, 결국 전체 배출량의 71%가 축산과 관련한 부문에서 배출되는 것으로 확인됨.
 - ‘분뇨관리’에서 돼지가 9만 5천 톤(45%) 수준으로 가장 많은 암모니아를 배출하였으며, 그 외 산란계·육계(닭, 25%), 일반소(18%), 그리고 젓소(5%) 순으로 배출하였음.
 - ‘분뇨관리’에서 발생한 211톤의 암모니아(NH_3)를 질소(N)를 기준으로 환산하면 174천톤의 질소가 대기 중으로 배출되었음.
 - 일반소, 젓소, 돼지, 산란계, 그리고 육계 등 주요 5대 축종만을 대상으로 할 경우, 198천톤의 암모니아 또는 163천톤의 질소가 대기 중으로 배출되었다고 볼 수 있음.

²⁴⁾ 농림축산식품부 (2019.6.28.) 보도자료, "2022년까지 농축산 분야 초미세먼지와 암모니아 배출량 30% 감축한다"-농축산 분야별 미세먼지 저감 대책 발표-

²⁵⁾ 김민석 외 (2020) "국내외 가축분뇨 퇴액비 이용 분야 암모니아 배출량 인벤토리 비교 연구"



돼지 닭(산란계,육계) 일반소 젖소 기타

그림-23 분뇨관리 부문 축종별 암모니아 발생량

자료) 김민석 외 (2020) "국내외 가축분뇨 퇴액비 이용 분야 암모니아 배출량 인벤토리 비교 연구"에서 재정리

- 이 등(2013)²⁶⁾의 연구에 따르면 개방우사와 개방육계사로부터 연간 마리당 암모니아 발생량은 각각 이 7.605 kg, 0.191 kg 이며, 개방한 우사의 경우 계절별 암모니아 휘산량은 겨울철이 가장 낮고, 봄, 여름, 가을은 큰 차이를 나타내지 않았다고 보고하였음.
- 정 등(2020)²⁷⁾은 한우분뇨 퇴비화 과정에서 미세먼지, 암모니아 및 황화수소 발생량을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 제시함.
 - 퇴비화 과정에서 발생하는 미세먼지(PM_{2.5}) 농도는 단순퇴적식 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 기계교반식 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 수준이었으며 퇴비화 방법에 따라 큰 차이를 보이지 않음.
 - 퇴비화 운영 단계에서 암모니아 발생 농도는 1-6 ppm 수준이었으나, 퇴비단을 교반하는 지점에서의 암모니아 발생 농도(46-65ppm)가 높게 나타남으로 퇴비 교반 시 암모니아 관리대책이 필요할 것으로 예상됨.
 - 퇴비화 방법에 관계 없이 황화수소가 검출되지 않음. 따라서 한우분뇨 퇴비화 시설에서의 황산염 등으로 인한 2차 미세먼지 생성 가능성은 높지 않음.

²⁶⁾ 이용복 외 (2013) "개방한우사와 개방육계사에서의 암모니아 발생량 산정"

²⁷⁾ 정광화 외 (2020) "한우분뇨 퇴비화시설에서의 미세 입자상물질 발생 주요인자 분석"

(4) 축산에서 발생하는 미세먼지의 영향²⁸⁾

○ 인체에 미치는 영향

- 유럽, 북미에서는 1970년대 후반부터 축산시설 근로자를 대상으로 폐 기능과 미세먼지 농도 간의 관계 규명을 위한 대규모 역학조사를 실시한 결과, 양돈 및 양계 등 축산시설 근로자 대다수가 폐렴, 천식, 천식 유사 질환, 기침, 알레르기 반응 등과 같은 만성 혹은 급성 질환이 높은 것으로 나타남.
- 축산시설 근로자의 호흡기 관련 질환의 발현 확률이 상대적으로 높은 것은 축산에서 발생하는 분진의 경우 생물학적 물질이 포함된 유기성 분진의 특성을 띄고 있기 때문임.
- 축사 내 부유하고 있는 다양한 입경 범위의 미세먼지 입자에 박테리아 등과 같은 각종 생물학적 물질이 흡착되거나 암모니아 등과 같은 자극성 가스상 물질과 함께 노출될 경우 기관지염, 늑막염 등의 증세가 발현될 수 있음.
- 각종 호흡계 질환의 발현은 인간뿐만 아니라 가축의 급이 및 급수량의 감소를 유발할 수 있고 이는 생산성의 감소, 폐사율 증대 등의 문제와 직결될 수 있음.

○ 가축 방역 측면에 미치는 영향

- 구제역(FMD)이나 돼지생식기호흡기증후군(PRRS)와 같은 법정가축전염병 및 소모성 질환과 관련되어 있는 바이러스는 특정 입경 이상의 입자에 흡착하여 공기 중으로 전파가 가능하다는 연구 사례가 다수 보고된 바 있음.
- 축산시설에서 배출되는 미세먼지는 가축질병을 유발하는 생물학상 물질의 대기 중 확산의 매개체로 작용할 수 있음 (양돈농가에서는 거리별 미세먼지 포집 및 qPCR 동정 결과 약 9.2km 떨어진 지역에서 PRRS 바이러스를 확인한 사례가 있음).
- 축산 관련 각종 전염병의 발생은 급이, 급수량의 감소, 생산성 감소 및 더 나아가 폐사율 증대 등과 밀접한 관련이 있음. 구제역 등과 같은 전염성이

²⁸⁾ 상명대학교 천안산학협력단 (2018) "기후변화에 따른 농업부문의 미세먼지 영향 및 관련 기술 동향 분석" 및 권경석 (2020) "축산분야 미세먼지 연구동향(축산 미세먼지로 인한 영향과 발생특성)"에서 재정리

매우 높은 법정 가축 전염병이 발생할 경우, 농장 반경 수 km에 포함되어 있는 다른 농장의 가축 및 야생 동물이 살처분되며, 전염성 질병의 확산은 축산업을 포함한 농업기반의 지역경제에 부정적인 영향을 끼치게 됨.

○ 축산냄새 확산에 미치는 영향

- 축산분야의 고질적인 문제 중 하나로 지적되는 것이 바로 축산냄새임. 미세먼지 입자에 인돌류, 황화합물류 등의 악취를 유발할 수 있는 냄새물질이 흡착되어 공기 중으로 수송됨.
- 축사에서 배기구를 통해 배출되는 미세먼지는 대기 중으로 확산되어 근교에 위치하는 마을에 영향을 미칠 수 있음. 이는 인근 주민들의 심미적 불쾌감 및 나아가 법적 분쟁까지 유발할 수 있음.

○ 농업적 측면에 미치는 영향

- 대기 중 이산화황(SO_2)이나 이산화질소(NO_2)가 결합된 미세먼지는 산성비의 주요 원인이 됨. 토양과 물을 산성화시키고 토양 황폐화, 생태계 피해, 산림 수목과 기타 식생 손상에 영향을 미칠 수 있음.
- 대기 중에서 중금속과 반응하는 경우에도 농작물, 토양, 수생생물 등에 피해를 줄 수 있으며, 미세먼지는 식물의 잎의 기공을 막고 광합성을 저해해 작물의 생육을 지연시킴.
- 잔류성유기오염물질로 미세먼지에 다량 포함되어 있는 다환방향족탄화수소(PAH)는 대기 중에서 토양으로 흡수되어 작물에 피해를 줄 수 있으며, 인간이 PAH가 흡수된 작물을 식용하였을 경우 건강에 위험을 초래할 수 있음.

(5) 암모니아의 특징 및 직접적 영향²⁹⁾

- 암모니아는 질소와 수소로 이루어진 화합물로 표준 온도와 압력에서 독성을 가진 자극성이 강한 무색의 알칼리성 기체임.
- 대기 중 암모니아의 주요 배출원은 주로 농축산업 부문의 가축사육과 분

²⁹⁾ 한국환경정책·평가연구원 (2018) "미세먼지($\text{PM}_{2.5}$) 개선을 위한 암모니아 관리 필요성과 정책 제언"

뇨처리, 비료 시비 등과 산업부문의 생산공정 등에서 발생함.

-암모니아로 인한 직접적인 영향은 대기 중 농도와 노출 시간에 따라서 상이함. 농도에 따라 미약한 피부 자극부터 격렬한 피부 반응까지 일으킬 수 있으며, 장시간 노출 시 각종 기관지염이나 호흡기에 영향을 미치는 것으로 알려짐.

표-41 암모니아 농도별 인체에 미치는 영향

암모니아 농도	인체 영향
약 0.15ppm (저농도)	• 눈, 코, 입, 인후 자극 • 장시간 노출 시 만성 폐자극, 만성 기관지염 초래
약 500ppm (고농도)	• 1시간 이상 노출 시 위험 • 희석한 형태로 흡입 시 반사적으로 3차 신경의 감각말단을 자극하여 호흡 및 혈관운동 중추 자극 • 장시간 노출 시 질식, 폐부종 등 초래

주1) 한국환경정책·평가연구원 (2018) "미세먼지(PM_{2.5}) 개선을 위한 암모니아 관리 필요성과 정책 제언", 국립환경과학원 (2007) "대기 중 암모니아 배출량 산정 및 인벤토리 구축"

3) 온실가스(탄소배출) 및 탄소중립³⁰⁾

(1) 기후변화 대응 필요성

○ 국제사회는 기후변화 문제의 심각성을 인식하고 이를 해결하기 위해 선진국에 의무를 부여하는 "교토의정서" 채택(1997년)에 이어, 선진국과 개도국이 모두 참여하는 파리협정이 2015년 채택되었고, 국제사회의 적극적인 노력으로 2016년 11월 4일 협정이 발효됨.

-우리나라는 2016년 11월 3일 파리협정을 비준하였음.

○ 파리협정의 목표는 산업화 이전 대비 지구의 평균온도 상승을 2℃ 보다 훨씬 아래(well below)로 유지하고, 나아가 1.5℃로 억제하기 위해 노력해야 한다는 것임.

-기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) 2100년까지 지구 평균온도 상승 폭을 1.5℃ 이내로 제

³⁰⁾ 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020국가 온실가스 인벤토리 보고서"

한하기 위해서는 전 지구적으로 2030년까지 이산화탄소 배출량을 2010년 대비 최소 45% 이상 감축하여야 하고, 2050년경에는 탄소중립(Net-zero)을 달성하여야 한다는 경로를 제시하였음.

- 파리협정은 기후변화 대응 정책의 장기적 비전 관점에서 각 당사국에게 “장기 저탄소 발전전략 (LEDS, Long-term Low greenhouse gas Emission Development Strategy)”의 수립 권고와 함께 온실가스 감축목표를 포함한 “국가결정기여 (NDC, Nationally Determined Contribution)”을 자발적으로 정하고 이를 이행하도록 규정하고 있음.
- 모든 당사국은 파리협정의 목표를 고려하여 5년마다 NDC를 제출하여야 하며, 차기 NDC 제출 시 기존보다 진전된 목표를 제시하여야 함.

(2) 온실가스의 개념

- 온실가스는 교토의정서에서 규정한 6대 직접온실가스인 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF_6)를 의미함.
- 온실가스는 종류에 따라 대기 잔류기간 동안 방열(radiative activity) 수준이 서로 다르므로, 배출량의 수준 파악 및 상호 비교를 위해서 지구온난화지수(Global Warming Potential, GWP)를 사용하여 계산한 CO_2 환산량(carbon dioxide equivalent, 이하 ‘ $\text{CO}_2\text{eq.}$ ’)으로 국가 총 배출량을 산정함.
- 지구온난화지수란 이산화탄소가 지구온난화에 미치는 영향을 기준으로 각 각의 온실가스가 지구온난화에 기여하는 정도를 수치로 표현한 것으로서 단위 질량당 온난화 효과를 지수화한 것임.
- 이산화탄소(CO_2)의 지구온난화지수(GWP)인 1을 기준으로 메탄(CH_4)은 21배, 아산화질소(N_2O)는 310배, 수소불화탄소(HFCs)는 140~11,700배, 과불화탄소(PFCs)는 6,500~9,200배, 육불화황(SF_6) 23,900배의 영향을 미친다고 볼 수 있음.

표-42 6대 온실가스의 종류 및 발생원

온실가스	지구온난화지수	주요 발생원
이산화탄소 (CO ₂)	1	• 산림벌채, 에너지사용, 화석연료의 연소 등
메탄 (CH ₄)	21	• 가축분뇨, 음식물쓰레기 분해과정 등
아산화질소 (N ₂ O)	310	• 석탄, 폐기물 소각, 화학 비료의 사용 등
수소불화탄소 (HFCs)	140~11,700	• 에어컨 냉매, 스프레이 제품 분사제 등
과불화탄소 (PFCs)	6,500~9,200	• 전자제품, 도금산업, 반도체의 세정제 등
육불화황 (SF ₆)	23,900	• 전기제품, 변압기 등의 절연가스

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020국가 온실가스 인벤토리 보고서"에서 재정리

표-43 국내 6대 온실가스 발생량('18년)

(단위: 백만톤 CO₂eq.)

온실가스		2015	2016	2017	2018
이산화탄소 (CO ₂)	배출량	634.4	637.4	650.2	664.7
	비중(%)	91.6	91.9	91.6	91.4
메탄 (CH ₄)	배출량	26.9	27.0	27.4	27.7
	비중(%)	3.9	3.9	3.9	3.8
아산화질소 (N ₂ O)	배출량	13.5	13.5	13.9	14.4
	비중(%)	2.0	1.9	2.0	2.0
수소불화탄소 (HFCs)	배출량	7.9	7.4	9.6	9.3
	비중(%)	1.1	1.1	1.4	1.3
과불화탄소 (PFCs)	배출량	1.5	1.5	2.1	3.2
	비중(%)	0.2	0.2	0.3	0.4
육불화황 (SF ₆)	배출량	8.3	6.8	6.5	8.4
	비중(%)	1.2	1.0	0.9	1.2
총배출량 (LULUCF 제외)		692.5	693.5	709.7	727.6

주1) LULUCF: '토지이용, 토지이용변화 및 임업(Land Use-Land Use Change and Forestry)'을 말하는 것으로, '인간의 토지 이용에 따라 변화되는 온실가스의 증감'을 의미

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"에서 재정리

(3) 국내 온실가스(전 분야) 배출량

- 우리나라의 국가 온실가스 인벤토리는 기후변화에 관한 정부 간 협의체 지침 (IPCC GL, Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines)의 분류에 따라 배출량을 산정하고 있음.

-분류체계는 크게 (1)에너지, (2)산업공정, (3)농업, (4)폐기물, (5)토지이용, 토지이용 변화 및 임업(LULUCF, Land Use-Land Use Change and Forestry) 분야로 나뉨.

○ 우리나라의 2018년 온실가스 총배출량(LULUCF 제외)은 727.6 백만톤 CO₂eq.임. 1990년도 총배출량 292.2 백만톤 CO₂eq.에 비해 149.0% 증가하였고, 2017년도 총배출량인 709.7 백만톤 CO₂eq.보다 2.5% 증가하였음.

-에너지 분야의 배출량은 632.4 백만톤 CO₂eq.(비중 86.9%) 임

-산업공정 분야의 배출량은 57.0 백만톤 CO₂eq.(비중 7.8%) 임.

-농업 분야의 배출량은 21.2 백만톤 CO₂eq.(비중 2.9%) 임.

-폐기물 분야의 배출량은 17.1 백만톤 CO₂eq.(비중 2.3%) 임.

표-44 국내 분야별 온실가스 발생량('18년)

(단위: 백만톤 CO₂eq.)

분야		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	증감률(%)	
											'09년 대비	전년 대비
에너지	배출량	240.4	352.2	411.8	468.9	566.1	600.7	602.7	615.7	632.4	163.1	2.7
	비중(%)	82.3	81.2	81.9	83.6	86.3	86.7	86.9	86.7	86.9		
산업공정	배출량	20.4	43.1	50.9	54.6	53.0	54.3	53.2	55.9	57	178.7	1.9
	비중(%)	7.0	9.9	10.1	9.7	8.1	7.8	7.7	7.9	7.8		
농업	배출량	21.0	22.8	21.4	20.7	22.1	21.0	20.8	21.0	21.2	1.0	1.1
	비중(%)	7.2	5.3	4.2	3.7	3.4	3.0	3.0	3.0	2.9		
LULUCF	배출량	-37.8	-30.9	-58.4	-54.1	-53.8	-44.4	-45.6	-41.5	-41.3	9.3	-0.5
	비중(%)	-12.9	-7.1	-11.6	-9.7	-8.2	-6.4	-6.6	-5.8	-5.7		
폐기물	배출량	10.4	15.8	18.8	16.7	15.2	16.6	16.8	17.2	17.1	64.7	-0.7
	비중(%)	3.6	3.6	3.7	3.0	2.3	2.4	2.4	2.4	2.3		
총배출량 (LULUCF 제외)	배출량	292.2	433.9	502.9	560.9	656.3	692.5	693.5	709.7	727.6	149.0	2.5
	비중(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
총배출량 (LULUCF 포함)	배출량	254.4	403.0	444.5	506.8	602.5	648.2	648.0	668.3	686.3	169.8	2.7
	비중(%)	87.1	92.9	88.4	90.3	91.8	93.6	93.4	94.2	94.3		

주1) LULUCF: '토지이용, 토지이용변화 및 임업(Land Use-Land Use Change and Forestry)'을 말하는 것으로, '인간의 토지 이용에 따라 변화되는 온실가스의 증감'을 의미

주2) 2018년 온실가스 총배출량(LULUCF 제외): 727.6 백만톤 CO₂eq.으로 1990년도 총배출량 292.2 백만톤 CO₂eq.에 비해 149.0% 증가하였고, 2017년도 총배출량인 709.7 백만톤 CO₂eq. 보다 2.5% 증가하였음.

주3) 2018년 온실가스 순배출량(LULUCF 포함): 686.3 백만톤 CO₂eq.으로 1990년도 순배출량 254.4 백만톤 CO₂eq.보다 169.8% 증가하였고, 2017년 순배출량 668.3 백만톤 CO₂eq.보다 2.7% 증가하였음.

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"

(4) 국내 농업 분야(축산 및 경종 부문) 온실가스 배출량

- 농업 분야의 온실가스 배출량 산정 시 크게 축산 부문(4A 장내발효, 4B 가축분뇨처리)과 경종 부문(4C 벼재배, 4D 농경지토양, 4F 작물 잔사소각)으로 분류됨.

표-45 농업 분야(축산 및 경종) 온실가스 배출원

CRF 코드	배출원		온실가스
4A	축산	장내발효	CH ₄
4B		가축분뇨처리	CH ₄ , N ₂ O
4C	경종	벼재배	CH ₄
4D		농경지토양	N ₂ O
4F		작물잔사소각	CH ₄ , N ₂ O

주1) CRF: 공통보고양식(Common Reporting Format, CRF), 국가온실가스배출보고서(NIR)의 보고내용에 대한 상세 근거 자료를 제시하는 것으로 각 국가 간의 배출량 산정에 도입된 기본자료의 상호비교와 계산과정 등을 검토자들이 편리하게 접근할 수 있도록 작성한 표준보고양식

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"

- 2018년도 농업 분야 온실가스 총배출량은 약 21.2 백만톤 CO₂eq. (축산 부문 9.4 백만톤 CO₂eq. (44.4%), 경종 부문 11.9 백만톤 CO₂eq. (55.6%))으로 국가 총배출량의 약 2.9%를 차지함.

-농업 분야 온실가스 배출량은 1990년 대비 1.0%, 전년('17년) 대비 1.1% 증가하였음.

-1990년 대비 2018년 배출 추이를 살펴보면 축산 관련 부문은 육류소비 증가에 따른 사육두수의 증가로 장내발효 및 가축분뇨처리 부문의 온실가스 배출량이 증가하는 경향을 보임. 반면, 경종 관련 부문은 벼재배 면적 감소의 영향으로 배출량이 감소하는 추이를 나타냄.

- 농업 분야 내 '축산' 부문 온실가스 배출량

-2018년 축산 부문(장내발효+가축분뇨처리) 온실가스 발생량은 9.4 백만톤 CO₂eq. 임.

-장내발효 부문의 온실가스 배출량은 4.5 백만톤 CO₂eq. 임.

-가축분뇨처리 부문은 온실가스 배출량은 4.9 백만톤 CO₂eq. 임.

○ 농업 분야 내 '경종' 부문 온실가스 배출량

- 2018년 경종 부문(벼재배+농경지토양+작물잔사소각) 온실가스 발생량은 11.8 백만톤 CO₂eq. 임.
- 벼재배 부문의 온실가스 배출량은 6.3 백만톤 CO₂eq. 임.
- 농경지토양 부문의 온실가스 배출량은 5.5 백만톤 CO₂eq. 임.
- 작물잔사소각 부문의 온실가스 배출량은 0.01 백만톤 CO₂eq. 임.

표-46 농업 분야(축산 및 경종) 온실가스 발생량('18년)

(단위: 백만톤 CO₂eq.)

부문	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
4A 장내발효	3.0	4.1	3.4	3.3	4.3	4.3	4.3	4.4	4.5
4B 가축분뇨처리	2.8	4.1	3.9	4.0	4.8	4.6	4.5	4.7	4.9
축산소계	5.8	8.2	7.2	7.3	9.1	8.9	8.8	9.1	9.4
4C 벼재배	10.5	9.2	8.9	8.4	7.8	6.8	6.7	6.5	6.3
4D 농경지토양	4.6	5.4	5.2	5.0	5.2	5.2	5.2	5.3	5.5
4F 작물잔사소각	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
경종소계	15.2	14.7	14.1	13.4	13.0	12.1	12.0	11.9	11.8
합계	21.0	22.8	21.4	20.7	22.1	21.0	20.8	21.0	21.2

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"

○ 농업분야에서 배출되는 온실가스는 CH₄와 N₂O임.

- 2018년 농업분야의 CH₄ 배출량은 12.2 백만톤 CO₂eq.으로 농업분야 전체 배출량의 57.4%, N₂O 배출량은 9.0 백만톤 CO₂eq.으로 42.6%를 차지함.
- CH₄ 배출량은 1990년 이후 지속적으로 감소하고, N₂O 배출량은 2011년 까지 증감을 반복하다가 최근 증가하는 추세임.

표-47 농업 분야 CH₄, N₂O 발생량('18년)

(단위: 백만톤 CO₂eq.)

부문	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
CH ₄	14.3	14.4	13.5	12.9	13.4	12.5	12.4	12.3	12.2
N ₂ O	6.7	8.5	7.9	7.8	8.7	8.5	8.4	8.6	9.0
합계	21.0	22.8	21.4	20.7	22.1	21.0	20.8	21.0	21.2

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"

표-48 축산 및 경종 부문에서 CH₄ 발생량('18년)

(단위: 백만톤 CO₂eq.)

부문	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
4A 장내발효	3.0	4.1	3.4	3.3	4.3	4.3	4.3	4.4	4.5
4B 가축분뇨처리	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
축산 CH₄ 소계	3.8	5.2	4.5	4.5	5.6	5.6	5.6	5.8	5.9
4C 벼재배	10.5	9.2	8.9	8.4	7.8	6.8	6.7	6.5	6.3
4F 작물잔사소각	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
경종 CH₄ 소계	10.52	9.21	8.92	8.42	7.81	6.81	6.71	6.51	6.31
CH₄ 합계	14.3	14.4	13.5	12.9	13.4	12.5	12.4	12.3	12.2

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"에서 재정리

표-49 축산 및 경종 부문에서 N₂O 발생량('18년)

(단위: 백만톤 CO₂eq.)

부문	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
4B 가축분뇨처리	2.0	3.0	2.7	2.8	3.5	3.3	3.2	3.3	3.5
축산 N₂O 소계	2.0	3.0	2.7	2.8	3.5	3.3	3.2	3.3	3.5
4D 농경지토양	4.6	5.4	5.2	5.0	5.2	5.2	5.2	5.3	5.5
4F 작물잔사소각	0.007	0.005	0.006	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
경종 N₂O 소계	4.607	5.405	5.206	5.005	5.204	5.204	5.204	5.304	5.504
N₂O 합계	6.7	8.5	7.9	7.8	8.7	8.5	8.4	8.6	9.0

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"에서 재정리

(5) 축산 부문 온실가스 배출량

가) 장내발효(4A) 부문 온실가스 산정방법

- 우리나라의 장내발효 부문 배출원은 젖소, 한·육우, 양(면양), 염소(산양), 말, 돼지, 닭, 오리, 사슴으로 구분되고, 가축이 섭취한 사료가 장(腸)내 소화과정에서 미생물에 의해 발효되면서 발생하는 CH₄ 배출량을 보고함.

-장내발효 부문에서 산정하는 CH₄ 배출은 가축의 소화과정에서 생기는 일반적인 부산물로, 반추(反芻) 가축은 반추위(反芻胃)에 존재하는 미생물들이 탄수화물 형태인 셀룰로스(cellulose)를 소화하는 과정에서 CH₄을 많이 발생시키며 비반추 가축도 소화 과정에서 CH₄을 일부 만들어냄.

-즉, 소화 기관의 유형에 따라 CH₄이 배출되는 비율이 다른데, 주요 반추가축인 소, 염소(산양), 양(면양)은 혹위(전위) 안에서 많은 양의 CH₄를 생성하는 발효작용이 일어나기 때문에 CH₄ 배출량이 많음.

표-50 장내발효 부문 축종별 CH₄ 배출계수

CRF	축종(배출원)	온실가스	배출계수 (kg CH ₄ /head/year)	배출계수 계산법
4A1	소	CH ₄	—	—
4A1a	젖소	CH ₄	118	IPCC, Tier 1
4A1b	한·육우	CH ₄	47	IPCC, Tier 1
4A3	양(면양)	CH ₄	5	IPCC, Tier 1
4A4	염소(산양)	CH ₄	5	IPCC, Tier 1
4A6	말	CH ₄	18	IPCC, Tier 1
4A8	돼지	CH ₄	1.5	IPCC, Tier 1
4A10	기타(사슴)	CH ₄	5	IPCC, Tier 1

주1) CRF: 공통보고양식(Common Reporting Format, CRF), 국가온실가스배출보고서(NIR)의 보고내용에 대한 상세 근거 자료를 제시하는 것으로 각 국가 간의 배출량 산정에 도입된 기본자료의 상호비교와 계산과정 등을 검토자들이 편리하게 접근할 수 있도록 작성한 표준보고양식

주2) 가금류(닭, 오리) 배출계수는 IPCC GL에서 제공하지 않음

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"에서 재정리

○ 장내발효 부문 온실가스 CH₄ 산정방법

$$E_i = EF_i \times \text{population}_i \times (\text{Gg}/10^6\text{kg})$$

E_i : 가축종 i 의 CH₄ 배출량(천톤 CH₄/year)

EF_i : 가축종 i 의 배출계수(kg CH₄/head/year)

Population_i : 가축종 i 의 사육두수(head)

나) 가축분뇨처리(4B) 부문 온실가스 산정방법

- 가축분뇨처리 부문의 배출원은 젖소, 한·육우, 양(면양), 염소(산양), 말, 돼지, 닭, 오리, 사슴의 분뇨처리 과정에서 발생하는 온실가스 배출량을 포함함. 가축분뇨처리 부문의 배출원 및 온실가스는 CH₄과 N₂O를 보고함.
- 가축분뇨의 N₂O 배출은 분뇨 내 질소 성분이 산소 공급 수준에 따라 질산화 및 탈질화를 거치면서 분해되어 발생함. 이러한 과정을 통해 배출되는 N₂O의 양은 가축분뇨 처리 방법과 기간의 영향을 받음.

○ 가축분뇨처리 부문 CH₄ 산정방법

- 장내발효 부문에서 계산한 식과 동일하게 Tier 1 방법론을 이용하여 가축사육두수와 배출계수의 곱으로 배출량을 산정함.

표-51 가축분뇨처리 부문 축종별 CH₄ 배출계수

CRF	축종(배출원)	온실가스	배출계수 (kg CH ₄ /head/year)	배출계수 계산법 (CH ₄)
4A1	소	CH ₄ , N ₂ O	—	—
4A1a	젖소	CH ₄ , N ₂ O	36	IPCC, Tier 1
4A1b	한·육우	CH ₄ , N ₂ O	1	IPCC, Tier 1
4A3	양(면양)	CH ₄ , N ₂ O	0.10	IPCC, Tier 1
4A4	염소(산양)	CH ₄ , N ₂ O	0.11	IPCC, Tier 1
4A6	말	CH ₄ , N ₂ O	1.09	IPCC, Tier 1
4A8	돼지	CH ₄ , N ₂ O	3	IPCC, Tier 1
4A9	가금류(닭, 오리)	CH ₄ , N ₂ O	0.078	IPCC, Tier 1
4A10	기타(사슴)	CH ₄ , N ₂ O	0.11	IPCC, Tier 1

주1) CRF: 공통보고양식(Common Reporting Format, CRF), 국가온실가스배출보고서(NIR)의 보고내용에 대한 상세 근거 자료를 제시하는 것으로 각 국가 간의 배출량 산정에 도입된 기본자료의 상호비교와 계산과정 등을 검토자들이 편리하게 접근할 수 있도록 작성한 표준보고양식

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"에서 재정리

○ 가축분뇨처리 부문 N₂O 산정방법

$$N_2O = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_T \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \right] \times EF_{3(s)} \right] \times 44/28$$

N₂O(mm): 가축분뇨처리시설의 N₂O 배출량(kg N₂O/year)

N_(T): 가축 종류와 분류에 따른 연간 사육두수(head)

Nex_(T): 축종별 분뇨로 배출하는 연평균 질소량(kg N/head/year)

MS_(T,S): 가축분뇨처리시설 S의 이용비율

EF_{3(s)}: 가축분뇨처리시설 S의 아산화질소 배출계수(kg N₂O-N/kg N)

S: 가축분뇨처리시설

T: 가축의 종류

44/28: N을 N₂O로 전환하는 계수

표-52 축종별 분뇨 내 연평균 질소량(Nex_(T))

축종(배출원)	분뇨 내 질소 배출량 (kg N/head/year)	배출계수 출처
젖소	100	IPCC 기본값(북미)
한·육우	70	IPCC 기본값(북미)
돼지	20	IPCC 기본값(서유럽)
닭·오리	0.6	IPCC 기본값(서유럽)
염소(산양)·사슴·말	40	IPCC 기본값(극동아시아)
양(면양)	12	IPCC 기본값(극동아시아)

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"

표-53 가축분뇨처리 부문 가축분뇨처리시설별 N₂O 배출계수

가축분뇨처리시설의 종류	배출계수 (Kg N ₂ O-N/kg N)
액비화시설(liquid system)	0.001
퇴비화시설(solid storage and drylot)	0.02
기타시설(other system)	0.005

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"

다) 축산 부문 온실가스(장내발효+가축분뇨처리) 발생량

- "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"에서 축산 부문 온실가스 배출량을 산정하기 위한 기본자료인 가축사육수는 다음 표와 같음.

표-54 가축사육두수 연도별 평균치(2010-2018)

(단위: 천마리)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
소	3,302	3,384	3,476	3,419	3,531	3,379	3,362	3,427	3,493
a 젖소	435	402	413	421	440	433	421	412	407
b 한·육우	2,867	2,982	3,063	2,998	3,091	2,946	2,942	3,015	3,086
양(면양)	7	3	3	3	2	3	1	3	3
염소(산양)	244	248	257	243	251	284	349	393	543
말	30	30	30	29	26	17	28	28	28
돼지	9,819	7,580	9,534	10,097	9,858	10,127	10,426	11,239	11,358
닭	151,931	152,895	149,750	148,883	158,987	170,543	168,642	161,208	175,962
오리	14,397	12,363	12,367	11,910	7,101	9,679	9,274	6,637	8,760
사슴	65	51	48	42	37	35	31	29	27

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"에서 재정리

- '18년 장내발효 부문 온실가스 배출량은 총 4,471 천톤 CO₂eq. (100%)임.
-축종별로 한·육우 3,046 천톤 CO₂eq. (68.1%), 젖소 1,008 천톤 CO₂eq. (22.5%), 돼지 358 천톤 CO₂eq. (8%) 순으로 한·육우가 장내발효 부문의 가장 많은 온실가스 발생량을 보이고 있음.
- '18년 가축분뇨처리부문 온실가스 배출량은 총 4,936 천톤 CO₂eq. (100%) 임.
-축종별로 한·육우 1,876 천톤 CO₂eq. (38%), 돼지 1,400 천톤 CO₂eq. (28.3%), 가금류 829 천톤 CO₂eq. (16.7%), 젖소 640 천톤 CO₂eq. (12.9%) 순으로 한·육우가 가축분뇨처리부문의 가장 많은 온실가스 발생량을 보이고 있음.

표-55 장내발효 부문 축종별 온실가스 배출량(2010-2018)

(단위: 천톤 CO₂eq.)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
4B1 소	3,907	3,939	4,046	4,002	4,140	3,980	3,946	3,998	4,054
4B1a 젖소	1,078	995	1,023	1,044	1,090	1,072	1,043	1,022	1,008
4B1b 한·육우	2,829	2,943	3,023	2,959	3,051	2,908	2,903	2,975	3,046
4B3 양(면양)	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2
4B4 염소(산양)	27	26	26	26	26	27	31	36	45
4B6 말	11	11	11	11	11	9	9	9	10
4B8 돼지	309	239	300	318	311	319	328	354	358
4B10 사슴	8	7	6	5	4	4	4	3	3
합계	4,262	4,222	4,390	4,363	4,493	4,339	4,318	4,400	4,471

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"에서 재정리

표-56 가축분뇨처리 부문 축종별 온실가스 배출량(2010-2018)

(단위: 천톤 CO₂eq.)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
4B1 소	2,533	2,552	2,615	2,638	2,700	2,510	2,404	2,431	2,511
4B1a 젖소	711	656	674	684	701	671	635	639	640
4B1b 한·육우	1,822	1,896	1,942	1,954	1,999	1,838	1,768	1,792	1,876
4B3 양(면양)	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
4B4 염소(산양)	99	97	98	98	98	102	115	134	168
4B6 말	12	12	12	12	12	10	10	10	11
4B8 돼지	1,314	1,014	1,176	1,201	1,146	1,166	1,188	1,375	1,400
4B9 가금류	816	821	752	772	734	790	773	700	829
4B10 사슴	29	25	22	19	17	15	14	12	11
합계	4,803	4,522	4,676	4,739	4,707	4,592	4,504	4,662	4,936

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"에서 재정리

- '18년 장내발효와 가축분뇨처리 부문을 모두 포함한 온실가스 배출량을 보면 총 9,407 천톤 CO₂eq. (100%) 임.
- 그 중 한·육우 4,922 천톤 CO₂eq.으로 전체 52.3%에 달하며, 돼지 1,758천톤 CO₂eq. (18.7%), 젖소 1,648 천톤 CO₂eq. (17.5%), 가금 829 천톤 CO₂eq. (8.8%) 순으로 배출됨.
- 타 축종에 비해 한·육우의 탄소 배출량이 가장 높다는 것은 한·육우 종사자에 대해 정책적, 기술적 대책 마련이 필요하다고 볼 수 있음.

표-57 축산분야(장내발효+가축분뇨처리) 축종별 온실가스 배출량(2010-2018)

(단위: 천톤 CO₂eq.)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
4B1 소	6,440	6,491	6,661	6,640	6,840	6,490	6,350	6,429	6,565
4B1a 젖소	1,789	1,651	1,697	1,728	1,791	1,743	1,678	1,661	1,648
4B1b 한·육우	4,651	4,839	4,965	4,913	5,050	4,746	4,671	4,767	4,922
4B3 양(면양)	1.0	1.0	1.0	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5
4B4 염소(산양)	126	123	124	124	124	129	146	170	213
4B6 말	23	23	23	23	23	19	19	19	21
4B8 돼지	1,623	1,253	1,476	1,519	1,457	1,485	1,516	1,729	1,758
4B9 가금류	816	821	752	772	734	790	773	700	829
4B10 사슴	37	32	28	24	21	19	18	15	14
합계	9,065	8,744	9,066	9,102	9,200	8,931	8,822	9,062	9,407

자료) 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서"에서 재정리

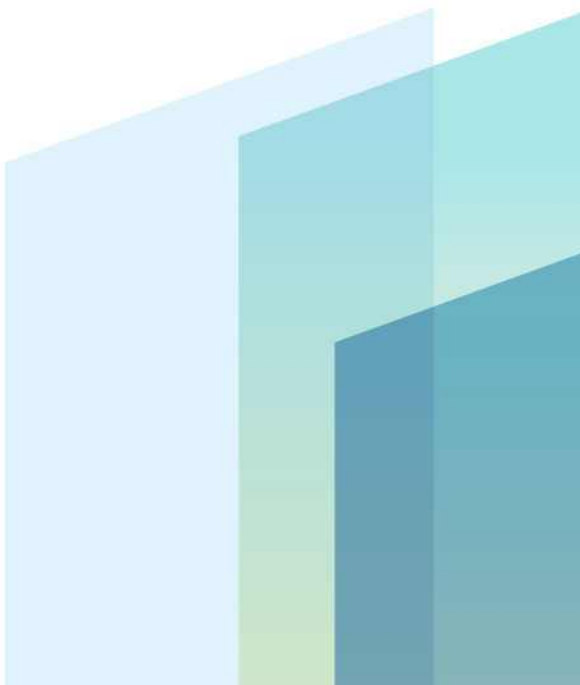


제4장 한우농가 축분처리 중점관리 요소 도출

4.1 한우농가 축분처리 현황 조사

- 1) 선행연구 조사 및 시사점 도출
- 2) 한우농가 축분처리 실태조사
- 3) 한우퇴비 중심 소규모 경축순환 사례 조사
- 4) 한우퇴비 품질조사

4.2 한우농가 축분처리를 중점관리 요소 도출

- 1) 문제점 도출
 - 2) 한우농가의 축분 환경관리 단계적 접근
- 

제4장 한우농가 축분처리 중점관리 요소 도출

4.1 한우농가 축분처리 현황 조사

1) 선행연구 조사 및 시사점 도출

(1) 선행연구(1) 한우퇴비 부숙도 검사 의무화 단기적 대응 방안 연구³¹⁾

가) 연구개요

○ 연구의 배경 및 목적은 다음과 같음

-충남대학교 산학협력단(2019)에서 한우자조금관리위원회 지원을 받아 수행함.

-국내 가축분뇨 총 발생량은 2018년말 기준 약 5,100 만톤으로, 한·육우 분뇨(30.2%)는 돼지 분뇨(40.6%) 다음으로 많은 비중을 차지하고 있음. 국내에서 발생하는 가축분뇨를 원활히 처리하기 위해서는 발생 비중이 높은 한우분뇨를 적절히 관리할 수 있는 대책을 마련할 필요가 있음.

-퇴비 부숙도 검사 의무화 시행에 대비하여, 한우 사육농가의 준비사항, 한우협회와 정부의 대응방안, 담당부처 협조 및 제도개선 사항 등을 제시하기 위한 목적으로 수행됨.

나) 연구 결과 및 시사점

○ 퇴비사를 퇴비화 목적으로 사용하지 않고 우사, 조사료 저장, 농기계 보관 등의 타 용도로 사용함.

-부숙도 기준에 적합한 퇴비를 만들기 위해서 퇴비사 개조·개선을 희망하여도 일부 지자체에서는 배출시설에만 적용돼야 할 가축사육 제한거리 관련 지방 조례로 퇴비사와 같은 처리시설의 증·개축을 제한하고 있어 퇴비사를 개조·개선하는 것이 불가능한 지역이 많음.

³¹⁾ 충남대학교 산학협력단 (2019) "한우퇴비 부숙도 검사 의무화 단기적 대응 방안 연구"

○ 우사 내 퇴비사에 퇴비를 저장하고 있는 농가들의 대부분은 퇴비 저장으로 인해 상대적으로 퇴비화 공간이 줄어들어 퇴비화를 정상적으로 유도하는데 어려움.

-부족한 퇴비화 공간으로 인해 부숙도 기준에 적합한 퇴비를 생산하는데 어려움이 있음.

-퇴비가 농경지에 살포되지 못하는 비수기(최대 6개월)에 우사 내 또는 농장 내 퇴비사에 퇴비를 저장하게 됨에 따라 퇴비화에 필요한 공간이 줄어듦.

-우사 내 또는 농장 내 퇴비사에 퇴비를 장기간 저장할 경우 강우로 인한 수분의 유입과 적절하지 못한 관리로 인해 악취가 발생할 가능성이 있어 농장 환경 개선 차원에서 완숙된 퇴비는 외부로 반출하는 것이 바람직함.

○ 조사 대상의 48%의 농가가 단순 퇴적식 퇴비화 방법을 사용하여 우상으로부터 수거한 분뇨를 퇴비사에 쌓아두고 아무런 조치를 취하지 않아 부숙도 기준에 만족할 수 없음.

-통풍식 퇴비화 방법과 고속발효기 설치 농가의 비율이 매우 낮고 단순퇴적 및 수동 뒤집기 퇴비화 방법의 비율이 높은 것으로 보아 양질의 퇴비를 생산하기 위해 사육 농가에 대해 퇴비화 기술 지도 및 교육이 개선될 필요가 있음.

-전체 조사 대상 중 퇴비단의 온도를 기록 관리하는 농가는 1%에 불과함. 퇴비 부숙도 검사 의무화에 대비해 부숙도 기준을 만족시킬 수 있는 퇴비 생산에 대해 교육이 필요함.

○ 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률에 의하면 퇴비관리대장은 매일 작성해야 하나 전체 조사 농가의 84%가 퇴비 관리대장을 기록관리하지 않음.

-퇴비 살포에 따른 민원 발생 시 환경 관련 부서 담당자는 한우 사육 농가를 대상으로 퇴비관리대장 기록관리 여부를 우선적으로 조사할

가능성이 높음. 퇴비관리대장 기록·관리를 하지 않았을 경우 한우 사육농가는 50만원에서 100만원의 과태료를 부과해야 함.

-퇴비관리대장을 기록해야 하는지 몰랐던 응답은 60%, 현장에 맞지 않는 양식이 15%, 기록하는 법을 몰랐던 농가는 14%임. 퇴비관리대장 양식이 한우 사육 농가에 적용하기 난해하고 어려우며 양식이 복잡해 개선된 관리대장 양식을 제시할 필요가 있음.

○ 농가형 퇴비 부숙도 검사 의무화에 대해 44%의 농가가 여전히 모르고 있으며 시료 채취 방법 및 부숙도 검사 기관에 대해서도 모르고 있는 농가들이 대다수임.

-지자체와 농축협을 통한 홍보를 적극적으로 할 필요가 있으며 홍보자료 및 교육 수료 뿐만 아니라 방송, 인터넷을 통한 홍보가 필요함.

-부숙도 검사 의무화 시행에 따른 혼선을 방지하기 위해서 부숙도 검사 기관 및 시료 채취 방법에 대해 적극적인 교육 및 홍보 노력이 필요함.

○ 조사 대상 농가 중 58%는 본인의 농경지에 우분 퇴비를 살포하는 한우 사육 농가임. 한우분 퇴비의 주요 수요자는 한우 사육 농가로 봐도 무방함.

-경종농가 입장에서는 한우분 퇴비 살포에 대한 의미가 적어 크게 신경 쓰지 않음. 한우 사육농가에서 무상으로 운반, 살포, 경운까지 해주고 있음에도 혜택이 별로 없다고 여김.

-한우분 퇴비의 품질이 우수할 뿐만 아니라 경종농가의 생산비 절감에도 기여하는 바가 크다는 것을 적극적으로 홍보해야 함.

(2) 선행연구(2) 지속가능한 낙농산업 발전을 위한 퇴비 부숙도 실태 조사³²⁾

가) 연구개요

○ 연구의 배경 및 목적은 다음과 같음

- 강원대학교 산학협력단(2019)에서 (사)한국낙농육우협회 낙농정책연구소의 지원받아 수행함.
- 자가 이용 퇴비 부숙도 검사 의무화 시행에 대비한 낙농가 분뇨관리 및 퇴비화 실태조사 필요함.
- 낙농가의 부숙에 관한 인식 정도와 부숙도 기준 적용 시 낙농가의 준수 가능 정도를 사전에 파악하고 이를 기반으로 한 대응 방안 마련이 필요함.
- 가축분뇨 퇴비화 관련 국외 동향 조사를 통한 반추 가축분뇨 대상 부숙도 기준 보완의 필요성 파악이 필요함.

나) 연구 결과 및 시사점

- 연구결과 다음과 같이 ①사육두수가 증가함에도 퇴비사의 용적이 증가하지 않음, ②분뇨 발생량이 퇴비사의 분뇨 수용을 초과함, ③퇴비사를 기타의 다른 용도로 사용함(분뇨 수용능력 저하 유발), ④퇴비사가 없는 경우 농경지 주변에 단순노적(양분유실의 원인 및 낙농경영에 추가적 환경규제 촉발 요인) 등의 문제점이 도출됨.
- 낙농가의 분뇨처리 방법은 전량 자가퇴비화(58.2%), 자가+위탁처리(27.0%)로 개별처리 비율이 높고, 전량 위탁처리(14.8%) 비율은 낮음 (위탁처리방법: 공동자원화(32.5%), 민간퇴비업체(61.4%), 공공처리장(6.1%)).
 - 표본조사 농가(n=390) 중 깔짚을 1회/주 교반하는 농가는 44.5% 수준에 그쳤으며, 23.2%의 농가는 교반을 전혀 하지 않는 것으로 나타나 적정 퇴비화를 위한 이상부터의 관리가 미흡한 것으로 조사됨.
 - 퇴비화를 진행하는 농가의 경우 60.0%는 더미교반을 수행하고 있었

³²⁾ 강원대학교 산학협력단 (2019) "지속가능한 낙농산업 발전을 위한 퇴비 부숙도 실태 조사"

으나 35.2%의 농가는 단순퇴적하는 것에 그치고 있음. 특히 단순퇴적의 이유로 단순퇴적으로도 부속이 되었기 때문이라는 응답이 37.3%으로 가장 높은 비율을 차지했다는 점에서 낙농가 현장의 퇴비화 이해도는 높지 않은 것으로 판단하고 있음.

○ 낙농육우협회에서는 퇴비의 부속도 검사 의무화와 관련하여 여러 가지 낙농가의 애로사항 중에서도 특히 퇴비화 후 살포 농경지의 보유 실태와 낙농분뇨의 위탁처리사업소(공동자원화시설, 공공처리시설)와의 연계 실태에 대해서 언급하고 있음.

-낙농가의 대부분이 자가 퇴비화에 의한 개별처리로 정부 지원이 없어 농가 단위 분뇨처리에 어려움을 겪고 있음(가축분 퇴비를 살포할 농경지를 확보하고 있지 않은 낙농가 비율이 14.2%에 달하며, 특히 낙농가의 약 40%가 분포하고 있는 경기도의 경우, 전량 자가 퇴비화 비율(64.1%)이 타 도 보다 높은 실정임).

-정부 분뇨시책 중 가축분뇨의 공동자원화(퇴·액비) 및 공공처리(정화처리)는 처리 방향은 돼지분뇨 중심으로 편중되어 있음. 정부의 수입유박, 음식물쓰레기 등을 포함한 유기질비료 지원정책에 따라 상대적으로 낙농이나 한우분뇨는 처리 경로(방법)가 매우 부족한 실정임.

2) 한우농가 축분처리 실태조사

(1) 조사개요

- 선행연구 및 문헌조사 등 한우, 젓소 농가의 현장에서의 문제점을 가지고 전반적인 분뇨처리에 대한 관리 요소를 도출함. 우상에서의 관리, 퇴비사에서의 관리, 퇴비 처리 방안(자가, 위탁), 농지환원 등 4가지 방면에서 축분 처리에 대해 중점적으로 실태조사를 계획함.
- 조사 지역은 컨소시엄 참여 지자체로 선정된 강원도 횡성군에서 진행함. 횡성군 내 한우 사육 현황은 9개의 읍, 면에 총 1,294호의 농가가 있으며 총 58,677두의 한우가 사육되고 있음. 실태조사는 전체 농가 중 10%인 수준인 130 농가를 대상으로 하였으나 개인 사정 및 방문 거절 등으로 실제 85개 한우농가를 대상으로 실시함.
- 설문 내용은 일반 현황, 축사 관리, 축분 관리, 퇴비사, 퇴비화 및 부숙도, 퇴비 이용, 냄새 관리, 농가 의견 및 기타 등 총 9가지로 설문 내용을 세분화해 조사를 실시함.

(2) 조사결과

가) 일반현황

○ 한우농가의 농장주 연령 분포

-조사 대상 한우농가의 농장주 연령은 85명(100%) 중 60대가 41명(48.2%)으로 제일 많았으며, 그 뒤로 50대 20명(23.5%), 70대 16명(18.8%), 40대 5명(5.9%), 30대 2명(2.4%), 80대 1명(1.2%)으로 조사됨.

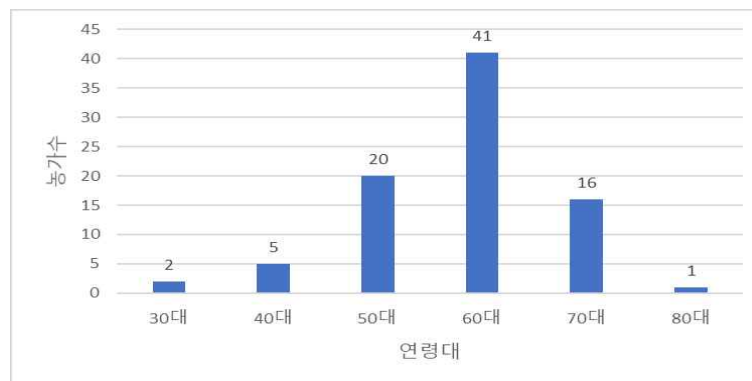


그림-24 한우농가의 농장주 연령 분포(n=85)

○ 한우사육 경력(기간)

-조사 대상 한우농가(농장주)의 한우사육 경력은 85명 중 30년 이상 40년 미만이 22명(25.9%)으로 제일 많았으며, 20년 이상 30년 미만이 18명(21.2%), 10년 이상 20년 미만이 17명(20.0%), 40년 이상 50년 미만이 16명(18.8%), 10년 미만이 10명(11.8%), 50년 이상 2명(2.4%)으로 조사됨.

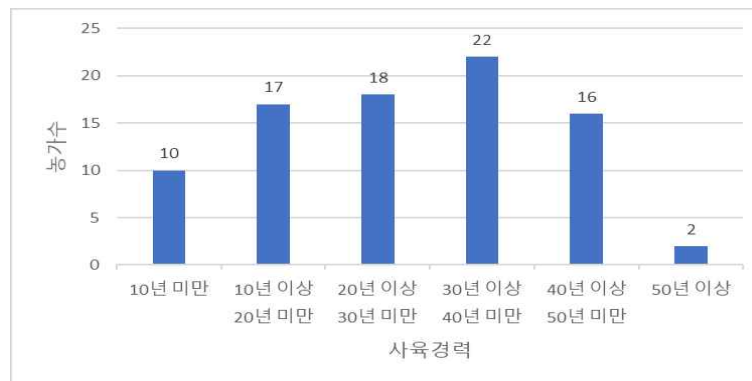


그림-25 한우사육 경력(기간)(n=85)

○ 농장 규모에 따른 축사 면적

-축사 면적별 농장의 분포를 보면 500m² 미만 농가가 29농가(34.1%)로 가장 많았으며, 1,500m² 이상은 22농가(25.9%), 500m² 이상 1,000m² 미만은 17농가(20.0%), 1,000m² 이상 1,500m² 미만은 14농가(16.5%), 무응답 3농가(3.5%)로 조사됨.

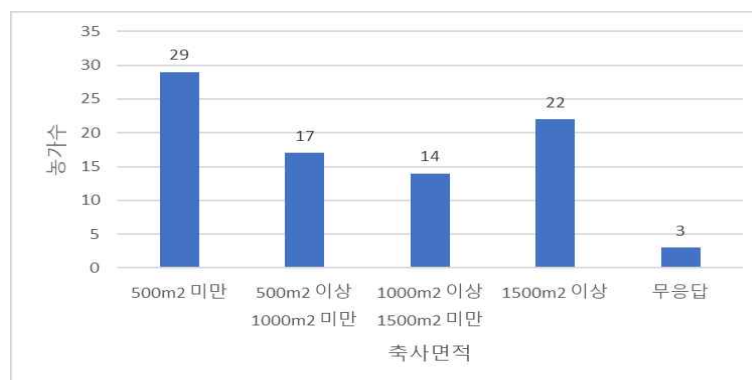


그림-26 농장 규모에 따른 농장(수)의 분포(n=85)

○ 사육두수별 농장(수)의 분포

-사육두수별 농장(수)의 분포는 50두 미만의 농가가 29농가(34.1%)로 가장 많았으며, 50두 이상 100두 미만인 23농가(27.1%), 100두 이상 150두 미만인 14농가(16.5%), 200두 이상이 13농가(15.3%), 150두 이상 200두 미만인 6 농가(7.1%)로 조사됨.

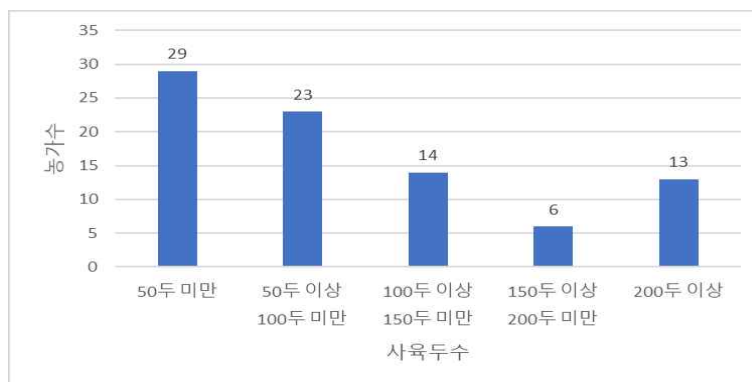


그림-27 사육두수별 농장(수)의 분포(n=85)

나) 우상관리

○ 우상 깔짚의 종류

-사육두수별 우상 깔짚 종류의 분포는 톱밥이 전체 80.00%로 가장 많았고, 톱밥+왕겨가 10.59%, 왕겨와 기타 깔짚 3.53%, 깔짚 미사용 1.18%, 무응답 1.18%로 조사됨.

표-58 사육두수별 우상 깔짚의 종류(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
톱밥	76	83	71	83	92	80
왕겨	7	4	0	0	0	4
톱밥+왕겨	14	9	21	0	0	11
기타	0	4	0	17	8	4
미사용	0	0	7	0	0	1
무응답	3	0	0	0	0	1

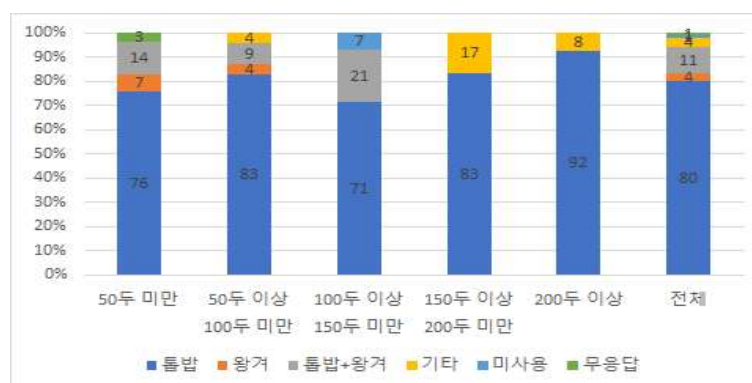


그림-28 사육두수별 깔짚 종류(n=85)

○ 우상 깔짚의 두께

-사육두수별 우상 깔짚 두께는 10cm 이상 15cm 미만이 41.18%로 가장 높았고, 5cm 이상 10cm 미만이 28.24%, 15cm 이상 20cm 미만이 15.29%, 20cm 이상이 9.41%이며 5cm 미만의 깔짚 두께를 가진 농가가 1.18%로 가장 적었음.

표-59 사육두수별 우상 깔짚의 두께(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
5cm 미만	0	0	0	0	8	1
5cm 이상 10cm 미만	14	43	43	0	31	28
10cm 이상 15cm 미만	55	39	29	50	23	41
15cm 이상 20cm 미만	21	9	14	17	15	15
20cm 이상	7	4	7	17	23	9
해당없음	0	0	7	0	0	1
무응답	3	4	0	17	0	4

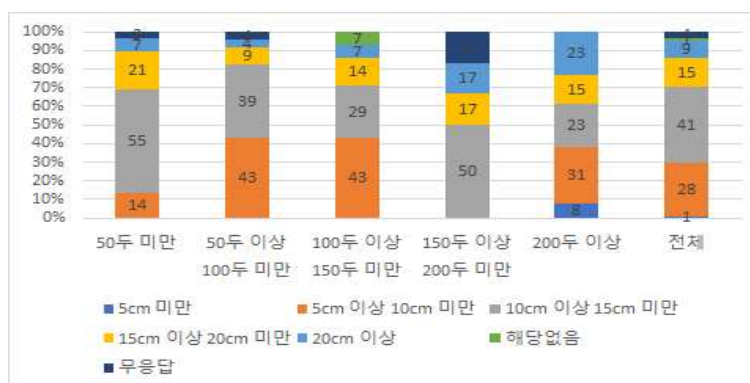


그림-29 사육두수별 우상 깔짚 두께(n=85)

○ 우상 깔짚의 교반

-사육두수별 우상 깔짚 교반 방법은 83.53%가 축사(우상)에서 교반을 하지 않는다고 응답하였으며, 14.12%는 교반을 실시한다고 응답하였음.

표-60 사육두수별 우상 깔짚 교반(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
교반실시	10	13	21	17	15	14
교반미실시	90	83	71	83	85	84
해당없음	0	0	7	0	0	1
무응답	0	4	0	0	0	1

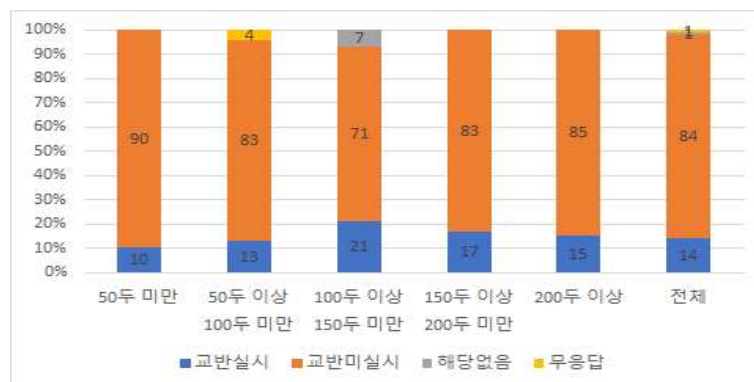


그림-30 사육두수별 우상 깔짚 교반(n=85)

○ 우상 깔짚의 미교반 사유

-축사에서 깔짚을 교반하지 않는다고 응답한 농가(n=71)에 대해 교반을 하지 않는 이유는 54.93%가 ‘장비 없음’이 가장 많았으며, 깔짚 교반에 대한 ‘필요성을 느끼지 못함’이라고 응답한 농가가 42.25%였음. ‘악취가 발생함에 따라 교반을 하지 않음’이라고 응답한 농가는 1.41%로 나타남.

표-61 사육두수별 우상 깔짚 미교반 사유(n=71)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
장비없음	62	47	50	40	64	55
필요없음	38	47	50	40	36	42
악취발생	0	0	0	20	0	1
무응답	0	5	0	0	0	1

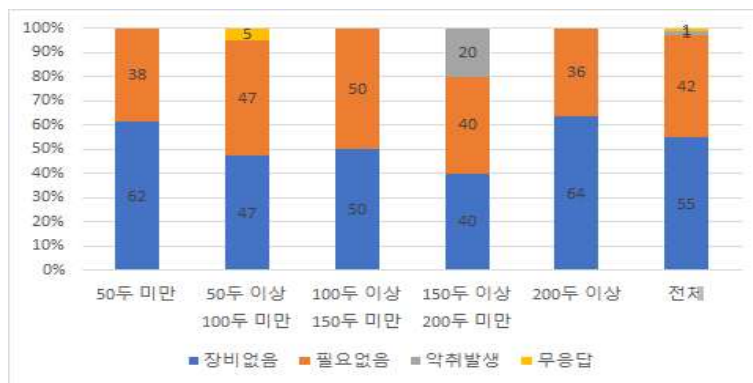


그림-31 사육두수별 우상 깔짚의 미교반 사유(n=71)

○ 우상 깔짚의 관리

-사육두수별 깔짚 관리에 대한 분포를 살펴보면 깔짚 전량 교체하는 농가는 75.29%로 가장 많았으며, 깔짚 수분의 농도를 살펴 부분 교체를 해주는 농가가 9.41%, 전체 교반 및 깔짚 보충을 해주는 농가가 3.53%인 것으로 조사됨.

표-62 사육두수별 우상 깔짚의 관리(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
전체 교체	76	70	79	83	77	75
전체 보충 교반	7	4	0	0	0	4
부분 교체	7	13	7	17	8	9
부분 보충 교반	0	0	0	0	8	1
해당없음	10	0	7	0	0	1
무응답	0	13	7	0	8	9

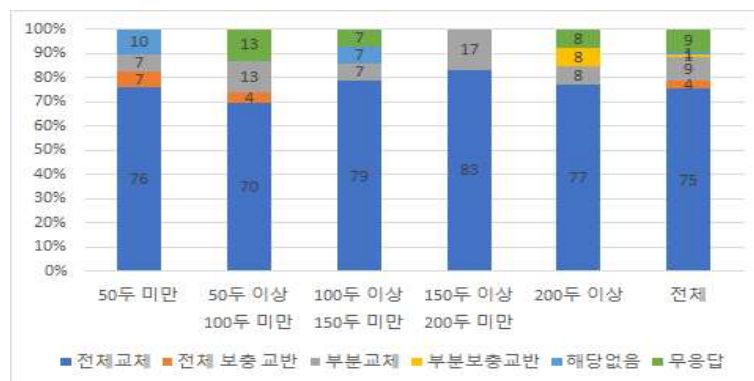


그림-32 사육두수별 우상 깔짚의 관리(n=85)

○ 우상 깔짚의 사용량

-사육두수별 연간 깔짚 사용량에 대한 분포를 살펴보면 20톤 미만의 깔짚을 사용하는 농가가 전체 36.90%로 가장 많았고, 20톤 이상 40톤 미만이 30.95%, 40톤 이상 60톤 미만이 11.90%, 100톤 이상이 8.33%, 60톤 이상 80톤 미만이 3.57%로 조사됨.

표-63 사육두수별 깔짚 사용량(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
20톤 미만	79	30	0	17	0	37
20톤 이상 40톤 미만	17	30	46	50	38	31
40톤 이상 60톤 미만	0	17	23	0	23	12
60톤 이상 80톤 미만	0	0	8	17	8	4
80톤 이상 100톤 미만	0	4	0	0	0	1
100톤 이상	0	9	0	17	31	8
무응답	3	9	23	0	0	7

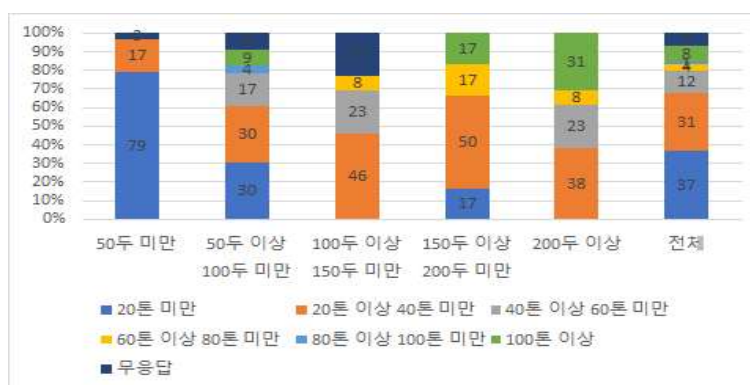


그림-33 사육두수별 우상 깔짚의 사용량(n=85)

다) 우상에서의 축분 수거

○ 우상 축분의 수거 주기

-사육두수별 연간 축분 발생량의 경우 축분이 300톤 미만 발생하는 농가가 61.18%로 가장 많았으며, 300톤 이상 600톤 미만이 21.18%, 600톤 이상 900톤 미만이 7.43%, 900톤 이상 발생하는 농가는 5.88%로 조사됨.

표-64 사육두수별 축분 발생량(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
300톤 미만	100	70	21	67	0	61
300톤 이상 600톤 미만	0	17	79	0	23	21
600톤 이상 900톤 미만	0	4	0	33	23	7
900톤 이상	0	0	0	0	38	6
무응답	0	9	0	0	15	5

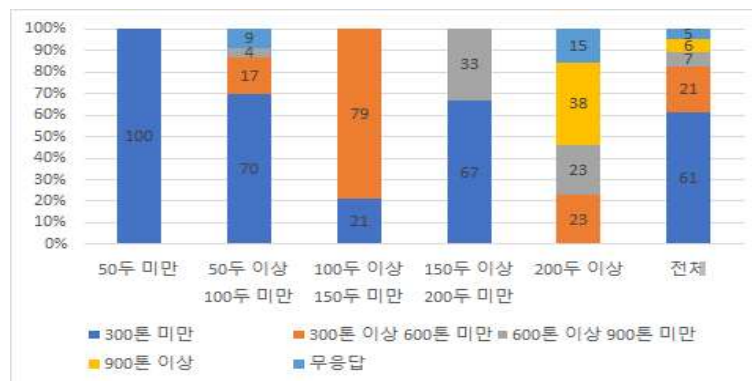


그림-34 사육두수별 축분 발생량(n=85)

○ 우상 축분의 수거 횟수

-사육두수별 연간 축분 수거 횟수는 축분을 연간 3회 미만 수거하는 농가가 전체 51.76%로 가장 많았으며, 연간 3회 이상 6회 미만이 34.12%, 12회 이상이 5.88%, 9회 이상 12회 미만이 4.71%, 6회 이상 9회 미만이 1.18%이고, 수시로 수거하는 농가는 2.35%로 조사됨.

표-65 사육두수별 우상 축분 수거 횟수(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
3회미만	55	52	43	83	38	52
3회이상 6회미만	31	43	36	0	38	34
6회이상 9회 미만	0	0	0	17	0	1
9회이상 12회 미만	7	4	0	0	8	5
12회 이상	3	0	14	0	15	6
수시	3	0	7	0	0	2

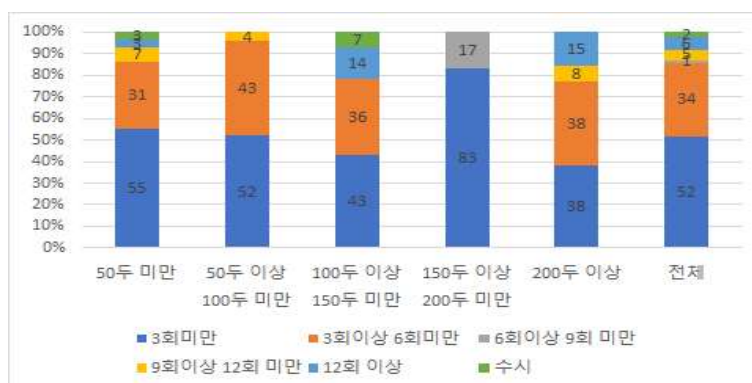


그림-35 사육두수별 우상 축분의 수거 횟수(n=85)

○ 우상 축분의 수거 장비 보유

-사육두수별 축분 수거 장비 현황에 대해 보면 전체 85농가 중 트랙터를 보유 중인 농가는 42.35%로 가장 많았고, 스키드 로더를 보유 중인 농가는 35.29%이며, 위탁업체 축분 수거 농가는 4.71%임.

표-66 사육두수별 우상 축분의 수거 장비 보유(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
스키드로더	24	35	29	50	62	35
트랙터	52	39	57	17	23	42
위탁업체수거	3	4	7	0	8	5
기타	10	4	7	33	8	9
무응답	10	17	0	0	0	8

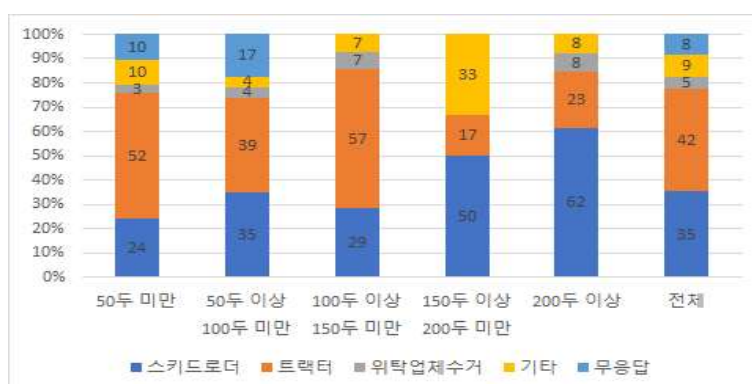


그림-36 사육두수별 우상 축분의 수거 장비 보유(n=85)

○ 축분의 저장 장소

-사육두수별 축분 저장 장소 분포는 전체 85농가 중 축분을 퇴비사에 저장하는 농가가 87.06%로 가장 많았고, 퇴비사 외 농장 내 야적하는 농가는 2.35%로 조사됨.

표-67 사육두수별 축분의 저장 장소(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
퇴비사	72	96	86	100	100	87
농장 내 야적	3	4	0	0	0	2
기타	21	0	7	0	0	8
해당없음	3	0	7	0	0	2



그림-37 사육두수별 축분의 저장 장소(n=85)

○ 축분의 저장 기간

-사육두수별 축분 저장 기간은 전체 85농가 중 4개월 이상 8개월 미만 저장하는 농가가 45.88%로 가장 많았고, 4개월 미만이 4.71%, 12개월 이상이 1.18%, 8개월 이상 12개월 미만 저장하는 농가는 4.71%로 조사됨.

표-68 사육두수별 축분의 저장기간(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
4개월미만	0	4	7	0	15	5
4개월이상 8개월미만	45	57	43	17	46	46
8개월이상 12개월미만	7	0	14	0	0	5
12개월이상	21	22	0	17	0	14
해당없음	0	0	7	0	0	1
무응답	28	17	29	67	38	29

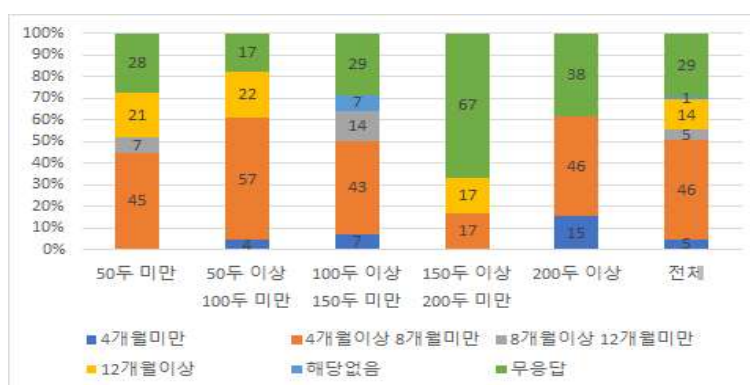


그림-38 사육두수별 축분의 저장기간(n=85)

다) 축분의 처리 (퇴비화)

○ 축분의 처리 방법

-사육두수별 축분 처리 방법의 경우 전체 85농가 중 자가 처리를 하는 농가는 67.06%로 가장 많았고, 위탁처리를 하는 농가는 15.29%, 자가 처리와 위탁처리를 함께하는 농가는 17.65%로 조사됨.

표-69 사육두수별 축분 처리 방법(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
자가처리	69	65	86	83	38	67
위탁처리	10	22	14	0	23	15
자가+위탁처리	21	13	0	17	38	18

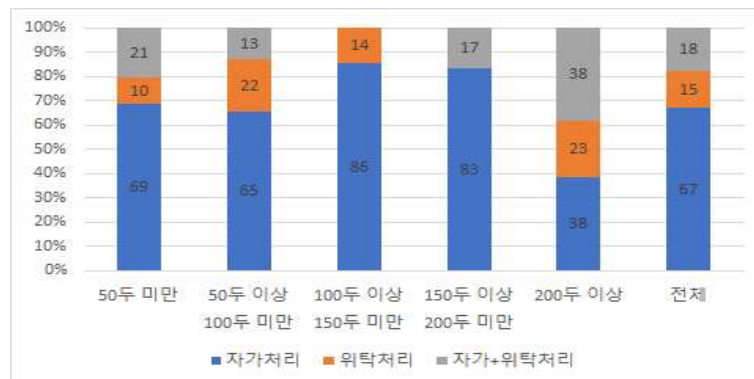


그림-39 사육두수별 축분 처리 방법(n=85)

○ 위탁처리 농가 중 위탁처리 유형 및 비용

-위탁처리를 하는 농가 30농가의 경우 위탁처리 유형은 민간퇴비업체에 위탁하는 농가가 13농가(43.3%)로 가장 많고, 기타 3농가(16.7%), 무응답 12 농가(40.0%)로 조사됨.

-위탁처리 농가 30농가의 위탁처리 비용은 무상 처리가 14농가(46.7%)로 가장 많았고, 지자체나 협회 지원받은 농가는 1농가(3.3%), 비용지불 농가는 5농가(16.7%), 무응답 8농가(33.3%)로 조사됨.

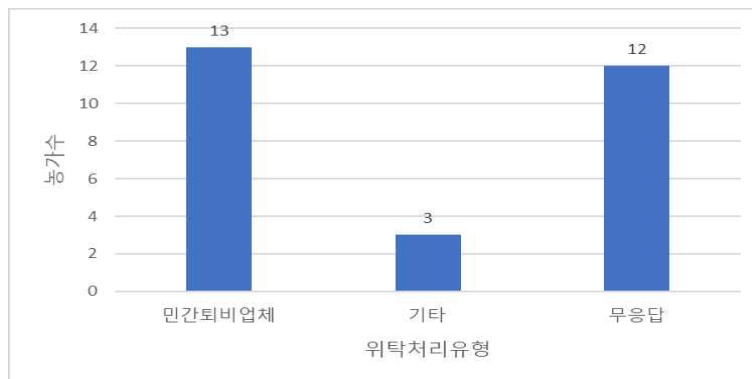


그림-40 위탁처리 농가의 위탁처리 유형(n=30)

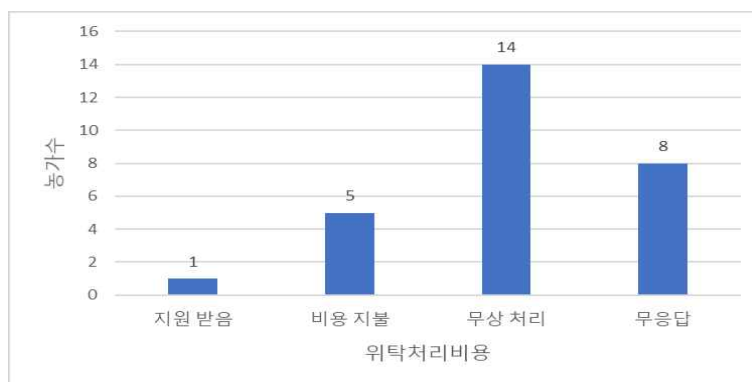


그림-41 위탁처리 농가 중 위탁처리 비용(n=30)

○ 퇴비사 보유 여부

-사육두수별 퇴비사 보유 현황의 경우 ‘퇴비사를 보유하고 있다’는 응답을 한 농가는 93.82%이며, ‘퇴비사가 없다’고 응답한 농가는 1.18%로 조사됨.

표-70 사육두수별 퇴비사 보유 여부(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
있음	86	96	100	100	100	94
없음	14	0	0	0	0	5
무응답	0	4	0	0	0	1



표-42 사육두수별 퇴비사 보유 여부(n=85)

○ 퇴비사의 개수

-퇴비사를 보유하고 있다고 응답한 81농가 중 퇴비사 1개 보유하는 농가가 56.79%로 가장 많았으며, 퇴비사 2개 보유하는 농가는 22.22%, 퇴비사 3개를 보유하는 농가는 8.64%, 퇴비사 4개를 보유하는 농가는 2.47%, 퇴비사 5개 이상 보유하는 농가는 1.23%로 조사됨.

표-71 사육두수별 퇴비사 보유 개수(n=81)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
퇴비사 1개	88	65	50	17	8	57
퇴비사 2개	4	22	36	67	23	22
퇴비사 3개	0	4	7	0	38	9
퇴비사 4개	0	0	0	0	15	2
퇴비사 5개이상	0	0	0	0	8	1
무응답	8	9	7	17	8	9

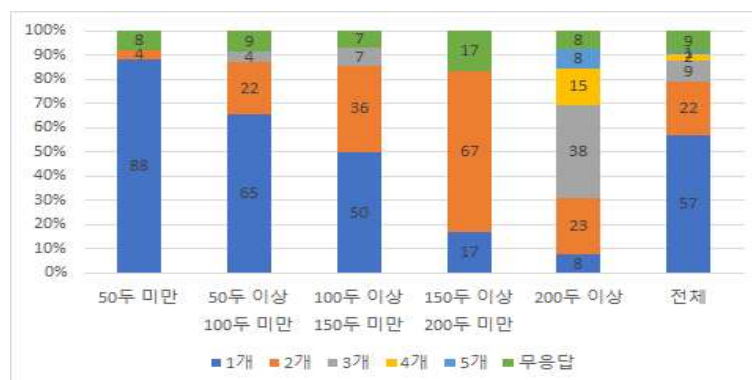


그림-43 사육두수별 퇴비사 보유 개수(n=81)

○ 퇴비사의 용적

-퇴비사를 보유하고 있다고 응답한 81농가 중 500m³ 미만의 퇴비사를 보유한 농가는 59.26%로 가장 많았으며, 500m³ 이상 1,000m³ 미만 이 12.35%, 1,000m³ 이상 1,500m³ 미만이 11.11%, 1,500m³ 이상의 용적을 가진 농가는 8.64%로 조사됨.

표-72 사육두수별 퇴비사 용적(n=81)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
500m³ 미만	84	74	43	67	0	59
500m³ 이상 1,000m³ 미만	8	9	36	17	0	12
1,000m³ 이상 1,500m³ 미만	0	4	7	0	54	11
1,500m³ 이상	0	0	14	0	38	9
무응답	8	13	0	17	8	9

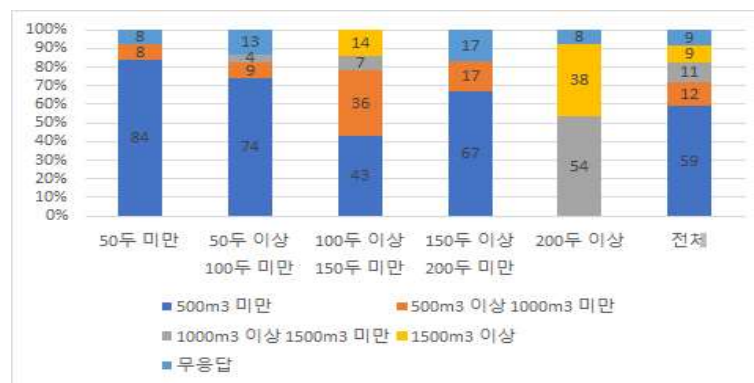


그림-44 사육두수별 퇴비사 용적(n=81)

○ 퇴비사 작업 공간

-퇴비사를 보유하고 있다고 응답한 81 농가 중 작업 공간이 있다고 응답한 농가는 67.90%로 가장 많았으며, 부족하다고 응답한 농가는 22.22%, 작업 공간이 없는 농가는 6.17%로 조사됨.

표-73 사육두수별 퇴비사 작업 공간(n=81)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
있음	48	74	71	83	85	68
부족	40	17	14	17	8	22
없음	4	9	7	0	8	6
무응답	8	0	7	0	0	4

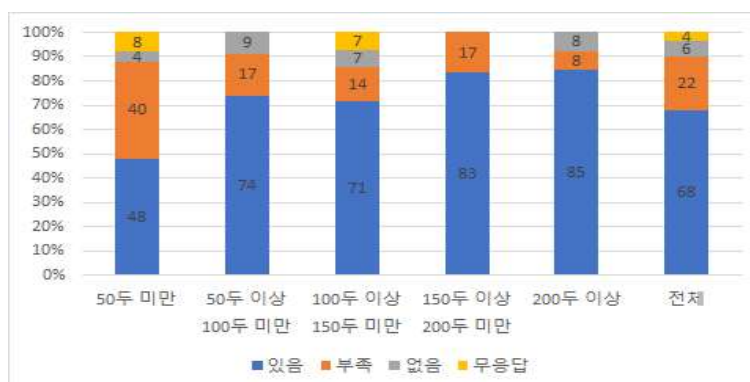


그림-45 사육두수별 퇴비사 작업 공간(n=81)

○ 부숙퇴비의 저장 공간

-퇴비사를 보유하고 있다고 응답한 85농가 중 부숙퇴비 저장 공간이 있다고 응답한 농가는 44.71%로 가장 많았으며, 부족하다고 응답한 농가는 30.59%, 저장 공간이 별도로 없는 농가는 14.12%로 조사됨.

표-74 사육두수별 부숙퇴비의 저장 공간(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
있음	17	48	57	100	62	45
부족	45	35	14	0	23	31
없음	21	13	14	0	8	14
무응답	17	4	14	0	8	11

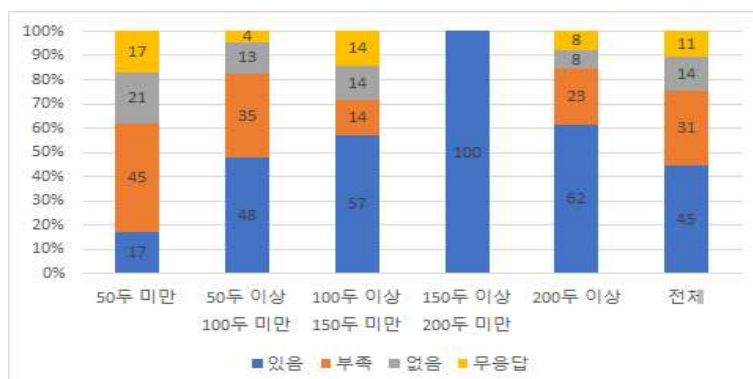


그림-46 사육두수별 부숙퇴비의 저장 공간(n=85)

○ 퇴비사의 타 용도 활용 여부

-퇴비사를 보유하고 있다고 응답한 81농가 중 ‘다른 용도로 퇴비사를 활용하고 있지 않다’라고 응답한 농가가 90.12%로 가장 많았으며, ‘다른 용도로 활용하고 있다’라고 응답한 농가는 2.47%임. 타 용도 활용 목적으로는 조사료 보관 등의 기타 목적이 있음.

표-75 사육두수별 퇴비사의 타 용도 활용 여부(n=81)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
있음	0	4	0	0	8	2
없음	82	87	93	100	85	90
무응답	8	9	7	0	8	7



그림-47 사육두수별 퇴비사의 타용도 활용 여부(n=81)

○ 자가 퇴비화 방법

-조사 대상 전체 85농가 중 단순퇴적만으로 퇴비화를 진행하는 농가는 50.59%로 가장 많았으며, 단순퇴적과 수동교반을 병행하여 퇴비화를 진행하는 농가는 40.00%, 송풍교반으로 퇴비화를 진행하는 농가는 2.35%로 조사됨.

표-76 사육두수별 자가 퇴비화 방법(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
단순퇴적	66	57	36	83	8	51
단순퇴적 +수동교반	24	30	57	17	85	40
송풍교반	0	4	0	0	8	2
안함	3	0	0	0	0	1
무응답	7	9	7	0	0	6

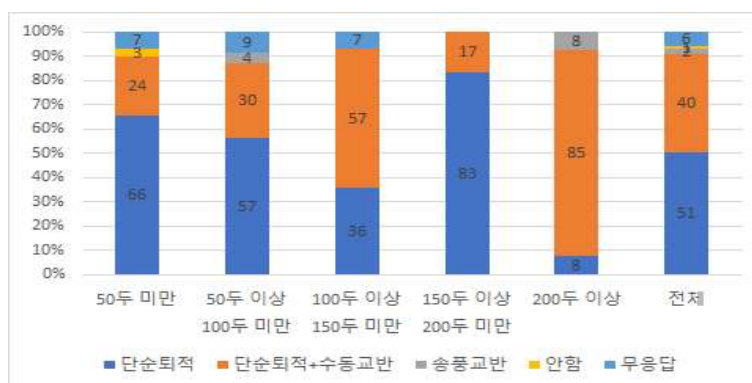


그림-48 사육두수별 자가 퇴비화 방법(n=85)

○ 자가 퇴비화 시 단순 퇴적의 이유

-자가 퇴비화 시 단순퇴적 방식으로 응답한 43농가 중 퇴비화 장비가 없어 단순퇴적을 하는 농가는 55.81%로 가장 많았으며, 단순퇴적 이외의 다른 퇴비화 방식이 필요 없다 느끼는 농가가 23.26%, 시간과 인력이 부족해 단순퇴적 방안밖에 할 수 없었던 농가가 13.95%, 냄새 및 민원 발생 우려로 인해 단순퇴적 이외의 퇴비화 방식을 하지 않은 농가가 4.65%로 조사됨.

표-77 사육두수별 자가 퇴비화 시 단순퇴적 이유(n=43)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
필요없음	11	38	20	40	0	23
장비없음	74	23	60	60	100	56
냄새 및 민원발생 우려	0	15	0	0	0	5
시간 및 인력부족	16	15	20	0	0	14
기타	0	8	0	0	0	2

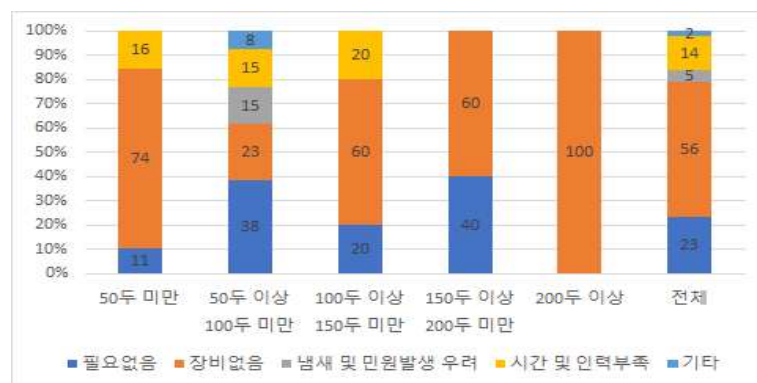


그림-49 사육두수별 자가 퇴비화 시 단순 퇴적 이유(n=43)

○ 퇴비화 기간

-퇴비화 기간은 전체 85농가 중 퇴비화 기간에 대해 크게 관심이 없어 무응답에 설문한 농가가 43.53%로 가장 많았으며, 4개월 이상 8개월 미만의 퇴비화 기간을 가지는 농가는 35.29%, 12개월 이상이 10.59%, 4개월 미만 및 8개월 이상 12개월 미만의 퇴비화 기간을 가지는 농가가 각각 3.53%로 조사됨.

표-78 사육두수별 퇴비화 기간(n=85)

(단위: %)

구분	50두 미만	50두 이상 100두 미만	100두 이상 150두 미만	150두 이상 200두 미만	200두 이상	전체
4개월미만	0	4	7	0	8	4
4개월이상 8개월미만	31	43	36	33	31	35
8개월이상 12개월미만	7	0	7	0	0	4
12개월이상	21	9	0	0	8	11
해당없음	10	0	0	0	0	4
무응답	31	43	50	67	54	44

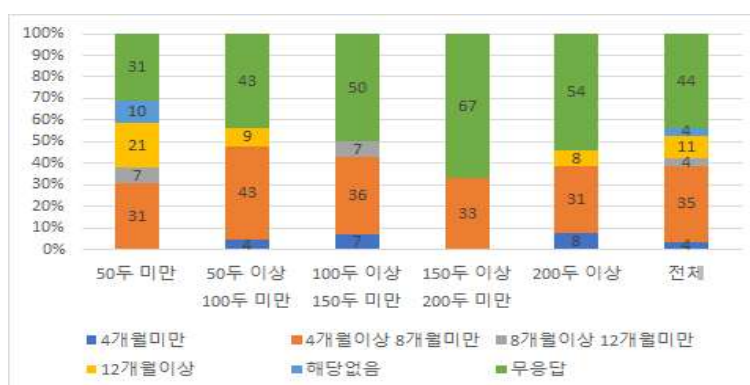


표-50 사육두수별 퇴비화 기간(n=85)

라) 부숙도 관리

○ 퇴비 부숙도 의무 검사 횟수 인지 여부

-설문에 참여한 85농가 중 퇴비 부숙도 자가검사 횟수에 대한 제도를 인지하고 있느냐에 대한 질문에 인지하고 있다는 응답이 83농가이고 인지하지 못하는 농가는 2농가로 조사됨.

-부숙도 검사는 농가 대부분이 농업기술센터(83농가)에서 검사의뢰를 하고 있는 것으로 조사됨.

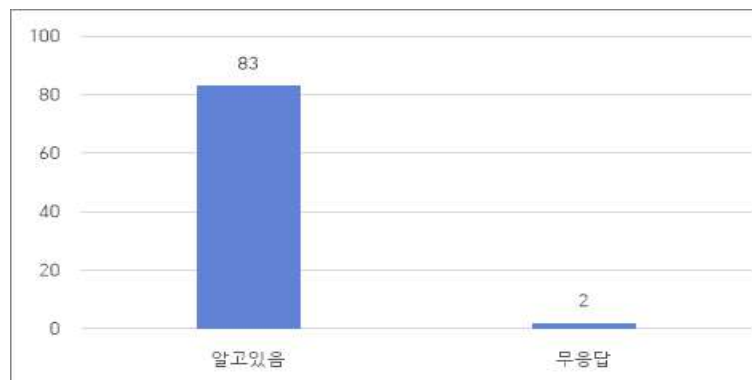


그림-51 퇴비 부숙도 의무 검사 횟수 인지 여부(n=85)

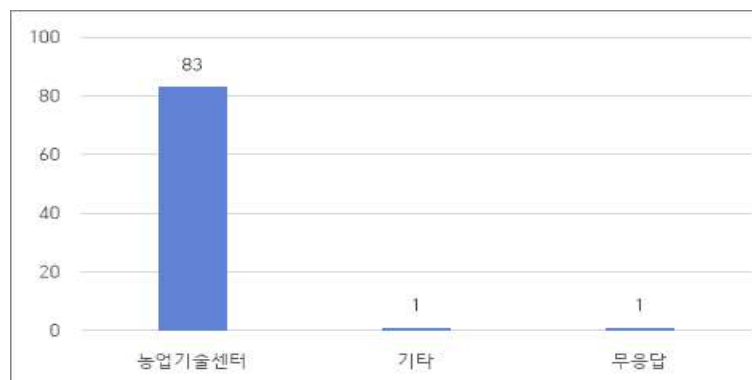


그림-52 퇴비 부숙도 검사 의뢰 기관(n=85)

○ 퇴비 부숙도 교육 및 컨설팅 참여 여부

-농가의 부숙도 교육 여부는 전체 85농가 중 교육을 받은 농가는 82농가이며, 교육을 받지 않은 농가는 2농가로 조사됨.

-농가의 퇴비 부숙도 컨설팅은 85농가 중 20농가가 컨설팅을 받았다고 응답했으며, 62농가는 컨설팅을 받은 경험이 없다고 응답함.

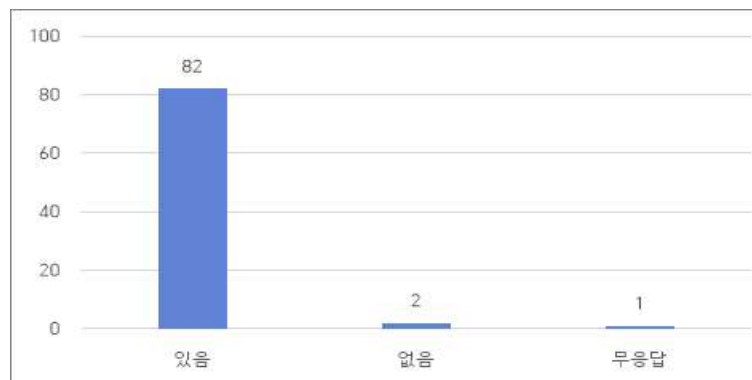


그림-53 퇴비 부숙도 교육 참여 여부(n=85)

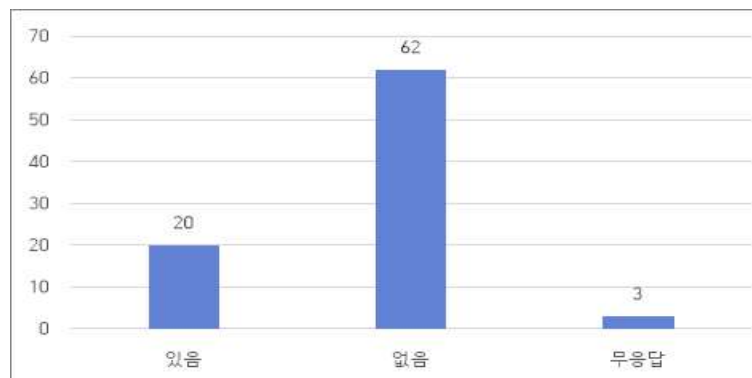


그림-54 퇴비 부숙도 컨설팅 참여 여부(n=85)

○ 최근 1년간 퇴비 부숙도 검사 횟수 및 결과

- 최근 1년간 부숙도 측정 횟수에 대해 전체 85농가 중 연간 2회 측정하는 농가는 44농가로 가장 많았으며, 연간 1회 측정하는 농가는 36농가, 3회 이상 측정하는 농가는 5농가로 조사됨.
- 부숙도 검사 결과는 전체 85 농가 중 83 농가가 ‘부숙’ 판정을 받았으며 중숙 1농가, 미측정 1농가로 조사됨.

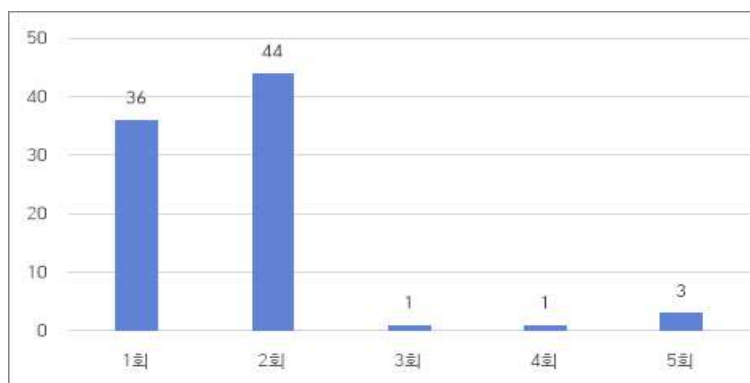


그림-55 최근 1년간 퇴비 부숙도 검사 횟수(n=85)

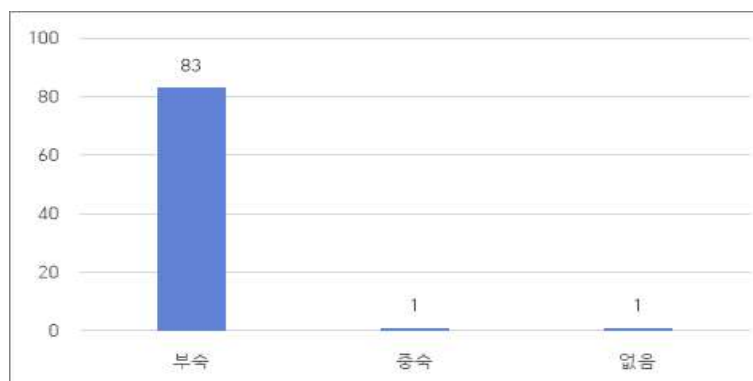


그림-56 최근 1년간 퇴비 부숙도 검사 결과(n=85)

마) 퇴비의 농지 살포

○ 퇴비 살포기 보유 여부

-전체 85농가 중 퇴비 살포기를 보유한 농가는 14농가이며 살포기를 보유하지 않은 농가는 70농가로 조사됨.

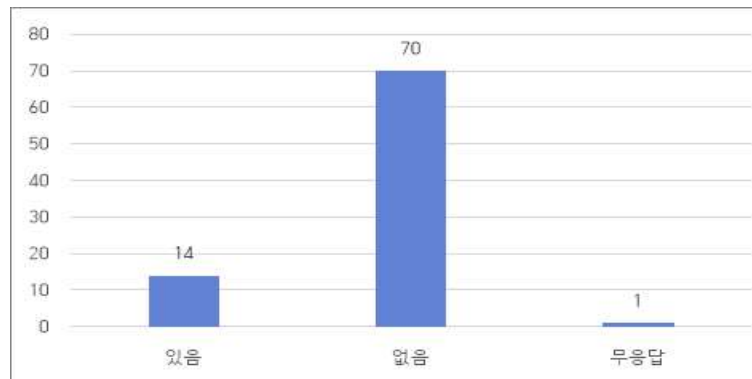


그림-57 퇴비 살포기 보유 여부(n=85)

○ 퇴비 살포 농경지 보유 여부

-퇴비 살포가 가능한 자가농경지를 보유하고 있는 농가는 55농가이며 자가농경지와 타인농경지를 모두 보유하고 있는 농가는 15농가, 타인 농경지만 보유한 농가는 5농가, 농경지가 없는 농가는 4농가로 조사 됨.

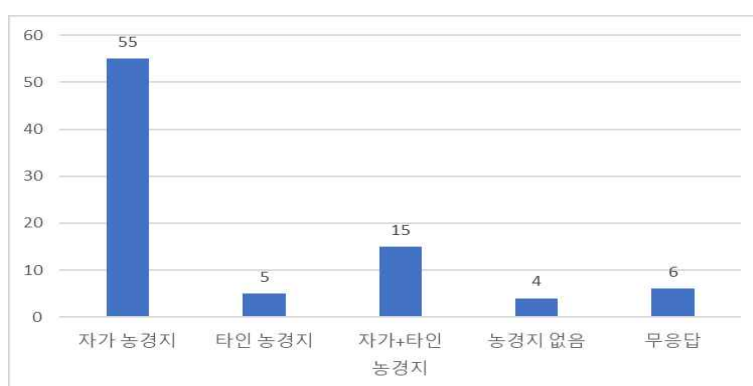


그림-58 퇴비 살포 농경지 보유 여부(n=85)

표-79 퇴비 살포 농경지 평균 면적(n=69)

구분	자가 논	자가 밭	자가 조사료포	자가 기타	타인 논	타인 밭	타인 조사료포	타인 기타
자가+타인 농경지	10,430	10,468	12,397	-	22,314	20,363	-	-
자가 농경지	24,123	18,052	21,705	-	-	-	-	-
타인 농경지	-	-	-	-	51,239	7,438	4,959	-

주) 농경지가 없거나 무응답 또는 농경지 면적에 대해 응답하지 않은 경우를 제외한 69농가에 대해서 산출함

표-80 퇴비 살포 농경지 합계 면적(n=69)

구분	자가 논	자가 밭	자가 조사료포	자가 기타	타인 논	타인 밭	타인 조사료포	타인 기타
자가+타인 농경지	83,441	94,215	74,379	-	44,628	101,818	-	-
자가 농경지	723,698	415,458	629,451	-	-	-	-	-
타인 농경지	-	-	-	-	102,480	14,876	4,959	-

주) 농경지가 없거나 무응답 또는 농경지 면적에 대해 응답하지 않은 경우를 제외한 69농가에 대해서 산출함

○ 타인 농경지 살포비

-타인농경지에 퇴비를 살포하는 20농가 중 농지 소유자가 직접 살포하는 농가는 9농가이며, 타인농경지로 직접 운반하는 농가는 3농가, 타인농경지에 직접 살포하는 농가는 5농가로 조사됨. 또한 살포 비용을 받는 농가는 없으며 13농가가 무상으로 퇴비를 살포함.

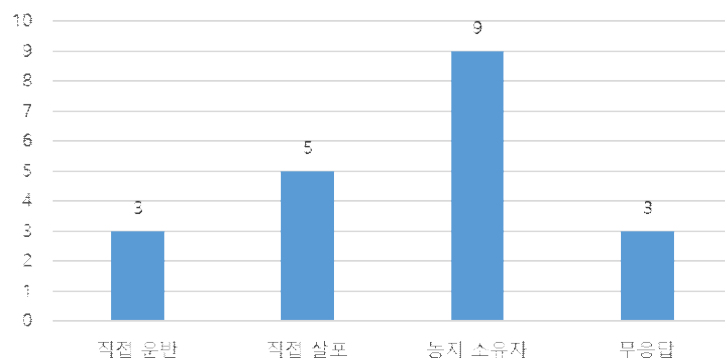


그림-59 타인 농경지 퇴비 살포 방법(n=20)

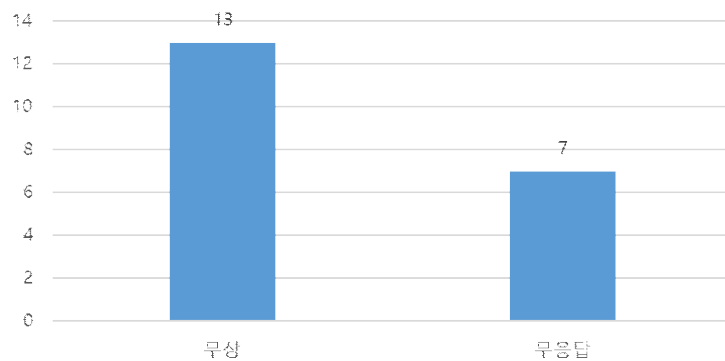


그림-60 타인 농경지 퇴비 살포비(n=20)

바) 축분 처리에 대한 농가 의견

○ 축분 처리가 한우 사육에 미치는 영향

-조사대상 전체 85농가 중 축분 처리가 한우 사육에 영향을 미치지 않는다고 응답한 농가는 30농가이며, 영향이 적거나 있다고 응답한 농가는 36농가, 영향이 많다고 응답한 농가는 19농가임.

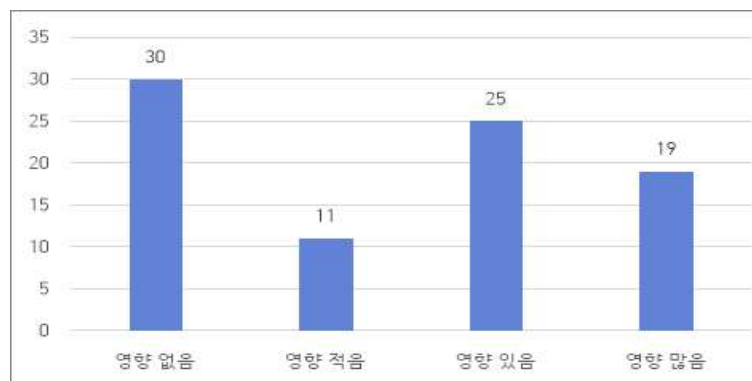


그림-61 축분 처리가 한우사육에 미치는 영향(n=85)

○ 축분 처리에 대한 대책의 필요성

-조사대상 전체 85농가 중 축분 처리에 대한 대책이 필요하지 않다고 응답한 농가는 23농가이며 향후 대책이 필요하다고 응답한 농가는 50농가, 현재 대책이 필요하거나 시급하다 응답한 농가는 12농가임.

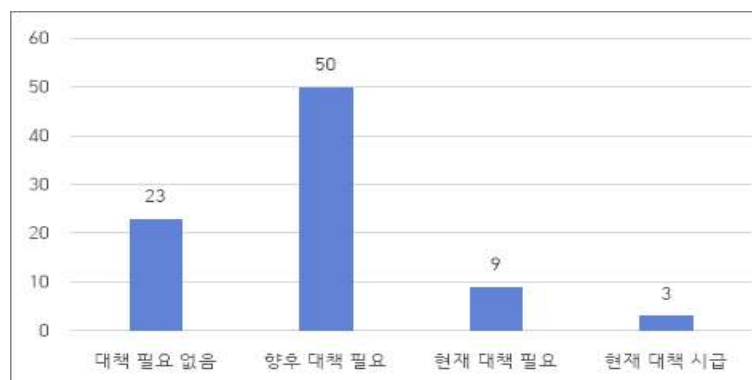


그림-62 축분 처리에 대한 대책의 필요성(n=85)

○ 한우분뇨 기반 경축순환 협의체 구축 시 운영 주체

-조사대상 전체 85농가 중 축분자원화시설 운영을 담당하는 주체로서 영농법인을 선호하는 농가는 44농가, 농축협을 선호하는 농가는 15농가, 축산농가를 선호하는 농가는 11농가, 행정기관을 선호하는 농가는 3농가, 경종농가를 선호하는 농가는 3농가, 전문처리업체를 선호하는 농가는 2농가로 조사됨.

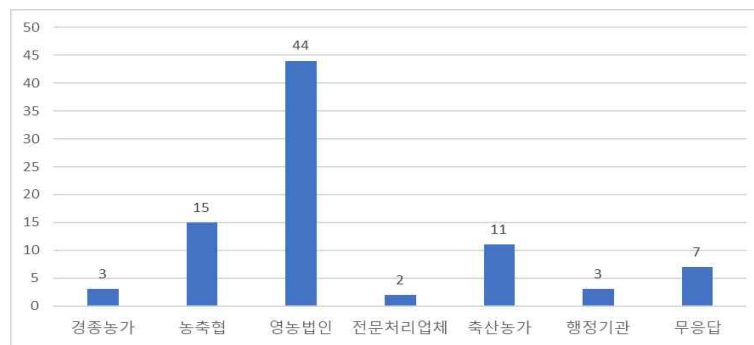


그림-63 한우분뇨 기반 경축순환 협의체 구축 시 운영 주체(n=85)

○ 경종농가와 한우분뇨 처리 비용 분담 의견

-조사대상 전체 85농가 중 축분처리비용에 대해 경종농가와의 분담 방안에 대해 ‘무상으로 처리’가 45농가, ‘축산농가에서 비용 지불’이 16농가, ‘수분조절제 가격을 경종에서 지원’이 6농가, ‘경종농가에서 처리 비용 지불’이 3농가로 조사됨.

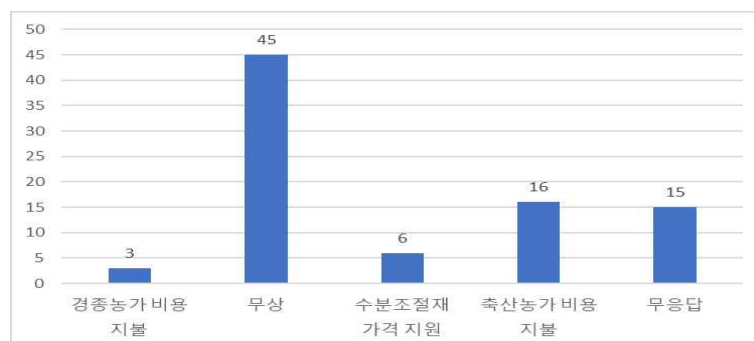


그림-64 경종농가와 한우분뇨 처리 비용 분담(n=85)

○ 기존 퇴비사의 개조 및 개선 의향

-조사대상 전체 85농가 중 기존의 퇴비사에 대해 개조 및 개선의 의향이 있는 농가는 22농가이며, 개선에 대해 필요성을 느끼지 못하는 농가는 60농가로 조사됨.

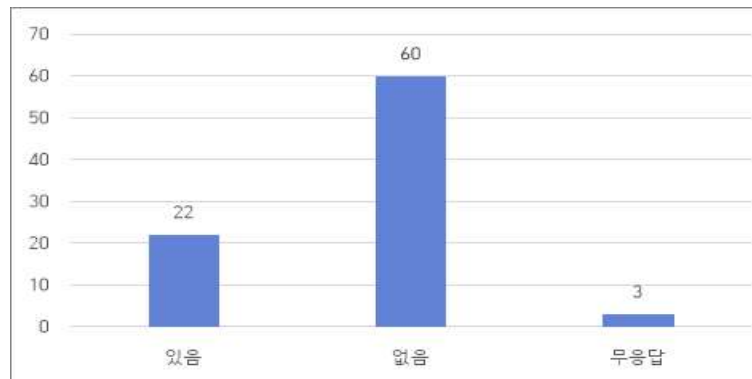


그림-65 기존 퇴비사 개조 및 개선 의향(n=85)

○ 축분처리 관련 여유 부지 보유 여부

-조사대상 전체 85농가 중 퇴비사 및 퇴비저장시설을 설치할 수 있는 사유지가 있는 농가는 17농가이며, 사유지가 없는 농가는 49농가로 조사됨.

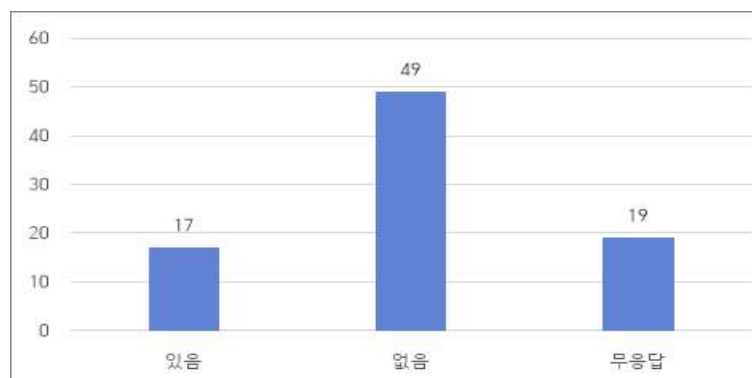


그림-66 축분처리 관련 여유 부지 보유 여부(n=85)

○ 향후 퇴비 부숙도 교육 및 컨설팅 필요성

-조사대상 전체 85농가 중 향후 퇴비 부숙도 교육에 대해 필요성을 느끼지 못하는 농가는 64농가이며, 필요하다라고 응답한 농가는 18농가임. 또한 부숙도 컨설팅에 대해 필요성을 느끼지 못하는 농가는 67농가, 필요하다 응답한 농가는 16농가로 조사됨.

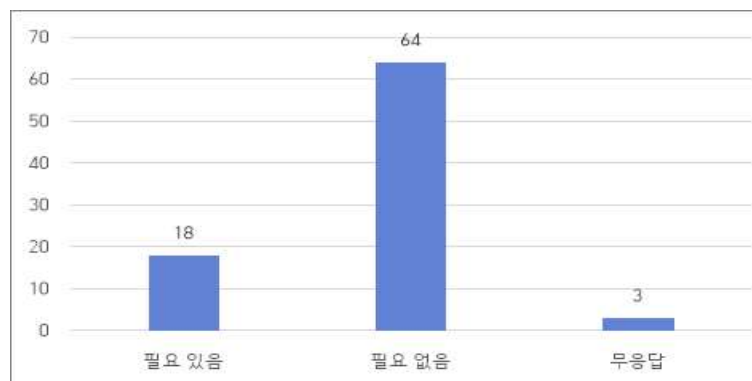


그림-67 향후 퇴비 부숙도 교육의 필요성(n=85)

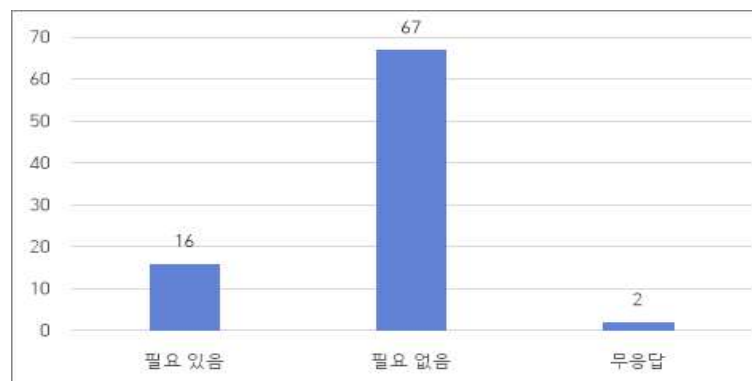


그림-68 향후 퇴비 부숙도 컨설팅의 필요성(n=85)

○ 우상 깔짚 교반장비 구입 의향

-조사대상 전체 85농가 중 향후 퇴비 부숙을 위한 교반장비를 구입할 의향이 있는 농가는 17농가이며 구입에 대한 의사가 없는 농가는 66농가로 조사됨.

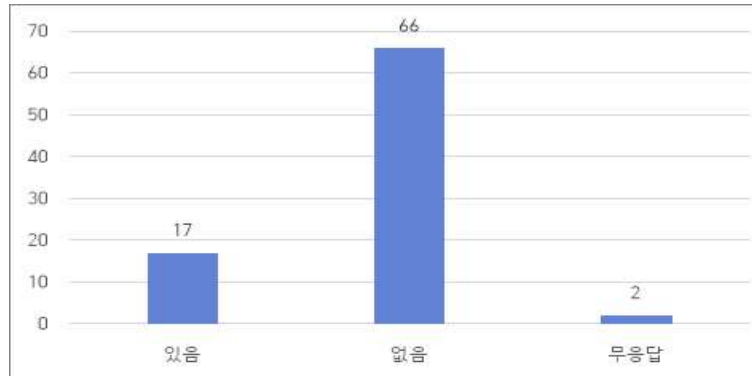


그림-69 향후 우상 깔짚 교반장치 구입 의향(n=85)

○ 향후 한우산업 개선을 위해 필요한 분야

-조사대상 전체 85농가 중 향후 한우 사업 개선을 위해서 ‘퇴비화 설비 필요’(46농가), ‘경축순환협의회체 필요’(20농가), ‘위탁처리시설 증설’(11농가)이 필요하다고 응답하였으며, 그 외에도 퇴비품질인증, 농경지확보, 축산농가 인식 개선 등도 필요하다고 느끼고 있음.

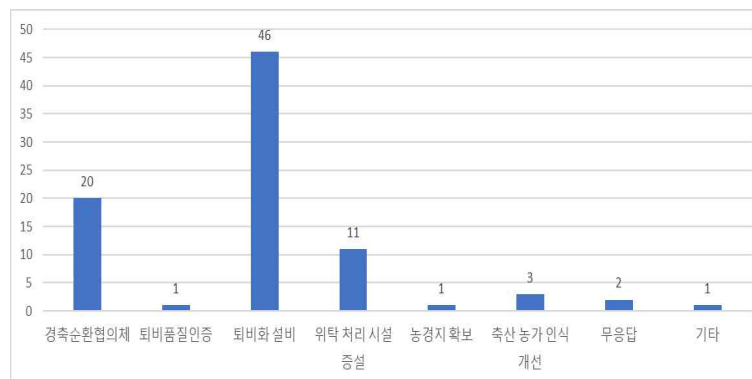


그림-70 향후 한우산업 개선을 위해 필요한 분야(n=85)

3) 한우퇴비 중심 소규모 경축순환 사례 조사

(1) 원주축협 사례

○ 강원도 원주시 관내에는 약 500개의 한우 농가가 있음. 원주시 내 한우 농가들의 퇴비 관리 방식은 크게 (1)자가 처리 후 농지 살포, (2) 위탁 처리 후 타인 농지 살포 등으로 구분됨.

-대규모 농가는 위탁처리 위주의 퇴비 처리를 하고 있었고, 중소규모 농가에서는 자가 처리를 하고 있음.

-자가 처리 후 농지에 살포하는 농가들의 자가 농지 규모는 퇴비의 양에 비해 부족하여 농지에 과잉살포 되는 사례가 일부 있음.

-일부 농가들에서 부숙도에 대한 인식이 부족하였으며, 퇴비 시료를 검사기관에 제출할 때 퇴비사 내 오래된 퇴비를 제출하는 등의 부정적 사례가 발생하기도 함.

○ 이러한 문제를 해결하기 위해 원주축협에서 2019년 12월 퇴비의 관리 및 유통에 대해 농가의 교육 및 위탁처리, 살포 등을 위해 퇴비 유통 전문조직을 결성함. 결성 당시 전체 농가 중 40농가 정도인 약 10%만 신청해 40농가를 기준으로 운영계획을 세움.

-신청 농가에 한해 퇴비사의 퇴비 더미를 주기적으로 교반 및 관리해주며 퇴비 살포가 가능한 경종농가와 약정을 맺어 100ha 이상의 농경지를 확보하는 등의 퇴비 관리 계획을 세움.

-퇴비를 살포할 때 농업기술센터 등 부숙도 검사기관에서 부숙도 및 시비 처방서를 받아 경종농가에 제출함.

-트랙터, 굴착기, 고압세척기, 살포차량 2대, 부숙도 측정기, 스키드로더 등의 장비를 지자체의 지원을 받아 구입하였으며, 이를 이용해 농가의 부숙 관리에 도움을 줌.

-장비대여 비용 부담은 축산·경종농가에서 부담하는 것이 원칙이지만 정부의 지원과 조직 내의 결정에 따라 최소한의 수수료를 퇴비 교반 작업 및 살포 작업을 통해 수익을 계획함.

표-81 원주축협 퇴비유통전문조직 사업계획 예상 비용

(단위: 천원)

구분	2020년 사업계획		2020년 실제 예상비용	
	금액	내용	금액	내용
인건비	84,000	• 월 3,500천원*8개월*3인	28,000	• 월 3,500천원*8개월*1인
감가상각비	32,000	• 법정년수 4년 • 자부담 128,000천원	32,000	• 법정년수 4년 • 자부담 128,000천원
수선비	5,000	• 초년도 최소금액 책정	5,000	• 초년도 최소금액 책정
주유비	18,000	• 일 평균 80km 운행 • 연비 6km/L • 4대*1400원*13L*240일	7,300	• 일 평균 80km 운행 • 연비 6km/L • 4대*1,400원*13L*100일
보험비	4,000	• 트랙터, 굴착기, 퇴비살포차량 2대, 스키드로더	4,000	• 트랙터, 굴착기, 퇴비살포차량 2대, 스키드로더
기타경비	4,000		2,000	
합계	147,000		78,300	

자료) 원주축협 (2021) 내부자료

표-82 원주축협 퇴비유통전문조직 사업계획에 따른 예상 수익

(단위 : 천원)

구분	2020년 사업계획		2020년 실제 예상수익	
	금액	내용	금액	내용
정부 살포 지원비	20,000	• 1ha 당 200천원 • 100ha 살포	10,000	• 1ha 당 200천원 • 50ha 살포
지방 부속 지원사업	16,000	• 퇴비 부속도 분석 지원사업	8,000	• 퇴비 부속도 분석 지원사업
교반 수수료	58,000	• 40농가*2회 1일4시간 200천원 = 16,000천원 • 40농가*3회 1일8시간 350천원 = 42,000천원	3,500	• 10농가*1회 • 1일8시간 350천원=3,500천원
살포 수수료	42,000	• 40농가 1회 장비 3대 1일 1,050,000원	14,000	• 20농가 1회 장비 2대 1일 700,000원
합계	138,020		35,500	

자료) 원주축협 (2021) 내부자료

○ 사업 결과 코로나 사태로 인해 40농가 중 절반인 20농가(총 5%) 정도 사업에 참여함.

-농가 축소로 인해 수수료 등의 수익이 절감됨.

-100ha에 살포를 계획했으나 경종 농가의 참여 부족으로 50ha의 농지에만 살포하게 됨.

○ 사업 결과에 대해 다음과 같은 시사점을 도출함.

-사회적으로는 축산·경종·지자체가 상호보완하는 경축 연합이 결성되어야 함. 경축 연합을 통해 축산·경종에서 서로의 요구에 맞는 행동이 필요하며 지자체에서는 이를 지원해야 함.

-축산농가에는 자가 농지에 퇴비를 직접 살포하는 농가 (예시: Eco-Farm)에 지원금을 주고, 경종 농가에는 농지가 없는 축산농가의 퇴비를 시비하면 지원금을 주는 지자체에서의 지원 방안을 마련해야 함.

-관내 마을 공동퇴비사는 저장 용량도 적고, 악취의 우려가 있기 때문에 축산·경종 모두 기피하는 상태임. 지자체에서는 퇴비사 증축 또는 제2의 제3의 퇴비사 건축을 위한 부지 선정 및 행동력이 필요함. 지자체는 지역 주민의 동의가 반드시 필요하며 퇴비사 건축 시 악취저감시설은 반드시 설치해 주변 민가에 피해가 없도록 해야함.

(2) 춘천축협 사례

○ 강원도 춘천시는 관내에 약 450개의 한·육우 농가가 있음.

-춘천 한·육우 농가들은 450농가 중 자가처리가 가능하거나 부숙도 검사 기준 이하 소규모 농가라 부숙도 검사에 대한 걱정이 없는 농가가 약 400농가 임.

○ 부숙도 관리에 어려움을 겪고 있는 약 50농가의 퇴비 관리는 3가지 위탁처리 방식으로 접근하고 있음.

-(1)농가 내에서 자가처리를 할 수 있고 농지도 있지만 기계가 없어 부숙이 어려운 농가, (2)농지가 있지만 기계와 인력이 부족해 부숙이 어려운 농가, (3)부숙처리 할 농지와 인력 모두 부족한 농가가 있음.

-(1)기계가 없어 부숙이 어려운 농가는 시에서 지원받은 장비를 축협에서 대여해주고 있음.

-(2)농지만 있고 기계, 인력이 부족한 농가는 약 25농가였으며, 이는 강원대 산학 소속 업체의 위탁 컨설팅을 통해 퇴비사에서의 부숙 위

주 컨설팅을 하고 있음. 컨설팅은 농가당 1달에 2~3회 용역을 통해 위탁처리를 하며 농지 살포는 관여하지 않음.

-(3)농지와 인력 모두 부족한 농가는 10농가 정도이며 농가에서 배출된 퇴비를 공동퇴비장으로 운송해 처리함. 춘천 관내 공동처리장은 개인사업자의 1개소가 있지만, 용량이 부족해 전체 퇴비 운송량 중 10%만 수용할 수 있으며 나머지 90%는 주변 지역의 공동퇴비장으로 운송됨. 운송 비용은 춘천시 70%, 춘천축협 20%, 농가부담 10%로 지원됨.

○ 춘천시는 관내 퇴비장의 수용 능력을 올리기 위해 퇴비장 설치를 추진하려 했지만, 여건이 되지 않아 방향을 바꿔 주변 지역의 퇴비장으로 퇴비 수용을 장려하며 운송, 운반 비용을 지원하기로 함.

-또한 농가 자체적으로 부숙이 가능하도록 교반, 부숙장비 구입 예산을 춘천시에서 책정해 축협을 통해 보급, 지원 및 대여를 하고 있음.

(3) 횡성군 수집·운반업체 중심의 퇴비 살포 사례

○ 한우퇴비를 중심으로 타 축종 퇴비와 함께 경종농가에 공급하는 수집·운반업체(개인 사업자)의 사례임. 해당 업체는 경종농가의 작물에 따라 축종별 퇴비 배합 비율 및 살포량 등의 정보를 제공함.

-횡성 한우 8농가(횡성 4농가, 둔내 2농가, 갑천 2농가이며 총 2,000두 규모)에 대한 퇴비를 수집·운반하고 있음.

○ 횡성 관내 한·육우, 양계, 양돈 퇴비의 수집·운반만을 업으로 하고 있음. 퇴비 혼합 및 농지 살포는 경종 농가에서 장비업자를 수배해 살포함.

-계분의 경우 양계장에서 계분 처리를 위해 양계 1마리당 35원의 처리비용으로 계산(예시: A 양계장 50,000마리의 경우 50,000마리 * 35원=1,750,000원(톱밥 및 수거비용) 함. 업자가 톱밥을 공급하면 양계 농장에서 부숙시킨 후 업자가 운반하는 시스템임.

-홍천 퇴비공장은 우분+계분+돈분+맥주박+톱밥 등을 혼합해 교반 및 송풍(공기 주입)을 통해 퇴비 생산함.

-경기도 처리업체 경우 김치공장 부산물+계분+톱밥 등으로 퇴비화를 하며 품질이 낮은 경우 무료로 제공(80,000원/15t 트럭)함.

○ 경종 농가는 농지 소유 여부를 기준으로 선호하는 퇴비의 축종이 다름. 자가농지의 농가에서는 한우분 퇴비가 토양의 지력 상승에 도움이 된다는 것을 인지하고 한우분 퇴비를 선호하지만, 타인의 농지에서 농업을 하는 임차농가는 토양의 지력보다는 속효성을 염두에 두고 비료로서의 가치가 뛰어난 계분을 선호함.

-퇴비 반출 지역은 횡성군 20%, 진부면 20%, 둔내면 40%, 홍천군 20%로 퇴비를 공급하고 있음.

-한우농가의 퇴비는 6월부터 배출되며 경종 농가를 위한 퇴비 공급은 9월에서 이듬해 4월까지 재배를 쉬는 동안 토양 양분공급을 목표로 함.



그림-71 횡성군 수집·운반업체 중심의 퇴비살포 사례

○ 경종농가에서는 관행적으로 사용하는 배합 비율(일반적으로 우분 1 : 계분 2)로 업자에게 주문하면 수집·운반업체는 배송하고, 경종 농가에서 현장에서 장비업자(포크레인, 퇴비 살포기)를 통해 배합하여 농경

지에 살포하고 있음.

-미부숙된 상태의 퇴비는 굼벵이 등 병해충이나 외래종 잡초 등이 발생할 수 있어 완전 후숙이 필요하며 경종농가에서도 함수율이 높은 퇴비는 기피하고 있음. 따라서 집·운반업체가 퇴비 품질을 사전에 점검한 후 운반함.

-경종농가 퇴비 공급 시 비용은 15톤 트럭 1대당 계분 450,000원, 우분 200,000원 (공급 비용 150,000원+한우 농가 별개 처리비용 50,000원)임.

-퇴비 살포 기간의 수집·운반은 평균적으로 1일 3회이며 연 단위로 계산하면 약 1,000대 규모임. 그중 600대는 계분, 400대는 우분임. 15톤 트럭으로 400대 분량의 우분을 살포하면 200ha인 약 60,000평 살포가 가능함. 평당 한우퇴비를 5.3kg 정도 살포하는 것으로 볼 수 있음(예로서 한우 60,000두일 경우 3,000ha(약 9백만 평) 살포 가능함).

-한우 2,000두 퇴비 반출량이 15톤 트럭으로 400대일 경우, 한우 5두당 15톤 트럭 1대 정도의 양이 발생함(15톤 트럭은 약 130m³임).

-따라서 한우 60,000마리를 사육하는 횡성의 경우, 퇴비를 처리하기 위하여 15톤 트럭으로 약 12,000대의 소요가 추정되며, 최소 3개의 한우퇴비 전문 수집·운송업체가 있으면 한우퇴비 전량을 경종농가로 보급 가능할 것으로 예상됨.

○ 현재 평창군에서 관내 퇴비공장 설립 예정이라 해당 수집·운반업자에게 평창군 측으로부터 퇴비 재료에 대한 수급 제안을 받음. 평창군 퇴비 수급을 위해 횡성 내의 퇴비를 반출해야 한다면, 횡성 관내 퇴비 100%(2,000두) 수용 가능하며 최대 200%(4,000두)까지 운반 및 처리 가능할 것으로 판단됨.

4) 한우퇴비 품질조사

(1) 한우퇴비의 품질조사

가) 가축분뇨 퇴비의 품질 관련 법률 개요

- "퇴비"(堆肥)란 가축분뇨를 발효시켜 만든 비료 성분이 있는 물질 중 액비를 제외한 물질로서 농림축산식품부령으로 정하는 기준에 적합한 것으로서 「가축분뇨법」 제2조에서 정의하고 있음. 여기서 농림축산식품부령으로 정하는 기준이란 「비료관리법」 제 2조 제 4호에 따라 고시한 비료공정규격 중 "가축분퇴비"의 공정규격을 말함.
- 또한 「가축분뇨법」 제13조의2에 따르면 자원화시설의 퇴비화 또는 액비화의 기준(이하 "퇴비액비화기준"이라 한다)은 대통령령으로 정하며, 다만, 「비료관리법」에 따른 퇴비 또는 액비는 같은 법 제 2조 제 4호에 따라 고시한 비료공정규격 중 퇴비 또는 액비의 공정규격(이하 "공정규격"이라 한다)에 적합하여야 함. 여기서 대통령령으로 정하는 "퇴비액비화기준"은 같은 법 시행령 별표3(퇴비액비화기준)에 근거하고 있음.
- 즉, 가축분뇨 퇴비를 「비료관리법」에 따라 비료로 등록할 경우에는 「비료 공정규격설정 및 지정」 별표3 부산물비료의 지정 중 "가축분퇴비" 규격에 적합하여야 하며, 그 외에는 「가축분뇨법 시행령」 별표3(퇴비액비화기준)에 적합하여야 함.

표-83 가축분뇨 퇴비의 정의 및 기준 관련 법률

근거 법령		내용
가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률	제2조 (정의)	“퇴비”(堆肥)란 가축분뇨를 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질 중 액비를 제외한 물질로서 농림축산식품부령으로 정하는 기준에 적합한 것
가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙	제2조 (퇴비)	「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」(이하 “법”이라 한다) 제2조제5호에서 “농림축산식품부령이 정하는 기준”이란 「비료관리법」 제2조제4호에 따라 고시한 비료공정규격 중 퇴비의 공정규격을 말한다.
가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률	제13조의2 (퇴비액비화기준 등)	① 자원화시설의 퇴비화 또는 액비화의 기준(이하 “퇴비액비화기준”이라 한다)은 대통령령으로 정한다. 다만, 「비료관리법」에 따른 퇴비 또는 액비는 같은 법 제2조제4호에 따라 고시한 비료공정규격 중 퇴비 또는 액비의 공정규격(이하 “공정규격”이라 한다)에 적합하여야 한다.
가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행령	제12조의2 (퇴비액비화기준)	법 제13조의2제1항 본문에 따른 퇴비액비화기준은 별표 3과 같다.

표-84 가축분퇴비 기준(비료 공정규격설정 및 지정, 별표3)

비료의 종류	- 가축분퇴비 <정의>가축의 분뇨를 50%이상 원료로 사용하고 <u>별표5의 가축분 퇴비에 사용가능한 원료를 2종 이상 혼합하여 발효과정과 후숙과정을 거쳐 제조한 것</u>
규격의 함량	유기물: 30 이상
함유할 수 있는 유해성분의 최대량	1. 건물중에 대하여 비소 45mg/kg, 카드뮴 5mg/kg, 수은 2mg/kg, 납 130mg/kg, 크롬 200mg/kg, 구리 360mg/kg, 니켈 45mg/kg, 아연 900mg/kg, 아주까리유박을 원료로 사용한 경우 리신 10mg/kg 2. 다음 병원성미생물은 불검출: 대장균 O157:H7 (Escherichia coli O157:H7), 살모넬라(Salmonella spp.)
그 밖의 규격	- 유기물대 질소의 비 45이하 인 것 - 건물중에 대하여 염분(NaCl): 2.0% 이하 - 수분(H₂O): 55% 이하 - 부숙도: 다음 각 목의 어느 하나의 판정기준 이상일 것 가. 콤백: 부숙완료 나. 솔비타: 부숙후기 또는 부숙완료 다. 종자발아법: 발아지수 70이상 - 염산불용해물 20%이하
그 밖의 사항	1. 삭제<2013. 2. 14.> 2. 삭제<2013. 2. 14.> 3. 아주까리유박을 원료로 사용할 경우 다음 각 호의 문구를 적색 네모박스 안에 적색 글씨로 포장지 앞면 맨아래에 앞면 전체 면적의 1/10의 크기로 반드시 표기하여야 한다. 가. 개, 고양이 등이 먹을 경우 폐사할 수 있으니 싼포 후 반드시 토양과 잘 섞으세요. 나. 어린이 손에 닿는 곳에 놓거나 보관하지 마세요. 다. 농업용 외에는 사용하지 마세요. <개정 2020. 11. 25.>

표-85 퇴비화 기준(가축분뇨법 시행령, 별표3)

종류	항목	기준
모든 가축	부숙도	• 환경부장관이 농림축산식품부장관과 협의하여 정하여 고시하는 기준에 적합할 것
	함수율	• 70% 이하
돼지	구리	• 500mg/kg 이하
	아연	• 1,200mg/kg 이하
소·젖소	염분	• 2.5% 이하

- 「퇴비액비화기준 중 부숙도 기준 등에 관한 고시」 (환경부 고시 2018-115호)는 「가축분뇨법」 제13조의2 및 같은 법 시행령 제12조의2에 따른 퇴비·액비의 부숙도 정의, 측정 방법 및 판정 기준 등에 관하여 규정함.

-본 고시에서는 “부숙도(腐熟度)”를 퇴비·액비의 원료가 퇴비·액비화 과정을 거치어 식물과 토양에 대해 안정적인 반응을 나타내는 것으로 정의하고 있음.

- 퇴비의 부숙도의 측정 방법은 ①기계적 측정법인 콤팩(CoMMe-100) 또는 솔비타(Solvita)를 이용한 측정법 ②종자발아법으로 구분할 수 있으며 판정 기준 등은 다음 표와 같음.

-기계적 부숙도 측정방법에 의한 부숙이 의심될 때는 ‘종자발아법(퇴비)’으로 하고 발아지수는 70 이상으로 함.

표-86 가축분뇨 퇴비 부숙도 관련 법률

근거 법령		내용																		
퇴비액비화기준 중 부숙도 기준 등에 관한 고시	제3조 (퇴비의 부숙도 측정방법)	① 퇴비의 부숙도 측정방법은 「비료관리법 시행령」 제15조에 따른 「비료품질검사방법 및 시료채취기준」에 따라 다음 각 호의 어느 하나를 적용한다. 1. 암모니아와 이산화탄소 발색반응을 이용한 기계적 부숙도 측정방법(콤백, CoMMe-100)을 이용한 측정법 2. 암모니아와 이산화탄소 발색반응을 이용한 기계적 부숙도 측정방법(솔비타, Solvita)를 이용한 측정법 ② 제1항에 따른 측정법 검사 후에도 냄새에 의한 부숙이 의심될 때에는 종자발아법(種子發芽法)으로 한다. 다만, 종자발아법은 부숙완료 단계에 적용하고 발아지수를 70 이상으로 한다.																		
	제4조 (퇴비의 부숙도 판정기준)	① 퇴비의 부숙도 판정기준은 기계적 측정법 중 콤백(CoMMe-100)과 솔비타(Solvita)를 이용한 측정법에 따른다. ② 부숙도는 미부숙(未腐熟), 부숙초기, 부숙중기, 부숙후기, 부숙완료 단계로 구분한다. ③ 솔비타 측정법의 경우 이산화탄소(CO₂) 및 암모니아(NH₃) 가스 농도를 숫자(1부터 8까지)로 표시한다. ④ 측정법에 따른 단계별 산정방법은 다음과 같다. <table><tr><th>구분</th><th>콤백(CoMMe-100)</th><th>솔비타(Solvita)</th></tr><tr><td>미부숙</td><td>부숙이 거의 진행되지 않은 상태</td><td>1</td></tr><tr><td>부숙초기</td><td>부숙이 진행되는 초기 상태</td><td>2</td></tr><tr><td>부숙중기</td><td>부숙기간이 좀 더 필요한 상태</td><td>3</td></tr><tr><td>부숙후기</td><td>퇴비의 부숙이 거의 끝나가는 상태</td><td>4~6</td></tr><tr><td>부숙완료</td><td>퇴비의 부숙이 완료됨</td><td>7~8</td></tr></table>	구분	콤백(CoMMe-100)	솔비타(Solvita)	미부숙	부숙이 거의 진행되지 않은 상태	1	부숙초기	부숙이 진행되는 초기 상태	2	부숙중기	부숙기간이 좀 더 필요한 상태	3	부숙후기	퇴비의 부숙이 거의 끝나가는 상태	4~6	부숙완료	퇴비의 부숙이 완료됨	7~8
	구분	콤백(CoMMe-100)	솔비타(Solvita)																	
미부숙	부숙이 거의 진행되지 않은 상태	1																		
부숙초기	부숙이 진행되는 초기 상태	2																		
부숙중기	부숙기간이 좀 더 필요한 상태	3																		
부숙후기	퇴비의 부숙이 거의 끝나가는 상태	4~6																		
부숙완료	퇴비의 부숙이 완료됨	7~8																		
제6조 (퇴비의 부숙도 적용)	- 퇴비화시설 설치자별 퇴비의 부숙도 적용기준 및 적용시기는 다음 각 호와 같다. 1. 배출시설설치자가 설치한 퇴비화시설<table><tr><th>배출시설 규모</th><th>부숙도 적용기준</th><th>적용일자</th></tr><tr><td>1,500㎡ 이상 배출시설</td><td>부숙후기 또는 부숙완료</td><td rowspan="2">2020년 3월 25일</td></tr><tr><td>1,500㎡ 미만 배출시설</td><td>부숙중기</td></tr></table> 2. 재활용신고자 및 가축분뇨처리업자가 설치한 퇴비화시설<table><tr><th>배출시설 규모</th><th>부숙도 적용기준</th><th>적용일자</th></tr><tr><td>모든 퇴비화시설</td><td>부숙후기 또는 부숙완료</td><td>2020년 3월 25일</td></tr></table>	배출시설 규모	부숙도 적용기준	적용일자	1,500㎡ 이상 배출시설	부숙후기 또는 부숙완료	2020년 3월 25일	1,500㎡ 미만 배출시설	부숙중기	배출시설 규모	부숙도 적용기준	적용일자	모든 퇴비화시설	부숙후기 또는 부숙완료	2020년 3월 25일					
배출시설 규모	부숙도 적용기준	적용일자																		
1,500㎡ 이상 배출시설	부숙후기 또는 부숙완료	2020년 3월 25일																		
1,500㎡ 미만 배출시설	부숙중기																			
배출시설 규모	부숙도 적용기준	적용일자																		
모든 퇴비화시설	부숙후기 또는 부숙완료	2020년 3월 25일																		

표-87 가축분뇨 퇴비의 부숙도 시료 측정방법

구분	액비의 부숙도 시료 측정방법
기계적 부숙도 측정법	1) 암모니아와 이산화탄소 발색반응을 이용한 기계적 부숙도 측정 방법(<u>콤백, CoMMe-100</u>)을 이용한 측정법 가) 원리 미부숙 퇴비 등에 적합한 수분함량을 유지시키면 미생물의 활성화에 의해 이산화탄소 및 암모니아가 발생하는데 이를 젤 상태의 패들과 반응시켜 변화되는 패들의 색 변화를 기계적으로 측정하여 부숙도 판정<개정 2015. 5. 11.> 나) 삭제 < 2015. 5. 11.> 삭제 < 2015. 5. 11.> 다) 장치 (1) 부숙도 판정기기(콤백), 반응키트(암모니아, 이산화탄소), 측정용 용기<개정 2015. 5. 11.> (2) 측정조건 : 기기의 사용설명서에 따름 라) 공시료의 조제 (1) 약 200 g의 샘플을 잘 혼합하면서 나무, 돌, 비닐 등 이물질은 제거하고 짚이나 엉킨 덩어리는 부수어 섞는다. (2) 시료의 수분이 약 40 % 이상일 경우에는 그대로 사용하고, 40 % 이하일 경우에는 수분을 50 % 내외로 조절한 후, 24~48시간 정도 뚜껑을 닫고 방치 후 사용한다.<개정 2015. 5. 11., 2017. 00. 00.> 마) 측정 (1) 준비된 시료를 반응용 용기에 표시된 위치까지 채운 후 2시간 이상 뚜껑을 열고 방치 후(항온에서 25℃) 준비된 키트(Kit-A, Kit-B)를 뚜껑에 고정시킨 후 뚜껑을 닫고 상온(25℃)에서 30분 반응시킨다.<개정 2013. 7. 1., 개정 2015. 5. 11., 2017. 00. 00.> (2) 반응된 키트를 반응용 용기에서 분리시킨다.주1)<개정 2013. 7. 1.> (3) 키트를 즉시 부숙도 판정기(콤-백)에 넣어 부숙도를 판정한다.주2)<개정 2013. 7. 1., 개정 2015. 5. 11.> (부 기) 주1. 키트에 이 물질이 묻지 않도록 조심하고 반응된 부위를 손으로 만지지 않도록 주의한다. 주2. 부숙도 판정의 결과 ○ 부숙완료 - 부숙이 완료됨<개정 2015. 5. 11.> ○ 부숙후기 - 부숙이 거의 끝나가는 상태<개정 2015. 5. 11.> ○ 부숙중기 - 부숙기간이 좀 더 필요한 상태 ○ 부숙초기 - 부숙이 진행되는 초기 상태 ○ 미 부 숙 - 부숙이 거의 진행되지 않은 상태
	2) 암모니아와 이산화탄소 발색반응을 이용한 기계적 부숙도 측정 방법(<u>솔비타, Solvita</u>)를 이용한 측정법 가) 원리 퇴비 등에서 발생하는 이산화탄소(CO₂) 및 암모니아(NH₃) 가스 농도를 측정하여 발생의 많고 적음에 따라 부숙도 판정<개정 2015. 5. 11.> 나) 삭제 < 2015. 5. 11.> 삭제 < 2015. 5. 11.> 다) 장치 (1) 측정용 용기, 반응키트(암모니아, 이산화탄소), 판정표 또는 리더기 (2) 측정조건 : 기기의 사용설명서에 따름 라) 공시료의 조제 (1),(2) 콤백과 같음

○ 장부의 기록·보존

- 배출시설설치·운영자, 처리시설설치·운영자, 재활용신고자, 가축분뇨 관련 영업자 및 공공처리시설설치자 등은 「가축분뇨법」 제39조에 근거하여 환경부령으로 정하는 바에 따라 장부를 갖추어 두고 가축분뇨의 배출량 및 처리량, 가축분뇨의 수집장소·수집량 및 처리상황, 처리시설의 운영 상황 등의 사항을 기록·보존하여야 하며, 보존기간은 기록한 날부터 3년임.

○ 전자인계관리시스템

- 「가축분뇨법」 제37조의2 및 제37조의3, 같은 법 시행령 제23조의2, 같은 법 시행규칙 제39조의3에 근거하여 가축분뇨 또는 액비를 배출, 수집·운반, 처리 또는 살포하는 자는 환경부령으로 정하는 바에 따라 전자인계관리시스템의 운용 방법, 절차 등 운영관리에 관한 사항을 준수하여야 함.

○ 가축분뇨 전자관리시스템(AgriX)

- AgriX는 농림축산식품부에서 운영하고 있는 통합 전산관리시스템으로 농림사업 보조금 중복지원 방지 및 효율적인 관리를 목적으로 도입되었음.
- 농림축산식품부는 AgriX 시스템을 이용하여 가축분뇨 및 액비의 발생부터 수거처리까지 전 과정을 온라인으로 관리하여 환경오염 사전 예방 및 DB 정보를 정책자료 등으로 활용하고자 '06년 축산농가 DB 구축 및 가축분뇨 처리시설 관리시스템을 구축하였음.
- AgriX에서 관리하는 가축분뇨 사업에는 공동자원화시설과 액비 저장조 시설, 액비 유통센터 및 액비살포비, 액비 성분분석기 및 부숙도 판정기 사업 등이 포함되어 있음.

표-88 가축분뇨 처리상황 등의 기록·보존 및 전자인계관리시스템 관련 법률

근거 법령		내용
가축분뇨법	제39조 (장부의 기록·보존)	- 배출시설설치·운영자, 처리시설설치·운영자, 재활용신고자, 가축분뇨관련영업자 및 공공처리시설설치자등은 환경부령으로 정하는 바에 따라 <u>장부를 갖추어 두고 다음 각 호의 사항을 기록·보존하여야 한다.</u> 이 경우 그 <u>보존기간은 기록을 한 날부터 3년으로 한다.</u> - 가축분뇨의 배출량 및 처리량 - 가축분뇨의 수집장소·수집량 및 처리 상황 - 처리시설의 운영 상황 등
가축분뇨법 시행규칙	제46조 (가축분뇨의 처리상황 등의 기록)	법 제39조에 따라 재활용신고자, 시설설치자, 처리업자 또는 시설관리업자, 공공처리시설설치자 등이 <u>기록·보존하여야 할 관리대장은 별지 제21호서식 및 별지 제22호서식에 따른다.</u>
가축분뇨법	제37조의2 (가축분뇨 등에 관한 전자인계관리 시스템의 구축·운영)	① 환경부장관은 제37조의3에 따른 <u>가축분뇨 또는 액비의 관리업무를 효율적으로 처리하기 위한 전자인계관리시스템을 구축·운영하여야 한다.</u> ② 환경부장관은 배출시설설치·운영자, 처리시설설치·운영자, 재활용신고자, 가축분뇨관련영업자 및 공공처리시설설치자등이 제11조제2항 및 제3항에 따른 변경허가신청·변경신고 또는 제39조에 따른 <u>장부기록 등 대통령령으로 정하는 업무에 관한 내용도 전자인계관리시스템으로 처리할 수 있도록 하여야 한다.</u> ③ 환경부장관은 제37조의3제1항에 따라 입력된 <u>가축분뇨 또는 액비의 인계·인수, 처리 또는 살포에 관한 내용과 제2항에 따라 입력된 기록(이하 “전산기록”이라 한다)을 입력된 날부터 3년간 보존하여야 한다.</u>
	제37조의3 (가축분뇨 등의 전자인계 관리 등)	① 대통령령으로 정하는 가축분뇨 또는 액비를 배출, 수집·운반, 처리 또는 살포하는 자는 그 가축분뇨 또는 액비를 배출, 수집·운반, 처리 또는 살포하는 경우 환경부령으로 정하는 바에 따라 <u>전자인계관리시스템의 운용 방법, 절차 등 운영 관리에 관한 사항을 준수하여야 한다.</u>
가축분뇨법 시행령	제23조의2 (가축분뇨 등에 관한 전자인계 관리시스템의 처리 업무)	- 법 제37조의2제2항에서 “대통령령으로 정하는 업무”란 다음 각 호의 업무를 말한다. - 법 제39조에 따른 장부의 <u>기록·보존</u>
가축분뇨법 시행규칙	제39조의3 (전자인계관 리시스템 운용방법 및 절차 등)	법 제37조의3제1항에 따른 <u>전자인계관리시스템의 운용 방법, 절차 등 운영 관리에 관한 사항은 별표 14와 같다.</u>

나) 한우퇴비의 품질 조사

- 현장 실태조사 대상 지역인 횡성과 기타 지역의 한우농가(n=51) 퇴비사에서 퇴비 시료를 채취하여 품질 조사를 시행하였음.

- 분석 항목은 국내 비료공정규격(가축분퇴비)의 기준 항목인 유기물 함량, 중금속 8종, 병원성미생물 2종, 유기물 대 질소의 비, 수분 함량, 염분, 염산불용해물을 분석하였음.

- 이외에도 비료 성분(T-N, NH₄-N, NO₃-N, T-P, K), 미량원소(Ca, Mg, Al, Fe, Mo, Mn, S, B), 산도(pH), 전기전도도(EC)를 분석하였음.

- 한우 퇴비(n=51)의 품질을 분석한 결과 각 항목의 평균 농도는 다음과 같으며, 「가축분뇨법」 시행령 별표3 “퇴비화 기준” 및 「비료공정규격의 설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비” 기준을 모두 충족하였음.

- 유기물 32.82%

- 중금속: As 불검출, Cd 불검출, Hg 불검출, Pb 4.41 mg/kg, Cr 4.96 mg/kg, Cu 47.53 mg/kg, Ni 3.01 mg/kg, Zn 206 mg/kg

- 병원성미생물 2종 각각 불검출

- C/N비 33.72, NaCl 1.85%, 수분 54.32%, 염산불용해물 1.85%

- 부숙도(콤백) 부숙완료(전 샘플), 종자발아지수(GI) 86

- 비료성분: T-N 1.05%, NH₄-N 831 mg/kg, NO₃-N 685 mg/kg, T-P 0.48%, K 1.40%

- 미량원소: Ca 1.05%, Mg 0.34%, Al 821 mg/kg, Fe 1,428 mg/kg, Mo 5.51 mg/kg, Mn 260 mg/kg, S 3,397 mg/kg, B 20.56 mg/kg

- 단, 샘플 개별적으로 비교 시 한우퇴비(n=51)에 대해 「가축분뇨법」 시행령 별표3 “퇴비화기준”을 만족하는 샘플은 51개 샘플 중 34개(약 67%)로 나타났으며, 「비료공정규격의 설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비”의 기준을 만족하는 샘플은 51개 샘플 중 8개로 나타남.

표-89 한우퇴비의 비료성분 및 이화학적 성상 평균(n=51)

항목(단위)		퇴비화기준 (가축분뇨법)	가축분퇴비 (비료공정규격)	한우퇴비 평균 (n=51)
비료 공정 규격	유기물 (%)	-	30 이상	32.82
	As (mg/kg)	-	45 이하	불검출
	Cd (mg/kg)	-	5 이하	불검출
	Hg (mg/kg)	-	2 이하	불검출
	Pb (mg/kg)	-	130 이하	4.41
	Cr (mg/kg)	-	200 이하	4.96
	Cu (mg/kg)	500 이하	360 이하	47.53
	Ni (mg/kg)	-	45 이하	3.01
	Zn (mg/kg)	1,200 이하	900 이하	206
	병원성미생물	-	불검출	불검출
	C/N비	-	45 이하	33.72
	NaCl (%)	2.5 이하	2.0 이하	1.85
	수분 (%)	70 이하	55 이하	54.32
	부숙도 [콤백]	부숙완료(콤백/솔비타)	부숙완료(콤백/솔비타)	부숙완료
	종자발아법 [GI]	70 이상	70	86
	염산불용해물 (%)	-	20 이하	1.63
화학성	pH[1:10]	-	-	8.69
	EC[1:10] (mS/cm)	-	-	5.87
비료 성분	N (%)	-	-	1.05
	NH ₄ -N (mg/kg)	-	-	831
	NO ₃ -N (mg/kg)	-	-	685
	P (%)	-	-	0.48
	K (%)	-	-	1.40
미량 원소	Ca (%)	-	-	1.05
	Mg (%)	-	-	0.34
	Al (mg/kg)	-	-	821
	Fe (mg/kg)	-	-	1,428
	Mo (mg/kg)	-	-	5.51
	Mn (mg/kg)	-	-	260
	S (mg/kg)	-	-	3,397
	B (mg/kg)	-	-	20.56
평가	퇴비화기준 충족 여부	-	-	34 / 51
	비료공정규격 충족 여부	-	-	8 / 51

주1) 병원성미생물: 대장균 O157:H7 (Escherichia coli O157:H7), 살모넬라(Salmonella spp.)

주2) 종자발아법: 종자발아법, 발아지수(GI, Germination Index)

주2) 퇴비화 기준 충족 여부: 「가축분뇨법」 시행령, 별표3, “퇴비액비화기준”

주3) 비료공정규격 충족 여부: 「비료공정규격설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비”

표-90 한우퇴비의 비료성분 및 이화학적 성상(n=51)

항목(단위)		한우퇴비 1	한우퇴비 2	한우퇴비 3	한우퇴비 4	한우퇴비 5
비료 공정 규격	유기물 (%)	21.73	39.41	21.54	20.12	48.33
	As, Cd, Hg (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Pb (mg/kg)	3.21	4.16	4.86	3.67	3.96
	Cr (mg/kg)	8.31	4.80	8.53	6.54	6.87
	Cu (mg/kg)	59.75	31.06	49.90	51.71	60.45
	Ni (mg/kg)	3.21	2.61	3.94	2.44	4.03
	Zn (mg/kg)	194	173	306	328	320
	병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	C/N비	38.8	39.8	25.95	36.58	26.26
	NaCl (%)	2.60	1.01	1.86	2.33	2.32
	수분 (%)	73.91	49.85	67.32	71.73	26.94
	부숙도 [콤백]	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
	종자발아법 [GI]	116	75	115	56	54
	염산불용해물 (%)	0.65	1.16	1.67	1.22	2.09
화학성	pH[1:10]	8.41	8.36	8.43	8.58	8.56
	EC[1:10] (mS/cm)	5.28	5.00	6.13	4.25	7.65
비료 성분	N (%)	0.56	0.99	0.83	0.55	1.84
	NH ₄ -N (mg/kg)	321	655	1,329	289	751
	NO ₃ -N (mg/kg)	294	582	604	184	2,170
	P (%)	0.17	0.38	0.27	0.14	1.06
	K (%)	0.65	1.44	1.25	1.04	3.02
미량 원소	Ca (%)	0.55	1.04	0.86	0.53	2.53
	Mg (%)	0.17	0.33	0.27	0.13	0.8
	Al (mg/kg)	82	787	850	544	1,618
	Fe (mg/kg)	274	1,270	1,255	443	2,803
	Mo (mg/kg)	10.13	9.38	6.99	6.71	7.29
	Mn (mg/kg)	63	282	325	265	597
	S (mg/kg)	1,723	3,536	1,909	943	6,817
	B (mg/kg)	31.13	46.95	15.78	12.95	20.83
평가	퇴비화기준 충족 여부	X	O	O	X	O
	비료공정규격 충족 여부	X	O	X	X	X

주1) 병원성미생물: 대장균 O157:H7 (Escherichia coli O157:H7), 살모넬라(Salmonella spp.)

주2) 종자발아법: 종자발아법, 발아지수(GI, Germination Index)

주2) 퇴비화 기준 충족 여부: 「가축분뇨법」 시행령, 별표3, “퇴비액비화기준”

주3) 비료공정규격 충족 여부: 「비료공정규격설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비”

표-90 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 6	한우퇴비 7	한우퇴비 8	한우퇴비 9	한우퇴비 10
비료 공정 규격	유기물 (%)	31.76	25.87	40.15	70.04	18.72
	As, Cd, Hg (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Pb (mg/kg)	3.68	3.99	4.45	2.47	2.19
	Cr (mg/kg)	4.95	5.92	4.27	2.51	7.84
	Cu (mg/kg)	42.44	56.32	41.45	22.39	78.37
	Ni (mg/kg)	3.16	2.77	2.87	2.24	4.25
	Zn (mg/kg)	215	358	165	138	311
	병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	C/N비	37.36	39.19	39.75	34.5	31.72
	NaCl (%)	1.58	1.55	1.35	0.93	2.31
	수분 (%)	60.87	64.72	49.92	16.44	76.28
	부숙도 [콤백]	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
	종자발아법 [GI]	101	47	118	35	119
화학성	염산불용해물 (%)	1.05	1.41	1.54	1.81	0.75
	pH[1:10]	8.45	8.43	8.45	8.21	8.43
	EC[1:10] (mS/cm)	6.12	3.89	7.68	5.70	6.14
비료 성분	N (%)	0.85	0.66	1.01	2.03	0.59
	NH ₄ -N (mg/kg)	859	978	1,178	741	697
	NO ₃ -N (mg/kg)	537	578	316	342	377
	P (%)	0.23	0.25	0.35	0.81	0.27
	K (%)	1.21	0.98	1.47	2.29	0.76
미량 원소	Ca (%)	0.64	0.66	0.93	1.69	0.46
	Mg (%)	0.23	0.18	0.28	0.53	0.24
	Al (mg/kg)	410	813	474	500	438
	Fe (mg/kg)	482	795	582	896	569
	Mo (mg/kg)	6.12	6.01	6.71	7.29	5.84
	Mn (mg/kg)	85	237	210	136	129
	S (mg/kg)	2,697	1,057	2,046	4,135	1,354
	B (mg/kg)	16.94	15.80	18.84	25.91	22.36
평가	퇴비화기준 충족 여부	O	O	O	O	X
	비료공정규격 충족 여부	X	X	O	O	X

주1) 병원성미생물: 대장균 O157:H7 (Escherichia coli O157:H7), 살모넬라(Salmonella spp.)

주2) 종자발아법: 종자발아법, 발아지수(GI, Germination Index)

주2) 퇴비화 기준 충족 여부: 「가축분뇨법」 시행령, 별표3, “퇴비액비화기준”

주3) 비료공정규격 충족 여부: 「비료공정규격설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비”

표-90 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 11	한우퇴비 12	한우퇴비 13	한우퇴비 14	한우퇴비 15
비료 공정 규격	유기물 (%)	30.55	21.45	32.01	19.93	61.64
	As, Cd, Hg (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Pb (mg/kg)	4.14	5.94	2.89	5.86	3.69
	Cr (mg/kg)	4.83	8.38	6.30	7.17	7.63
	Cu (mg/kg)	39.35	72.83	43.79	40.83	93.72
	Ni (mg/kg)	4.78	5.59	3.02	2.97	5.46
	Zn (mg/kg)	165	508	274	184	338
	병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	C/N비	29.09	22.57	29.12	34.96	24.46
	NaCl (%)	2.59	1.32	2.23	0.50	2.83
	수분 (%)	63.84	63.15	55.77	74.09	8.49
	부숙도 [콤백]	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
	종자발아법 [GI]	60	95	109	51	50
화학성	염산불용해물 (%)	0.84	2.13	1.38	0.89	3.08
	pH[1:10]	8.69	8.76	8.50	8.40	8.11
비료 성분	EC[1:10] (mS/cm)	6.93	4.92	5.85	3.42	7.23
	N (%)	0.99	0.95	1.1	0.57	2.52
	NH ₄ -N (mg/kg)	2,446	108	1,001	494	1,521
	NO ₃ -N (mg/kg)	238	676	514	338	560
	P (%)	0.38	0.66	0.49	0.13	1.62
미량 원소	K (%)	1.22	1.23	1.28	0.52	3.03
	Ca (%)	0.88	1.35	1.22	0.32	2.65
	Mg (%)	0.26	0.48	0.39	0.12	0.95
	Al (mg/kg)	841	1,082	944	675	1,898
	Fe (mg/kg)	713	1,565	1,220	581	3,140
	Mo (mg/kg)	5.34	5.75	4.76	6.65	7.98
	Mn (mg/kg)	115	393	243	230	660
	S (mg/kg)	2,651	2,513	3,151	947	6,699
평가	B (mg/kg)	12.94	28.13	10.52	18.08	40.67
	퇴비화기준 충족 여부	X	O	O	X	X
비료공정규격 충족 여부		X	X	X	X	X

주1) 병원성미생물: 대장균 O157:H7 (Escherichia coli O157:H7), 살모넬라(Salmonella spp.)

주2) 종자발아법: 종자발아법, 발아지수(GI, Germination Index)

주2) 퇴비화 기준 충족 여부: 「가축분뇨법」 시행령, 별표3, “퇴비액비화기준”

주3) 비료공정규격 충족 여부: 「비료공정규격설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비”

표-90 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 16	한우퇴비 17	한우퇴비 18	한우퇴비 19	한우퇴비 20
비료 공정 규격	유기물 (%)	46.94	60.36	32.64	60.58	22.27
	As, Cd, Hg (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Pb (mg/kg)	4.01	3.79	6.27	3.57	6.00
	Cr (mg/kg)	4.71	5.26	6.96	4.75	6.35
	Cu (mg/kg)	47.69	49.16	46.90	43.86	57.28
	Ni (mg/kg)	3.01	3.55	4.07	3.11	3.48
	Zn (mg/kg)	285	300	204	231	316
	병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	C/N비	25.51	24.73	31.68	31.22	27.49
	NaCl (%)	2.46	2.62	2.38	2.73	2.05
	수분 (%)	30.29	12.03	40.88	10.89	65.87
	부숙도 [콤백]	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
	종자발아법 [GI]	52	36	63	86	56
화학성	염산불용해물 (%)	3.14	2.41	3.44	3.7	1.54
	pH[1:10]	8.68	8.29	8.47	8.42	8.75
비료 성분	EC[1:10] (mS/cm)	7.76	8.13	8.73	7.26	7.56
	N (%)	1.84	2.44	1.03	1.94	0.81
미량 원소	NH ₄ -N (mg/kg)	547	1,349	592	1,014	836
	NO ₃ -N (mg/kg)	973	968	493	522	374
	P (%)	0.7	2.94	0.41	1.19	0.39
	K (%)	3.41	3.04	1.81	3.1	1.4
	Ca (%)	1.64	3.27	1.45	3.17	1.08
	Mg (%)	0.66	1.04	0.41	0.92	0.36
	Al (mg/kg)	1,250	1,126	1,739	1,484	1,224
평가	Fe (mg/kg)	1,790	2,371	3,389	2,494	1,586
	Mo (mg/kg)	7.88	8.35	13.58	10.11	8.43
	Mn (mg/kg)	525	436	248	581	139
	S (mg/kg)	5,519	19,629	4,379	6,489	1,906
	B (mg/kg)	20.10	24.85	18.99	28.53	19.75
	퇴비화기준 충족 여부	O	X	O	X	O
	비료공정규격 충족 여부	X	X	X	X	X

주1) 병원성미생물: 대장균 O157:H7 (Escherichia coli O157:H7), 살모넬라(Salmonella spp.)

주2) 종자발아법: 종자발아법, 발아지수(GI, Germination Index)

주2) 퇴비화 기준 충족 여부: 「가축분뇨법」 시행령, 별표3, “퇴비액비화기준”

주3) 비료공정규격 충족 여부: 「비료공정규격설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비”

표-90 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 21	한우퇴비 22	한우퇴비 23	한우퇴비 24	한우퇴비 25
비료 공정 규격	유기물 (%)	63.12	21.33	60.59	35.43	49.26
	As, Cd, Hg (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Pb (mg/kg)	2.95	7.03	3.34	5.38	불검출
	Cr (mg/kg)	4.58	6.62	3.78	3.21	2.30
	Cu (mg/kg)	44.11	64.07	41.92	19.50	22.68
	Ni (mg/kg)	3.41	4.51	2.45	1.65	1.52
	Zn (mg/kg)	251	294	262	125	125
	병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	C/N비	28.56	26.01	37.4	59.05	79.45
	NaCl (%)	2.12	1.71	1.27	0.62	1.46
	수분 (%)	11.25	63.9	9.14	57.08	41.46
	부숙도 [콤백]	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
	종자발아법 [GI]	60	98	68	93	74
화학성	염산불용해물 (%)	3.33	1.92	3.93	0.97	1.2
	pH[1:10]	8.33	8.68	8.63	8.43	8.44
비료 성분	EC[1:10] (mS/cm)	6.41	5.60	5.47	2.96	8.53
	N (%)	2.21	0.82	1.62	0.6	0.62
	NH ₄ -N (mg/kg)	1,055	847	911	893	504
	NO ₃ -N (mg/kg)	501	259	423	419	567
	P (%)	0.89	0.38	0.71	0.19	0.28
	K (%)	2.8	1.24	2.42	0.89	1.08
미량 원소	Ca (%)	2.73	0.96	1.88	0.64	0.63
	Mg (%)	0.86	0.32	0.7	0.17	0.27
	Al (mg/kg)	1,894	1,183	1,609	736	474
	Fe (mg/kg)	3,458	1,348	2,635	1,789	571
	Mo (mg/kg)	7.91	5.97	7.5	7.39	6.78
	Mn (mg/kg)	447	256	504	167	161
	S (mg/kg)	6,689	2,434	7,188	2,039	1,745
평가	B (mg/kg)	25.76	13.61	23.75	16.48	25.18
	퇴비화기준 충족 여부	O	O	O	O	O
평가	비료공정규격 충족 여부	X	X	O	X	X

주1) 병원성미생물: 대장균 O157:H7 (Escherichia coli O157:H7), 살모넬라(Salmonella spp.)

주2) 종자발아법: 종자발아법, 발아지수(GI, Germination Index)

주2) 퇴비화 기준 충족 여부: 「가축분뇨법」 시행령, 별표3, “퇴비액비화기준”

주3) 비료공정규격 충족 여부: 「비료공정규격설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비”

표-90 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 26	한우퇴비 27	한우퇴비 28	한우퇴비 29	한우퇴비 30
비료 공정 규격	유기물 (%)	32.94	27.59	18.65	26.76	33.51
	As, Cd, Hg (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Pb (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Cr (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	1.61
	Cu (mg/kg)	36.58	30.65	39.65	29.01	89.66
	Ni (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	0.71
	Zn (mg/kg)	144	118	65	92	263
	병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	C/N비	29.94	36.78	35.18	42.47	24.10
	NaCl (%)	1.96	1.72	2.46	0.94	2.82
	수분 (%)	52.09	61.64	77.28	69.39	53.65
	부숙도 [콤백]	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
	종자발아법 [GI]	128	84	62	118	78
화학성	염산불용해물 (%)	1.94	1.40	0.52	0.50	1.66
	pH[1:10]	7.90	9.09	8.86	9.31	8.83
	EC[1:10] (mS/cm)	6.60	4.86	4.31	2.22	7.22
비료 성분	N (%)	1.10	0.76	0.53	0.64	1.39
	NH ₄ -N (mg/kg)	324	278	991	1,442	1,538
	NO ₃ -N (mg/kg)	1,622	835	425	288	961
	P (%)	0.34	0.26	0.17	0.19	0.63
	K (%)	1.43	0.95	0.45	0.39	1.60
미량 원소	Ca (%)	0.89	0.70	0.47	0.41	1.07
	Mg (%)	0.28	0.15	0.11	0.11	0.39
	Al (mg/kg)	1,058	592	173	189	557
	Fe (mg/kg)	1,557	600	245	334	1,249
	Mo (mg/kg)	3.84	3.42	3.59	3.38	3.64
	Mn (mg/kg)	271	183	82	71	269
	S (mg/kg)	3,816	2,439	1,416	803	5,685
평가	B (mg/kg)	22.07	12.18	11.48	9.97	14.29
	퇴비화기준 충족 여부	O	O	X	O	X
비료공정규격 충족 여부		O	X	X	X	X

주1) 병원성미생물: 대장균 O157:H7 (Escherichia coli O157:H7), 살모넬라(Salmonella spp.)

주2) 종자발아법: 종자발아법, 발아지수(GI, Germination Index)

주2) 퇴비화 기준 충족 여부: 「가축분뇨법」 시행령, 별표3, “퇴비액비화기준”

주3) 비료공정규격 충족 여부: 「비료공정규격설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비”

표-90 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 31	한우퇴비 32	한우퇴비 33	한우퇴비 34	한우퇴비 35
비료 공정 규격	유기물 (%)	31.25	17.13	19.94	28.03	26.81
	As, Cd, Hg (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Pb (mg/kg)	6.69	불검출	불검출	6.45	불검출
	Cr (mg/kg)	2.79	불검출	불검출	4.04	불검출
	Cu (mg/kg)	35.69	45.57	81.78	43.70	34.03
	Ni (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Zn (mg/kg)	227	173	304	187	89
	병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	C/N비	28.93	29.03	28.08	28.31	41.89
	NaCl (%)	2.79	0.74	2.41	1.61	1.60
	수분 (%)	54.89	78.65	71.02	57.26	67.68
	부숙도 [콤백]	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
	종자발아법 [GI]	88	77	65	140	49
	염산불용해물 (%)	1.80	0.54	1.17	1.91	0.71
화학성	pH[1:10]	9.72	8.80	9.32	8.83	8.51
	EC[1:10] (mS/cm)	7.53	2.60	4.90	5.18	3.97
비료 성분	N (%)	1.08	0.60	0.71	1.00	0.64
	NH ₄ -N (mg/kg)	162	796	591	471	350
	NO ₃ -N (mg/kg)	810	1,327	296	785	763
	P (%)	0.48	0.13	0.50	0.44	0.24
	K (%)	1.87	0.48	1.64	1.17	0.53
미량 원소	Ca (%)	0.85	0.20	0.90	1.10	0.52
	Mg (%)	0.34	0.08	0.43	0.34	0.16
	Al (mg/kg)	968	243	528	1,470	270
	Fe (mg/kg)	8,766	388	1,131	2,371	418
	Mo (mg/kg)	4.36	2.57	3.99	4.02	2.88
	Mn (mg/kg)	284	114	146	345	119
	S (mg/kg)	2,872	1,054	2,584	2,423	2,017
	B (mg/kg)	21.46	7.87	16.45	16.87	36.26
평가	퇴비화기준 충족 여부	X	X	X	O	O
	비료공정규격 충족 여부	X	X	X	X	X

주1) 병원성미생물: 대장균 O157:H7 (Escherichia coli O157:H7), 살모넬라(Salmonella spp.)

주2) 종자발아법: 종자발아법, 발아지수(GI, Germination Index)

주2) 퇴비화 기준 충족 여부: 「가축분뇨법」 시행령, 별표3, “퇴비액비화기준”

주3) 비료공정규격 충족 여부: 「비료공정규격설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비”

표-90 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 36	한우퇴비 37	한우퇴비 38	한우퇴비 39	한우퇴비 40
비료 공정 규격	유기물 (%)	37.48	26.20	26.94	20.26	24.21
	As, Cd, Hg (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Pb (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	6.44	불검출
	Cr (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	5.00	불검출
	Cu (mg/kg)	33.31	30.25	65.99	55.63	31.87
	Ni (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	1.18	불검출
	Zn (mg/kg)	153	69	153	237	90
	병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	C/N비	30.72	38.52	24.05	22.51	45.67
	NaCl (%)	1.10	1.59	0.92	1.13	1.38
	수분 (%)	46.72	64.87	63.12	62	69.63
	부숙도 [콤백]	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
	종자발아법 [GI]	143	159	96	108	79
화학성	염산불용해물 (%)	2.05	1.16	1.29	2.30	0.80
	pH[1:10]	9.67	9.12	9.04	9.57	8.14
비료 성분	EC[1:10] (mS/cm)	6.00	5.10	6.34	4.92	3.99
	N (%)	1.22	0.68	1.12	0.90	0.53
	NH ₄ -N (mg/kg)	365	278	1,442	743	385
	NO ₃ -N (mg/kg)	730	556	481	446	257
	P (%)	0.42	0.24	0.32	0.34	0.19
	K (%)	1.66	0.93	0.97	1.26	0.70
미량 원소	Ca (%)	1.01	0.46	0.57	1.03	0.49
	Mg (%)	0.39	0.13	0.16	0.34	0.12
	Al (mg/kg)	959	598	352	1,645	183
	Fe (mg/kg)	1,120	776	569	2,475	326
	Mo (mg/kg)	4.24	3.48	3	4.05	2.72
	Mn (mg/kg)	414	75	241	357	115
	S (mg/kg)	3,528	2,529	2,812	2,796	1,651
	B (mg/kg)	15.10	20.24	41.51	13.43	9.08
평가	퇴비화기준 충족 여부	O	O	O	O	O
	비료공정규격 충족 여부	O	X	X	X	X

주1) 병원성미생물: 대장균 O157:H7 (Escherichia coli O157:H7), 살모넬라(Salmonella spp.)

주2) 종자발아법: 종자발아법, 발아지수(GI, Germination Index)

주2) 퇴비화 기준 충족 여부: 「가축분뇨법」 시행령, 별표3, “퇴비액비화기준”

주3) 비료공정규격 충족 여부: 「비료공정규격설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비”

표-90 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 41	한우퇴비 42	한우퇴비 43	한우퇴비 44	한우퇴비 45
비료 공정 규격	유기물 (%)	20.06	26.8	38.58	25.53	24.09
	As, Cd, Hg (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Pb (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Cr (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	1.79
	Cu (mg/kg)	49.14	37.63	35.78	61.82	106.20
	Ni (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Zn (mg/kg)	142	141	145	185	299
	병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	C/N비	25.71	53.60	29.90	31.91	22.30
	NaCl (%)	2.93	0.91	1.68	2.00	3.00
	수분 (%)	74.77	66.28	40.48	65.13	68.74
	부숙도 [콤백]	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
	종자발아법 [GI]	56	102	141	97	47
화학성	염산불용해물 (%)	0.67	0.89	2.72	1.21	0.93
	pH[1:10]	8.34	9.30	7.35	9.29	8.64
비료 성분	EC[1:10] (mS/cm)	5.41	3.11	9.07	4.43	5.12
	N (%)	0.79	0.50	1.29	0.81	1.09
	NH ₄ -N (mg/kg)	1,148	467	365	1,907	2,439
	NO ₃ -N (mg/kg)	287	311	1,826	520	1,045
	P (%)	0.31	0.17	0.43	0.27	0.32
미량 원소	K (%)	0.74	0.63	1.75	0.82	0.74
	Ca (%)	0.56	0.35	1.19	0.66	0.63
	Mg (%)	0.17	0.11	0.40	0.15	0.17
	Al (mg/kg)	97	293	1,259	176	747
	Fe (mg/kg)	245	561	2,354	439	1,328
	Mo (mg/kg)	2.80	3.20	4.71	3.05	3.56
	Mn (mg/kg)	69	179	506	184	201
	S (mg/kg)	1,173	1,199	5,525	1,738	3,070
평가	B (mg/kg)	16.24	20.18	17.07	11.87	11.61
	퇴비화기준 충족 여부	X	O	O	O	X
비료공정규격 충족 여부		X	X	O	X	X

주1) 병원성미생물: 대장균 O157:H7 (Escherichia coli O157:H7), 살모넬라(Salmonella spp.)

주2) 종자발아법: 종자발아법, 발아지수(GI, Germination Index)

주2) 퇴비화 기준 충족 여부: 「가축분뇨법」 시행령, 별표3, “퇴비액비화기준”

주3) 비료공정규격 충족 여부: 「비료공정규격설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비”

표-90 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 46	한우퇴비 47	한우퇴비 48	한우퇴비 49	한우퇴비 50	한우퇴비 51
비료 공정 규격	유기물 (%)	29.05	24.83	54.46	19.91	24.2	32.72
	As, Cd, Hg (mg/kg)	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	Pb (mg/kg)	불검출	불검출	0.39	6.45	불검출	불검출
	Cr (mg/kg)	불검출	3.49	0.25	불검출	1.22	불검출
	Cu (mg/kg)	58.61	64.28	5.62	35.01	39.54	25.64
	Ni (mg/kg)	불검출	1.13	0.13	불검출	불검출	불검출
	Zn (mg/kg)	154	320	21	146	125	82
	병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
	C/N비	35.86	32.24	22.13	34.32	34.57	49.57
	NaCl (%)	1.13	3.01	1.88	3.52	1.00	1.25
	수분 (%)	63.9	62.84	13.75	71.38	69.1	57.88
	부숙도 [콤팩]	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
	종자발아법 [GI]	53	129	79	66	121	137
화학 성	염산불용해물 (%)	0.91	1.60	4.13	1.13	0.87	1.22
	pH[1:10]	8.79	8.86	7.85	9.53	9.48	9.31
비료 성분	EC[1:10] (mS/cm)	4.72	10.04	14.51	5.80	2.94	4.04
	N (%)	0.81	0.78	2.47	0.58	0.71	0.67
	NH ₄ -N (mg/kg)	1,723	645	776	341	327	181
	NO ₃ -N (mg/kg)	517	322	3,494	682	981	544
	P (%)	0.36	0.67	0.99	0.23	0.19	0.18
	K (%)	0.70	1.94	2.68	0.97	0.81	0.86
미량 원소	Ca (%)	0.46	1.59	2.33	0.45	0.47	0.54
	Mg (%)	0.16	0.46	0.80	0.14	0.13	0.15
	Al (mg/kg)	445	1,026	1,842	570	449	485
	Fe (mg/kg)	711	1,627	2,982	1,233	474	506
	Mo (mg/kg)	3.11	3.81	4.92	3.19	4.69	4
	Mn (mg/kg)	139	385	700	74	151	132
	S (mg/kg)	2,593	7,243	8,550	951	1,454	1,139
	B (mg/kg)	10.77	24.02	31.91	50.99	17.98	13.03
평가	퇴비화기준 충족 여부	O	X	O	X	O	O
	비료공정규격 충족 여부	X	X	O	X	X	X

주1) 병원성미생물: 대장균 O157:H7 (Escherichia coli O157:H7), 살모넬라(Salmonella spp.)

주2) 종자발아법: 종자발아법, 발아지수(GI, Germination Index)

주2) 퇴비화 기준 충족 여부: 「가축분뇨법」 시행령, 별표3, “퇴비액비화기준”

주3) 비료공정규격 충족 여부: 「비료공정규격설정 및 지정」 별표3, “가축분퇴비”

다) 한우퇴비 우수성 검토: 한우퇴비의 고품질화 가능성 평가

- 현재 “비료공정규격”은 퇴비로서 최소한 항목 기준으로 유해성의 여부 정도만 평가하고 있음. 따라서 한우퇴비의 이용 및 경축순환 활성화를 위해서는 수요자(경종농가) 중심으로 품질 개선 및 고도화의 전략이 필요함.

- 일본 토치기현의 경우 가축분뇨 퇴비 품질평가 기준을 수립·운영한 바 있음.³³⁾ 주요 내용은 다음과 같음.

- 12개 지역 현 단위 퇴비품질회 및 선진사례 등을 참조하면서 평가기준 시안을 수립함. 이를 토대로 평가와 개정을 거듭하고 기초자료로 활용하기 위한 퇴비화 과정에서 각종 품질 추이 조사, 각종 평가법 검증작업을 실시함.

- 퇴비화 과정에 따른 품질조사 결과 대부분의 측정 항목에서 일정한 경향이 나타나 퇴비화에 따른 품질 변화 모습이 밝혀졌음. 90일째에 건물의 40%, 유기물의 50%가 분해되어 완숙이라고 규정할 수 있었음.

- 평가법의 실증에 대해서는 생물적 평가법인 '지렁이 평가법'과 '발아시험'에 대해 검증하였음.

- 이러한 결과를 토대로 품질평가기준을 책정해 현 단위 퇴비품질회의 심사기준에 응용하고, 평가 결과를 퇴비 이용 촉진에 활용하기 위해 품질평가에 관한 안내서를 작성하였음.

- 토치기현 가축분 퇴비 품질평가 기준 책정 시의 검토과제는 다음과 같으며, 이를 고려한 퇴비 품질 평가표는 다음 표에 나타냄.

- 이용자(시용하는 경종농가) 측의 요구에 대한 평가범위 선정

- 퇴비 생산자(축산농가)의 품질 개선 불가능/가능한 요소 범위 선정

- 색상의 심사여부

33) 脇阪 浩、阿部正夫、杉本俊昭、斎藤忠史 (2001) 家畜ふん堆肥の品質因子に関する研究-1 家畜ふん堆肥品質評価基準の策定- (栃木畜試研報 第17号 pp16-29)

-각종 부숙도 판정법의 채택 유기물량, 난분해성 유기물, BOD, 투시도 등 채택 여부

-비료 성분 값의 평점화

-양돈분뇨 퇴비에 대한 질산화 관련 채택 여부

표-91 일본 토치기현의 가축분뇨 퇴비 품질평가 기준

퇴비 생산자의 활동현황 평가항목		←양질		평점(평가구분)		불량→	
생산퇴비의 유통현황 [5점]		50% 이상 유통 [5]		50% 미만 유통 [3]		100% 자가 이용 [3]	
퇴비 성분분석 유무 [5점]		4회 이상 또는 정기적 실시 [5]		1~3회 실시 [3]		미실시 [3]	
퇴비품질 평가항목		←양질		평점(평가구분)		불량→	
화학 분석 [60점]	수분(%) [10점]	45미만 [10]		45~60미만 [6]		60이상 [2]	
	pH(수소이온농도) [5점]	6.0~9.5미만 [5]				6.0미만 또는 9.5이상 [3]	
	EC(전기전도도) (mS/cm) [5점]	3미만 [5]	3~4미만 [4]	4~6미만 [3]	6~8미만 [2]	8~10미만 [1]	10이상 [0]
	암모니아질소량 (mg/건물 100g) [10점]	0~20미만 [10]	20~50미만 [8]	50~200미만 [6]		200~300미만 [4]	300이상 [2]
	질산태질소/무기태질소(%) [5점]	80이상 [5]	60~80미만 [4]	40~60미만 [3]		20~40미만 [2]	20미만 [1]
	C/N비(탄소율) [5점]	5~20미만 [5]		5미만 또는 20~30미만 [3]		30이상 [1]	
	비료성분 밸런스 (소만 해당) [5점]	*비효율을 곱한 칼륨/ 질소비가 5.0 미만 [5]				비효율을 곱한 칼륨/ 질소비가 5.0이상 [3]	
	중금속 농도 (돼지만 해당) [5점]	현물 중 Cu 300ppm, Zn 900ppm 미만 [5]				현물 중 Cu 300ppm, 또는 Zn 900ppm 이상 [3]	
	염소이온 농도 (건물 중%) [5점]	0.5미만 [5]		0.5~1.0미만 [3]		1.0이상 [0]	
	온탕추출 발아시험 (소송채 발아지수) (%) [10점]	80이상 [10]	60~80미만 [8]	40~60미만 [6]		20~40미만 [4]	20미만 [2]
현물 심사 [30점]	냄새 [10점]	퇴비 냄새, 토양 냄새, 무취		암모니아 냄새, 곰팡이 냄새		분뇨 냄새, 부패 냄새, 악취	
		[10]	[8]	[6]	[4]	[2]	[0]
	형상·촉감 [15점]	균일, 부자재가 쉽게 무너짐		일부 덩어리가 있어 부자재가 많이 무너짐		분 덩어리, 오물감, 끈적임, 부자재가 원형을 보존	
		[15]	[12]	[9]	[6]	[3]	[0]
이물질 혼입 5점		없음 [5]		나무조각, 작은 돌, 식물뿌리 등을 확인 [3]		플라스틱, 금속, 나무조각, 작은 돌, 식물뿌리 등을 확인 [0]	

주1) 비효율: 여러 가지 비료를 사용하여 작물을 재배한 후 그 수확량을 비교하여 비료의 효과를 판정하는 수치.

자료) 脇阪 浩、阿部正夫、杉本俊昭、斎藤忠史 (2001) 家畜ふん堆肥の品質因子に関する研究-1 家畜ふん堆肥品質評価基準の策定- (栃木畜試研報 第17号 pp16~29)

○ 본 연구에서는 일본 퇴비 품질 점수화 사례를 기반으로 작물 생육에 필요한 필수요소인 N, P, K 또는 NO₃-N(질산성질소), NH₄-N(암모니아성질소), 현물심사(악취, 수분, 이물질) 이외에 업주의 관리 태도(교반, 송풍, 온도, 퇴비기록 관리대장) 등 여러 측면을 고려한 수요자 중심의 “고품질 한우퇴비 품질 평가기준(안)”을 도출하였음.

-고품질 한우퇴비 품질 평가기준(안)의 평가 개요는 기본적으로 국내 비료공정규격의 “가축분퇴비”의 기준항목을 모두 만족한 후 필수 표시항목인 pH, N, P, K를 제시하고, 세부 항목인 NaCl, 종자발아법(GI), EC, NH₄-N, NO₃-N의 항목에 대하여 25점 만점으로 점수화하는 것이 골자임.

-단, “가축분퇴비”의 기준항목 평가 시에는 부숙도(콤백 또는 솔비타 부숙완료) 및 종자발아법(GI 70 이상)을 모두 만족하는 것으로 함.

비료공정규격		[필수 표시 항목] pH, N, P, K					
항목(단위)	가축분퇴비	[고품질 한우퇴비 점수화 (25점 만점)]					
유기물 (%)	30 이상	항목(단위)	5점	4점	3점	2점	1점
As (mg/kg)	45 이하	종자발아법 [GI]	110이상	100이상 110미만	90이상 100미만	80이상 90미만	80미만
Cd (mg/kg)	5 이하	NaCl (%)	0.5미만	0.5이상 1.0미만	1.0이상 1.5미만	1.5이상 2.0미만	2.0이상
Hg (mg/kg)	2 이하	EC[1:10] (mS/cm)	3미만	3이상 5미만	5이상 7미만	7이상 10미만	10이상
Pb (mg/kg)	130 이하	NH ₄ -N (mg/kg)	50미만	50이상 200미만	200이상 350미만	350이상 500미만	500이상
Cr (mg/kg)	200 이하	NO ₃ -N (mg/kg)	500이상	400이상 500미만	300이상 400미만	200이상 300미만	200미만
Cu (mg/kg)	360 이하						
Ni (mg/kg)	45 이하						
Zn (mg/kg)	900 이하						
병원성미생물	불검출						
C/N비	45 이하						
NaCl (%)	2.0 이하						
수분 (%)	55 이하						
부숙도	부숙완료						
종자발아법 [GI]	70						
염산불용해물 (%)	20 이하						

그림-72 고품질 한우퇴비 품질평가 기준(안)

○ 본 연구에서 제시한 고품질 한우퇴비 품질평가를 51개 한우퇴비에 대해서 평가하였음(단, 필수항목인 비료공정규격을 모두 만족하는 것으로 가정함).

-평가 결과 한우퇴비(n=51)의 평균 점수는 25점 만점 중 13점을 기록하였으며, 최저 점수는 8점, 최고 점수는 21점을 기록하였음.

-이는 한우퇴비의 고품질화 가능성을 보여주는 사례라 할 수 있음.

표-92 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(평균)(n=51)

항목(단위)			평균
부숙도	종자발아법	[GI]	86
염분	NaCl	(%)	1.85
화학적	pH[1:10]		8.69
	EC[1:10]	(mS/cm)	5.87
비료 성분	N	(%)	1.05
	NH ₄ -N	(mg/kg)	831
	NO ₃ -N	(mg/kg)	685
	P	(%)	0.48
	K	(%)	1.40
고품질 퇴비 점수화			13점

표-93 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(개별)(n=51)

항목(단위)			한우퇴비 1	한우퇴비 2	한우퇴비 3	한우퇴비 4	한우퇴비 5
부숙도	종자발아법	[GI]	116	75	115	56	54
염분	NaCl	(%)	2.60	1.01	1.86	2.33	2.32
화학적	pH[1:10]		8.41	8.36	8.43	8.58	8.56
	EC[1:10]	(mS/cm)	5.28	5.00	6.13	4.25	7.65
비료 성분	N	(%)	0.56	0.99	0.83	0.55	1.84
	NH ₄ -N	(mg/kg)	321	655	1,329	289	751
	NO ₃ -N	(mg/kg)	294	582	604	184	2,170
	P	(%)	0.17	0.38	0.27	0.14	1.06
	K	(%)	0.65	1.44	1.25	1.04	3.02
고품질 퇴비 점수화			14점	13점	16점	10점	10점

표-93 (계속)

항목(단위)			한우퇴비 6	한우퇴비 7	한우퇴비 8	한우퇴비 9	한우퇴비 10
부숙도	종자발아법	[GI]	101	47	118	35	119
염분	NaCl	(%)	1.58	1.55	1.35	0.93	2.31
화학적	pH[1:10]		8.45	8.43	8.45	8.21	8.43
	EC[1:10]	(mS/cm)	6.12	3.89	7.68	5.70	6.14
비료 성분	N	(%)	0.85	0.66	1.01	2.03	0.59
	NH ₄ -N	(mg/kg)	859	978	1,178	741	697
	NO ₃ -N	(mg/kg)	537	578	316	342	377
	P	(%)	0.23	0.25	0.35	0.81	0.27
	K	(%)	1.21	0.98	1.47	2.29	0.76
고품질 퇴비 점수화			15점	13점	14점	12점	13점

표-93 (계속)

항목(단위)			한우퇴비 11	한우퇴비 12	한우퇴비 13	한우퇴비 14	한우퇴비 15
부속도	종자발아법	[GI]	60	95	109	51	50
염분	NaCl	(%)	2.59	1.32	2.23	0.50	2.83
화학성	pH[1:10]		8.69	8.76	8.50	8.40	8.11
	EC[1:10]	(mS/cm)	6.93	4.92	5.85	3.42	7.23
비료 성분	N	(%)	0.99	0.95	1.1	0.57	2.52
	NH ₄ -N	(mg/kg)	2,446	108	1,001	494	1,521
	NO ₃ -N	(mg/kg)	238	676	514	338	560
	P	(%)	0.38	0.66	0.49	0.13	1.62
	K	(%)	1.22	1.23	1.28	0.52	3.03
고품질 퇴비 점수화			8점	19점	14점	14점	10점

표-93 (계속)

항목(단위)			한우퇴비 16	한우퇴비 17	한우퇴비 18	한우퇴비 19	한우퇴비 20
부속도	종자발아법	[GI]	52	36	63	86	56
염분	NaCl	(%)	2.46	2.62	2.38	2.73	2.05
화학성	pH[1:10]		8.68	8.29	8.47	8.42	8.75
	EC[1:10]	(mS/cm)	7.76	8.13	8.73	7.26	7.56
비료 성분	N	(%)	1.84	2.44	1.03	1.94	0.81
	NH ₄ -N	(mg/kg)	547	1,349	592	1,014	836
	NO ₃ -N	(mg/kg)	973	968	493	522	374
	P	(%)	0.7	2.94	0.41	1.19	0.39
	K	(%)	3.41	3.04	1.81	3.1	1.4
고품질 퇴비 점수화			10점	10점	9점	11점	8점

표-93 (계속)

항목(단위)			한우퇴비 21	한우퇴비 22	한우퇴비 23	한우퇴비 24	한우퇴비 25
부속도	종자발아법	[GI]	60	98	68	93	74
염분	NaCl	(%)	2.12	1.71	1.27	0.62	1.46
화학성	pH[1:10]		8.33	8.68	8.63	8.43	8.44
	EC[1:10]	(mS/cm)	6.41	5.60	5.47	2.96	8.53
비료 성분	N	(%)	2.21	0.82	1.62	0.6	0.62
	NH ₄ -N	(mg/kg)	1,055	847	911	893	504
	NO ₃ -N	(mg/kg)	501	259	423	419	567
	P	(%)	0.89	0.38	0.71	0.19	0.28
	K	(%)	2.8	1.24	2.42	0.89	1.08
고품질 퇴비 점수화			11점	11점	12점	17점	12점

표-93 (계속)

항목(단위)			한우퇴비 26	한우퇴비 27	한우퇴비 28	한우퇴비 29	한우퇴비 30
부숙도	종자발아법	[GI]	128	84	62	118	78
염분	NaCl	(%)	1.96	1.72	2.46	0.94	2.82
화학적	pH[1:10]		7.90	9.09	8.86	9.31	8.83
	EC[1:10]	(mS/cm)	6.60	4.86	4.31	2.22	7.22
비료 성분	N	(%)	1.10	0.76	0.53	0.64	1.39
	NH ₄ -N	(mg/kg)	324	278	991	1,442	1,538
	NO ₃ -N	(mg/kg)	1,622	835	425	288	961
	P	(%)	0.34	0.26	0.17	0.19	0.63
	K	(%)	1.43	0.95	0.45	0.39	1.60
고품질 퇴비 점수화			18점	16점	11점	17점	10점

표-93 (계속)

항목(단위)			한우퇴비 31	한우퇴비 32	한우퇴비 33	한우퇴비 34	한우퇴비 35
부숙도	종자발아법	[GI]	88	77	65	140	49
염분	NaCl	(%)	2.79	0.74	2.41	1.61	1.60
화학적	pH[1:10]		9.72	8.80	9.32	8.83	8.51
	EC[1:10]	(mS/cm)	7.53	2.60	4.90	5.18	3.97
비료 성분	N	(%)	1.08	0.60	0.71	1.00	0.64
	NH ₄ -N	(mg/kg)	162	796	591	471	350
	NO ₃ -N	(mg/kg)	810	1,327	296	785	763
	P	(%)	0.48	0.13	0.50	0.44	0.24
	K	(%)	1.87	0.48	1.64	1.17	0.53
고품질 퇴비 점수화			14점	16점	9점	17점	14점

표-93 (계속)

항목(단위)			한우퇴비 36	한우퇴비 37	한우퇴비 38	한우퇴비 39	한우퇴비 40
부숙도	종자발아법	[GI]	143	159	96	108	79
염분	NaCl	(%)	1.10	1.59	0.92	1.13	1.38
화학적	pH[1:10]		9.67	9.12	9.04	9.57	8.14
	EC[1:10]	(mS/cm)	6.00	5.10	6.34	4.92	3.99
비료 성분	N	(%)	1.22	0.68	1.12	0.90	0.53
	NH ₄ -N	(mg/kg)	365	278	1,442	743	385
	NO ₃ -N	(mg/kg)	730	556	481	446	257
	P	(%)	0.42	0.24	0.32	0.34	0.19
	K	(%)	1.66	0.93	0.97	1.26	0.70
고품질 퇴비 점수화			18점	18점	15점	16점	12점

표-93 (계속)

항목(단위)			한우퇴비 41	한우퇴비 42	한우퇴비 43	한우퇴비 44	한우퇴비 45
부숙도	종자발아법	[GI]	56	102	141	97	47
염분	NaCl	(%)	2.93	0.91	1.68	2.00	3.00
화학성	pH[1:10]		8.34	9.30	7.35	9.29	8.64
	EC[1:10]	(mS/cm)	5.41	3.11	9.07	4.43	5.12
비료 성분	N	(%)	0.79	0.50	1.29	0.81	1.09
	NH ₄ -N	(mg/kg)	1,148	467	365	1,907	2,439
	NO ₃ -N	(mg/kg)	287	311	1,826	520	1,045
	P	(%)	0.31	0.17	0.43	0.27	0.32
	K	(%)	0.74	0.63	1.75	0.82	0.74
고품질 퇴비 점수화			8점	17점	16점	14점	11점

표-93 (계속)

항목(단위)			한우퇴비 46	한우퇴비 47	한우퇴비 48	한우퇴비 49	한우퇴비 50	한우퇴비 51
부숙도	종자발아법	[GI]	53	129	79	66	121	137
염분	NaCl	(%)	1.13	3.01	1.88	3.52	1.00	1.25
화학성	pH[1:10]		8.79	8.86	7.85	9.53	9.48	9.31
	EC[1:10]	(mS/cm)	4.72	10.04	14.51	5.80	2.94	4.04
비료 성분	N	(%)	0.81	0.78	2.47	0.58	0.71	0.67
	NH ₄ -N	(mg/kg)	1,723	645	776	341	327	181
	NO ₃ -N	(mg/kg)	517	322	3,494	682	981	544
	P	(%)	0.36	0.67	0.99	0.23	0.19	0.18
	K	(%)	0.70	1.94	2.68	0.97	0.81	0.86
고품질 퇴비 점수화			14점	11점	10점	13점	21점	21점

(2) 한우퇴비의 우수성 검토: 한우퇴비를 이용한 작물생육 시험(1차년)

가) 시험 목적

- 선행연구에 따르면 한우분 퇴비는 품질이 우수할 뿐만 아니라 기존의 가축분퇴비 및 유박비료를 사용하고 있는 농가가 가축분퇴비 및 유박비료를 한우분 퇴비로 대체할 경우 경종농가의 생산비를 10a(약 300평) 당 24,000원~150,000원 절감 가능한 것으로 보고하고 있음.³⁴⁾ 그 외에도 다음과 같이 한우퇴비의 유효한 효과에 대해서 제시하였음.
- 농촌진흥청에서 2006년 수행한 연구 결과에 의하면 한우분 생분을 기비로 필요한 질소의 100%를 살포하고 로타리로 경운하여 1.5m 간격으로 총체보리를 휴립광산과 재배할 경우 화학비료를 이용한 관행 재배에 준하는 수량을 얻을 수 있었음.
 - 농촌진흥청에서 2006년 수행한 연구 결과에 의하면 한우분 생분을 기비로 필요한 질소의 100%를 살포하고 로타리로 경운하여 1.5m 간격으로 총체보리를 휴립광산과 재배할 경우 화학비료를 이용한 관행 재배에 비해 지하수 및 하천오염을 경감하는 효과가 있었음.
 - 퇴비화 과정을 거치지 않은 한우분 생분을 총체보리 재배 시 시용하였음에도 불구하고 총체보리 수량이 화학비료 위주의 관행 재배와 큰 차이를 보이지 않은 것으로 보임. 작물 재배 시 한우분 퇴비의 화학비료 대체효과가 높다는 것을 경종농가에 적극적으로 홍보한다면 한우분 퇴비의 유통 활성화가 가능하다고 봄.
 - 퇴비화 과정을 거치지 않은 한우분 생분을 총체보리 재배 시 시용하였음에도 불구하고 지하수 및 하천오염이 화학비료를 이용한 관행 재배에 비해 경감된다는 것은 한우분 퇴비가 자연 친화적인 친환경 비료라는 것을 입증한다고 볼 수도 있음. 한우분 퇴비의 유통 활성화를 위해서는 한우분 퇴비를 적정량 살포할 경우 화학비료 위주의 관행재배에 비해 지하수 및 하천오염을 경감시키는 장점이 있다는 것을 적극적으로 홍보할 필요가 있음.

34) 충남대학교 산학협력단 (2019) "한우퇴비 부숙도 검사 의무화 단기적 대응 방안 연구"

○ 따라서 본 연구에서는 한우퇴비의 우수성 및 유효효과 검토를 목적으로 수행하였음.

나) 처리 및 시험 방법

○ 시험은 강원도 원주에 소재한 S대학교 포장에서 실시하였으며, 시험 작물은 옥수수 품종인 미백 2호를 사용함.

○ 처리구는 화학 비료 처리구, 한우 퇴비 처리구, 한우 퇴비+화학 비료 처리구, 시판용 퇴비 처리구, 무처리구로 나누며 처리구의 면적은 10 m²로 3 반복 난괴법으로 처리하였고 반복 당 옥수수 36개체씩 정식함.

○ 옥수수 초장이 30cm 정도의 옥수수 모종을 이용하여 정식하였으며, 옥수수 모종은 16일간 키운 모종을 사용하였고, 이랑폭 50cm, 포기 사이의 거리는 30cm로 함.



(모종 정식)



(정식 직후)

그림-73 옥수수 미백2호 모종 및 모종 정식

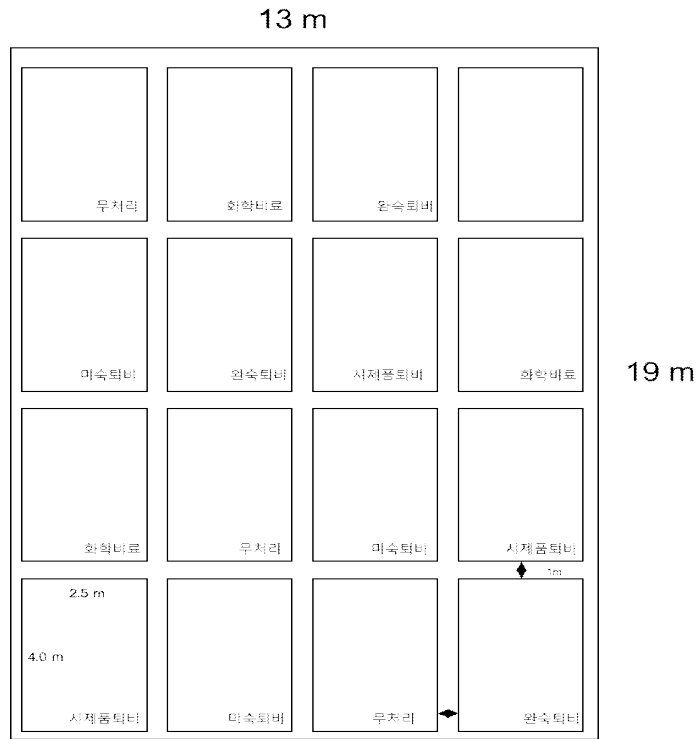


그림-74 한우퇴비의 옥수수 재배 시험 처리구별 배치도

- 시험 토양의 pH는 6.5, 전기전도도는 0.3 dS/m, 유기물은 21 g/kg, 유효인산은 240 mg/kg, 칼슘은 5.7 cmol⁺/kg, 마그네슘은 1.6 cmol⁺/kg으로 나타나 적정범위를 보였으나 칼륨의 경우에는 0.32 cmol⁺/kg으로 적정범위 이하로 나타남.

표-94 시험 토양의 화학적 성분

항목	적정범위	시험 토양
pH	6.0 ~ 6.5	6.5
유기물 (g/kg)	20 ~ 30	21
유효인산 (mg/kg)	150 ~ 250	240
칼륨 (cmol ⁺ /kg)	0.45 ~ 0.55	0.32
칼슘 (cmol ⁺ /kg)	5.0 ~ 6.0	5.7
마그네슘 (cmol ⁺ /kg)	1.5 ~ 2.5	1.6
전기전도도 (dS/m)	2 이하	0.3

○ 본 시험에서 사용한 한우퇴비는 강원도 횡성에 소재한 축산농가에서 채취한 퇴비를 사용함.

-한우퇴비의 pH는 10.21이었으며, 유기물 함량은 38.10%, 비소, 카드뮴, 수은은 불검출되어 공정규격에 적합함. 납, 크롬, 구리, 아연, 염분, 유기물 대 질소의 비, 수분의 경우에도 공정규격에 적합하였으며, 콤팩법을 이용한 부숙도 평가 결과는 80%로 부숙완료로 나타남. 한우퇴비의 질소 전량은 1.48%였으며, 암모니아태 질소는 0.13%, 질산태 질소는 0.15%로 나타났고, 인산 전량과 칼리 전량의 경우에는 각각 1.17%, 2.55%로 나타남.

표-95 시험에 사용된 한우퇴비의 이화학적 성분

항목	공정규격	한우퇴비
pH[1:10]	-	10.21
유기물 (%)	30이상	38.10
비소[건물중] (mg/kg)	45이하	불검출
카드뮴[건물중] (mg/kg)	5이하	불검출
수은[건물중] (mg/kg)	2이하	불검출
납[건물중] (mg/kg)	130이하	2.29
크롬[건물중] (mg/kg)	200이하	5.71
구리[건물중] (mg/kg)	360이하	75.35
니켈[건물중] (mg/kg)	45이하	3.55
아연[건물중] (mg/kg)	900이하	239.25
유기물대 질소의 비	45이하	25.74
염분[건물중] (%)	2.0이하	2.27
수분 (%)	55이하	48.19
부숙도[콤팩법]	부숙완료(70%)이상	부숙완료(80%)
질소전량 (%)	-	1.48
암모니아태질소 (%)	-	0.13
질산태질소 (%)	-	0.15
인산전량 (%)	-	1.17
칼리전량 (%)	-	2.55

○ 시험포장에 처리구별 퇴비 및 화학비료를 옥수수 표준 시비량(N-P-K = 14.5-3-6kg/10a)으로 시용함. 기비는 모종 정식하기 8일 전 시비하였고 추비는 옥수수가 7~8엽일 때(정식 후 16일 차) 시비함. 처리구별 시비 시기별 시비량은 (표-96)과 같음.

표-96 처리구별 시비기준 및 시비 시기별 시비량

구분	화학비료	한우퇴비, 시판용 퇴비	한우퇴비 + 화학비료
기비	질소(요소) 50% 인산(용성인비) 100% 가리(염화가리) 100%	질소기준 100%	한우퇴비를 질소기준 50% 시비
추비	질소(요소) 50%	-	질소(요소) 50%

○ 생육 및 수량 조사

-옥수수의 출웅기 및 출사일수는 처리구별 80% 이상 출웅 및 출사한 날로 하였고 옥수수의 생육조사 항목은 초장, 경경, 엽수, 엽폭, 엽록소이며, 측정은 정식 후 21차부터 7일마다 실시함. 7월 26일 수확 하였고 수확 후 수량조사를 실시하였으며, 수량 조사 항목은 이삭길이, 이삭직경, 이삭무게, 100립중, 종자길이, 종자 폭임.

○ 식물체 및 옥수수 성분 분석

-수확 시 옥수수의 줄기, 잎, 옥수수를 채취하여 줄기와 잎은 N, P, K 함량을 분석하였으며, 옥수수는 수분, 당도, 조단백질, 조지방, 조회분, 탄수화물을 분석.

○ 토양분석

-시험 전후 처리구별 토양의 변화를 알아보기 위해 시험 전후 토양의 화학적 성분을 분석하였으며, 분석 항목은 pH, EC, CEC, N, NH₄-N, NO₃-N, Avail, P₂O₅, 치환성 칼륨, 치환성 칼슘, 치환성 마그네슘, 치환성 나트륨, NaCl, 유기물임.

다) 결과

○ 출웅기 및 출사일수

- 화학비료 처리구가 출웅기가 7월 4일로 정식 후 출웅기까지의 소요 기간이 46일로 다른 처리구에 비해 빨랐으며, 출사일수도 48일로 소요 기간이 가장 빠름.
- 시판용 퇴비와 한우퇴비, 무처리구는 출웅기가 7월 6일로 출웅기까지의 소요 기간이 48일로 나타났으며, 출사일수의 소요 기간도 출판용 퇴비와 한우퇴비가 52일로 차이가 없었으며, 무처리구도 53일로 큰 차이를 보이지 않음.

표-97 처리구별 출웅기 및 출사일수

구분	정식	출웅기	출사일수	소요 기간	
				출웅기	출사일수
화학비료	5월 19일	7월 4일	7월 6일	46일	48일
시판용퇴비	5월 19일	7월 6일	7월 10일	48일	52일
한우퇴비	5월 19일	7월 6일	7월 10일	48일	52일
한우퇴비 + 화학비료	5월 19일	7월 5일	7월 9일	47일	51일
무처리	5월 19일	7월 6일	7월 11일	48일	53일

○ 초장

- 초장은 정식 후 21일 차부터 41일 차까지 화학비료 처리구가 가장 길었으며, 정식 후 48일 차의 경우에도 수치상 215.7 cm로 처리구 중 가장 길었으나 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 209.0 cm로 유의한 차이를 보이지 않음.
- 정식 후 55일 차에는 한우퇴비 + 화학비료 처리구와 한우퇴비 처리구가 각각 230.0 cm, 226.0 cm로 화학비료 처리구와 무처리구보다 길었으며, 퇴비 시용 시 화학비료 처리구와 초장의 길이는 비슷하거나 더 크게 나타남.
- 본 시험과 같이 Suntoro et al. (2018)³⁵⁾의 연구에서도 무처리구보다

35) Suntoro et al. (2018). Effect of cow manure and dolomite on nutrient uptake and growth of corn (*Zea mays* L.).

우분퇴비 시용 처리구에서 초장이 김. 초장은 출사일수가 지난 후 큰 차이가 없는 것으로 나타남.

표-98 화학비료 및 한우퇴비 시용에 따른 시기별 초장의 변화

(단위: cm)

구분	21일 차	28일 차	34일 차	41일 차	48일 차	55일 차
화학비료	70.7 ±5.528a	111.7 ±7.063a	138.1 ±7.993a	178.7 ±9.775a	215.7 ±9.354a	216.2 ±10.149c
시판용퇴비	60.1 ±8.088b	95.1 ±8.953bc	119.1 ±7.707bc	146.1 ±8.948c	181.5 ±12.355bc	218.3 ±10.589bc
한우퇴비	63.8 ±4.470b	99.7 ±5.637b	122.1 ±9.834b	150.8 ±14.789c	189.2 ±22.091b	226.0 ±9.055ab
한우퇴비 + 화학비료	60.2 ±5.046b	97.9 ±8.448bc	124.1 ±12.352b	162.8 ±15.530b	209.0 ±17.649a	230.0 ±14.059a
무처리	60.2 ±5.121b	93.0 ±6.751c	113.1 ±8.689c	136.8 ±12.244d	167.2 ±19.331c	205.3 ±14.389d

○ 경경

-경경의 경우에도 화학비료 처리구가 정식 후 21일 차부터 41일 차까지 가장 두꺼웠으며, 무처리구의 경우에는 가장 얇음. 정식 후 48일 차에도 수치상 화학비료 처리구가 2.9 cm로 가장 두꺼웠으나 시판용 퇴비와 한우퇴비가 각각 2.7 cm, 2.6 cm로 유의한 차이를 보이지 않음. 그러나 다시 정식 후 55일 차에 화학비료 처리구가 2.5 cm로 가장 두꺼움.

표-99 화학비료 및 한우퇴비 시용에 따른 시기별 경경의 변화

(단위: cm)

구분	21일 차	28일 차	34일 차	41일 차	48일 차	55일 차
화학비료	1.6 ±0.256a	2.4 ±0.225a	2.8 ±0.215a	3.1 ±0.428a	2.9 ±0.459a	2.5 ±0.295a
시판용퇴비	1.2 ±0.218b	2.0 ±0.306b	2.5 ±0.206b	2.7 ±0.316b	2.7 ±0.424ab	2.1 ±0.222c
한우퇴비	1.3 ±0.158b	2.1 ±0.171b	2.5 ±0.217b	2.6 ±0.305b	2.6 ±0.293ab	2.1 ±0.250c
한우퇴비 + 화학비료	0.9 ±0.197c	2.1 ±0.281b	2.6 ±0.298b	2.6 ±0.310b	2.3 ±0.205c	2.3 ±0.238b
무처리	0.8 ±0.124d	1.8 ±0.294c	2.1 ±0.315c	2.5 ±0.228b	2.5 ±0.268bc	1.9 ±0.250c

○ 엽수

-엽수는 화학비료 처리구가 정식 후 34일 차까지 가장 많았으며, 정식 후 41일 차에도 수치상 14.1개로 화학비료 처리구가 가장 많았으나 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 13.6개로 유의한 차이를 보이지 않음. 정식 후 48일 차와 55일 차에도 화학비료 처리구와 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 유의한 차이를 보이지 않음.

표-100 화학비료 및 한우퇴비 시용에 따른 시기별 엽수의 변화

구분	21일 차	28일 차	34일 차	41일 차	48일 차	55일 차
화학비료	9.6 ±0.502a	12.7 ±0.970a	13.8 ±1.309a	14.1 ±1.259a	14.2 ±1.249a	14.2 ±1.249a
시판용퇴비	8.8 ±0.786b	11.7 ±1.328b	12.1 ±1.259b	12.8 ±1.003c	13.4 ±0.979b	13.4 ±0.922bc
한우퇴비	9.2 ±0.548b	11.6 ±0.784b	12.4 ±1.037b	12.9 ±1.183bc	13.2 ±0.878bc	13.3 ±0.686bc
한우퇴비 + 화학비료	9.2 ±0.514b	11.1 ±0.758b	12.2 ±1.166b	13.6 ±0.979ab	13.9 ±0.676ab	13.9 ±0.676ab
무처리	8.9 ±0.236b	10.4 ±0.705c	11.6 ±1.420b	12.3 ±1.138c	12.7 ±1.029c	12.8 ±0.985c

○ 엽장

-엽장은 정식 후 21일 차에 화학비료 처리구와 한우퇴비 처리구가 각각 52.2 cm, 49.4 cm로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 정식 후 28일 차와 34일 차에는 화학비료 처리구가 각각 79.8 cm, 85.5 cm로 엽장이 가장 길게 나타남.

-정식 후 41일 차에는 모든 처리구에서 유의한 차이를 보이지 않았으며, 48일 차에는 수치상 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 86.7 cm로 가장 길었으나 화학비료 처리구, 한우퇴비 처리구와 유의한 차이를 보이지 않음. 정식 후 55일 차에는 모든 처리구가 79 cm이상으로 유의한 차이를 보이지 않음.

표-101 화학비료 및 퇴비 시용에 따른 시기별 엽장의 변화

구분	21일 차	28일 차	34일 차	41일 차	48일 차	55일 차
화학비료	52.2 ±5.003a	79.8 ±5.414a	85.5 ±7.215a	83.9 ±6.872a	85.6 ±5.106a	82.9 ±6.800a
시판용퇴비	45.0 ±5.779b	69.2 ±5.070c	80.0 ±4.553b	83.5 ±5.029a	82.1 ±4.667b	82.9 ±5.021a
한우퇴비	49.9 ±4.717a	73.7 ±3.776b	81.3 ±6.440b	84.0 ±4.172a	83.8 ±4.988ab	82.1 ±5.724a
한우퇴비 + 화학비료	45.2 ±6.946b	72.3 ±5.830bc	81.3 ±5.954b	85.4 ±4.023a	86.7 ±4.076a	83.2 ±4.633a
무처리	45.1 ±4.883b	69.6 ±4.465c	77.3 ±4.716b	82.1 ±5.871a	81.0 ±3.872b	79.7 ±5.866a

○ 엽폭

-엽폭은 정식 후 34일 차까지 11.0 cm로 화학비료 처리구가 가장 길었으며, 41일 차에는 화학비료 처리구와 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 각각 11.0 cm, 10.6 cm로 유의한 차이를 보이지 않음.

-48일 차에도 화학비료 처리구와 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 유의한 차이를 보이지 않았으며, 정식 후 55일 차에는 화학비료 처리구와 한우퇴비 처리구, 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 각각 11.0 cm, 10.5 cm, 10.6 cm로 유의한 차이를 보이지 않음.

표-102 화학비료 및 퇴비 시용에 따른 시기별 엽폭의 변화

구분	21일 차	28일 차	34일 차	41일 차	48일 차	55일 차
화학비료	8.4 ±0.515a	10.6 ±0.493a	11.0 ±0.454a	11.0 ±0.454a	11.0 ±0.454a	11.0 ±0.454a
시판용퇴비	7.1 ±1.019c	9.5 ±1.294bc	10.2 ±1.057bc	10.2 ±1.057bc	10.2 ±1.057bc	10.2 ±1.057bc
한우퇴비	7.7 ±0.441b	9.9 ±0.486b	10.4 ±0.546b	10.4 ±0.546b	10.4 ±0.546b	10.5 ±0.543ab
한우퇴비 + 화학비료	7.4 ±0.379bc	10.0 ±0.605b	10.6 ±0.630b	10.6 ±0.613ab	10.6 ±0.613ab	10.6 ±0.613ab
무처리	7.0 ±0.505c	9.0 ±0.639c	9.8 ±0.743c	9.8 ±0.742c	9.8 ±0.742c	9.8 ±0.742c

○ 엽록소

-엽록소는 화학 비료 처리구가 정식 후 41일 차까지 처리구 중 가장 높았으며, 48일 차에는 화학비료 처리구는 53.9, 한우퇴비 + 화학비료 처리구는 53.7로 유의한 차이를 보이지 않음. 55일 차에도 화학비료 처리구와 한우퇴비 + 화학 비료 처리구가 유의한 차이를 보이지 않았으며, 무처리구가 30.0으로 가장 낮음.

표-103 화학비료 및 퇴비 시용에 따른 시기별 엽록소의 변화

구분	28일 차	34일 차	41일 차	48일 차	55일 차
화학비료	58.1 ±2.126a	57.4 ±3.191a	55.3 ±4.615a	53.9 ±4.516a	49.8 ±3.740a
시판용퇴비	50.0 ±2.860cd	50.0 ±2.217c	44.0 ±2.344c	44.1 ±2.763b	36.3 ±5.908b
한우퇴비	51.5 ±3.753bc	49.5 ±3.850c	43.6 ±4.019c	43.0 ±5.473b	37.4 ±6.019b
한우퇴비 + 화학비료	52.2 ±3.392b	53.3 ±2.348b	50.3 ±4.548b	53.7 ±3.932a	47.6 ±7.344a
무처리	49.2 ±2.433d	48.4 ±2.506c	41.6 ±3.302c	40.2 ±3.200c	30.0 ±7.920c

○ 수량 조사

-이삭 길이는 무처리구가 17.63cm로 처리구 중 가장 짧았으며, 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 22.70cm로 수치상 가장 길었으나 한우퇴비처리구와 유의한 차이를 보이지 않음.

-이삭직경은 수치상 한우퇴비 처리구가 4.43 cm로 처리구 중 가장 길었으나 화학비료 처리구, 한우퇴비 + 화학 비료 처리구와 큰 차이를 보이지 않음.

-이삭 무게의 경우에는 수치상 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 219.67 g으로 처리구 중 가장 무거웠으며, 화학비료 처리구, 한우퇴비 처리구와 유의한 차이를 보이지 않음.

-100립중의 경우에도 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 28.67g으로 수치상 가장 무거웠으며, 화학비료 처리구, 한우퇴비 처리구와 유의한 차이를 보이지 않음.

-종자 길이는 수치상 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 0.98 cm로 가장 길었으나 화학 비료 처리구, 한우퇴비 처리구와 유의한 차이가 없었으며, 종자 폭은 수치상 화학비료 처리구가 0.92 cm로 가장 길었으나 한우퇴비 처리구와 유의한 차이가 없음.

-종합적으로 화학비료 처리구와 한우퇴비 및 한우퇴비 + 화학비료 처리구에서 큰 차이를 보이지 않아 한우퇴비가 화학비료를 대체 가능할 것으로 보임.

표-104 화학비료 및 퇴비 시용에 따른 수량성

구분	이삭길이 (cm)	이삭직경 (cm)	이삭무게 (g)	100립중 (g)	종자길이 (cm)	종자폭 (cm)
화학비료	20.53 ±0.351c	4.33 ±0.153a	201.67 ±29.738 a	28.33 ±2.082a	0.97 ±0.050a	0.92 ±0.050a
시판용퇴비	21.23 ±0.404b c	4.00 ±0.100b	168.00 ±12.000b	19.67 ±1.528b	0.85 ±0.111b	0.77 ±0.086c
한우퇴비	22.13 ±0.737ab	4.43 ±0.058a	215.67 ±11.372a	28.33 ±2.082a	0.97 ±0.067a	0.91 ±0.087a
한우퇴비 + 화학비료	22.70 ±0.400a	4.40 ±0.100a	219.67 ±5.508a	28.67 ±0.577a	0.98 ±0.050a	0.86 ±0.054b
무처리	17.63 ±0.987d	4.00 ±0.100b	140.33 ±7.234b	20.67 ±2.517b	0.85 ±0.066b	0.84 ±0.058b

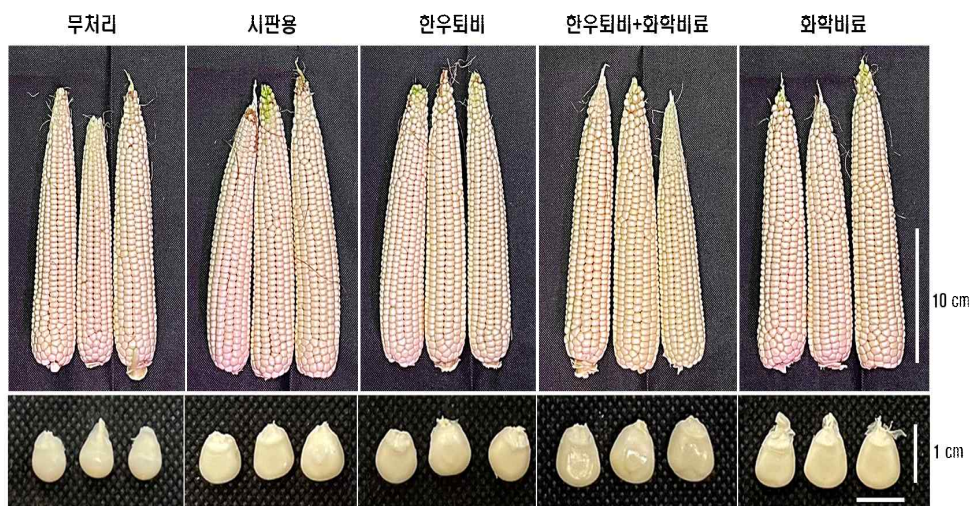


그림-76 처리구별 옥수수의 차이

○ 옥수수 식물체의 N, P, K 함량

-옥수수의 N 함량은 줄기에서 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 0.93%로 많았으며, 잎에서도 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 3.04%로 N의 함량이 많음.

-P의 함량은 줄기와 잎에서 무처리구에서 각각 0.72%, 0.43%로 높은 함량을 보였으며, K의 함량은 줄기에서 무처리구가 2.53%로 가장 많았으나 잎에서는 한우퇴비 + 화학비료 처리구가 2.12%로 가장 많음.

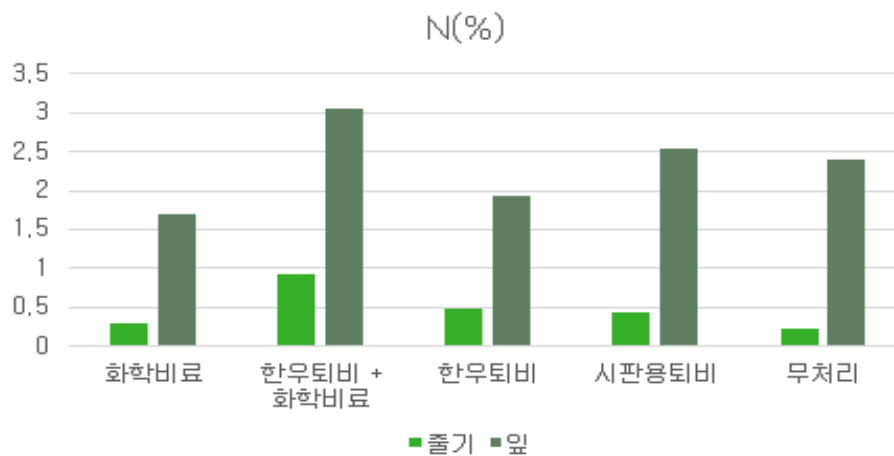


그림-77 옥수수 줄기와 잎의 N 함량

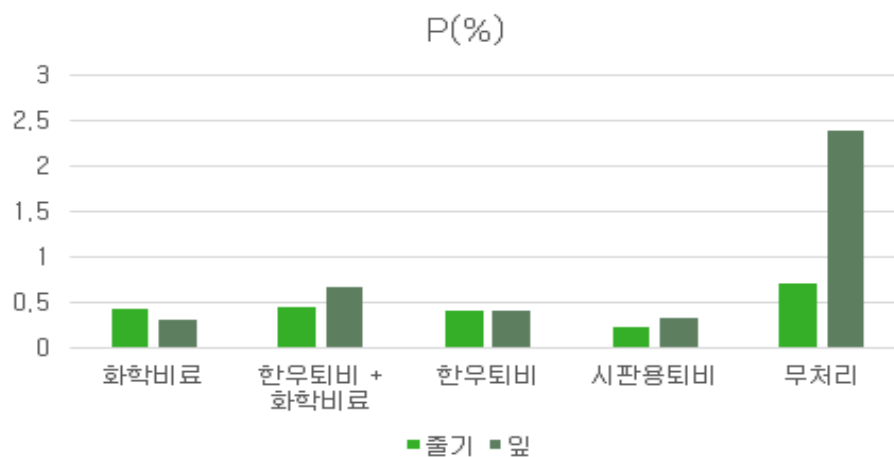


그림-78 옥수수 줄기와 잎의 P 함량

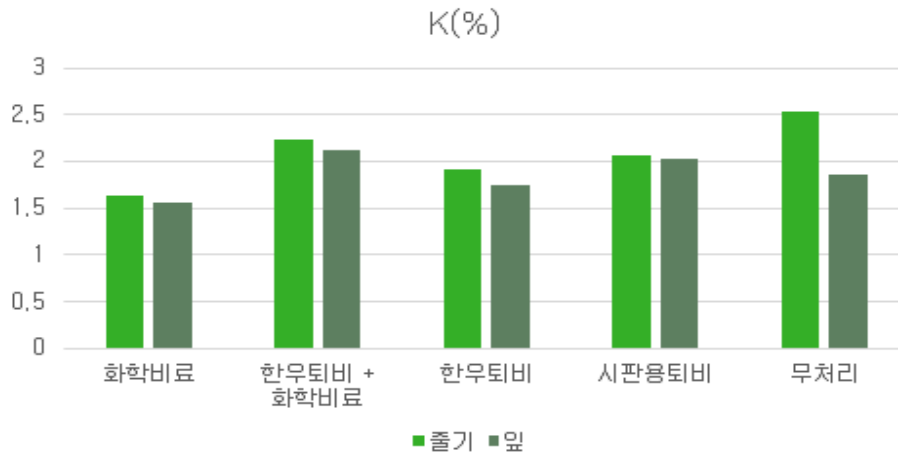


그림-79 옥수수 줄기와 잎의 K 함량

○ 처리구별 옥수수의 수분 함량 및 당도의 차이

-처리구별 생산된 옥수수의 수분 함량은 한우퇴비에서 52.03 g/100g으로 가장 많았으며, 화학비료 처리구가 42.86 g/100g으로 가장 적음. 당도의 경우에는 화학비료 처리구와 한우퇴비 + 화학비료 처리구, 한우퇴비 처리구에서 생산된 옥수수가 0.1 Brix로 나타남.

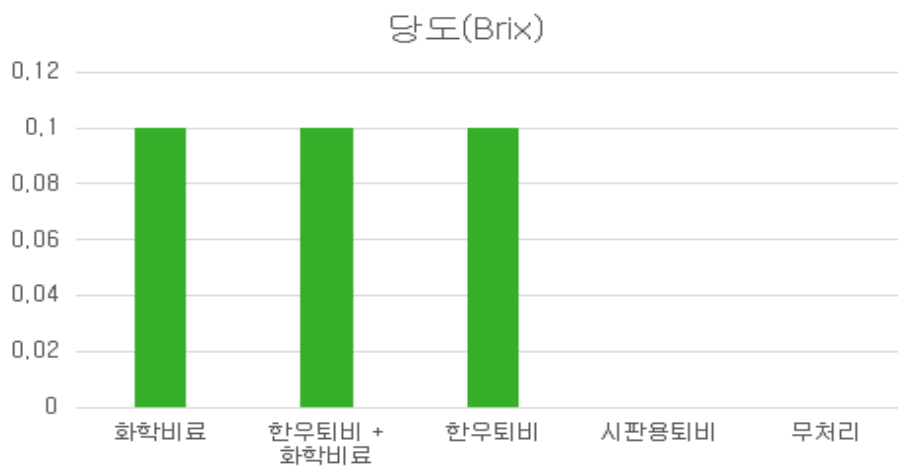


그림-80 처리구별 옥수수의 당도 차이

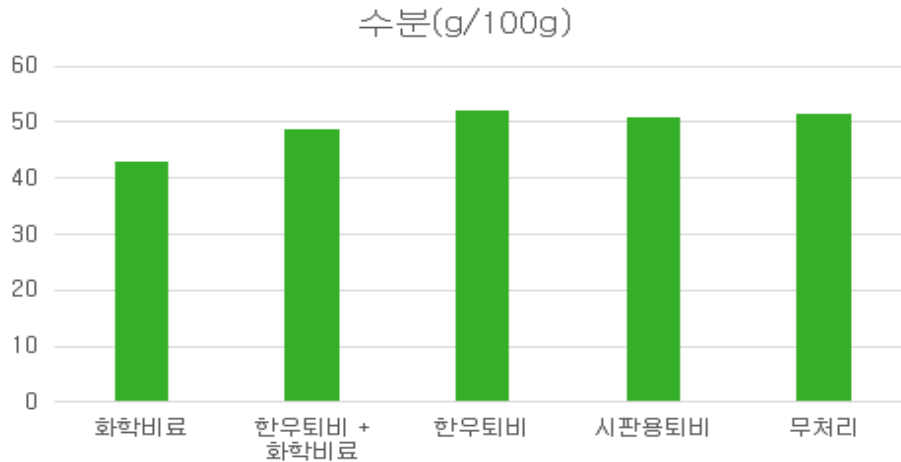


그림-81 처리구별 옥수수의 수분 함량

○ 처리구별 옥수수의 조단백질, 조지방, 조회분, 탄수화물의 함량

- 옥수수의 조단백질 함량은 시판용 퇴비가 5.70 g/100g으로 가장 높았으며, 한우퇴비가 4.31 g/100g으로 가장 낮음.
- 조지방의 함량은 시판용 퇴비가 0.58 g/100g으로 가장 낮았으며, 무처리구가 0.84 g/100g으로 가장 높음.
- 조회분의 함량은 시판용 퇴비가 1.00 g/100g으로 가장 높았으며, 화학비료 처리구가 0.72 g/100g으로 가장 낮음.
- 탄수화물의 함량은 화학비료가 50.62 g/100g으로 가장 높았으며, 무처리구가 41.54 g/100g으로 가장 낮음.

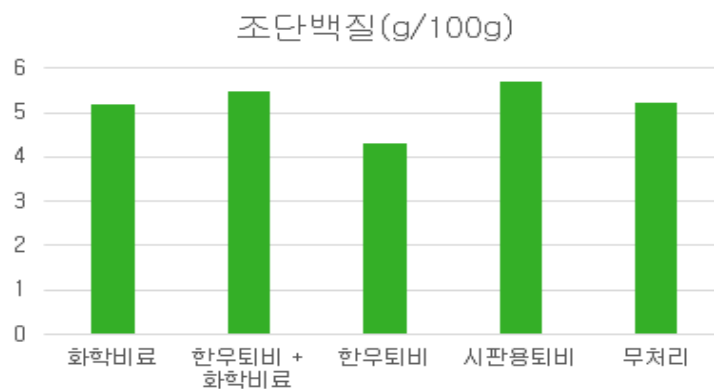


그림-82 처리구별 옥수수의 조단백질 함량 차이



그림-83 처리구별 옥수수의 조지방 함량 차이

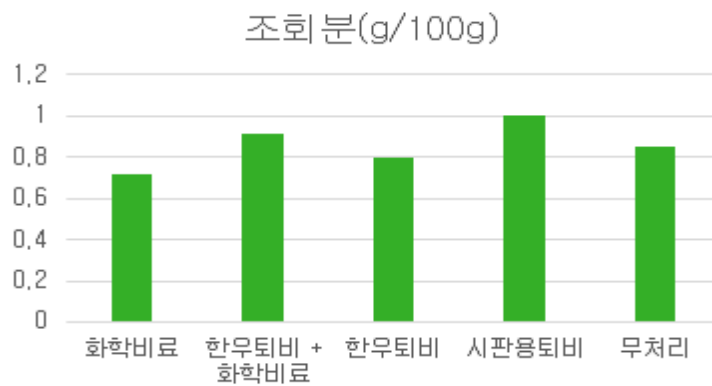


그림-84 처리구별 옥수수의 조회분 함량 차이

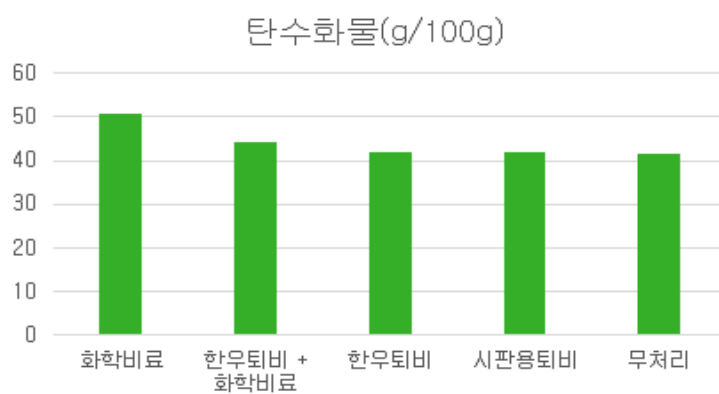


그림-85 처리구별 옥수수의 탄수화물 함량 차이

○ 시험 전후 토양의 화학적 성분 변화

-시험 전후 토양의 화학적 성분 변화는 다음 표와 같음. 토양의 pH는 무처리구의 토양의 pH인 5.26보다 한우퇴비 시비한 토양에서 pH가 5.59 ~ 6.06으로 높게 나타났으며, 김용구 등(1999)³⁶⁾의 연구에서도 옥수수 재배 시 무시용에 비해 계분퇴비, 우분퇴비, 식품오니퇴비 시용의 토양에서 pH가 약간 높음.

-NH₄-N의 경우에는 시험 전 토양의 질소보다 시험 후 모든 토양에서 NH₄-N 함량이 감소하였으며, 처리구 중 무처리구의 토양이 한우퇴비, 시판용 퇴비, 한우퇴비 + 화학비료 처리구의 토양보다 NH₄-N 함량이 높음. 그러나 NO₃-N의 경우에는 시험 후 토양에서 시험 전 토양의 NO₃-N의 함량인 140.10 mg/kg보다 높았으며, 한우퇴비 처리구의 토양과 한우퇴비 + 화학비료 처리구의 토양에서 각각 280.20 mg/kg, 224.16 mg/kg으로 무처리구의 토양보다 NO₃-N이 높음.

-유효인산의 경우 화학비료보다 한우퇴비를 시용한 토양에서 높았는데 Komiyama et al.(2014)³⁷⁾의 연구에서는 Available P의 함량이 우분퇴비를 시용하였을 때 무기질 비료를 시용하였을 때와 큰 차이를 보이지 않았으나 대조구보다는 높음.

36) 김용구 등 (1999). "유기물원이 다른 퇴비연용이 밭토양의 화학성 변화에 미치는 영향"

37) Komiyama et al. (2014). Effects of phosphorus-based application of animal manure compost on the yield of silage corn and on soil phosphorus accumulation in an upland Andosol in Japan.

표-105 시험 전후 토양의 화학적 성분

분석항목	단위	분석결과					
		시험 전	화학비료	시판용 퇴비	한우퇴비	한우퇴비 + 화학비료	무처리
pH[1:5]		5.73	5.01	6.06	5.59	5.65	5.26
EC[1:5]	(dS/m)	0.21	0.17	0.24	0.17	0.18	0.17
CEC	(cmol+/kg)	10.03	9.75	12.53	10.38	10.54	10.12
N	(%)	0.144	0.111	0.186	0.135	0.158	0.162
NH ₄ -N	(mg/kg)	196.14	112.08	98.07	84.06	98.07	112.08
NO ₃ -N	(mg/kg)	140.10	154.11	168.12	280.20	224.16	210.15
유효 P ₂ O ₅	(mg/kg)	261.03	310.99	630.56	356.63	363.94	270.09
치환성 K	(cmol+/kg)	0.16	0.12	0.19	0.17	0.16	0.12
치환성 Ca	(cmol+/kg)	8.20	5.14	8.45	5.99	10.53	6.41
치환성 Mg	(cmol+/kg)	1.60	1.30	2.04	1.42	1.70	1.59
치환성 Na	(cmol+/kg)	0.06	0.05	0.05	0.13	0.11	0.05
NaCl	(%)	0.003	0.003	0.003	0.005	0.005	0.003
유기물	(%)	3.06	1.75	3.09	2.35	2.65	2.42

4.2 한우농가 축분 처리를 중점 관리 요소 도출

1) 문제점 도출

○ 현장 조사를 통해 한우농가의 분뇨처리 실태를 살펴본 결과 축분 관리에서 가장 중요한 부분은 크게 4가지 단계로 나누어 볼 수 있었으며, 각 요소는 상호 간 서로 밀접하게 연계되어 있음.

- 첫째, (우상관리) 우상의 환경관리
- 둘째, (퇴비화 운영) 퇴비 부숙도 및 품질
- 셋째, (거버넌스) 소규모 거버넌스의 연계성
- 넷째, (경축순환) 농지환원 환경조건 확보



그림-86 한우농가 축분처리 단계별 중점 요소

○ 우상의 환경관리

-우상의 관리는 분뇨처리의 가장 중요한 우선순위임. 어떠한 우상 관리를 하는가는 최종적으로 분뇨의 처리 방법과 연계되므로 종합적인 고려를 통해 적정 우상 관리 방법을 채택하는 것이 바람직함. 즉 자가농지 보유 여부, 퇴비화 후 살포 여부, 자원화 협의체와의 연계 여부, 위탁처리 여부, 퇴비화 운영 사항(1차 발효 또는 2차 발효 연계 여부) 등의 상황을 고려하여야 함. 이를 위해서는 먼저 우상에서의 깔짚 보충이나 우상 교반 등에 대한 자가 매뉴얼을 확보해야 할 필요가 있음.

○ 퇴비 품질

- 퇴비 부숙도는 자가 농지는 물론 외부에 분뇨 반출 시에 반드시 준수하여야 하는 분석항목임. 부숙도에 알맞은 퇴비화 방법의 선택을 위하여 어떠한 분뇨 수거 방법과 퇴비화 방법 및 관련 시설, 장비가 필요한지에 대하여 사전에 조사하고 전문가의 조언을 얻어 면밀하게 준비할 필요가 있음.
- 고무적인 것은 실태조사를 통해 채취한 한우퇴비 샘플의 경우 모두 기계적 부숙도(콤팩)를 전 샘플(n=51)이 100% 만족하였음. 단, 일부 농가에서는 염분과 수분함량 항목에서 기준치를 초과하는 경우가 있었음. 따라서 부숙도 관리뿐만 아니라 특히 사양 단계에서의 염분 관리에 신경 써야 할 것이 판단됨.
- 한우농가의 의견으로 일반적으로 퇴비 부숙도 기준을 만족하는 것은 큰 어려움은 없으나 특히 동절기에 경우는 온도나 일조량 등의 환경 조건으로 인해 퇴비화 운영에 어려움을 겪는 경우가 있음. 따라서 계절별 맞춤형 퇴비화 매뉴얼 개발 및 보급이 필요할 것으로 판단됨.

○ 소규모 거버넌스

- 우리나라와 같이 축산농가가 농지를 충분히 확보하고 있지 않고, 경종 농가 입장에서 볼 때 퇴비의 품질이 좋지 않을 경우 경축순환의 활성화는 매우 어려움. 이러한 문제를 전문적으로 해결하여 줄 조직이 공동자원화센터, 공공처리시설임. 그러나 국내 공동(공공)처리 여건은 특히 한우퇴비에 있어서는 활성화되지 않은 실정임. 대안으로 퇴비유통전문조직이나 마을형공동퇴비사 등을 이용하여 경축 간 소규모 거버넌스 협의체를 구축할 필요성이 있음.

○ 농지환원

- 가축분뇨의 자원화 근간은 농지환원에 있는 만큼 한우농가의 농지환원 면적 확보는 매우 중요함. 농지를 어느 정도 확보하고 있는가가 사육두수의 결정에 영향을 미치며 동시에 분뇨의 발생과 처리 및 관리

에 가장 기본적으로 필요함.

-농지가 충분하면 대부분 분뇨는 큰 문제 없이 처리할 수 있지만 부족하거나 없는 경우 전체 가축분뇨의 관리를 위하여 주변의 농지를 가지고 있는 경종농가, 공동자원화센터, 가축분뇨공공처리시설 등 다양한 집단과의 위탁처리 여부를 결정하여야 하며 그만큼 사육에 많은 제약조건을 가지게 됨.

-동시에 수거하지 않으면 원거리에 분뇨를 처리해야 하므로 농지확보는 축산농가의 핵심 확보 사항임. 모든 문제는 농지확보 여부로부터 시작됨.

2) 한우농가의 축분 환경관리 단계적 접근

○ 한우농가의 분뇨관리를 조사하면서 사료의 공급부터 우사 내부의 우상 관리, 퇴비사 관리, 후숙 발효조 여부, 자원화 협의체 연계, 또는 지역 내 퇴비 반출 시스템, 농지환원과 이에 대한 지역단위 경종농가에서의 준비, 작물 재배에 대한 퇴비의 효용성 평가 등 분뇨의 발생부터 이용까지 전반적인 시스템의 평가가 필요함.

○ 각각의 농장마다 분뇨의 관리가 다른 경우가 일반적이지만 농가별 최적의 관리기법을 모색하고 단계별로 최적의 시스템을 각기 구축하고자 할 경우 분뇨처리 흐름에 따른 단계별 세부 매뉴얼을 준비하는 것이 바람직함.

-특히 전 과정이 서로 연계되어 이루어지는 것이 바람직하므로 전과 후의 과정상 최적의 기법을 모색할 수 있도록 통합적 시각이 요구되어 짐. 각각의 단계가 서로에게 연관성이 있으므로 단계와 단계 간의 상호 적합성을 고려할 수 있도록 사전의 교육과정도 필요함.

○ 한우분뇨 관리 단계별 양적·질적 관리진단 프로그램 고려사항 예시는 분뇨 흐름별 고려사항에 대하여 주요 요소를 적시하였음. 한우농가의 분뇨관리 단계별 양적, 질적 관리 및 정부, 지자체 단위에서의 지원에

관한 내용이 포함되어 있으며, 각 세부 사항은 기술 및 정책의 대안 제시와 연계하여 고려할 사항임.

표-106 한우농가의 축분 환경관리 단계적 접근

단계	주요내용	세부내용
[1] 우사환경	○ 깔짚우사 수분조절재 및 교반장치 구입/유지 비용	• 우사에 대한 농장주의 지속적 관심 필요 • 체계적 프로그램(사육기술, 친환경 축사시설) 필요 • 새로운 수의 창출 필요(시설 투자가 가능한 수준에서 고려) • 연간 수분조절재(톱밥 등) 사용량에 따른 유지비용 산정
[2] 퇴비부숙도	○ 부숙도 관리(매뉴얼) 대응	• 농장 현장에서 접근 용이한 매뉴얼 미흡 • 퇴비 부숙도 정책에 대한 농가 대책 미흡 • 동절기 퇴비화 매뉴얼 개발/확산 필요
	○ 체계적인 우사관리	• 수분조절재 사용 저조로 인한 악취문제 및 후단 퇴비 부숙도 문제
	○ 퇴비사 시설 관리	• 사육 두수 증가분에 따른 퇴비사 처리시설 확보 필요 • 현재 퇴비사 면적 계산방식 개선 필요
	○ 퇴비화 장비 보유	• 정책자금을 통한 장비(설비)대여 제도 필요 • 최소의 장비로 최대의 부숙 효율을 위한 방안 연구 필요 • 농가 현장에 맞는 적정 부숙화를 위한 기술 고도화 및 장비 필요
	○ 적정 퇴비화	• 가축분 수분조절, 교반 및 송풍 등 퇴비화를 위한 기초적인 운영·작업 이행 • 퇴비화 시 냄새저감 노력 • 부숙을 위한 교반 시 발생하는 냄새 민원의 행정처분 유예 등
[3] 위탁처리 (자원화)	○ 수분과다 등 반입거부	• 가축분 수분함량에 따른 수거비용 차등화 • 관련 종사자 퇴·액비화 교육 시스템 강화
	○ 자원화시설 확충	• 기존 중간자원화조직체 확충 이용 • 대가축 전용 가축분뇨처리지원사업 개별시설 예산 확대 • 한우협회 자원화센터 설계(지역마다 농장 퇴비 용량에 맞춰 설계)
	○ 농가-위탁처리 연계 모델 확충	• 축협 등으로의 전량 위탁처리 대체 검토 • 공동자원화 모델 창출 및 성과 확산 • 농가-위탁처리 신속 분뇨 수거 시스템
[4] 농지환원	○ 악취 및 하천오염 방지	• 부숙퇴비의 살포 • 살포 시 악취 저감 노력 • 관련 종사자의 환경교육 시스템 강화
	○ 경종농가에 맞는 퇴비 규격	• 경종농가와 연계된 퇴비 자원화 체계 마련 • 경종농가(지역특성) 중심의 퇴비 품질 마련
	○ 지역 외 퇴비 유통	• 농지부족(타 지역이동 및 운반수단 미비) • 퇴비유통센터(살포 비용·장비) 지원 확충 • 살포대상 지역의 퇴·액비 규제를 완화 • 한우농가의 살포 농지 확보여건 조성
	○ 규모화 및 광역화	• 경종-한우농가 결속 부족 • 경종-한우농가의 단합을 위한 기구 필요 (소규모영농조합) • 센터 퇴비 사용 시 지원금→공익형직불 • (저탄소화 관련 과학적 근거 마련 필요) • 농장 및 자원화조직체 체험·교육 활동 등 지자체 활성화를 위한 프로그램 개발



그림-87 한우농가의 축분 환경관리 단계적 접근

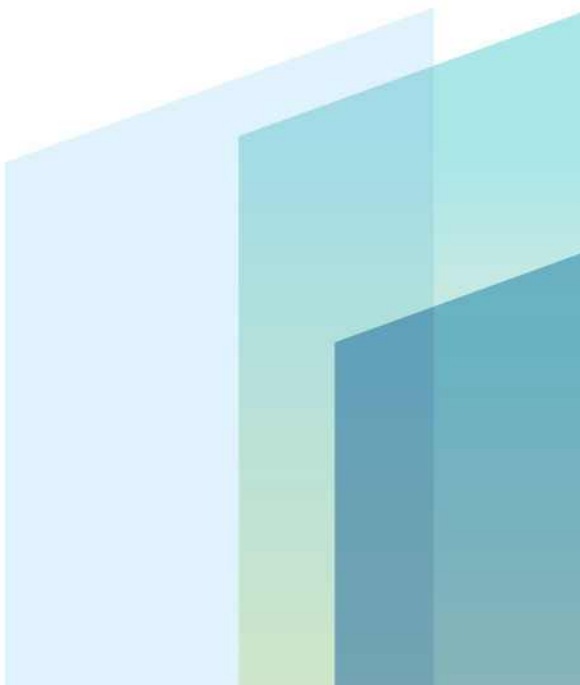


제5장 한우농가 실정에 적합한 축산환경 규제 해소 및 지원책 제안

5.1 한우농가의 역할 검토 및 환경관리 대응 실천과제 제안

- 1) 한우농가의 퇴비 부숙도 관리 관련 정책 지원 방안
- 2) 한우분뇨의 적정 처리를 위한 정책 지원 방안

5.2 한우농가 축산환경 규제 해소 및 지원책 제안

- 1) 한우산업의 지역단위 양분관리체계 도입 대응 정책
지원 방안
 - 2) 한우산업의 탄소중립 대응 정책 방안(경축순환을
중심으로)
- 

제5장 한우농가 실정에 적합한 축산환경 규제 해소 및 지원책 제안

5.1 한우농가의 역할 검토 및 환경관리 대응 실천과제 제안

1) 한우농가의 퇴비 부숙도 관리 관련 정책 지원 방안

○ 실태조사를 통한 퇴비 부숙도 관리 관련 정책 지원 방안 도출은 기존 선행연구³⁸⁾³⁹⁾의 시사점과 유사한 고려사항으로 도출되었음.

○ 퇴비사 개조 및 개선 방안

-지방조례로 배출시설에만 적용되는 가축사육 제한 거리 조례로 퇴비사와 같은 처리시설의 증·개축을 제한하는 지자체의 불합리한 조례를 일괄 조정하여 어느 지역에서도 퇴비사를 개조/개선하고자 하는 농가가 어려움을 겪지 않도록 해야 함. 무엇보다 퇴비사 추가설치가 가능한 면적확보를 위한 건축법 시행령 개정을 통한 건폐율 적용제외가 필요함. 또한 농림축산식품부 정책부서의 지원사업과 연계하는 방안으로 가축분뇨 처리시설 관련 지원사업을 대폭 확대하는 방향으로 추진할 필요가 있음.

○ 농장내 가설건축물 형태 퇴비화시설 설치 방안

-부족한 퇴비화 공간으로 부숙도 기준에 적합한 퇴비를 생산하는 데 어려움이 있으므로 퇴비사를 추가로 확보(농장 내 퇴비사를 추가로 건축하는 방안)할 필요가 있음.

-대부분 지역에서 60%의 건폐율이 적용되고 있으므로 농장 내 유휴부지에 퇴비사를 설치할 수 있는 부지확보가 가능함. 그러나 퇴비 부숙도 충족을 위해 정부(지자체) 지원이 가장 필요한 부분에 대해 퇴비사 추가확보를 위한 건폐율 및 농장 단위 유휴부지는 부족한 실정임.

-관계부처 합동으로 추진한 무허가축사 적법화 정책 때와 마찬가지로

38) 충남대학교 산학협력단 (2019) "한우퇴비 부숙도 검사 의무화 단기적 대응 방안 연구"

39) 강원대학교 산학협력단 (2019) "지속가능한 낙농산업 발전을 위한 퇴비 부숙도 실태 조사"

퇴비부숙도 검사 의무화를 위해 퇴비사 신축이 필요한 농가들을 위해 건축법 시행령 개정(제119조 제1항 제2호)을 통해 한시적으로 퇴비사 건폐율 적용을 제외해주는 것이 현실적으로 타당한 정책이라 사료됨.

○ 농장 현장에 맞는 퇴비화 지침서 매뉴얼 보급과 부숙도 관리

-농가 현장에서는 통풍식 퇴비화 방법과 축분 고속발효기 설치 농가의 비율이 매우 낮고, 상대적으로 단순퇴적 및 수동뒤집기 퇴비화 방법의 비율이 높음, 따라서 퇴비화 기술 지도 및 교육 시 퇴적식 퇴비화 방법에 초점을 맞춘 지도·교육 프로그램을 운영하는 한편, 저비용으로 접근이 용이한 간이식 송풍장치 기술지침서 등을 보급하여 부숙도 관리를 지원할 필요가 있음. 또한 농업기술센터를 통한 양질의 미생물제를 무상 또는 저가로 공급하는 시스템을 구축하여 농가에서 비용부담 없이 미생물제를 사용할 수 있도록 하는 것이 바람직함.

○ 퇴비관리대장 기록관리 개선 방안

-퇴비관리대장 기록관리를 하지 않을 경우 농가에서는 50만 원에서 100만 원의 과태료를 부과해야 함. 대부분의 농가에서 분뇨처리 관련 기록에 있어 현재 어려움을 겪고 있는 편임. 농가에서 적용하기 난해(작성이 어렵고, 양식이 복잡)하다는 의견이 많으므로 『가축분뇨법 시행규칙』의 관련 조항을 검토하고 개정하여 작성 양식과 방법이 간소화된 퇴비 관리대장 양식을 신설하여 보급할 필요가 있음.

2) 한우분뇨의 적정 처리를 위한 정책 지원 방안

- 퇴비 부숙도 관리를 포함한 향후 한우 분뇨처리 관련 전반에 대한 정책지원 방안을 (1)한우분뇨 처리지원 사업과 (2)한우농가 환경 개선 사업으로 구분하여 제시함.

(1) 한우분뇨 처리지원 사업

○ 개별농가 처리시설 및 환경개선제

-개별 한우농가 및 농업경영체 중심으로 퇴비화시설, 축분발효장치, 냄새 저감에 필요한 시설 및 장비 등을 지원. 퇴비 부숙용 및 살포용 환경개선제(부숙촉진 및 냄새 저감) 지원. 개별 한우농가, 농업경영체, 퇴비 유통 전문조직에 대하여 고정식 또는 이동식 퇴비저장조 및 송풍시설(후숙 발효), 개보수비의 지원.

○ 퇴비 유통 전문조직

-퇴비를 경종에 살포할 때 현장에서 필수적인 수거·운반 차량, 퇴비살포기의 현실적인 지원이 필요. 또한 차량, 장비 및 대인에 대한 소독 시설뿐만 아니라 가축전염병 발생 시 비상 매뉴얼에 대해서 제공이 필요함. 퇴비 유통 전문조직 연계형으로 시비 처방서를 발급받고, 퇴비를 살포한 면적에 따라 살포비 차등 지원.

○ 퇴비 품질관리 지원

-농업기술센터, 퇴비 전문 유통조직, 공동자원화센터 등에 퇴비 부숙도 판정기(유지보수 포함), 가스 측정기(암모니아, 황화수소, 이산화탄소 등) 등 퇴비 품질관리에 필요한 장비와 운영 인력(인건비 또는 전문업체)에 대한 지원. 수요자(경종농가) 중심의 퇴비 품질 개선 및 표시제 도입. 이외에도 동절기 퇴비화 적정 기술 보급 필요.

○ 경종농가에 유기질비료 구입비 지원

-지역 내 가축분뇨 자원의 우선 이용 프로그램에 참여하는 경종농가에 대하여 인센티브 지원. 지자체 지원 기반의 퇴비 또는 농산품 브랜드

화. 지역단위 경축순환 시스템 유래 로컬푸드 활성화 전략 마련.

○ 공동자원화시설

-지역단위 특성에 맞는 공동자원화시설의 한우분뇨 반입 전략 방안 마련(지역단위 경축순환의 거점화 전략). 공동자원화시설의 흑자 전환 구조 전략 마련(지자체 지원 기반 브랜드화 및 로컬푸드 활성화). 퇴비화 시설·장비 및 개보수 지원책 마련. 또한 지역단위로 한우 분뇨를 이용한 에너지화시설 연계 가능성을 검토.

○ 한우분뇨의 처리기술 다각화 및 고품질 자원화 기술 개발

-한우 분뇨의 고품질 퇴비화, 고상 바이오가스 및 에너지 자원화 기술 개발을 통한 환경문제 개선. 고품질 자원화 기반의 한우분뇨 경축순환 시스템 구축 체계화 방안 마련.

(2) 한우농가 환경 개선 사업

○ 우수 한우농가에 대한 환경 개선 고도화

-공신력을 가진 친환경 축산 관련 인증 프로그램(HACCP, 깨끗한 농장 등) 참여 농가에 먼저 환경 개선 고도화(ICT 연계형 스마트축산)에 필요한 장비 및 축사구조 개선 사항에 대해 지원함. 이를 확산하여 한우 산업의 공익적 가치 실현 구체화함.

○ 지원 제한된 한우농가에 대한 환경 개선 현실화

-실제 환경 개선을 필수적으로 요하는 농가는 민원 다발 농가나 과거 행정처분으로 지원이 제한된 농가 등임. 이러한 농가들은 환경 개선의 의지가 있더라도 실질적인 지원 대상에서 제외되며, 환경 민원 등으로 악순환이 계속되므로 지속가능한 축산의 저해 요소가 됨. 따라서 축산 악취 우려 지역 및 지원 제한 농가들을 대상으로 별도의 제도를 마련할 필요가 있으며, 수분조절재, 환경개선제(악취 저감 미생물제)와 같은 단기적 환경 솔루션에 대하여 우선순위로 지원함. 단, 이 경우에는

우수 한우농가에 대한 지원 사업과 차별성을 가진 사후관리 운영 지침이 필요함.

○ 한우농가 전문 컨설턴트 육성 사업

-한우농가 환경 전반에 관련된 우상 및 축분 관리, 자원화 처리, 농지 환원을 포함한 전문 컨설턴트 육성 지원 사업 마련. 해당 컨설턴트는 한우농가 현장에서 환경 문제를 진단하고 이에 대한 솔루션을 제공함. 또한 컨설턴트에게 컨설팅 농가에 단기적으로 필요한 수분조절재나 미생물제 등을 지원할 수 있는 일부 권한을 위임하여 행정과 지원책이 즉시 연계될 수 있는 전략을 마련함.

표-107 한우분뇨의 적정 처리를 위한 정책 지원 방안

한우분뇨 처리 관련 지원 정책		주요내용
한우 분뇨 처리 지원 사업	개별농가 처리시설 및 환경개선제	-개별 한우농가 및 농업경영체 중심으로 퇴비화시설, 축분발효장치, 악취저감에 필요한 시설 및 장비 등을 지원 -퇴비 부숙용 및 살포용 환경개선제(부숙촉진 및 냄새저감) 지원. 개별 한우농가, 농업경영체, 퇴비유통전문조직에 대하여 고정식 또는 이동식 퇴비저장조 및 송풍시설(후숙발효), 개보수비의 지원
	퇴비유통전문조직	-퇴비를 경종에 살포할 때 현장에서 필수적인 수거·운반차량, 퇴비살포기의 현실적인 지원 필요 -한 차량, 장비 및 대인에 대한 소독시설뿐만 아니라 가축전염병 발생 시 비상매뉴얼에 대해서 제공 필요 -퇴비유통전문조직 연계형으로 시비 처방서를 발급받고, 퇴비를 살포한 면적에 따라 살포비 차등 지원
	퇴비 품질관리 지원	-농업기술센터, 퇴비전문유통조직, 공동자원화센터 등에 퇴비 부숙도 판정기, 가스측정기 등 퇴비 품질관리에 필요한 장비와 운영 인력에 대한 지원 -수요자(경종농가) 중심의 퇴비 품질 개선 및 표시제 도입
	경종농가에 유기질비료 구입비 지원	-지역 내 가축분뇨 자원의 우선 이용 프로그램에 참여하는 경종농가에 대하여 인센티브 지원 -지자체 지원 기반의 퇴비 또는 농산품 브랜드화. 지역단위 경축순환 시스템 유래 로컬푸드 활성화 전략 마련
	공동자원화시설	-지역단위 특성에 맞는 공동자원화시설의 한우분뇨 반입 전략 방안 마련(지역단위 경축순환의 거점화 전략) -공동자원화시설의 흑자 전환 구조 전략 마련(지자체 지원 기반 브랜드화 및 로컬푸드 활성화) -퇴비화 시설·장비 및 개보수 지원책 마련. 또한 지역단위로 한우 분뇨를 이용한 에너지화시설 연계 가능성을 검토.
	한우분뇨의 처리기술 다각화 및 고품질 자원화 기술 개발	-한우 분뇨의 고품질 퇴비화, 고상 바이오가스 및 에너지 자원화 기술 개발을 통한 환경문제 개선 -고품질 자원화 기반의 한우분뇨 경축순환 시스템 구축 체계화 방안 마련
한우 농가 환경 개선 사업	우수 한우농가에 대한 환경개선 고도화	-공신력을 가진 친환경 축산 관련 인증 프로그램(HACCP, 깨끗한농장 등) 참여 농가에 우선적으로 환경 개선 고도화(ICT 연계형 스마트축산)에 필요한 장비 및 축사구조 개선 사항에 대해 지원 -우수 모델 확산하여 한우산업의 공익적 가치 실현 구체화
	지원 제한된 한우농가에 대한 환경개선 현실화	-환경개선의 의지가 있더라도 행정처분 등으로 실질적인 지원 대상에서 제외되는 농가에 대해 대상으로 한 별도의 제도를 마련 -수분조절재, 환경개선제(악취저감 미생물제)와 같은 단기적 환경 솔루션에 대하여 우선순위로 지원 -단, 이 경우에는 우수 한우농가에 대한 지원 사업과 차별성을 가진 강도 높은 사후관리 운영 지침이 필요
	한우농가 전문 컨설턴트 육성 사업	-한우농가 환경 전반에 관련된 우상 및 축분 관리, 자원화 처리, 농지환원을 포함한 전문 컨설턴트 육성 지원 사업 마련 -컨설턴트는 한우농가 현장에서 환경문제를 진단하고 이에 대한 솔루션을 제공 -컨설턴트에게 컨설팅 대상 농가에 단기적으로 필요한 수분조절재나 미생물제 등을 지원할 수 있는 일부 권한을 위임하여 행정과 지원책이 즉시 연계될 수 있는 전략 마련

5.2 한우농가 축산환경 규제 해소 및 지원책 제안

1) 한우산업의 지역단위 양분관리체계 도입 대응 정책 지원 방안⁴⁰⁾

(1) 필요성

○ 높은 양분수지는 농경지 등에 과잉 투입된 양분이 토양환경, 수질환경, 대기환경 등에 위해를 끼칠 가능성이 크다는 것을 의미함.

-기본적으로 한우농가에 있어서는 한우분뇨 발생량, 처리량, 지역 내 처리 가능량 등 지역단위 양분통계 분석을 통해 지역별 양분관리 기준을 마련하여야 함.

-한우분뇨 자체의 양분관리뿐만 아니라 지역 내 토양에 투입되는 양분 수급 조절 시스템 구축을 통해 체계적으로 관리(가축 사육두수, 분뇨 처리시설 및 적정 처리, 악취 발생, 양분투입량(input), 양분산출량(output), 양분수지 등)하여야 함.

-양분관리는 지역마다 환경과 조건이 다르므로 지자체 토양양분관리위원회 및 전담 기관을 구성하여 양분부하량 산정 방법 마련, 지자체 운영 가능한 양분관리 프로그램 및 지역단위 양분 발생 통계 구축이 필요함.

-현재 환경부의 양분관리제 도입의 목적은 결국 사육두수 감축에 있다고 보는 것이 일선 축산농가에서의 대체적인 시각이기 때문에, 환경부는 현장과 괴리가 있는 양분관리제 도입을 무리하게 추진할 것이 아니라 축산단체의 화학비료 우선 감축 등 선결 조건 이행 요구사항을 반영하기 위한 정책이 선행될 필요가 있음.

○ 축산과 경종이 연계되는 경축순환은 지역 내 농업 환경을 보전하고 친환경적인 지역관리를 위하여 필연적인 사업임. 가축분뇨는 자원화 물질로 전환할 수 있으므로 그동안의 수동적 자세보다는 적극적으로 국가정책과 함께하면서 지역과 연계하는 전략을 수행할 필요가 있음.

40) 충남연구원 (2020) "지역단위 양분관리 시범사업(Ⅰ): 홍성군 양분관리 시범사업 시행계획"에서 재정리

(2) 한우산업의 지역단위 양분관리체계 도입 대응 정책 지원 검토

- 환경부의 양분관리제는 수계오염 등 환경오염 부하를 줄이기 위한 강제적인 의미를 포함하고 있으나, 지역단위 양분관리제는 발생한 양분을 효율적으로 이용하는 통합적인 시스템 구축을 의미함. 따라서 지역단위 양분관리제는 가축사육두수의 감축을 의미하지는 않음.

- 지역단위 양분관리체계의 구축을 위해 추진해야 할 핵심과제는 ①지역 내 다양한 주체 간 소통을 원활히 하면서 상호 신뢰를 쌓아가는 것, ②농업-축산-환경-에너지-지역경제 등 지역 내 다양한 자원, 분야, 영역을 아우르면서 상호 순환시키는 구조를 만드는 것이 필요함.

-지역단위 양분관리체계 구축을 위해서는 다음의 사항을 고려하여 관련 세부 정책과제를 도출하여야 함.

- 양분관리를 위한 거버넌스 구축 및 운영

-농·축산업 현황조사 및 분석(농경지 양분관리 관련 지자체 정책 현황, 작물 재배 현황, 비료 사용현황, 농업 형태, 가축분뇨 발생 및 처리현황, 가축분뇨 퇴·액비 이용현황, 가축분뇨 유통 등)

-참여 주체의 범위를 설정함. 지자체 환경·축산 담당자, 경종·축산농가, 퇴·액비 생산자 및 유통업자, 민간단체 등을 현장 중심으로 거버넌스 구축

-거버넌스 참여자의 역할, 비전과 미션 설정, 양분관리 시행 관련 논의를 위한 운영

- 지자체 양분수지 단계별·연차별 관리목표 설정 및 시행계획(안)을 수립

-단계별·연차별 양분수지 관리 목표 설정 및 시행계획(안) 수립

-양분관리 추진 여건 및 시행계획(안) 수립 과정

-양분관리 도입 방안 및 로드맵 마련

-양분관리 도입을 위한 시사점 도출 및 정책 제언

표-108 한우농가 기반 지역단위 양분관리체계 구축을 위한 고려사항⁴¹⁾

구분		주요내용	세부내용
[A] 지역단위 농축산업 현황	[01] 농축산업 일반현황	• 지리 현황(위치, 접근성) • 인구 및 지역경제 현황 • 농업·축산업 현황 • 농자재 사용량 • 환경 현황	▶총인구, 농업인구(농가수) ▶축산·경종농가 비중 ▶농업경영체 비중 ▶농업경영체 당 농지면적 ▶토지지목별(논·밭·과수·기타) 면적 ▶품목별 농작물 재배추이 ▶친환경농업 현황 및 비중 ▶친환경농산물 품목 및 재배면적 ▶축종별(읍면별) 가축사육현황 ▶<u>축종별 가축분뇨 발생량·처리현황</u> ▶<u>가축분뇨 자원화·처리시설 현황</u> ▶무기질(화학)비료 소비량 ▶유기질(유박 등)비료 소비량 ▶수질오염 및 악취민원 현황
	[02] 농축산업 정책현황	• 재정 기초현황 • 관련 정책현황 • 관련 조례현황 • 민관협치 현황	▶지자체 재정현황 ▶축산·농수산·환경과 사업유형별 예산 ▶양분관리 관련 주요 시책·보조사업 (축산과, 농수산과, 환경과 등) ▶가축사육 제한구역에 관한 조례 ▶가축분뇨 공공처리시설 운영 조례 ▶농어업 보조금 관리 운영 조례 ▶친환경 농어업 육성 및 지원 조례 ▶축산환경 관련 정책포럼 ▶농촌지역개발 부분 협치활동 (마을만들기, 주민자치회 등)
[B] 양분관리 실태조사	[01] 양분관리 정량실태	• 가축분뇨 배출량 • 가축분뇨 처리 및 유통량 • 가축분뇨 활용량(자원화 규모)	▶행정제공자료 ▶농업경영체 통계자료 ▶현장실태조사 자료 (농축협, 퇴·액비 유통 및 제조업체) ▶일일·연간 분뇨 배출량(분·뇨 비중) ▶위탁·개별처리 비중 (공공처리, 공동자원화, 축분비료공장, 개별 퇴·액비화, 정화방류) ▶처리 및 유통량(자원화+비자원화) ▶경지면적(논·밭·과수·기타) ▶면적 당 퇴·액비 공급 및 살포량 ▶실질 지역 내 퇴·액비 자원화 면적 ▶지역 외 퇴·액비 자원화를 및 면적 ▶면적 당 무기질(화학)비료 소비량 ▶면적 당 유기질(유박 등)비료 소비량

41) 충남연구원(2020) "지역단위 양분관리 시범사업(Ⅰ): 홍성군 양분관리 시범사업 시행계획"에서 재정리

	[02] 양분관리 정성실태	• 퇴·액비 사용 경험 • 퇴·액비 사용 애로사항 • 가축분뇨 이용 의견 • 경축순환농업 의견 • 경축순환 장애요인 • 경축순환 제도 개선사항 • 거버넌스 구축·운영의견	▶농업인, 축산인 그룹 ▶생산자 및 유통 단체 ▶마을주민, 지역활동가, 언론 ▶행정그룹 ▶축산농가의 시설투자 비용 부담 ▶퇴·액비 사용 시 악취문제 ▶시설원에 작물재배에 적합한 액비 ▶유박 대비 경제성 ▶살포농기계 확보 여부 ▶고령화로 인한 살포 노동력 ▶시비처방 기준과 실제 살포량 차이 ▶시비기준 보다 관행적 초과살포 문제 ▶친환경(유기농) 농자재 등록 여부 ▶지역특성 고려한 퇴·액비 활용방안 ▶화학비료 및 유박 시비처방 기준 부재 ▶부숙도 및 중금속 등 품질(안정성) 문제 ▶지역 토양 특성별 퇴·액비 수용량 차이 ▶논농사의 도복문제(액비) ▶화학비료 대체할 수 있는 대안 부재
	[03] 양분수지 결과도출	• 양분수지 정의 • 양분수지 산정방법 • 양분수지 입력자료 • 양분수지 분석결과	▶양분투입 및 양분산출 ▶보통비료(화학비료), 기타 유기질비료 ▶가축분뇨(퇴·액비) ▶생물학적 질소고정량 ▶대기 질소 침적량 ▶퇴·액비 반출입량 ▶파종·식재용 재료 ▶작물 생산 ▶사료작물 생산
[C] 양분관리 민관 거버넌스 구축 및 운영	[01] 거버넌스 구축	• 총괄개요 • 활동목적	▶주체, 구성원, 형태 ▶배경, 목적 ▶방향, 활동, 역할 ▶농축산 문제해결을 위한 통합형 정책방안 ▶지역현실에 맞는 구체적인 대안 논의 ▶지역문제의 실행전략의 도출 ▶지역사회 단체 및 조직의 네트워크 형성 ▶시·군정 주요 농축산 정책 공식 제안 ▶재원마련(행정지원, 민간조직 후원) ▶참여자 동기부여·유인책 부여(인센티브 등)

	[02] 거버넌스 운영과정 및 결과도출	• 추진일정 로드맵 • 리빙랩 운영 • 교육·홍보·연구사업 추진 • 제도개선 변화로 전개	▶지방행정 그룹(기획·지원) -경축순환농업 추진계획 수립·실천 -자원순환 통한 지역환경 개선 -지역주민 삶의 질 개선 -지역자립형 유기성자원 에너지화 -부서별 의견조율, 통합정책 개발 -지역 내 갈등조율 ▶지역연구기관 그룹(기획·지원) -거버넌스 운영 전과정 참여 -정책대안 제시 참여(협조·지원) -양분관리 리빙랩 운영 ▶지역 농축산업 그룹(참여·실천) -자연순환농법 활용 -퇴·액비화 시범사업 -화학·유기질비료 자료 제공 -퇴·액비 생산 및 유통현황 제공 -실태조사 협조 ▶지역주민, NGO 그룹(참여·실천) -거버넌스 운영 전과정 참여 -시범사업 활동 참여(조사지원) -정책대안 제시 참여
[D] 양분관리 시행계획(안) 도출	[1] 기본구상	• 양분관리 시행계획 개요 • SWOT 분석	▶비전 ▶시간·공간적 범위 ▶핵심내용, 추진전략, 추진주체 -양분투입 삭감과 양분산출 추가 전략 -가축분뇨 집중관리 전략 -정책사업 연계·응용·활용 전략 ▶정성목표 -화학비료 및 유박비료 감축 -퇴·액비 활용 증가 -경종·축산 양분수지 균형 시범마을 조성 ▶정량목표 -양분투입(input) 삭감 목표치 -양분산출(output) 추가 목표치 -양분수지 균형 목표치
	[2] 시행계획 핵심(세부) 내용	• 양분수지 산정 주요변수 • 단계별·연차별 관리목표 • 양분투입(input) 삭감전략 • 양분산출(output) 추가전략 • 공통추진 기반 마련	▶화학비료 사용 감축 시나리오 ▶퇴·액비 수요처 추가 확보 -이모작 재배단지, 임산물, 가로수 ▶단계별·연차별 관리목표 -양분초과율 및 최대허용 수준 -Land budget, Soil budget 등 ▶양분투입(input) 삭감전략 -관련 정책사업 연계·응용·활용 -가축분뇨 처리 및 활용방법 다각화 -경축순환농업 시범마을 조성

			-지역주민 참여형 인증제 ▶양분산출(output) 추가전략 -다비성작물, 월동사료작물, 녹비작물 -임업 및 산림단지, 가로수길 조성 ▶공통추진 기반 마련 -지역 유기자원순환 통합 관리센터 마련 -경종축산농가 인식변화 및 사회적 책임 이행 -양분관리 지역 외 확장
	[3] 시행계획 우선순위 도출	• 정책·사업의 중요도 • 정책·사업의 실현 가능성	▶성과지표 우선순위를 결정 ▶상대적 중요도와 만족도를 비교·분석 -중점개선영역(약점 항목) -과잉투자영역(불필요 강점) -개선대상영역(저우선 순위) -유지관리영역(강점 항목) ▶기반구축·체계화·안정화 단계별 계획

2) 한우산업의 탄소중립 대응 정책 방안(경축순환을 중심으로)

(1) 한우산업을 포함한 축산분야 탄소중립 방안 개요

- 축산분야의 탄소중립은 크게 환경 기술적 개념(기술 보급)과 환경 사회적 개념(제도 실행)으로 구분될 수 있으며, 이는 각각 (1)수의방역적 문제, (2)환경오염 문제, (3)경축순환 및 거버넌스 문제, (4)양분 관리 및 자원화 문제 등 단위 개념들이 포괄적으로 연계되어 있음.

<환경 기술적 개념(기술보급)>

(D) 대기오염물질	
(A) 미생물 이용	(B) 시간 소요
(C) 에너지(생산/소비)	(D) 경제적 가치
(E) 최적환경기술(BAT) -컴포스트, 고품펠릿, 바이오차, 감량화 등 탄소중립형 환경기술이 필요 함	

<환경 사회적 개념(제도실행)>

(D) 탄소중립	
(A) 환경오염문제	(B) 자원화(양분)문제
(C) 경축순환(거버넌스)	(D) 경제산업 (일자리)
(E) 최적환경기술(BAT) -탄소중립형 고도화 사회 구축을 위하여 포괄적 개념이 필요 함	

그림-88 축산분야의 탄소중립 개념 모식도

-탄소중립 대응 기술보급 분야의 온실가스 완화 수단은 가축분뇨 자원화시설 설비, 가축분뇨 에너지화시설 설비, 양질조사료 공급, 저메탄 사료 공급 등이 있음. 정책실행에 따른 온실가스 완화 수단은 지역단위 양분관리제도, 양분관리 기반 경축순환농업 추진 등에 의한 수단이 있음.⁴²⁾

⁴²⁾ 정학균 외 (2018) "신기후체제에 따른 농축산식품부분 영향과 대응전략(2/2차년도)"

표-109 한우산업을 포함한 축산분야 탄소중립 방안 개요

구분	탄소중립 대응수단	효과
기술 보급	• 가축분뇨 자원화시설 설비	-가축분뇨 처리과정 온실가스 발생 저감
	• 가축분뇨 에너지화시설 설비	-가축분뇨 처리과정 온실가스 발생 저감 -청정에너지 생산 및 화석연료 대체
	• 양질조사료 공급	-가축 생산성 향상, 장내발효 저감
	• 저메탄사료 공급	-가축 생산성 향상, 장내발효 저감
제도 실행	• 지역단위 양분관리제도	-농경지 비료 투입량 저감(농경지 토양 온실가스 발생 저감)
	• 양분관리 기반 경축순환농업	-화학비료 대체(화학비료 생산과정 온실가스 발생저감) -농경지 토양 온실가스 발생 저감

(2) 탄소중립형 축산환경 및 경축순환으로의 접근

가) 환경오염·자원화·경축순환을 포함한 탄소중립형 축산의 개념

- 기후위기 대응 축산분야의 탄소중립 이행 방안은 축산분야의 전 과정과 전후방 산업까지 복합적으로 연계되어 있기 때문에 단위 요소별 접근으로는 해결하기 어려운 특성이 있음. 환경오염·자원화·경축순환을 포함한 통합형 탄소중립 축산 개념은 크게 수의방역·환경관리·자원화·경제적 측면을 종합적으로 고려해야 함.

○ 수의방역적 측면

-FMD, ASF 등 병원성 바이러스나 세균 및 원충 등 인간(위생, 지역경제 등)과 축산업에 지대한 영향을 미치는 전염성 질병에 대한 수의방역적 제도 및 기술 개발이 필요함. 이는 HACCP 등과 같은 인증제도와 연계 또는 신규 제도 도입의 검토가 요구됨.

○ 환경관리 측면

-오랫동안 축산업의 저해 요소로서 지적되어온 고질적인 축산악취 문제를 우선적으로 근절해야 함. 또한 토양의 양분관리(수계 유입에 따른 수질오염 포함), 미세먼지 전구물질인 암모니아의 관리, 그리고 최

대 이슈인 온실가스 저감(탄소중립)에 대하여 농가 단위부터 실질적인 대책 마련이 시급함.

○ 환경관리 측면

-지속가능한 축산업을 위해서는 농가의 경영 안정화가 우선순위임. 이를 위해서는 탄소중립형 축사환경 개선, 저메탄 사료 기술개발 및 공급, 저탄소 사양관리, 축사 에너지(시설 및 장비 등) 관리와 함께 농가 단위에서 부가가치를 증대시킬 수 있는 방안(체험형 자연 친화 농장 등)을 모색해야 함.

○ 자원화 측면

-가축분뇨 유래 자원화의 최대 수요처인 경지면적이 감소함에 따라서 철저히 수요자(경종농가) 중심의 퇴·액비를 생산해야 함. 미부숙 퇴·액비의 퇴출은 기본이며, 퇴·액비의 품질을 고도화하여 화학비료를 최소화하고 가축분뇨 자원을 최대로 이용하는 경종농가 중심 구조로 대전환해야 함. 이와 같은 인식의 전환이 이루어져야 경축순환 활성화, 조사료의 자급률 확보 등의 선순환 구조로 이루어질 수 있음. 이외에도 가축분뇨 처리 방법 및 유통의 다각화를 통한 기존 퇴·액비의 수출 또는 부가 에너지의 생산 및 활용 등이 검토되어야 함.

탄소중립형 축산환경 개념

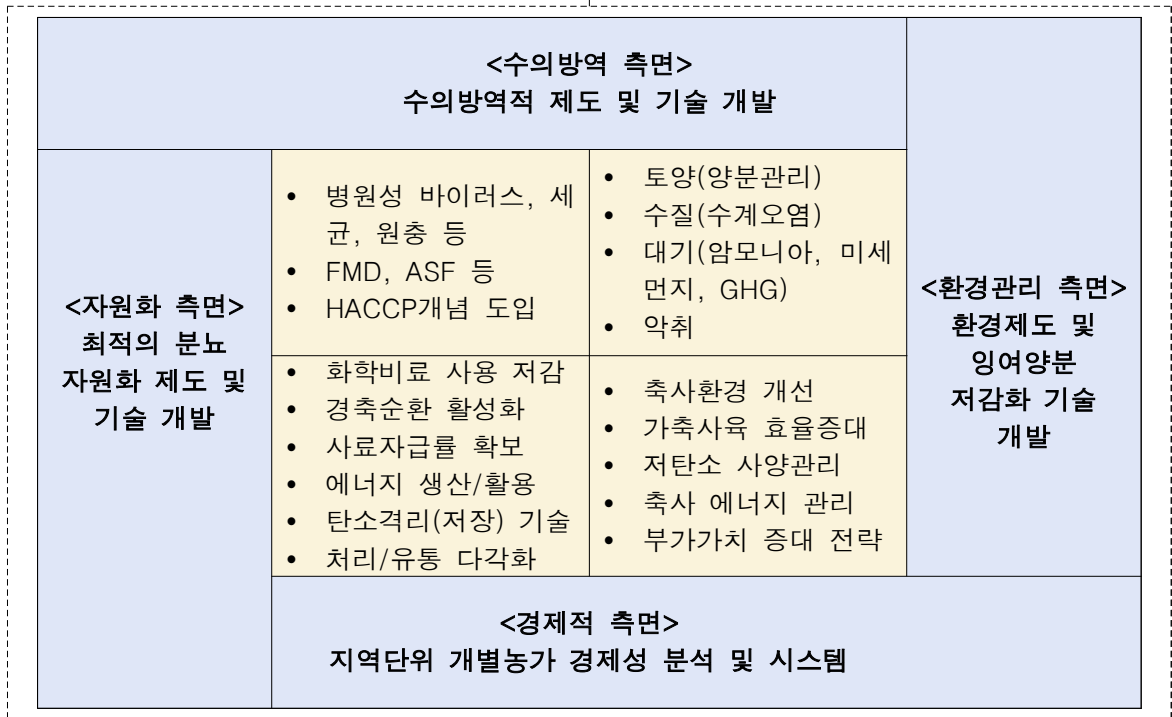


그림-89 환경오염·자원화·경축순환을 포함한 탄소중립형 축산 개념

나) 기존 경축순환농업의 추진상 문제점

○ 경축 분리의 산업구조 고착화

-20세기 후반 산업축산 모델은 분업과 전문화, 그리고 규모의 경제라는 원칙에 따라 농촌 내 경종과 축산을 분리할 뿐 아니라 (농촌) 생산지와 (도시) 소비자의 사회·물리적 거리를 계속 확대함. 경축 분리의 규모가 지구적 수준이라는 특징을 가짐.

○ 경종 중심의 퇴·액비 품질 미흡

-일부 무허가 살포 업체의 미부숙 액비 살포 등으로 인해 경종농가의 부정적 인식(악취 등)이 확산하고 있으며, 축산농가(공급자)의 시설·장비 위주로 정부 지원이 이루어지고, 퇴·액비 활용 경종농가(수요자)에 대한 지원(유기질비료 지원사업)은 부족한 실정임.

○ 가축분뇨 발생량의 증가 및 경지면적의 감소

-우리나라의 경우 상대적으로 경작지가 좁고, 주거지가 인접해 있음.
또한 경종농가의 퇴·액비에 인식이 낮은 편이며 경작지에서 사료작물
재배 비중 미흡하여 자가 경작지를 통한 가축분뇨 순환이용에 어려움이
있음.

○ 최하위 수준의 조사료·곡물자급률

-유엔식량농업기구(FAO) 산하 농산물정보시스템(AMIS)의 데이터베이스
자료를 토대로 산출한 결과, 우리 농업은 최근 3개년(2015~2017년)
곡물자급률이 23%로 가축 사료용 곡물을 포함하여 국내 소비되는 곡
물의 77%가 외산이며 식량안보에 여전히 위험 수준임.

○ 경축순환시스템의 표준모델 및 평가체계 부재

-기존 분석은 국가 수준의 거시적 분석에 그치거나, 지역 사례 분석의
경우 분석 시점의 축분 발생·처리량과 경종활용에 따른 효과를 판매가
격지수, 가상가치분석(CVM) 등을 이용한 시산 방식을 활용한 한계가
있음.

○ 제도·정책적 한계

-’04년부터 경축순환농업이 추진되었으나 가축분뇨 처리에 초점에 맞
추어져 있었으며, 이와 같은 경축순환농업에 대한 인식 부족에 따라
종합적인 정책은 부재하였음. ’13년 화학비료의 정책지원금 중단으로
사용량은 지속 감소하고 있으나, 비료효과, 사용 편리성과 경제성 등
으로 화학비료를 퇴·액비보다 선호하고 있음.

○ 축산환경 여건 변화에 따른 환경규제 강화

-친환경 경축순환농업이 중요성이 강조되고 있는 가운데 가축분뇨에
대한 환경규제도 강화되고 있는 실정임. 특히 정화처리 방류기준 강
화, 퇴·액비 부숙도 기준 준수 의무화로 연중 퇴액비 농가 단위 품질
관리 필요성 대두되고 있음.

○ 양분수지 기반 농축부산물 및 가축분뇨 발생량 예측 모델 필요

- 농경지 면적은 감소하고 있음에도 불구하고 화학비료 판매량과 부산물비료 생산량, 그리고 가축분뇨 발생량은 증가하고 있음. 양분수지 방법론을 선정하는 데 있어 정부 부처 및 산업간 합일점이 도출되지 못하고 있는 실정임. 토지 수지와 토양 수지의 산정에 따른 결과를 검토하고, 제도 운용의 합리성과 제도 운영목적의 부합성 측면의 세심한 검토가 필요함.

다) 탄소중립형 축산환경 기반 경축순환 시스템

○ 탄소중립형 축산환경 구축을 위한 관련 법률 및 기술 체계

- 앞서 언급한 대로 축산분야의 탄소중립 이행 방안은 축산분야의 전 과정과 전후방 산업까지 복합적으로 연계되어 있음.
- 축산분야에서의 경축순환 시스템 구축이 중요한 축을 담당하고 있기는 하나 연계되는 핵심 개념들과 유기적인 관계를 구축해야 함.
- 탄소중립 축산 개념인 수의방역·환경관리·자원화·경제적 측면을 고려하였을 때 경축순환 이외에도 핵심이 되는 요소는 악취, 양분관리, 바이오에너지가 있으며, 상기 4가지 요소와 직접적으로 관련된 법률인 「가축분뇨법」을 중심에 두고 각각의 요소별로 관계된 법률과 상호 보완되어 접근할 필요가 있음. 또한 각 요소의 범위에서는 주민거버넌스 기반으로 해당되는 이행 방안이 제시되어야 함.
- 예로서 경축순환의 경우는 「가축분뇨법」, 「친환경농업육성법」, 「지방자치법」, 「비료관리법」 및 주민 거버넌스 기반으로 가축분뇨 관리 기본계획, 경축순환 기본계획 등이 수립되어야 하며, 이에 따른 퇴액비 자원의 품질 고도화, 바이오 비료 및 저탄소(탄소격리) 농법 개발, 경축순환 관련 지자체 조례 등이 구축되어야 함.

대기환경 보전법	주민거버넌스			축산법	주민거버넌스			신재생 에너지법
주민 거버넌스	민원갈등 대처	악취농도 기준	악취관리 매뉴얼(농가)	주민 거버넌스	REC 상향전략	펠릿/ 고체연료	바이오매스 전략연계	주민 거버넌스
	동물복지	악취	사료/ 단백질		소규모분산 형에너지	바이오 에너지	바이오가스 전문기업	
	축사외부 악취저감	축사내부 악취저감	신속수거 체계		탄소중립 전략기술	소화액 품질/이용	공동자원화 경영전략	
악취방지법	주민거버넌스			가축분뇨법	주민거버넌스			비료관리법
주민 거버넌스	양분순환 지표/지수	양분삭감 제도	지역환경 용량산정	주민 거버넌스	분뇨관리 기본계획	경축순환 기본계획	축산/경종 사회적책임	주민 거버넌스
	양분배출 계수	양분관리	양분관리 기법		탄소격리 작물재배	경축순환	화학비료 저감	
	양분수출 전략	수계양분 유입저감	양분은행 제도		공익형 직불제	지자체 조례/행정	퇴액비/품질 /바이오비료	
수질환경 보전법	주민거버넌스			친환경농 업육성법	주민거버넌스			지방자치법

그림-90 탄소중립형 축산환경 구축을 위한 관련 법률 및 기술체계

○ 탄소중립형 축산환경 기반 경축순환 시스템

- 경축순환 분야에 핵심적으로 연계된 「가축분뇨법」, 「친환경농업육성법」, 「지방자치법」, 「비료관리법」은 소위 경축순환 관련 “환경 4법”으로 지역단위 경축순환 거버넌스 구축의 중심이 되는 4가지 관련 법을 통해 지역 자원의 친환경적 관리와 이용 활성화를 위한 정책적 지원 사업 개념을 의미함. 이에 기반으로 지역단위 경축순환 거버넌스 모델이 확립되어야 할 필요성 있음.
- 가축분뇨법: 축산농가의 사육/분뇨 등 환경 규범에 대한 환경기준을 제시함
- 비료관리법: 경종농가의 비료 이용 및 활성화(화학비료 저감)를 위한 퇴액비 품질 관리, 토양 비옥도 증진, 토양환경 개선 효과 제고
- 친환경 농어업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률: 경종농가에서 가축분뇨 유래 유기질 비료를 이용하여 생산하는 친환경 농산물의 지역 내 유통 활성화 및 지원방안 제시함
- 지방자치법: 지자체 행정기관의 지역 내 자발적 경축순환농업 추진 계획 수립 및 실천(주민 조례 발안법 도입 포함)

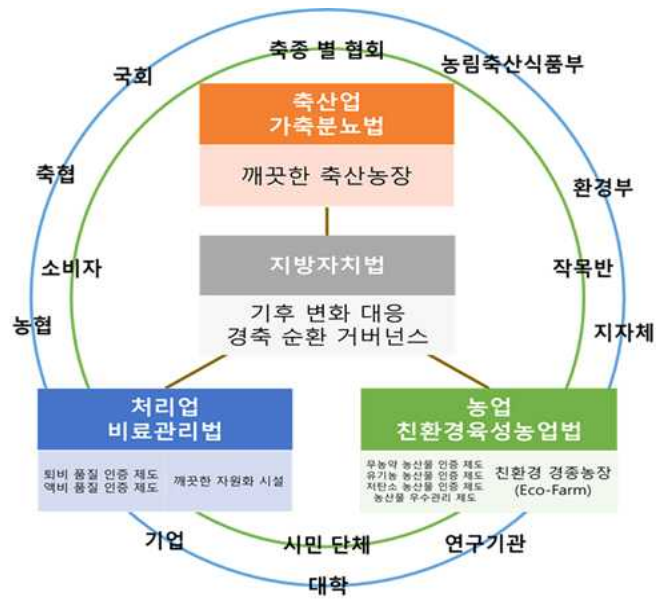


그림-91 "환경 4법" 연계를 통한 지역단위 경축순환 거버넌스 구축

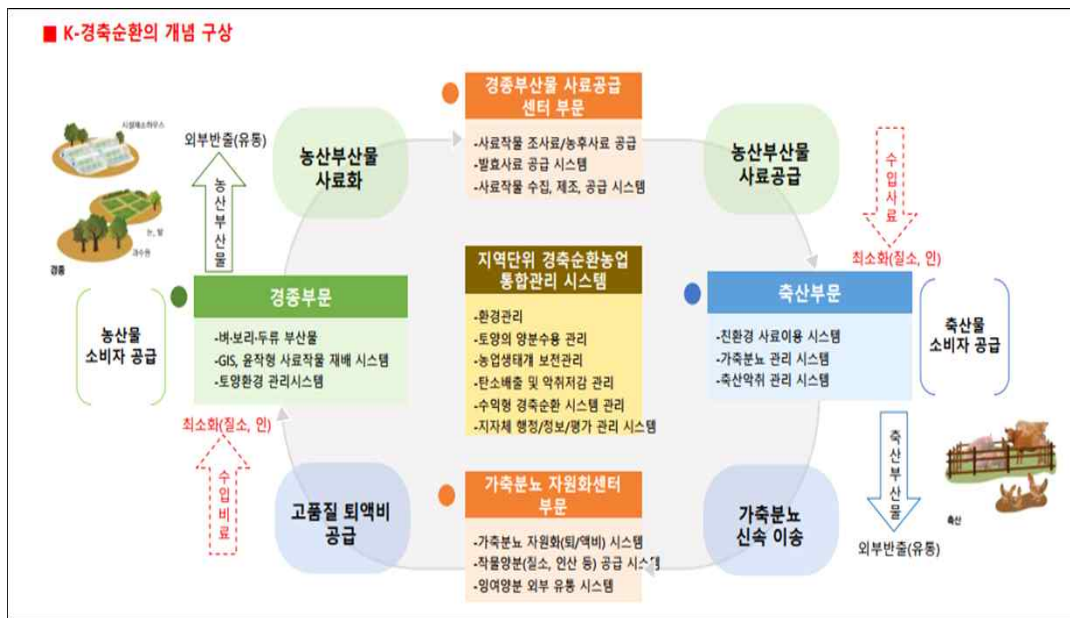


그림-92 탄소중립형 축산환경 기반 경축순환 시스템 모식도

표-110 “환경4법” 연계를 통한 한우분뇨 자원화 정책지원 방안

환경4법	한우분뇨 자원화 정책지원 방안	
	한우분뇨 처리기술	한우분뇨 관리 제도·정책
[1] 가축분뇨법 (한우농가 환경규범)	○ 한우농가 환경관리계획 수립·시행 • 친환경적 사양관리 및 환경기술 지원 개발 • 한우농가 축산환경지표 개발 ○ 한우농가의 우상 환경개선 및 악취발생 개선 관리 매뉴얼 개발 • 한우농가 우상 수분 조절 방식의 관리지침을 제시 • 한우시설 중 악취 발생원을 제시하고 관리를 위한 평가법개발 ○ 한우분뇨 퇴·액비부숙도관리기술 개발 • 염분농도 관리 및 희석처리 기술 개발 • 호염성작물재배 기술 개발 • 한우분뇨 부숙도평가체계 개발 • 한우분뇨 전용 고액분리기술 개발 • 한우분뇨의 퇴·액비화처리 개발 ○ 한우분뇨 소규모·분산형 에너지화 기술 개발 • 소규모 한우농가 바이오가스(고상형) 처리기술 개발 ○ 사료포·초지 보유 한우농가에 인센티브 지원 및 경축순환농법기술 개발	○ 한우농가 환경관리계획 수립·시행 • 환경관리계획 관련 컨설팅교육 추진 • 친환경적 사양관리 농가에 환경대책 우선 지원 제도화 • 한우농가 축산환경지표 수립·시행 ○ 한우농가의 우상 환경개선 및 악취발생 개선 관리 매뉴얼 보급·지도 지원 • 환경개선제 및 수분조절제 보급의 지원 ○ 한우분뇨 퇴·액비부숙도관리 매뉴얼 지원 • 한우분뇨의 혼합처리 및 부숙도 향상 기술 지원 • 한우분뇨 전용 퇴비화처리설비 지원 • 한우분뇨를 이용한 소규모·분산형 바이오가스처리시설 지원 ○ 사료포·초지 보유 한우농가의 경축순환 활성화 및 인센티브 제도화

표-110 (계속)

환경4법	한우분뇨 자원화 정책지원 방안	
	한우분뇨 처리기술	한우분뇨 관리 제도·정책
[2] 비료관리법 (경종농가 이용 활성화)	○ 한우분뇨 퇴비 토양비옥도 관리 기술 개발 입증 • 한우분뇨 퇴비의 토양비옥도 증진 효과 연구 ○ 한우분뇨 퇴비 농지환원 기술 개발 확립 • 한우분뇨 퇴비 및 기타 축종 액비 혼합 처리(코포스트티) 및 농지환원 특성 연구 ○ 한우분뇨 전용 퇴비품질 강화 기술개발 및 품질관리 기준 표준화 • 한우분뇨의 비료공정 규격상 특성 품질 연구 • 퇴비품질(성분) 표시제 개발 • 한우분뇨를 이용한 기능성 퇴비 이용기술 고도화 ○ 공공재로서 한우분뇨 양분관리기술 개발 • 양분은행 활성화 및 세부 이용기술 개발 • 지역단위 한우분뇨 양분관리의 ICT기반 빅데이터 수집·모니터링 기술 개발	○ 한우분뇨 퇴비 토양비옥도 관리 및 증진 보상 제도 • 한우분뇨의 지역 토양비옥도증진 사업 자재 활성화 ○ 한우분뇨 퇴비 농지환원 시스템 및 지침 제도화 • 경종농가 중심의 한우분뇨 퇴비 순환시스템 활성화 지원 • 퇴비품질(성분) 표시제를 통한 정보 강화(인증 라벨링) ○ 한우분뇨 퇴비사용 경종농가 공익형 직불제지원 제도 • 경종농가에 화학비료 대체 한우분뇨 자원의 토양탄소저장, 탄소 격리효과제시 • 대기 중 이산화탄소 저감형 공익성 제도화 ○ 퇴비 고품질화 한우농가에 공익형 직불 직불제지원 제도 • 한우농가에 고부가가치형 지역자원의 활성화 기술개발에 대한 지원을 제도화 • '04~'05 친환경직불제 프로그램 반영-조사료포확보(자가, 임대) 시 직불금지급 ○ 공공재로서 한우분뇨 양분은행 설립 • 지역 내 잉여양분의 선진적 양분 이용 및 양분거래 인센티브 제도화 추진

표-110 (계속)

환경4법	한우분뇨 자원화 정책지원 방안	
	한우분뇨 처리기술	한우분뇨 관리 제도·정책
[3] 친환경농어업법 (친환경농업 농산물의 생산과 유통 활성화)	○ 한우분뇨 퇴비의 경종농가 수요 확대를 위한 기술개발 • 작물별 한우분뇨 퇴비의 최적 유기 비료화 및 농지환원 기술 개발 • 장기저장 및 살포 편의성 확대를 위한 퇴비펠렛기술 고도화 • 한우분뇨의 고품질펠렛화 및 고품질 연료화 기술 개발 ○ 한우분뇨 퇴비의 친환경 농산물 생산 기술 개발 • 한우분뇨 이용 친환경농산물 생산 및 상품의 품질, 저장성 등 특성 연구 • 한우분뇨 이용 조사료, 시설원예 및 분뇨 이용 미생물 생산 기술 개발	○ 한우분뇨 퇴비를 이용하는 경종농가에 이용 활성화(확대) 지원 제도 • 한우농가에 경축순환 활성화 지원 의무화 제도 • 한우분뇨 신재생 연료화 사업 추진 활성화 지원 • 한우분뇨 퇴비를 이용하는 경종농가에 대한 교육(연간) 의무화 • 한우분뇨 퇴비를 이용하는 경종농가 토양환경 평가(토양비옥도 평가)지원 및 인센티브 제도화 ○ 한우분뇨 퇴비 친환경 농산물 판매 유통 활성화 지원 제도 • 한우분뇨 등 지역자원 이용 농산물의 상품화(브랜드화) 지원 제도 • 조사료 생산농가 등 한우분뇨 이용 재배농가 우선구매 지원 제도

표-110 (계속)

환경4법	한우분뇨 자원화 정책지원 방안	
	한우분뇨 처리기술	한우분뇨 관리 제도·정책
[4] 지방자치법 (행정 : 경축순환농업 추진계획 수립·실천)	○ 지자체의 한우분뇨 유래 양분 관리기술 정착 - 배출계수 포함 양분 관리기술 확립 - 빅데이터 기반 ICT모니터링 체계 확립 ○ 한우분뇨 지역단위 자립형 경축순환 거버넌스 통합관리 - 연계기술(협의체 기반 탄소중립, 고상 바이오가스 및 소화액 자원화 기술) 체계화 - 축산환경개선 지역협의체 구성 및 지역연구기관 리빙랩프로그램 개발 ○ 한우분뇨 관리 지역단위 경축순환 거버넌스 기술교육 - 한우분뇨 이용 경종농가 교육 커리큘럼 개발 ○ 한우농가 기반 경축순환 모델 개발 - 지역 내 자원순환의 자립화(한우농가 및 지역주민의 자발적 참여 유도)를 위한 마일리지 제도화 ○ 한우분뇨 관리 전문가 중장기 육성 체계화 - 한우분야 분뇨관리 전문인력 교육기관 프로그램 개발 - 학교 정규교육 강화 프로그램 마련	○ 친환경적 한우분뇨 관리를 위한 지자체에 조례화 추진 - 주민조례발안법기반 경축조화법 조례화 - 빅데이터 기반 ICT모니터링 제도화 ○ 한우분뇨 지역자립형 경축순환 거버넌스 통합관리 운영 - 연계기술 (협의체 기반 탄소중립, 고상 바이오가스 및 소화액 자원화 기술) 활용 조례화 수립 - 축산환경개선 지역협의체 구성 및 지역연구기관 리빙랩운영 지원 (축산법 42조 13의 4항 3 근거) ○ 한우분뇨 퇴비의 지역단위 경축순환 기술교육 체계화 조례화 지원 - 한우분뇨 퇴비 이용하는 경종농가 교육 프로그램 지원·추진 ○ 한우농가의 친환경 경축순환 자원화 표준모델 기준 제도화 - 지역 내 자원순환의 자립화를 위한 한우농가, 경종농마일리지제도조례화 (한우농가 및 지역 주민의 자발적 자립화 참여 유도) ○ 한우분뇨 관리 전문가(지역별 컨설턴트) 제도화 지원 - 축산환경관리원의 축종별교육 및 환경 산업육성 지원 - 한우분야 전문교육 기관 제도 추진 - 학교 정규교육 강화 제도화

- 한우분뇨를 포함한 가축분뇨의 자원화에 있어서 개별적으로는 각 처리 단계별로 수많은 기술개발이 필요하나 이러한 과거의 각론적 접근보다 좀 더 통합적 접근이 필요함.
- 즉, 농가(경종·축산)와 지역 그리고 정부의 정책을 망라하여 환경·정책·중장기적으로 균형 잡힌 가축분뇨 관리방안을 도출하여야 하며, 기존 정책 보완 및 새로운 정책 지원방안을 제시하기 위해서는 4가지의 환경 관련법의 틀에서 정리하여 구체화하는 작업이 필요함.

5.3 종합결론 및 제언

□ 한우분뇨와 타 축종 분뇨와의 성상 차이점 (제2장, p29)

- 한우 깔짚 분은 타 축종의 깔짚 분에 비해 상대적으로 BOD₅ 농도가 낮음. 때문에 단위 용적 당 동일한 환경조건에서 퇴비화 운영(부속도 관리)이 유리할 것으로 판단되며, 따라서 농업비점오염원에 미치는 영향도 상대적으로 낮을 것으로 보임. 타 축종의 깔짚 분에 비해 낮은 질소함량도 마찬가지로 농업비점오염원에서 다소 긍정적인 효과를 기대할 수 있겠으나 농지환원 시에는 경종농가가 원하는 질소 함량 수준에 만족하기 어려울 수 있음. 그러나 현재 농경지의 양분이 과잉인 상황에서 한우퇴비는 탄소격리 및 저질소형 토양비옥도 증진 공공재로서의 인식 대전환이 기대됨. 단, 염분농도나 잡초종자는 필수 관리 대상 요소임.

- 깔짚축사에서 축종별 분뇨의 오염물질 농도는 BOD₅ 기준으로 한우 깔짚 분이 4.463 g/kg, 젖소 깔짚 분이 14.480 g/kg, 육계 깔짚 분이 24.813 g/kg로 나타남. 이는 한우 깔짚 분 BOD₅ 농도가 육계 대비 약 18%, 젖소 대비 약 31% 수준인 것으로 나타남.

- 깔짚축사에서 축종별 분뇨의 비효성분 중 질소(N) 기준으로 한우 깔짚 분이 5,677 mg/kg, 젖소 깔짚 분이 5,847 mg/kg, 육계 깔짚 분이 55,281 mg/kg로 나타남. 한우 깔짚 분의 질소 농도는 젖소와 큰 차이는 없었으나 육계 대비 약 10% 수준인 것으로 나타남.

□ 한우 분뇨(퇴비)가 환경에 미치는 영향

(1) 암모니아/미세먼지 (제3장, p70)

- '15년 기준 한우사육으로부터 발생하는 암모니아 배출량은 38,912톤이며, 이는 전축종과 비교시 약 18% 수준임. 암모니아는 직접적으로 악취 유발물질이기도 하며, 2차 미세먼지 생성의 전구물질이기도 함. 따라서 암모니아는 축종에 관계 없이 지속가능한 축산을 위해 관리되어야 하는 중요 고려대상임. 한편, 한우 퇴비사에서는 퇴비화 운영

에 따른 황화수소가 검출되지 않으므로 우분뇨 퇴비화 시설에서의 황 산염 등으로 인한 2차 미세먼지 생성 가능성은 높지 않음.

- '15년 기준 국내 암모니아 배출 총량은 297천톤 중 77.8%인 231천톤이 농업부문 배출됨. 특히 '분뇨관리'에서 211천톤의 암모니아가 발생하는 것으로 산정되어, 결국 전체 배출량의 71%가 축산 관련 부문임. 축종별 암모니아 배출량 비율은 돼지 45% > 닭(산란계·육계) 25%, 일반소 18% > 젖소 5% > 기타 7%로 나타남.

(2) 온실가스(탄소중립) (제3장, p80)

○ '18년 장내발효와 가축분뇨처리 부문을 모두 포함한 온실가스 배출량을 보면 총 9,407 천톤 CO₂eq. (100%) 임. 그 중 한·육우는 4,922 천톤 CO₂eq. 으로 전체 52.3%에 달하며, 돼지 1,758천톤 CO₂eq. (18.7%), 젖소 1,648 천톤 CO₂eq. (17.5%), 가금 829 천톤 CO₂eq. (8.8%) 순으로 배출됨. 탄소 배출에 비해 한·육우의 탄소 배출량이 가장 높다는 것은 한·육우 종사자에 대해 정책적, 기술적 대책 마련이 필요하다고 볼 수 있음.

- '18년 장내발효 부문 온실가스 배출량은 총 4,471 천톤 CO₂eq. (100%)임. 축종별로 한·육우 3,046 천톤 CO₂eq. (68.1%), 젖소 1,008 천톤 CO₂eq. (22.5%), 돼지 358 천톤 CO₂eq. (8%) 순으로 한·육우가 장내발효 부문의 가장 많은 온실가스 발생량을 보이고 있음.

- '18년 가축분뇨처리부문 온실가스 배출량은 총 4,936 천톤 CO₂eq. (100%) 임. 축종별로 한·육우 1,876 천톤 CO₂eq. (38%), 돼지 1,400 천톤 CO₂eq. (28.3%), 가금류 829 천톤 CO₂eq. (16.7%), 젖소 640 천톤 CO₂eq. (12.9%) 순으로 한·육우가 가축분뇨처리부문의 가장 많은 온실가스 발생량을 보이고 있음.

□ 퇴비의 품질 및 부숙도 (제4장, p143)

- 현장 실태조사 지역에서 채취한 한우퇴비 51점에 대해 품질 및 부숙도를 평가한 결과, 모든 퇴비 샘플은 100% 부숙완료(부숙도 평가: 콤백)로 평가되었으며, 종자발아법을 이용한 발아지수 또한 평균 GI 86으로 나타내 부숙도 측면에서 품질이 우수한 것으로 검토되었음. 또한 한우퇴비(n=51)의 이화학적 성상 평균값을 이용하여 「가축분뇨법」의 “퇴비화 기준” 및 「비료공정규격의 설정 및 지정」 “가축분퇴비” 기준에 대해 검토한 결과 모든 항목에서 충족(만족)하는 것으로 평가됨. 한편, 본 연구에서 제시된 고품질 한우퇴비 점수화 평가표(NaCl, 종자발아법(GI), EC, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 항목에 대하여 25점 만점으로 점수화)를 적용한 결과 한우퇴비(n=51)의 평균 점수는 25점 만점 중 13점을 기록하였으며, 최저 점수는 8점, 최고 점수는 21점을 기록하였음. 이는 한우퇴비의 고품질화 가능성을 보여주는 사례라 할 수 있음.

□ 국내 가축분뇨 처리 및 자원화 여건 변화에 따른 한우산업 정책 제언 (제5장, p185)

- 최근 농림축산식품부의 축산환경 분야를 다루는 대통령 직속 농어업 농어촌특별위원회에서는 농업-축산-환경이 조화되는 지속가능한 농축산업을 기조로 새로운 축산업의 방향성을 제시하고 있음.
 - 구체적 목표는 ‘성장이 아닌 환경’을 ‘산업이 아닌 사람’을 최우선의 가치로 지향함과 동시에 환경 분야에 충분한 투자가 가능한 수준의 소득보장 및 경영안정, 건전한 축산 주체(전업농) 육성을 통한 사육기반 확립, 적절한 규제를 통한 기업형 축산의 확장 자제 및 동반성장의 방안 마련임.
 - 지역과의 연계성에 있어서는 경종·축산 연계모델 개발 및 보급을 통한 지속가능한 자연순환농업을 활성화, 지자체의 시군농업기술센터 및 농림축산식품부와 연계 가능한 과제 추진, 생산자단체·협회 등이 공동참여 가능한 과제 추진으로 자연순환농업 조기 정착, 개발기술의 패키지화 및 보완 기술 발굴을 요구하고 있음.

-축산업의 면에서는 축산환경 개선으로 지속가능한 축산의 정착, 과학적인 관리를 위한 축산환경 실태조사, 축산농가 준수사항 및 분야별 체계적인 관리시스템 구축, 환경개선 지원 육성 및 이행력 확보를 주문하고 있음.

- 향후 우리나라 한우산업은 한우분뇨의 자원화에 있어서 새로운 개념의 대전환이 필요함. 한우분뇨 유래 환경문제를 한우농가만의 문제가 아닌 지역과 연계하는 지역단위 경축순환형 사회 구축과 함께해야 하며, 특히 한우분뇨의 고품질화를 통한 공공재로의 역할 구축이 필요함.

-이러한 개념 전환에 대한 이유는 한우 농가가 지역 경종농가와 연계하지 않고는 자원순환의 기본을 실현할 수 없기 때문임.

-한우분뇨는 우리 사회에서 발생하는 유기성 자원인 바이오매스 종류 가운데 에너지 및 퇴·액비 자원 측면에서 산업화 실현 가능성을 긍정적으로 구상할 수 있는 중요 자원임.

- 국내에서 생산되는 한우분뇨를 중심으로 한우 축산농가 수준을 넘어 농촌지역에서 기후변화에 대응하여 어떻게 한우분뇨의 친환경적 경축순환농업을 수행하여야 하며 이 과정을 통해 어떻게 한우농가는 수익 모델을 구축해야 할 것인가에 대한 고민이 필요함.

- 팬데믹 이후 광범위한 경제·사회적 변화가 한우산업 분야에 미칠 영향에 대해 대비할 필요가 있음. 특히 식량, 에너지, 자원 등 “지역단위 중심의 자립형 사회”의 구축 필요성이 요구됨. 현재 추진되고 있는 친환경 경축순환, 토양 양분관리, 지역자원 순환 및 이용 활성화 정책은 축산업에 매우 밀접한 연관 관계가 있으므로 한우산업을 포함한 전후방 사업에 대하여 통합적인 중장기 로드맵 구축이 필요함.

- 환경문제가 국내 규제를 넘어 점차 강화되는 글로벌 규제를 대비함과 동시에 기후변화에 대응하여 바이오가스, 퇴·액비, 지역 자원순환, 일자리 창출 등을 포함한 정부의 “경축순환 연계형 그린뉴딜”의 거버넌스 구축 및 로드맵 전략 수립에 있어서 일원화된 한우산업 전체의 동참이 필요함.

□ **여건 변화에 따른 한우농가의 역할(기본 환경관리 준수)** (제5장, p185)

- 우상의 깔짚 교체주기 및 건조상태를 적정하게 유지하며, 완숙퇴비를 생산하기 위한 기본 수분조절과 주기적인 교반작업 등 한우분뇨 퇴비화 매뉴얼 및 가장 기본적이고 기초적인 환경관리를 준수해야 함. 또한 필요시에는 환경개선제 등을 적극 활용하고 냄새발생·확산을 저감시키기 위한 노력이 수반되어야 함. 더욱이 퇴비사가 없거나 퇴비사를 다른 용도로 사용하는 일부 한우사육농가의 현장 관행은 반드시 개선되어야 함.

- 축산업을 바라보는 관점은 과거 식량의 공급이라는 역할에 기초한 ‘생산성’과 ‘농가소득(이윤 창출)’ 등의 축산업 생산자·생산행위 중심이었음. 그러나 국민소득향상과 함께 공동체 사회에 대한 축산업의 환경적 책임 및 지속가능 생산체계, 더 나아가 소비자의 윤리적 소비 실천 등의 논의가 진행되고 있음.

- 이러한 여건 속에서 한우 사육시설의 환경관리준수, 친환경적인 퇴비를 생산하고자 하는 노력과 실행이 실천되어야 하며, 이를 위한 적정 분뇨관리지원사업 등의 제도적 지원정책 마련은 적극적으로 논의되어야 할 문제임. 아울러, 현행의 부숙도 기준을 단순히 충족하는 수준을 넘어 경종농가(수요자) 중심의 품질관리 고도화 및 평가 프로그램 개발이 이루어져야 할 필요성이 있음.

□ 한우분뇨 유래 자원화물의 경종농가(인식개선) 수요확대 방안 노력

(제5장, p185)

- 우선적으로 한우분뇨의 비료학적 효능에 대하여 연구중심의 과학적 근거자료 축적이 필수적임. 이를 기반으로 다양한 홍보 활동을 통해 경종농가의 인식을 개선하는 노력을 해야 함.

- 한우분뇨 자체는 비료원으로서 매우 유익한 자원화 물질임. 정부에서도 향후 화학비료 감축 계획을 수립하여 국내산 양분을 이용하고 한우분뇨를 포함한 가축분뇨 퇴·액비의 이용 확대를 지원하는 만큼 한우분뇨를 이용하는 경종농가와 연계 전략을 수립할 필요가 있음.

- 한우분뇨에 비해 양돈분뇨의 경우 많은 연구를 통해 양돈분뇨의 이화학적 특성, 자원화 물질로서의 기술개발, 토양 환원에 따른 토양의 환경보전능력(토양비옥도 향상, 이화학적 성상의 변화, 작물 재배 시 생육적 특성 등)과 관련된 다각적 연구를 수십년 이상 지속적으로 추진하고 있음.

- 그러나 한우분뇨의 경우 타 축종과 차별화된 분뇨원료 특성에 근거한 차별화된 퇴비화 및 액비화 특성, 작물 재배 특성 등의 연구가 상대적으로 미진한 상태임. 따라서 한우분뇨의 이용과 관련하여 경종농가의 확대 이용에 대해서는 논리적으로 부족한 상황임.

- 한우분뇨의 비료학적 효능에 대한 과학적 근거자료가 축적되면 한우분뇨 유래 퇴·액비를 이용하는 경종농가에 대해서는 과거와 유사하게 공익형 직불금(보조금) 제도 확대 기반이 조성될 수 있음('04~'05 친환경직불제 프로그램 반영-조사료포 확보(자가, 임대) 시 직불금 지급). 이는 경종 농가 소득에 기여하고 동시에 지역의 경축순환농업 실현에도 한우산업이 공익적으로 기여하는 선순환적 기능 확대에 기여할 것으로 사료됨.

□ 한우분뇨 자원화 정책 종합 제언

- 1990년대 들어서면서 서서히 등장했던 국내 축산업의 환경문제는 2000년대 들어오면서 가축분뇨의 발생량으로부터의 양적 환경문제와 지역적 악취 민원발생으로 인한 질적 환경문제로 진행되어져 2020년대 현재는 에너지 확보, 자원 확보, 식량 확보, 기후변화 대응 등 매우 복잡한 양상으로 진화하고 있음.
- 과거 축산농가의 환경문제는 양돈산업으로부터 그 심각성이 주로 제기되어 왔으나 이제는 한우, 낙농, 육우 등 대가축 분야까지 영향을 미쳐 대가축 축산농가도 환경문제에 더욱 신중하게 대비하여야 하는 단계에 이르게 되었음.
- 특히 2020년 현재는 전 세계적으로 기후변화시대, 정보화시대, FTA 자유무역시대, 지방자치시대 및 코로나19 비대면시대 등으로 다각화 되면서 축산환경 문제가 단순한 처리 문제가 아닌 매우 복잡하고 다양한 시대적 흐름을 이해하고 이를 극복할 수 있는 방법을 제시하여야 하는 시대적 특성을 요구받고 있음.
- 이러한 시대적 상황 속에서 국내 한우 농가를 중심으로 <분뇨 자원화의 정책지원 방안>을 중점적으로 살펴보고 이에 대비하는 정책지원방안을 제시하는 것을 목적으로 하고 있음. 그러기 위해서는 우선 현재 국내 한우농가의 분뇨처리상황을 진단할 필요가 있음. 국내 농림축산식품부, 환경부, 국립축산과학원, 축산환경관리원 및 여러 연구기관으로 부터의 연구 자료와 현재 운영 중인 한우 농가를 방문하면서 현장 및 전문가의 다양한 의견을 청취하였음.
- 한우농가의 분뇨관리 현황조사는 한우 농장의 전체적인 우사 환경관리, 분뇨발생 상황, 분뇨관리 상황, 퇴비화 공정, 우사관리, 생산되는 퇴비의 부숙도, 톱밥의 소요량, 분뇨의 위탁처리 공정, 생산되는 퇴·액비의 주변 농경지 활용, 경종농가로부터의 평가 등을 중심으로 한

우농가의 분뇨관리 적정성 여부에 대하여 살펴봄.

- 일부 우수한 개별 한우농가의 경우는 자가 포장 농지에 한우분뇨의 퇴비를 살포하면서 조사료 생산을 하고 있어 특별한 민원 문제를 유발하지 않고 있으나 축산농가가 밀집화된 지역의 경우는 매우 심각한 상황을 맞이하고 있음. 즉, 대다수 한우 농가가 사육두수에 비해 충분한 농지환원 면적을 확보하고 있지 않아 과밀한 사육두수, 톱밥 등 수분조절재 비용 지출 과다, 우상의 수분조절재 톱밥 공급 부족, 우분의 수분 과다 함유에 따른 퇴비화의 미숙성, 이로 인한 악취 및 농경지 환원의 어려움이 연속적으로 가중되고 있는 상황임. 이러한 문제는 타 축종(양돈)에서도 동일하게 나타날 수 있으나 특히 한우농가의 경우 이에 대처할 수 있는 가축분뇨 공동자원화시설 또는 마을공동퇴비화시설이 절대적으로 부족한 것이 특징임.
- 부족한 가축분뇨 공동퇴비화시설을 대처할 수 있는 방법은 개별농가 수준에서 대응하여야 하나 개별 한우농가는 분뇨관리에 대한 전문지식이 부족하고 한우 농가간의 가축분뇨 관리 및 이용에 관한 지역적 정보 교류가 부족한 상황임. 더욱이 한우농가의 개별 대응이 어려울 경우 관련 전문협회(한우협회)로 부터의 환경기술(퇴비화 기술, 톱밥 대체기술, 악취관리 매뉴얼, 분뇨관리 대장기록 등)이 교육되거나 최소한 관련 환경전문 인력을 통한 환경자원 컨설팅이나 다양한 정부로부터의 자금 지원방법을 지도받을 수 있으면 다행이나 아직 이에 미치지 못하고 있는 상황으로 파악됨.
- 한우농가 입장에서 볼 때, 정부에서 정책을 시행함에 있어 제도가 안착할 수 있도록 충분한 여건조성이 되었는가에 대한 판단이 우선되어야 하나, 현재 환경부, 농식품부의 정책은 그러하지 못함. 그 결과, 정책이 수혜적 측면은 적고 농가규제 요소로 크게 작용하여 정책실패의 책임은 농가에게 전가되는 상황임.

- 무허가축사 적법화와 동시에 퇴비화 기술도 정부의 퇴비부숙도 검사 의무화 시행에 따른 보완이 필요해짐에 따라 정책을 마련한 정부에서 제반 제도개선 등 여건을 조성하는 것이 바람직하였으나 동시에 수반되지 못한 아쉬움이 있음.
- 일반적으로 가축분뇨의 관리는 지역적으로 축산농가 자체의 엄격한 환경관리를 기반으로 경제적인 농장 운영을 도모하기 위하여 주변 경종농가와 자원순환체계를 구축하는 것이 보편적임. 앞에서 열거한 가축분뇨 환경관리는 기본이며 동시에 지역 내 경종농가와 연계하여 질 좋은 품질의 퇴액비 생산, 운송, 농지살포 및 작물재배를 하면서 경축농가가 상호 부산물을 사료 또는 비료로 이용하는 방식, 즉 경축순환방식임.
- 앞으로 한우농가 분뇨관리를 위해서는 현재의 단순한 농가단위에서의 분뇨처리는 비용적인 면에서 매우 비경제적이며 동시대의 시대적 흐름과도 조화롭지 못함. 즉 농장 내 신속한 분뇨처리, 퇴비의 부숙도 평가 강화, 소비자인 경종농가의 퇴비 품질요구 대응, 지역 내 양분 관리 정책, 잉여양분의 관리대책, 지자체의 경축순환정책 연계, 악취의 광역적 관리 등을 위해서 개별 축산농가와 지역의 경종농가를 연계하면서 동시에 정부의 정책과 지자체 및 지역 주민과의 협력이 전제가 되는 “지역단위 경축순환농업 활성화”가 반드시 필요함.
- 한우농가 역시 이러한 체계 속에서 중장기적으로 계획하고 준비하여야 함. 우리나라에서 한우농가만의 축분 관리 기술만으로 한우농가의 경제적이며 친환경적인 경축순환 시스템 구축은 현실적으로 어려움.
- 개별 한우농가의 분뇨관리에 대한 해법으로 단기적인 면에서는 퇴비 부숙도 관리 및 마을공동퇴비화시설과 같은 공공처리시설을 통한 정책이 제시되어야 하며, 중장기적인 면에서는 “한우농가 중심의 지역단위 경축순환 시범사업”이 필요함. 이미 양돈중심의 경축순환 시범

사업이 전국 수 개소에서 진행되고 있으므로, 한우 중심의 경축순환 사업도 박차를 가해 추진할 수 있을 것으로 사료됨.

- 앞으로의 한우농가 중심의 경축순환 시범사업은 한우농가의 가축분뇨 관리 기술 체계화(분뇨처리기술, 분뇨관리 전문인력 확보, 전문컨설팅 조직 구축, 농가 간 정보 교류 체계화 등)는 물론 한우분뇨 전문 중간조직체 구축, 경종농가의 한우분뇨 이용방법 개발, 토양관리 기술 개발, 바이오에너지 및 한우분뇨의 고품질화 등 다각적 방법을 정부 정책과 연계하여 지역별 특성화된 협의체로 구축할 수 있으리라 사료됨.
- 또한, 현재의 개별 한우농가 단위의 어려움을 지역단위로 구성하여 중장기적으로 경제적이며 친환경적인 발전 전략을 추진하는 방안이 우리나라 한우농가의 분뇨자원화 정책으로 가장 바람직하다고 판단됨.



참고문헌

- 강원대학교 산학협력단 (2019) "지속가능한 낙농산업 발전을 위한 퇴비 부숙도 실태 조사" (사)한국낙농육우협회 낙농정책연구소 연구보고서
- 국립환경과학원 (2007) "대기 중 암모니아 배출량 산정 및 인벤토리 구축" 환경부 연구보고서
- 국립환경과학원 (2008) "대기 중 암모니아 배출량 산정 및 인벤토리 구축(II)" 환경부 연구보고서
- 권경석 (2020) "축산분야 미세먼지 연구동향(축산 미세먼지로 인한 영향과 발생특성)" Rural resource. 62(2):15-23
- 한국농촌경제연구원 (2015) "양분총량제 도입방안 연구" 환경부·농림축산식품부 연구보고서
- 정학균, 임영아, 강경수 (2020) "경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안" 한국농촌경제연구원 연구보고서
- 김경민 (2020) "환경친화적 축산환경 조성의 문제점과 개선방안" 국회입법조사처 NARS 현안분석 제129호
- 김민석, 구남인, 김정규 (2020) "국내외 가축분뇨 퇴액비 이용 분야 암모니아 배출량 인벤토리 비교 연구" Korean Journal of Environmental Biology. 38(1): 71-81
- 김용구, 이경보, 이상복, 이덕배, 김성조 (1999) "유기물원이 다른 퇴비연용이 발토양의 화학성 변화에 미치는 영향" 한국토양비료학회지 32(3): 239-253.
- 김현중, 박성진, 김태후, 강수진 (2018) "가축분뇨처리 사업군 심층평가" 한국농촌경제연구원 연구보고서
- 농림축산식품부 (2019.6.28.) 보도자료, "2022년까지 농축산 분야 초미세먼지와 암모니아 배출량 30% 감축한다-농축산 분야별 미세먼지 저감 대책 발표-"
- 농림축산식품부 (2021) "스마트축산 ICT 시범단지 조성 공모계획"
- 상명대학교 천안산학협력단 (2018) "기후변화에 따른 농업부문의 미세먼지 영향 및 관련 기술 동향 분석" 농촌진흥청 연구보고서
- 상지대학교 산학협력단 (2019) "가축분뇨 통합 운영프로그램" 농림축산식품부 연구보고서
- 서울대학교 산학협력단 (2021) "축산환경 개선 기본계획 수립을 위한 정책연구" 농림축산식품부 연구보고서
- 이용복, 이승주, 장홍희 (2013) "개방한우사와 개방육계사에서의 암모니아 발생량 산정" 농업생명과학연구. 47(6): 193-201
- 일본농림수산성 (2018) "축산환경을 둘러싼 정세"
- 정광화, 박희만, 이동준, 김중곤, 이동현, 김다혜 (2020) "한우분뇨 퇴비화시설에서의 미세 입자상물질 발생 주요인자 분석" 유기물자원화. 28(4): 53-68

- 축산환경관리원 (2020) "깨끗한 축산농장 조성 지정 및 사후관리 운영 지침"
- 충남대학교 산학협력단 (2019) "한우퇴비 부숙도 검사 의무화 단기적 대응 방안 연구"
한우자조금관리위원회 연구보고서
- 통계청 (2021.2.26.) 보도자료 "2020년 경지면적조사 결과"
- 한국축산환경학회 (2018) "가축분뇨 양분총량 관련 대응 연구" 대한한돈협회 연구보고서
- 한국축산환경학회 (2019) "축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안" 한국농촌경제연구원 연구보고서
- 한국환경정책·평가연구원 (2018) "미세먼지(PM2.5) 개선을 위한 암모니아 관리 필요성과 정책 제언" KEI 포커스. 6(6): 1-19
- 환경부 (2016) "바로 알면 보인다. 미세먼지, 도대체 뭘까?"
- 환경부 온실가스종합정보센터 (2020) "2020국가 온실가스 인벤토리 보고서"
- Gé B. C. Backus (2017) "Manure Management: An Overview and Assessment of Policy Instruments in the Netherlands (World Bank Regional Agricultural Pollution Study)"
- Komiyama, T., Ito, T., Saigusa, M. (2014). Effects of phosphorus-based application of animal manure compost on the yield of silage corn and on soil phosphorus accumulation in an upland Andosol in Japan. Soil Science and Plant Nutrition, 60(6); 863-873.
- Suntoro, S., Widijanto, H., Suryono, S. J., Afinda, D. W., Dimasyuri, N. R., Triyas, V. (2018). Effect of cow manure and dolomite on nutrient uptake and growth of corn (Zea mays L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science, 24(6); 1020-1026.
- 脇阪 浩、阿部正夫、杉本俊昭、斎藤忠史 (2001) 家畜ふん堆肥の品質因子に関する研究-1 家畜ふん堆肥品質評価基準の策定- (栃木畜試研報 第17号 pp16-29)

○ 신문기사 및 인터넷 자료

- OECD (2021) "Nutrient balance"
<https://data.oecd.org/agrland/nutrient-balance.html> 검색일: 2021.10.5.
- 장강신문 (2020.03.02.) "장흥 한우축사농가, 수년동안 퇴비사 놔두고 노지에 축분 쌓아놔" 검색일: 2021.09.14.
- 헤드라인제주 (2020.06.04.) "제주, '악취 진동' 엄청난 양 가축분뇨 무단투기 현장 적발" 검색일: 2021.09.14.

본 보고서에 대한 지적재산권은 한우자조금관리위원회에 있으며, 본 연구 결과 및 내용의 일부 또는 전부를 인용하는 경우에는 한우자조금관리위원회 자료를 이용하였음을 반드시 명기해야함. 이러한 내용을 명기한 경우에만 사전 승인 없이 무상으로 인용할 수 있음.
