

2022년도 한우자조금사업
완료보고서(2차년도)

한우분뇨 이용 활성화 대책 방안 마련 연구

2022. 12.

연구기관 : (사)한국축산환경학회

본 연구결과는 연구진의 의견 및 주장이며 한우자조금의 공식입장과 다를 수 있음

 한우자조금관리위원회

제 출 문

한우자조금관리위원장 귀하

본 보고서를 『한우분뇨 이용 활성화 대책 방안 마련 연구』의 완료보고서(2차년도)로 제출합니다.

2022년 12월
(사)한국축산환경학회장 나 창 식

연구기관명 | (사)한국축산환경학회
연구책임자 | 이명규 (상지대학교, 교수)
연구원 | 성하균 (상지대학교, 교수)
황선구 (상지대학교, 교수)
박기관 (상지대학교, 교수)
이병오 (한바이오 경축순환연구소 소장)
김수량 (상지대학교 산학협력단, 연구교수)
홍성하 (상지대학교 산학협력단, 연구원)
연구보조 | 박승현 (상지대학교, 석사과정)
정지원 (상지대학교, 석사과정)
이수찬 (상지대학교, 석사과정)
서종환 (상지대학교, 학부생)
한지연 (상지대학교, 학부생)

【목차】

제1장 서론	1
제1절 연구의 배경과 목적	2
1. 연구의 배경	2
2. 연구의 목적	5
제2절 연구의 범위	6
제2장 한우분뇨의 고품질 자원화 방안	7
제1절 한우분뇨를 이용한 고품질 자원화 연구동향 및 시사점	8
1. 국내 가축분뇨 처리현황	8
2. 가축분뇨 처리방식의 다양화	11
제2절 한우퇴비의 품질인증기준(안) 개발 및 적용	13
1. 한우퇴비 품질인증기준(안) 도출	13
가. 1차년도 한우퇴비의 품질인증기준(안) 개발 및 적용	13
나. 2차년도 한우퇴비의 품질인증기준(안) 개발 및 적용	21
제3절 한우분뇨를 이용한 고품질 퇴비 생산 시험	35
1. 우상 내 교반이 퇴비화에 미치는 영향 연구	35
가. 실험 재료 및 방법	35
나. 실험 결과	39
제4절 고품질 한우퇴비를 생산하기 위한 관리 매뉴얼(안) 제시	57
1. 한우분뇨의 특징	57
2. 축사 관리방안	57
3. 깔짚 관리방안	58
가. 깔짚 종류	58
나. 깔짚 함수율에 따른 교반 및 교체 주기	59
4. 퇴비 관리방안	62
가. 퇴비화의 정의	62
나. 퇴비의 기준	62
다. 퇴비화 과정	63
라. 퇴비사 기준	64

제3장 한우퇴비의 농지환원 효과 분석	80
제1절 한우퇴비를 활용한 사료용 옥수수의 생육 및 사료 가치 평가	81
1. 재료 및 방법	81
2. 시험결과	83
가. 한우퇴비 시용에 따른 사료용 옥수수의 생육	83
나. 한우퇴비 시용에 따른 사료용 옥수수의 사료 가치 평가	86
3. 소결	87
제2절 한우퇴비의 활용이 토양 변화 및 토양미생물에 미치는 영향	89
1. 재료 및 방법	89
2. 시험결과	90
가. 한우퇴비 시용에 따른 토양 이화학적성상 변화	90
나. 한우퇴비 시용에 따른 토양 내 근권미생물상 변화	91
3. 소결	95
제4장 한우분뇨 중심 지역단위 경축순환 활성화 거버넌스 구축	96
제1절 국내 자급 조사료의 생산·수급 및 한우농가 활용 현황	97
1. 국내 자급 조사료 생산 및 수급 동향	97
가. 국내 조사료 수급 현황	97
나. 국내 자급 조사료 생산 현황	98
2. 한우농가의 조사료 이용 동향 및 시사점	102
가. 한우농가의 조사료 이용 동향	102
나. 한우농가의 조사료 이용 시사점	108
제2절 ‘벗짚환원사업’에 대한 고찰 및 시사점	111
1. ‘벗짚환원사업’의 개요 및 현황	111
가. 벗짚환원사업의 개요	111
나. 벗짚환원사업의 현황	111
2. ‘벗짚환원사업’과 조사료 수급과의 쟁점	113
3. 논토양에서 벗짚 및 한우퇴비 시용에 따른 유기물 등 지력증진 효과 비교	115
4. 논토양에서 벗짚 및 한우퇴비 시용에 따른 온실가스 발생 특성 비교	117
5. 벼 재배 농가 및 한우농가가 상생하는 경축순환농업의 필요성 및 방안	120
6. 그 외 ‘논 타작물 재배지원사업’과 한우퇴비를 이용한 경축순환	122
제3절 한우분뇨 중심 지역단위 경축순환농업 활성화 거버넌스 사례	124
1. 경축순환농업의 개념 및 필요성	124

2. 조사대상 지역의 농업 및 축산업 기초현황(강원 횡성)	127
가. 농업 연관 산업 현황	127
나. 농축산업 주요 통계	130
다. 자급 조사료 수급 동향	134
3. 조사대상 지역의 한우분뇨 중심 경축순환농업 추진 현황(강원 횡성)	137
가. 경축순환농업 관련 주요 추진 실적	137
나. 경축순환농업 관련 주요 적용 연구개발 기술	138
다. 경축순환농업 관련 주요 사업 추진 프로그램	139
4. 한우분뇨 중심 경축순환농업 소단위 거버넌스 사례 발굴(강원 횡성)	143
가. 한우+경종(옥수수 2기작) 겸업 중심(갑천면 일대)	143
나. 고품질 가축분 퇴비생산 시설 중심(횡성군 농업기술센터)	145
다. 한우농가 자급조사료 TMR생산 공유 플랫폼 중심(횡성군 농업기술센터)	146
라. 수집·운반업체 중심의 우분 퇴비 이용	147
5. 경축순환농업 실현을 위한 양분관리 프로그램(안)의 적용(강원 횡성)	158
가. 양분수지 산출 방법론 및 양분관리 프로그램(안)의 개요	158
나. 양분관리 프로그램(안)의 적용(강원 횡성)	162
6. 지역단위 경축순환농업 거버넌스 모델 추진 사례(강원 횡성)	164
제5장 조례 정비 및 개발	169
제1절 가축분뇨 관련 주요 법령 및 관리제도	170
1. 가축분뇨 관련 주요 법령	170
2. 가축분뇨 관련 주요 관리제도	172
제2절 가축분뇨 자원화 관련 조례 개발 사례	174
1. 가축분뇨 이용 활성화 관련 주요 조례 운영 사례	174
2. 가축분뇨 이용 활성화 관련 조례 개발 사례	177
제6장 종합제언	183
제1절 연구결과 종합요약	184
제2절 지속가능한 한우산업 발전을 위한 ‘한우분뇨 이용 분야’ 대응 전략 수립의 필요성 ...	195
제3절 한우농가 실정에 적합한 한우분뇨 고품질 자원화 정책 지원책 제안	201
제4절 지역단위 한우분뇨의 경축순환농업 활성화 정책 지원책 제안	205
참고문헌	213

【표 목차】

표 II-01	가축분뇨 발생량 및 처리현황	8
표 II-02	일본 토치기현의 가축분뇨 퇴비 품질평가 기준	15
표 II-03	고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(평균)(n=51)	17
표 II-04	고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(개별)(n=51)	17
표 II-05	국내 가축분뇨 퇴비 품질평가 프로그램 사례	22
표 II-06	개선된 고품질 한우퇴비 품질평가 기준(안)	24
표 II-07	개선된 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(개별)(n=51)	26
표 II-08	개선된 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 시판퇴비 적용(개별)(n=9)	33
표 II-09	피트모스갈짚 성상	37
표 II-10	피트모스와 타 수분조절재와의 특성 비교	38
표 II-11	개선된 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(n=24)	52
표 II-12	개선된 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(개별)(n=24)	53
표 II-13	가축분뇨 배출원단위	57
표 II-14	성장단계별 한우분뇨 배출원단위	57
표 II-15	피트모스와 타 수분조절재와의 특성 비교	58
표 II-16	함수율별 갈짚의 상태 및 우체 청결도	61
표 II-17	교반 및 교체를 피해야할 날씨	61
표 II-18	비료공정규격	62
표 II-19	가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행령 별표 3 퇴비액비화기준	63
표 III-01	한우퇴비의 사료용 옥수수 생육 및 사료가치 평가 시험 처리구 구분	82
표 III-02	처리구별 사료용 옥수수 초장의 변화	83
표 III-03	처리구별 사료용 옥수수의 경경 변화	83
표 III-04	처리구별 사료용 옥수수의 옆폭 변화	84
표 III-05	처리구별 사료용 옥수수의 옆장 변화	84
표 III-06	처리구별 사료용 옥수수의 SPAD 변화	85
표 III-07	처리구별 사료용 옥수수의 생체중 및 건조중	85
표 III-08	처리구별 사료용 옥수수의 사료가치 분석	86
표 III-09	처리구별 사료용 옥수수의 총폐놀과 총플라보노이드 함량	87
표 III-10	처리구별 토양의 이화학적성상 특성	91
표 III-11	토양 박테리아와 토양 성상 간의 정준상관분석 결과	93

표Ⅳ-01 연도별 국내 조사료 수급 현황	97
표Ⅳ-02 국내 작물별 조사료 생산량	98
표Ⅳ-03 국내산 및 수입산 조사료 이용(구입) 비율	103
표Ⅳ-04 2021~2022년 벼짚환원사업 현황	112
표Ⅳ-05 2022년 벼짚환원사업 순증내역	112
표Ⅳ-06 조사대상 지역 농업·농촌분야 추진과제(강원 횡성)	128
표Ⅳ-07 관내 한육우 유통 주체별 매출실적(강원 횡성)	130
표Ⅳ-08 조사대상 지역 농가수 및 농가인구(강원 횡성)	130
표Ⅳ-09 조사대상 지역 논·밭 경지면적(강원 횡성)	130
표Ⅳ-10 조사대상 지역 식량작물 재배현황(강원 횡성)	131
표Ⅳ-11 조사대상 지역 원예작물(채소류) 재배현황(강원 횡성)	131
표Ⅳ-12 조사대상 지역 특용작물 재배현황(강원 횡성)	131
표Ⅳ-13 조사대상 지역 과실류 재배현황(강원 횡성)	132
표Ⅳ-14 조사대상 지역의 '16~'18년 농경지 토양화학적 변동조사(강원 횡성)	132
표Ⅳ-15 조사대상 지역 주요 가축 사육현황(강원 횡성)	133
표Ⅳ-16 조사대상 지역 가축분뇨 발생량 및 처리현황(강원 횡성)	133
표Ⅳ-17 조사대상 지역의 주요 조사료 작물 생산량(강원 횡성)	134
표Ⅳ-18 지역 양분부하 및 양분유입 항목 분석(강원 횡성)	162
표Ⅳ-19 지역 양분부하 및 양분유출 항목 분석(강원 횡성)	162
표Ⅴ-01 축산업의 환경오염 문제와 규제정책	171
표Ⅴ-02 괴산군 농어업·농촌 및 식품산업 지원에 관한 기본 조례 개요	174
표Ⅴ-03 함양군 농업·농촌 및 식품산업 지원에 관한 기본 조례 개요	175
표Ⅴ-04 순창군 축수산 발전 및 가축방역 지원에 관한 조례 개요	176
표Ⅵ-01 한우분뇨의 적정 처리를 위한 정책 지원 방안	197
표Ⅵ-02 '환경4법' 연계를 통한 한우분뇨 자원화 정책지원 방안(지역단위 경축순환 거버넌스)	198
표Ⅵ-03 한우농가 실정에 적합한 한우분뇨의 적정 처리를 위한 정책지원 방안	204
표Ⅵ-04 지역단위 한우분뇨의 경축순환농업 활성화 정책지원 방안	211

【그림 목차】

그림 II-01 고품질 한우퇴비 품질평가 기준(안).....	16
그림 II-02 NaCl 과 질산태질소/무기태질소의 농도 분포도.....	23
그림 II-03 황성군 한우 농가 위성사진.....	35
그림 II-04 축분교반기.....	36
그림 II-05 피트모스깔짚.....	36
그림 II-06 분뇨 샘플링 예시도.....	39
그림 II-07 교반 여부에 따른 유기물의 변화(깔짚 미사용).....	39
그림 II-08 교반 여부에 따른 유기물의 변화(피트모스깔짚 사용).....	40
그림 II-09 교반 여부에 따른 질소의 변화(깔짚 미사용).....	40
그림 II-10 교반 여부에 따른 질소의 변화(피트모스깔짚 사용).....	41
그림 II-11 교반 여부에 따른 암모니아성질소의 변화(깔짚 미사용).....	42
그림 II-12 교반 여부에 따른 암모니아성질소의 변화(피트모스깔짚 사용).....	43
그림 II-13 교반 여부에 따른 암모니아성질소의 변화(깔짚 미사용).....	44
그림 II-14 교반 여부에 따른 암모니아성질소의 변화(피트모스깔짚 사용).....	45
그림 II-15 교반 여부에 따른 유기물대 질소의 비의 변화(깔짚 미사용).....	46
그림 II-16 교반 여부에 따른 유기물대 질소의 비의 변화(피트모스깔짚 사용).....	47
그림 II-17 교반 여부에 따른 수분의 변화(깔짚 미사용).....	47
그림 II-18 교반 여부에 따른 수분의 변화(피트모스깔짚 사용).....	48
그림 II-19 교반 여부에 따른 암모니아 가스의 변화(깔짚 미사용).....	49
그림 II-20 교반 여부에 따른 암모니아 가스의 변화(피트모스깔짚 사용).....	50
그림 II-21 계절별 육성우 깔짚축사 내 분뇨의 함수율 변화.....	59
그림 II-22 계절별 비육우 깔짚축사 내 분뇨의 함수율 변화.....	59
그림 II-23 계절별 번식우 깔짚축사 내 분뇨의 함수율 변화.....	60
그림 II-24 퇴비화 예시도.....	62
그림 II-25 퇴비화 기간별 온도 변화 및 유기물 분해 과정도.....	63
그림 II-26 양질의 가축분뇨 퇴비를 만들기 위한 요소.....	79
그림 III-01 한우퇴비의 사료용 옥수수 생육 및 사료가치 평가 시험 처리구 모식도.....	82
그림 III-02 한우퇴비의 사료용 옥수수 생육 및 사료가치 평가 시험 모습.....	82
그림 III-03 각 처리구별 박테리아 성상 분석 (A: 처리구별 박테리아 다양성, B: 처리구별 Phylum 단위의 박테리아 분포).....	92

그림 III-04 토양 샘플 간 유의한 화학적 성상과 박테리아의 CCA 분석	93
그림 III-05 무처리군과 처리군에서 차이를 보이는 토양 박테리아 (붉은색: 무처리군에 비교하여 증가, 청색: 무처리군과 비교하여 감소)	94
그림 IV-01 연도별 국내 조사료 수급 현황	98
그림 IV-02 벧짚(좌) 및 IRG(우) 등 조사료별 생산량 동향	99
그림 IV-03 한우농가의 조사료 사용 비중(좌) 및 향후 사용 희망 조사료 형태(우)	102
그림 IV-04 향후(좌) 및 수입시장 개방 후(우) 국내산 조사료 사용 의향	103
그림 IV-05 한우농가의 조사료 이용 만족도에 미치는 요인별 중요도	104
그림 IV-06 한우농가의 국산 및 수입산 조사료의 이용 선호 및 비선호 요인	105
그림 IV-07 TMR제조업체의 국산 및 수입산 조사료 이용 선호 및 비선호 요인	105
그림 IV-08 TMR제조업체의 램사일리지 보관단계 폐기 발생률 및 원인	106
그림 IV-09 램사일리지 폐기(좌) 및 폐비닐(우)	106
그림 IV-10 Conceptual schematic diagram of methane production, oxidation and emission from paddy field	118
그림 IV-11 경축순환농업의 개념도	124
그림 IV-12 가축분퇴비 공동생산 시설 플랫폼	146
그림 IV-13 황성군 수집·운반업체 중심의 퇴비살포 사례	148
그림 IV-14 지역단위 양분수지 관리지표 분석(1)(강원 황성)	163
그림 IV-15 지역단위 양분수지 관리지표 분석(2)(강원 황성)	163

【요약】

□ 제1장 서론에서는 연구의 필요성 및 목적에 대하여 제시함.

○ 연구의 필요성 및 목적

- 본 연구의 목적은 지속가능한 한우산업 거버넌스 모델인 「한우 중심의 지역 단위 축산환경 협동조합(협치사회) 모형」 제시를 통해 경축순환 활성화 거버넌스 구축 방안 및 농가 실정에 적합한 축산환경 지원책을 제안하는 등 지속가능한 한우산업 발전에 기여하는 데 있음.

□ 제2장 한우분뇨의 고품질 자원화 방안에서는 다양한 자원화 방안 소개, 한우퇴비 품질인증기준(안) 제시, 퇴비 생산 및 관리 매뉴얼(안)을 제시하였음.

○ 한우퇴비의 품질인증기준(안) 개발 및 적용

- 51개 한우농가 퇴비에 대해서 한우퇴비 품질인증기준(안)을 적용 시 100점 만점 중 평균 64.5점으로 조사됨(최저 44.0점, 최고 92.5점).

○ 고품질 한우퇴비를 생산하기 위한 관리 매뉴얼(안) 제시

- 깔짚은 7~14일마다 로터리 등을 이용하여 교반해주어야 함. 교반 등 별다른 조치를 취하지 않을 경우 깔짚은 25~35일마다 교체해주는 것이 바람직함.
- 퇴비사의 종류에는 일반퇴비사, 송풍식퇴비사, 교반식퇴비사가 있음. 일반 일반퇴비사 이용 시 온도가 급격하게 상승하는 구간에는 주 1~2회 수동으로 교반해주며, 온도가 일정하거나 감소하는 구간에는 달 1~2회 수동으로 교반해야 함. 송풍식퇴비사 이용 시 송풍기를 상시 켜두며, 송풍구가 분뇨 및 퇴비에 막히지 않도록 수시로 보수해주어야 함. 교반식퇴비사 이용 시 대부분 자동으로 작업이 진행되므로 크게 신경쓰지 않아도 되지만, 기계의 유지 및 보수에 신경써야 함.

□ 제3장 한우퇴비의 농지환원 효과 분석에서는 한우퇴비를 활용한 사료용 옥수수 생육 및 사료 가치 평가 및 한우퇴비의 활용이 토양 변화 및 토양 미생물에 미치는 영향에 대하여 시험·분석하였음.

- 한우퇴비를 활용한 사료용 옥수수 생육, 사료가치 및 토양변화에 대한 평가
 - 무처리, 상업용가축분혼합퇴비(100%), 한우퇴비(100%), 화학비료(100%), 한우퇴비(50%)+화학비료(50%)로 처리구를 구분하여 사료용 옥수수(광평옥)를 재배·시험하였음. 사료용 옥수수의 식물 당 crude protein, crude fat, crude fiber, crude ash, P, ADF, NDF, 총페놀, 총플라보노이드의 함량을 비교 분석한 결과, 한우퇴비+화학비료가 가장 높은 함량을 나타냈으며, 토양의 유기물 함량 증진에 한우퇴비가 효과적으로 이용될 수 있음을 나타냄.

□ 제4장 한우분뇨 중심 지역단위 경축순환 활성화 거버넌스 구축에서는 먼저 국내 자급 조사료의 생산 및 수급 현황, 볏짚환원사업 시사점, ‘강원도 횡성군’을 중심으로 경축순환농업에 대하여 조사·분석하였음.

- 국내 자급 조사료의 생산·수급 및 한우농가 활용 현황
 - 조사료 생산지역은 주로 전라도 지역이며, 수요 및 공급이 지역 간 편중된 구조를 갖고 있음. 또한, 특정 시기(5~7월)에 집중적으로 유통되고 있으며, 이에 따른 비효율적 운영비 관리 및 보관 등의 문제가 가중되는 구조임. 위생적으로 안전한 국내산 조사료를 한우농가에 공급하기 위해서는 연중 보급을 위한 물류체계, 제품 및 포장 다양성에 주안점을 두고 개선할 필요가 있으며, 국내 조사료의 유통 포장 및 저장의 효율성을 위하여 저수분사일리지 및 건초 등 형태로의 다양성 필요함.

○ **벗짚환원사업 시사점**

- '21년 기준으로 국내 조사료 생산량은 합계는 4,315 천톤으로 작물별 조사료 생산 비중은 벗짚 69.9% (3,016 천톤) > 동계작물 19.4% (839 천톤) > 하계작물 7.1% (307 천톤) > 목초 3.5% (153 천톤) 순으로 나타남. 자급 조사료 중 벗짚을 제외하면 조사료 자급률은 30% 이하 정도로 벗짚이 대단히 큰 비중을 차지하며, 의존도가 가장 높음.
- 논의 지력을 유지하고 각종 양분수탈을 방지하기 위해서는 어떤 형태로든지 토양 유기물 보충하여 주는 것이 원칙임. 그 대안으로 유기자원인 축분 발효퇴비를 반드시 논토양에 환원하여 주어야 함. 한우 발효퇴비의 시용은 유기물 공급은 물론 토양의 화학성, 물리성, 생물성까지 개선할 수 있음. 또한 벗짚수거로 수탈된 논토양의 각종양분을 공급하고 축산과 경종을 연계할 수 있는 경축순환의 중심 축임.

○ **조사대상 지역의 한우분뇨 중심 경축순환농업 추진 현황(강원 횡성)**

- 횡성군의 지역단위 경축순환농업 거버넌스 모델이라 할 수 있는 “횡성군 경축순환농업 추진 협의회(T/F팀)”은 횡성군과 다양한 분야의 지역 전문가들로 구성되어 당면과제에 대한 협회 및 포럼 등을 운영하고 있음. 또한, 횡성군은 관내 경축 순환농업을 활성화하기 위한 조례 관련 노력도 꾸준히 기울여 왔음. 2022년에는 “횡성군 경축순환농업실현 추진협의회 운영규정(시행 2022.03.24.)”을 제정하였음.

□ **제5장 조례 정비 및 개발**에서는 국내 가축분뇨 관련 주요 법령 및 관리제도와 함께 가축분뇨 자원화 관련 조례 개발 사례에 대하여 살펴봄.

- 축산환경과 관련된 제도는 크게 가축분뇨, 축산악취와 같은 환경오염 관련 정책, 축산물의 안정성 관련 정책, 가축 사육환경 관련 정책으로 구분할 수 있으며, 최근 지구온난화 문제에 대한 탄소중립 대응 방안으로서 2050 탄소중립 기본방향과 함께 축산분야의 대응 전략을 수립

하여 추진하고 있음. 또한, ‘전북 남원시’의 경우, 가축분뇨 이용 활성화 관련 조례(안)이 연구의 일환으로 제시된 바 있으며, 지역단위의 경축순환농업을 정의하는 동시에 가축분뇨 유래의 자원화 지원사업에 대한 근거를 마련하였음.

□ **제6장 종합제언**에서는 크게 한우농가 실정에 적합한 한우분뇨 고품질 자원화 정책 지원 및 지역단위 한우분뇨의 경축순환농업 활성화 정책 지원으로 구분하고 각각에 대한 세부 항목에 대해서 제시하였음.

○ 한우농가 실정에 적합한 한우분뇨 고품질 자원화 정책 지원책 제안

- 이상관리 및 환경개선제의 지원
- 자가 퇴비화 운영 지도 및 위탁관리 지원
- 친환경 퇴비사 설치 지원
- 퇴비품질인증제도 및 퇴비 살포 인센티브 제도 구축
- 자가 농지환원 강점 극대화 인센티브 정책 지원

○ 지역단위 한우분뇨의 경축순환농업 활성화 정책 지원책 제안

- 지역단위 한우퇴비 품질 표준화 전략
- 한우퇴비의 부숙도 검사 면제를 위한 전문 위탁관리 전략
- 한우농가의 지역 조사료 생산 및 자급화 의무 전략
- 한우퇴비의 화학비료 대체, 토양 탄소저장 및 탄소격리 농법, 토양생태 복원재 이용 등 기술전략 수립
- 한우분뇨 마을공동퇴비사 및 퇴비유통전문조직의 역할 강화
- 한우퇴비 기반 경축순환 시범사업 모형 개발
- 한우퇴비 기반 경종농가 중심의 경축순환 활성화
- 한우퇴비의 권역 외 유통 체계화

제1장 서론

제1절 연구의 배경과 목적

1. 연구의 배경

- 축산업은 국가 경제에서 중심적인 역할을 하는 핵심 산업 중 하나이며, 식량안보 차원의 중요한 기능을 가지고 있음. 그럼에도 불구하고 전 세계적으로 환경의 중요성이 강조됨에 따라 친환경적 축산업에 대한 사회적 요구와 관심이 증대되고 있는 실정이며, 산업 전반에 걸쳐 환경적 압박에 직면해 있음.
- 그동안 축산분야에서는 특히 가축분뇨로부터 발생하는 사회적 문제는 토양과 수질 등에 미치는 환경오염적인 면과 함께 악취발생에 대한 지역주민과의 갈등이 가장 크게 지적되어 왔음. 근래에는 지구적 환경문제로 기후위기가 대두되면서 저탄소-탄소중립 문제까지 점차 확대되고 있음.
 - 가축분뇨 자원화 및 경축순환 등 탄소중립형 축산의 개념 제시에 대한 필요성이 강조되고 있음.
- 최근 가축분뇨 자원화 여건 변화에 대해 분석한 한국농촌경제연구원(2020)¹⁾의 연구 보고에 따르면, 가축 사육 마릿수 증가로 가축분뇨 발생량이 지속적으로 증가하지만 경지면적은 지속적으로 감소하고, 더욱이 농경지의 양분이 과잉되는 상황에서 기존의 퇴비 및 액비 처리에 따른 농지환원 방법은 점점 어려워져 갈 것으로 예상되고 있음.
 - 가축분뇨 발생량은 가축 사육두수 증가에 따라 향후 늘어날 전망이지만, 자원화된 퇴비와 액비를 소비할 경지면적은 지속적으로 감소할 것

1) 김현중 외(2020) “가축분뇨 자원화 여건 변화와 대응과제” KREI현안분석 제80호

으로 전망되어 퇴액비 수요처 확보에 어려움이 예상됨.

- 더욱이 퇴비와 액비로 인한 환경오염 방지를 위해 퇴비와 액비의 부속도 기준이 강화되는 등 축산에 대한 각종 규제가 강화됨에 따라 축산농가의 분뇨처리 어려움이 가중됨.

- 2015년 체결된 파리 기후 협약에 의거, 우리나라를 포함한 주요국들은 2050년까지 탄소중립(넷 제로)을 실현하겠다는 목표로 온실가스 감축 계획을 수립·시행 중에 있음.

 - 농림축산식품부(2022)는 “2030 NDC 상향안과 연계한 축산환경 개선 대책”을 통해 지속가능한 축산업 실현을 위하여 크게 ①저탄소 사양관리, ②가축분뇨 적정처리, ③축산악취 저감, ④축산환경개선 기반 구축 등으로 분야를 구분하고 이에 대한 세부 정책수단을 제시하였음(※ NDC: Nationally Determined Contribution, 국가결정기여 온실가스 감축 목표).²⁾
 - 저탄소 사양관리: 저메탄 사료 개발 및 제도화, 사료 내 잉여질소 상한기준 등 강화, 가축분뇨 발생감축 등을 위한 기준 강화, 축종별 사육방식 개선 등
 - 가축분뇨 적정처리: 대규모 농가 및 위탁시설의 정화처리 확대, 퇴비의 비농업계 이용(바이오차, 고체연료 등) 확대, 에너지화 확대, 위탁처리시설 처리용량 확대, 지역여건에 맞는 지역단위 경축순환농업 활성화 등
 - 축산악취 저감: 시설기준 및 농가 준수사항 강화, 축사 특성에 맞는 악취배출허용기준 마련, 농촌 공간계획 연계, 축산지구 신설, 축산악취 우려 지역 및 농가 관리 강화 등
 - 축산환경개선 기반 구축: 축산환경개선 법적 근거 마련, 축사환경 관련 통계 고도화, 연구개발(R&D) 확대, 축산환경 전문컨설턴트 양성

2) 상지대학교 산학협력단(2022) “가축분뇨 액비 이용 다각화 연구”

확대 등

- 축산분야에서도 기후변화에 대한 책임과 의무를 겸허하게 받아들이며, 탄소중립형 축산업의 정책 방안 및 모델 제시 등 사회적 요구에 대하여 우선적으로 대응하고 있음. 그중에서도 경축순환농업의 활성화를 통한 선순환 구조의 친환경적 시스템을 핵심 대안 중 하나로써 주목하고 있음.
 - 경축순환농업은 농식품 부산물과 가축분뇨를 자원화하여 사료와 비료로 활용함으로써 농업환경을 보존하고 경제적인 이익을 창출하는 농업임.³⁾

- 본 과업의 선행연구⁴⁾에서도 경축순환농업의 필요성 및 중요성에 대하여 강조하였음. 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.
 - 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.
 - 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.
 - 전 지구적 기후위기 대응책으로 축산분야에 있어서도 선제적인 전략을 수립하기 위해서는 환경문제를 기반으로 하는 새로운 제도의 틀, 즉

3) 정학균 등(2020) “경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안”

4) (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구”

탄소중립형 축산분야 수익형 경제사업, 순환 경제사업의 기술 도입, 이에 대응하는 행정 제도 등 우리나라 사정에 적합한 순환형 사회의 운영체계 등이 연구될 필요가 있음.

2. 연구의 목적

- 선행연구⁵⁾에서는 한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향을 다각적(악취, 미세먼지, 온실가스, 양분관리 등)으로 분석하고, 한우분뇨의 적정관리, 자원화 실태조사 등을 통해 관행적인 한우분뇨 관리(처리) 및 자원화 관련 현안 진단과 이에 대한 대응방안 제시, 그리고 정책지원 방안을 제시하였음. 본 과업은 선행연구에 대한 후속연구의 성격을 가지며, 선행연구에 도출된 결과와 동일한 관점을 가지고 연구를 추진함.

- 본 연구의 목적은 한우분뇨의 고품질 자원화, 한우퇴비의 농지환원에 따른 효과, 한우분뇨 중심의 지역단위 경축순환 사례 등을 살펴보고 지속가능한 한우산업 거버넌스 모델인 「한우 중심의 지역단위 축산환경 협동조합(협치사회) 모형」 제시를 통해 경축순환 활성화 거버넌스 구축 방안 및 농가 실정에 적합한 축산환경 지원책을 제안하는 등 지속가능한 한우산업 발전에 기여하는 데 있음.

5) (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구”

제2절 연구의 범위

- 한우분뇨의 고품질 자원화 방안
 - 한우분뇨를 이용한 고품질 자원화 연구동향 및 시사점
 - 한우퇴비의 품질인증기준(안) 개발 및 적용
 - 한우분뇨를 이용한 고품질 퇴비 생산 시험(우상 교반기, 깔짚 종류)
 - 고품질 한우퇴비를 생산하기 위한 관리 매뉴얼(안) 제시

- 한우퇴비의 농지환원 효과 분석
 - 한우퇴비를 활용한 사료용 옥수수 생육 및 사료 가치 평가
 - 한우퇴비에 의한 토양 변화 및 토양미생물에 미치는 영향 탐색

- 한우분뇨 중심 지역단위 경축순환 활성화 거버넌스 구축(횡성군 중심)
 - 대상지역의 농업·축산업 기초 현황
 - 자급 조사료 생산, 수급 및 한우 활용 현황 및 시사점
 - 한우분뇨 중심 경축순환 실태 현황 및 시사점
 - 한우분뇨의 양분관리 프로그램(안) 제시 및 적용사례
 - 한우분뇨의 지역 거버넌스 모델 개요, 운영 및 시사점 도출

- 조례 정비 및 개발
 - 가축분뇨 및 한우분뇨 관련 주요 법령 및 관리제도 분석
 - 조례 개발 사례

- 정책제언
 - 한우분뇨 고품질 자원화 정책 제안
 - 한우분뇨의 지역단위 경축순환농업 활성화 정책 제안

제2장 한우분뇨의 고품질 자원화 방안

제2장 한우분뇨의 고품질 자원화 방안

제1절 한우분뇨를 이용한 고품질 자원화 연구동향 및 시사점

1. 국내 가축분뇨 처리현황

- 2012년 가축분뇨 해양투기를 금지함으로써 퇴·액비화처리 등 자원화 처리가 증가하였으며, 2020년 기준 가축분뇨 발생량은 139,753톤/일이며, 이중 퇴비화(자가처리) 98,659톤/일(70.60%), 액비화(자가처리) 6,800톤/일(4.87%), 정화방류(자가처리) 7,966톤/일(5.70%), 미처리(자가처리) 94톤/일(0.07%), 퇴비화(위탁처리) 6,074톤/일(4.35%), 액비화(위탁처리) 10,263톤/일(7.34%), 정화방류(위탁처리) 9,461톤/일(6.77%), 기타(위탁처리) 436톤/일(0.31%)로 나타남.

표 II-01 가축분뇨 발생량 및 처리현황

(단위: 호,천두,톤/일)

년도		2017	2018	2019	2020
가축사육 축산농가수		201,745	197,026	198,229	194,665
가축사육두수		258,492	261,477	291,996	247,111
가축분뇨 발생량	돼지	56,229	58,614	60,883	56,270
	한육우	39,393	42,121	45,284	44,921
	젖소	15,562	16,772	17,324	12,411
	기타 축종	26,517	26,805	29,730	26,152
	합계	137,701	144,313	153,220	139,753
가축분뇨 처리량	자가처리 소계	110,810	115,779	122,319	113,520
	퇴비화(자가처리)	99,579	105,653	107,768	98,659
	액비화(자가처리)	4,725	3,678	5,287	6,800
	정화방류(자가처리)	5,032	6,060	9,129	7,966
	미처리(자가처리)	1,475	388	135	94
	위탁처리 소계	26,891	28,534	30,901	26,233
	퇴비화(위탁처리)	-	-	9,107	6,074
	액비화(위탁처리)	-	-	10,882	10,263
	정화방류(위탁처리)	-	-	10,473	9,461
	기타(위탁처리)	-	-	440	436

자료) 환경부 「가축분뇨 처리 통계」

주) 2018년 이전은 위탁처리의 세부적인 항목을 조사하지 않아 세부항목 작성 불가함.

- 그러나 생산되는 퇴·액비에 비하여 농경지는 감소 경향을 보이며, 이에 따라 양분과잉으로 인한 토양오염뿐만 아니라 수질 및 대기오염 등 복합적인 문제를 일으키며, 탄소중립 및 온실가스 저감목표에 의하여 퇴·액비화 처리방안 대신 정화처리를 포함한 신재생에너지 생산 등 처리방식을 다양화하고 있음.

【2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상황안】

1. 농축수산 감축목표 ('18년)24.7 → ('30년)18.0백만톤(△27.1%)
 - (저탄소 농업) 논물 관리방식(간단관개, 물 얹게대기) 개선 및 질소질 비료 사용 저감, 바이오차 보급 확대 등을 통해, 약 2.5백만 톤 감축
 - 간단관개 비율(2주이상 비율) 확대(61%), 논물 얹게 대기 등 물관리*를 통해 담수 상태에서 발생하는 메탄 배출 저감
 - 바이오차(Biochar) 사용 농법 확대를 통해, 토양 탄소 저장량 증가
 - (가축관리) 가축분뇨 에너지 정화처리 확대, 저메탄사료 공급 확대, 분뇨 내 질소 저감, 식생활 전환 등을 통해 약 3.3백만 톤 감축
 - 한육우·젓소 대상 저메탄 사료 보급 확대 및 한우·돼지 대상 저단백질 사료 보급을 통한 분뇨 내 질소 저감
 - 축산생산성 향상 기술의 보급을 통해 온실가스 배출을 저감하고, 대체가공식품 시장의 성장 등 식생활 전환을 배출량 추정에 반영
 - (고효율 설비 보급) 고효율 설비 및 농기계 전기·수소 전환(농업), 에너지 절감 시설·설비 보급, 어선 노후기관 대체(수산) 등으로 0.9백만 톤 감축
 - (농축산) 고효율 에너지설비 보급, 농기계 전기·수소 전환 등으로 에너지 절감 유도
 - ※ 농업 부산물을 활용한 바이오매스 에너지화의 감축량은 전환 부문에 포함
 - (수산) 어선 노후기관 대체, 에너지절감 시설·설비 보급을 통해, 에너지 부문 감축 강화
2. 농축수산 정책제언
 - 농축수산 부문은 식량안보를 지키면서 온실가스 감축 목표를 달성해야 함. 두 가지 목표를 동시에 달성하기 위해서는 농축수산업의 생산성을 향상하고, 지속가능성을 높여야 함
 - 농축수산의 생산성 향상을 위한 축사·양식장의 시설개선 및 디지털화와 스마트화

를 지원하는 등 농축수산 기술개발 및 보급·투자 확대 필요

- 기후변화에 따른 농·어업 기술지원체계 강화, 재해예측시스템 고도화 등 농·어업 분야 기후변화 적응정책 적극 추진

○ 농수산식품 수요·공급 체계 전반의 저탄소화

- 고효율 에너지 설비 보급, 어선·농기계·보일러에서 사용하는 등유·경유를 전력화·수소화, 바이오매스 에너지화 등 추진
- 논물 관리, 화학비료 저감, 친환경 농법 시행 확대 등 영농법 개선을 통해 농경지 메탄·아산화질소 발생 억제
- 저메탄·저단백질사료 보급 확대, 주요 축종(한·육우, 젓소, 돼지, 닭) 대상 스마트 축사 보급, 폐사율 감소 등을 통해 축산의 생산성을 높여 축산업의 지속가능성 향상, 가축분뇨 에너지화, 대체가공식품(배양육, 식물성분 고기, 곤충원료 등) 확대에 의한 식단 변화 고려
- 온라인 거래 확대 등 유통과 포장 과정의 온실가스 배출 감축 지원 확대
- 재활용 농자재·재활용 비료 확대 제도 마련과 지원 강화

○ 농작물 재배, 조업 및 양식 과정에서 감축의 경우 고령화된 농가의 기존 영농방식을 바꾸어야 하므로 농·어업인 교육 및 훈련 지원을 확대. 저탄소 농축수산 기술개발 및 보급 지원 확대

○ 2050년 감축목표 대비 2030년의 목표치가 타 부문에 비교해 높게 잡힘으로써 사업 조기 시행 및 목표 달성을 위한 관계부처의 적극적 제도개선 및 예산지원 필요

○ 미국과 유럽연합이 공동 합의한 '글로벌 메탄 서약(Global Methane Pledge)'은

2030년까지 메탄가스 배출량을 2020년 대비 최소 30% 줄이는 것을 목표로 함

- 미국, 유럽연합, 아르헨티나, 가나, 인도네시아, 이라크, 이탈리아, 멕시코, 영국은 '글로벌 메탄 서약'에 대한 지지 표명

- 우리나라의 2018년 메탄 배출량은 1.33백만톤(CO₂ 환산 28백만톤)

※ 메탄 주요 배출원은 폐기물매립(28.3%), 벼재배(22.7%), 장내발효와 축산분뇨(21.1%) 순으로 농축수산부문 메탄 관리 대책 수립 필요

○ 농업 부문 직접 에너지 배출은 150만톤이나 실제 농업 분야 면세유 지급량만 평가해도 300만톤 내외의 배출량으로 평가되어 에너지 통계가 과소 평가된 측면이

- 있음. 농축수산 분야에서 사용하는 에너지 통계를 정밀하게 구축하고 관리해야 함
- 농축수산 분야는 최종 목표점인 2050 시나리오 상의 목표치 대비 30년까지의 감축 목표가 얼마인지도 함께 표기할 필요

2. 가축분뇨 처리방식의 다양화

- 기존의 처리방식인 가축분뇨 퇴·액비 및 습식바이오가스화 이외에도 바이오차, 바이오플라스틱, 가축분뇨 감압증발 농축처리, 고체연료, 정화처리, 우분(고상)바이오가스, 퇴비추출 등이 있음.

【퇴·액비 감축 현장 사례】

실증사례	주요내용	
바이오차	적용 사례	○ 분야: 바이오 원유시설 생산 업체(경기 화성) - 생산능력: 바이오매스(톱밥 등목질계)를 20톤/일 처리량 중 10톤 열분해오일 생산 * 주요공정: ①원료 투입 → ②열분해반응기 → ③오일 회수 → ④가스 재순환
	감축 효과	○ 시험공정 5톤(우분) 원료 중 90%(4.5톤) 바이오에너지 전환 * 바이오에너지(4.5톤): 바이오차(25%), 합성가스(20), 바이오 오일(55)
바이오 플라스틱	적용 사례	○ 분야: (농·축협)공동자원화시설(충남 당진) - 생산기술: 가축분뇨로 만든 플라스틱(바이오매스 플라스틱) - 생산능력: 퇴비(40%)+PP(60%)대신 퇴비(90%)+생분해성 접착제(10%)를 혼합하여 생산하는 기술 검토 및 개발 진행 단계
	감축 효과	○ 576톤을 바이오매스 플라스틱원료(연간 19,500톤의 가축분뇨 처리량 중) 로 사용하여 3.0% 감축 효과(수분함수율 73% 기준) - 160톤/월 × 30% × 12월 = 576톤/연(바이오매스 플라스틱 원료)
가축분뇨 감압증발 농축처리	적용 사례	○ 분야: 축산농가(충남 아산) - 고액 분리된 액상분뇨는 증발, 농축되어 약 80%는 수증기로 증발되어 응축된 물로 배출되며, 약 20%는 농축된 액으로 배출 * 시설 설치비용(총5~6억): 시설공정(3억), 부지 및 기타 부대비용(약 3억)
	감축 효과	○ 일관사육농가 10톤/일(2,000두 규모) 발생량 기준 감축효과는 80% * 수증기 8톤 증발량은 정화처리, 농축액 발생량 2톤은 액비로 활용

고체연료	적용 사례	○ 분야: 제철생산업체(충남 당진) - 생산기술: 자원화한 우분을 활용한 친환경 제선기술(석탄 대체 효과) - 생산능력: 실기 평가 시 미분탄 5% 대체(고로 2기 기준 약 200톤/일) * 환경부와 협업하여 우분 고체연료화(75톤) 활용 테스트 추진('14)
	감축 효과	○ 우분 고체연료화 활용 테스트 실시 평가 시 미분탄 5% 대체(고로 2기 기준, 약 200톤/일) 효과가 있으나 공정 협의 단계 중으로 실질적 효과 미검증
정화처리	적용 사례	○ 분야: (농·축협)공동자원화시설(제주) - 생산능력: 318톤/일(액비 148, 정화 148, 퇴비 22) - 처리방식: 호기성 퇴·액비화시설 및 정화처리 * MBR+R/O 설비를 거쳐 가축분뇨 액비를 정화처리
	감축 효과	○ 148톤/일을 정화처리 및 재이용수로 재활용하여 46.5% 감축 효과(연간 114,480톤의 가축분뇨 중 53,280 정화) - 4,440톤/월 × 12월 = 53,280톤/연
우분 바이오 가스	적용 사례	○ 분야: 친환경에너지타운 공공처리시설(강원 홍천) - 우분 퇴비를 혐기처리하여 발생하는 바이오가스를 시설원에, 폐열발전 등에 이용(울산과학기술원, 연구수행)
	감축 효과	○ 연구과제에 의한 공정도 현장 적용사례 부재하여 효과 미산정
퇴비수출	적용 사례	○ 분야: (민간)퇴비생산시설(전북 남원) - 생산능력: 입상퇴비 1,500포(20kg)/일, 30톤/일 처리 - 수출현황/계획: '20년 47톤 수출, '21년 140톤 수출 예정
	감축 효과	○ 퇴비생산량 중 퇴비 수출로 1.2% 감축 효과('21년 기준) - 140톤 수출('21년 예정) ÷ 10,800톤(30톤/일 × 30일 × 12개월) = 1.2%

제2절 한우퇴비의 품질인증기준(안) 개발 및 적용

1. 한우퇴비 품질인증기준(안) 도출

가. 1차년도 한우퇴비의 품질인증기준(안) 개발 및 적용

- 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.⁶⁾ 주요 내용은 다음과 같음.
 - 12개 지역 현 단위 퇴비품질평가회 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 퇴비품질평가회의 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.

6) 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)

- 이용자(시용하는 경종농가) 측의 요구에 대한 평가범위 선정
- 퇴비 생산자(축산농가)의 품질 개선 불가능/가능한 요소 범위 선정
- 색상의 심사여부
- 각종 부숙도 판정법의 채택 유기물량, 난분해성 유기물, BOD, 투시도 등 채택 여부
- 비료 성분 값의 평점화
- 양돈분뇨 퇴비에 대한 질산화 관련 채택 여부

표 II-02 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 [10] [8]		암모니아 냄새, 곰팡이 냄새 [6] [4]		분뇨 냄새, 부패 냄새, 약취 [2] [0]	
	형상·촉감 [15점]	균일, 부자재가 쉽게 무너짐 [15] [12]		일부 덩어리가 있어 부자재가 많이 무너짐 [9] [6]		분 덩어리, 오물감, 끈적임, 부자재가 원형을 보존 [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(약취, 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 비료 공정규격의 "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 슬비타 부숙완료) 및 종자발아법(GI 70 이상)을 모두 만족하는 것으로 함.

비료공정규격			[필수 표시 항목]																																															
항목(단위)	가축분퇴비		pH, N, P, K																																															
유기물 (%)	30 이상		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">[고품질 한우퇴비 점수화 (25점 만점)]</th> </tr> <tr> <th>항목(단위)</th> <th>5점</th> <th>4점</th> <th>3점</th> <th>2점</th> <th>1점</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>종자발아법 [GI]</td> <td>110이상</td> <td>100이상 110미만</td> <td>90이상 100미만</td> <td>80이상 90미만</td> <td>80미만</td> </tr> <tr> <td>NaCl (%)</td> <td>0.5미만</td> <td>0.5이상 1.0미만</td> <td>1.0이상 1.5미만</td> <td>1.5이상 2.0미만</td> <td>2.0이상</td> </tr> <tr> <td>EC[1:10] (mS/cm)</td> <td>3미만</td> <td>3이상 5미만</td> <td>5이상 7미만</td> <td>7이상 10미만</td> <td>10이상</td> </tr> <tr> <td>NH₄-N (mg/kg)</td> <td>50미만</td> <td>50이상 200미만</td> <td>200이상 350미만</td> <td>350이상 500미만</td> <td>500이상</td> </tr> <tr> <td>NO₃-N (mg/kg)</td> <td>500이상</td> <td>400이상 500미만</td> <td>300이상 400미만</td> <td>200이상 300미만</td> <td>200미만</td> </tr> </tbody> </table>						[고품질 한우퇴비 점수화 (25점 만점)]						항목(단위)	5점	4점	3점	2점	1점	종자발아법 [GI]	110이상	100이상 110미만	90이상 100미만	80이상 90미만	80미만	NaCl (%)	0.5미만	0.5이상 1.0미만	1.0이상 1.5미만	1.5이상 2.0미만	2.0이상	EC[1:10] (mS/cm)	3미만	3이상 5미만	5이상 7미만	7이상 10미만	10이상	NH ₄ -N (mg/kg)	50미만	50이상 200미만	200이상 350미만	350이상 500미만	500이상	NO ₃ -N (mg/kg)	500이상	400이상 500미만	300이상 400미만	200이상 300미만	200미만
[고품질 한우퇴비 점수화 (25점 만점)]																																																		
항목(단위)	5점	4점							3점	2점	1점																																							
종자발아법 [GI]	110이상	100이상 110미만							90이상 100미만	80이상 90미만	80미만																																							
NaCl (%)	0.5미만	0.5이상 1.0미만							1.0이상 1.5미만	1.5이상 2.0미만	2.0이상																																							
EC[1:10] (mS/cm)	3미만	3이상 5미만							5이상 7미만	7이상 10미만	10이상																																							
NH ₄ -N (mg/kg)	50미만	50이상 200미만							200이상 350미만	350이상 500미만	500이상																																							
NO ₃ -N (mg/kg)	500이상	400이상 500미만							300이상 400미만	200이상 300미만	200미만																																							
As (mg/kg)	45 이하																																																	
Cd (mg/kg)	5 이하																																																	
Hg (mg/kg)	2 이하																																																	
Pb (mg/kg)	130 이하																																																	
Cr (mg/kg)	200 이하																																																	
Cu (mg/kg)	360 이하																																																	
Ni (mg/kg)	45 이하																																																	
Zn (mg/kg)	900 이하																																																	
병원성생물	불검출																																																	
C/N비	45 이하																																																	
NaCl (%)	2.0 이하																																																	
수분 (%)	55 이하																																																	
부숙도	부숙완료																																																	
종자발아법 [GI]	70																																																	
염분용해율 (%)	20 이하																																																	

⇒ 필수 만족

그림 II-01 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 II-03 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(평균)(n=51)

항목(단위)		평균
부속도	종자발아법 [GI]	86
염분	NaCl (%)	1.85
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
고품질 퇴비 점수화		13점

표 II-04 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(개별)(n=51)

항목(단위)		한우퇴비 1	한우퇴비 2	한우퇴비 3	한우퇴비 4	한우퇴비 5
부속도	종자발아법 [GI]	116	75	115	56	54
염분	NaCl (%)	2.60	1.01	1.86	2.33	2.32
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
고품질 퇴비 점수화		14점	13점	16점	10점	10점

표 II-04 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 6	한우퇴비 7	한우퇴비 8	한우퇴비 9	한우퇴비 10
부속도	종자발아법 [GI]	101	47	118	35	119
염분	NaCl (%)	1.58	1.55	1.35	0.93	2.31
화학성	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 II-04 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 11	한우퇴비 12	한우퇴비 13	한우퇴비 14	한우퇴비 15
부숙도	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 II-04 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 16	한우퇴비 17	한우퇴비 18	한우퇴비 19	한우퇴비 20
부숙도	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 II-04 (계속)

항목(단위)		한우퇴비 21	한우퇴비 22	한우퇴비 23	한우퇴비 24	한우퇴비 25
부숙도	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 II-04 (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
화학성	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 II-04 (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
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
고품질 퇴비 점수화		14점	16점	9점	17점	14점

표 II-04 (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
화학성	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 II-04 (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 II-04 (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

나. 2차년도 한우퇴비의 품질인증기준(안) 개발 및 적용

- 1차년도 한우퇴비 품질인증기준(안)을 개선하여 즉 수요자(경종농가) 중심으로 한 품질 증진 및 경·축순환 실태에 맞는 단계적인 접근이 필요함.

- 최근 국내의 경우 가축분뇨 퇴비 품질평가 기준을 수립·평가한 바 있음. 주요 내용은 다음과 같음.
 - 품질평가는 품질관리 능력과 부숙도로 크게 구분하였고, 비료공정기준 항목에 대해서 점수를 세분화 하였음.
 - 세분화 된 항목으로 부숙도(20점) > 유기물 함량, 유기물대질소비, 수분함량(10점) > 염분함량(6점) > 중금속8종(2점) > 병원성미생물2종, 염산불용해물(1점) 순으로 점수화 하였음.

표 II-05 국내 가축분뇨 퇴비 품질평가 프로그램 사례

구분	항목	점수	평가기준	비료공정규격 기준
품질관리 능력 [55점]	유기물함량(%) [10점]	10	40이상	30% 이상
		7.5	40미만~35이상	
		4	35미만~32이상	
		2.5	32미만~30이상	
	유기물대 질소비 [10점]	10	30이하	45 이하
		7.5	30초과~35이하	
		4	35초과~40이하	
		2.5	40초과~45이하	
	납(ppm) [2점]	2	30이하	130ppm
		1	30초과~70이하	
		0.5	70초과~130이하	
	카드뮴(ppm) [2점]	2	1이하	5ppm
		1	1초과~3이하	
		0.5	3초과~5이하	
	구리(ppm) [2점]	2	150이하	360ppm
		1	150초과~250이하	
		0.5	250초과~360이하	
	크롬(ppm) [2점]	2	100이하	200ppm
		1	100초과~150이하	
		0.5	150초과~200이하	
	비소(ppm) [2점]	2	35이하	45ppm
		1	35초과~40이하	
		0.5	40초과~45이하	
	수은(ppm) [2점]	2	불검출	2ppm
		1	0초과~1이하	
		0.5	1초과~2이하	
	아연(ppm) [2점]	2	400이하	900ppm
		1	400초과~600이하	
		0.5	600초과~900이하	
	니켈 [2점]	2	10이하	45ppm
1		10초과~20이하		
0.5		20초과~45이하		
염분(%) [6점]	6	1이하	2.0%	
	4	1초과~1.5이하		
	2	1.5초과~2.0이하		
대장균O157 [1점]	0	검출	미검출	
	1	미검출		
살모넬라 [1점]	0	검출	미검출	
	1	미검출		
염산불용해물(%) [1점]	1	25%이하	25%	
수분함량(%) [10점]	3	55이하~52.5초과	55% 이하	
	6	52.5이하~50초과		
	10	50이하~45초과		
	6	45이하~40초과		
	3	40이하~35초과		
	0	그 외		
부숙도 [20점]	퇴비 부숙상태 [20점]	20	완숙	부숙
		0	미부숙	

※ 공장시설 및 관리(15점): 제조공정 및 품질관리와 액비화시설(15점) 액비이용(25점): 가축분뇨 수거물량(10점), 연간액비 살포실적(10점), 액비농산물생산(5점)
자료) 농협(2022) 「내부자료」

- 본 연구에서는 1차년도 한우퇴비의 품질인증기준 중 개선사항과 더불어 최근 국내 퇴비 품질 점수화 사례를 기반으로 비료공정기준 항목에 대해 점수를 세분화하고 유기물함량 및 부숙도의 비중을 높이는 등 여러 측면을 고려한 수요자 중심의 “개선된 고품질 한우퇴비 품질 평가기준 (안)”을 도출하였음.
- 1차년도 한우퇴비의 품질인증기준(안)을 살펴보면 발아지수, NaCl, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, EC를 기준으로 점수화(25점 만점)하여 등급을 구성하였음.
- 2차년도 에서는 채점된 퇴비의 점수를 보면 공통적으로 NaCl이 높을수록 $\text{NO}_3\text{-N}/(\text{NH}_4^+\text{-N}+\text{NO}_3\text{-N})$ 의 비가 낮은 경향을 나타냈음. 그러므로 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 및 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 항목과 농도의 범위를 개선하여 적용하였음.
- 수요자(경종농가)에 맞춰 논·토양 및 시설원예에 퇴비 사용 시 중요한 (EC) 전기전도도는 염분과 동일한 수준의 점수로 적용하였음.
- 또한 유기물 함량 및 부숙도의 비중을 높여 기존 점수(25점 만점→100점 만점)으로 적용 하였음.

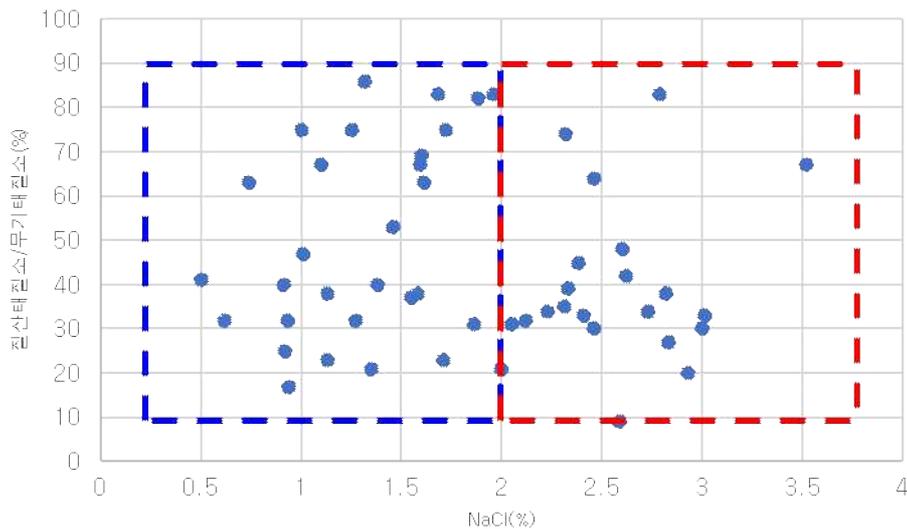


그림 II-02 NaCl 과 질산태질소/무기태질소의 농도 분포도

주1) 질산태질소= $\text{NO}_3\text{-N}$, 주2) 무기태질소= $\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$

표 II-06 개선된 고품질 한우퇴비 품질평가 기준(안)

연번	항목	점수	평가기준	비료공정규격 기준
1	유기물함량(%) [10점]	10	40이상	30% 이상
		7.5	40미만~35이상	
		4	35미만~32이상	
		2.5	32미만~30이상	
2	유기물대 질소비 [10점]	10	30이하	45 이하
		7.5	30초과~35이하	
		4	35초과~40이하	
		2.5	40초과~45이하	
3	납(ppm) [2점]	2	30이하	130ppm
		1	30초과~70이하	
		0.5	70초과~130이하	
4	카드뮴(ppm) [2점]	2	1이하	5ppm
		1	1초과~3이하	
		0.5	3초과~5이하	
5	구리(ppm) [2점]	2	150이하	360ppm
		1	150초과~250이하	
		0.5	250초과~360이하	
6	크롬(ppm) [2점]	2	100이하	200ppm
		1	100초과~150이하	
		0.5	150초과~200이하	
7	비소(ppm) [2점]	2	35이하	45ppm
		1	35초과~40이하	
		0.5	40초과~45이하	
8	수은(ppm) [2점]	2	불검출	2ppm
		1	0초과~1이하	
		0.5	1초과~2이하	
9	아연(ppm) [2점]	2	400이하	900ppm
		1	400초과~600이하	
		0.5	600초과~900이하	
10	니켈 [2점]	2	10이하	45ppm
		1	10초과~20이하	
		0.5	20초과~45이하	
11	염분(%) [6점]	6	1이하	2.0% 이하
		4	1초과~1.5이하	
		2	1.5초과~2.0이하	
12	대장균O157 [1점]	0	검출	미검출
		1	미검출	
13	살모넬라 [1점]	0	검출	미검출
		1	미검출	
14	염산불용해물(%) [1점]	1	25이하	25% 이하
		2	25초과	
15	수분함량(%) [10점]	3	55이하~52.5초과	55% 이하
		6	52.5이하~50초과	
		10	50이하~45초과	
		6	45이하~40초과	
		3	40이하~35초과	
		0	그 외	
16	기계적부속도 [15점]	15	완속	부속
		0	미부속	
17	종자발아지수 [20점]	20	100이상	70이상
		15	100미만~90이상	
		10	90미만~80이상	
		5	80미만~70이상	
18	EC (mS/cm) [5점]	5	3이하	-
		4	3초과~5이하	
		3	5초과~7이하	
		2	7초과~10이하	
		1	10초과	
19	질산태질소/ 무기태질소 비(%) [5점]	5	80이상	-
		4	80미만~60초과	
		3	60미만~40초과	
		2	40미만~20초과	
		1	20미만	
그 외	※그 외 성분표시 항목: N, P, K, pH			

- 본 연구에서 제시한 개선된 고품질 한우퇴비 품질평가 기준(안)을 51개 한우퇴비에 대해서 적용하였음.
- 적용 결과 한우퇴비(n=51)의 평균 점수는 100점 만점 중 64.5점을 기록하였으며, 최저 점수는 44점 , 최고 점수는 92.5점을 기록하였음.
- 발아지수, 수분함량, 유기물, 염분 항목에 기인하여 점수차이가 발생하였음.
- 한우퇴비의 품질증진 하기 위한 방향성 설정에 기초자료로 활용되길 바람.

표 II-07 개선된 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(개별)(n=51)

항목	기준	1	2	3	4
유기물 (%)	30 이상	21.73	39.41	21.54	20.12
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	3.21	4.16	4.86	3.67
Cr (mg/kg)	200 이하	8.31	4.8	8.53	6.54
Cu (mg/kg)	360 이하	59.75	31.06	49.9	51.71
Ni (mg/kg)	45 이하	3.21	2.61	3.94	2.44
Zn (mg/kg)	900 이하	194	173	306	328
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	38.8	39.8	25.95	36.58
NaCl (%)	2.0 이하	2.6	1.01	1.86	2.33
수분 (%)	55 이하	73.91	49.85	67.32	71.73
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	116	75	115	56
염산불용해물 (%)	25 이하	0.65	1.16	1.67	1.22
pH[1:10]	-	8.41	8.36	8.43	8.58
EC[1:10] (mS/cm)	-	5.28	5	6.13	4.25
N (%)	-	0.56	0.99	0.83	0.55
NH4-N (mg/kg)	-	321	655	1,329	289
NO3-N (mg/kg)	-	294	582	604	184
질산태질소/ 무기태질소비율	-	48	47	31	39
P (%)	-	0.17	0.38	0.27	0.14
K (%)	-	0.65	1.44	1.25	1.04
비료공정규격 만족 여부		X	O	X	X
점수(100점 만점)		64	71.5	71	44

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-07 (계속)

항목	기준	5	6	7	8
유기물 (%)	30 이상	48.33	31.76	25.87	40.15
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	3.96	3.68	3.99	4.45
Cr (mg/kg)	200 이하	6.87	4.95	5.92	4.27
Cu (mg/kg)	360 이하	60.45	42.44	56.32	41.45
Ni (mg/kg)	45 이하	4.03	3.16	2.77	2.87
Zn (mg/kg)	900 이하	320	215	358	165
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	26.26	37.36	39.19	39.75
NaCl (%)	2.0 이하	2.32	1.58	1.55	1.35
수분 (%)	55 이하	26.94	60.87	64.72	49.92
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	54	101	47	118
염산불용해물 (%)	25 이하	2.09	1.05	1.41	1.54
pH[1:10]	-	8.56	8.45	8.43	8.45
EC[1:10] (mS/cm)	-	7.65	6.12	3.89	7.68
N (%)	-	1.84	0.85	0.66	1.01
NH4-N (mg/kg)	-	751	859	978	1,178
NO3-N (mg/kg)	-	2,170	537	578	316
질산태질소/ 무기태질소비율	-	74	38	37	21
P (%)	-	1.06	0.23	0.25	0.35
K (%)	-	3.02	1.21	0.98	1.47
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	O
점수(100점 만점)		60	67.5	46	86

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-07 (계속)

항목	기준	9	10	11	12
유기물 (%)	30 이상	70.04	18.72	30.55	21.45
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	2.47	2.19	4.14	5.94
Cr (mg/kg)	200 이하	2.51	7.84	4.83	8.38
Cu (mg/kg)	360 이하	22.39	78.37	39.35	72.83
Ni (mg/kg)	45 이하	2.24	4.25	4.78	5.59
Zn (mg/kg)	900 이하	138	311	165	508
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	34.5	31.72	29.09	22.57
NaCl (%)	2.0 이하	0.93	2.31	2.59	1.32
수분 (%)	55 이하	16.44	76.28	63.84	63.15
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	35	119	60	95
염산불용해물 (%)	25 이하	1.81	0.75	0.84	2.13
pH[1:10]	-	8.21	8.43	8.69	8.76
EC[1:10] (mS/cm)	-	5.7	6.14	6.93	4.92
N (%)	-	2.03	0.59	0.99	0.95
NH4-N (mg/kg)	-	741	697	2,446	108
NO3-N (mg/kg)	-	342	377	238	676
질산태질소/ 무기태질소비율	-	32	35	9	86
P (%)	-	0.81	0.27	0.38	0.66
K (%)	-	2.29	0.76	1.22	1.23
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	X
점수(100점 만점)		62.5	66.5	50.5	71

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-07 (계속)

항목	기준	13	14	15	16
유기물 (%)	30 이상	32.01	19.93	61.64	46.94
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	2.89	5.86	3.69	4.01
Cr (mg/kg)	200 이하	6.3	7.17	7.63	4.71
Cu (mg/kg)	360 이하	43.79	40.83	93.72	47.69
Ni (mg/kg)	45 이하	3.02	2.97	5.46	3.01
Zn (mg/kg)	900 이하	274	184	338	285
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	29.12	34.96	24.46	25.51
NaCl (%)	2.0 이하	2.23	0.5	2.83	2.46
수분 (%)	55 이하	55.77	74.09	8.49	30.29
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	109	51	50	52
염산불용해물 (%)	25 이하	1.38	0.89	3.08	3.14
pH[1:10]	-	8.5	8.4	8.11	8.68
EC[1:10] (mS/cm)	-	5.85	3.42	7.23	7.76
N (%)	-	1.1	0.57	2.52	1.84
NH4-N (mg/kg)	-	1,001	494	1,521	547
NO3-N (mg/kg)	-	514	338	560	973
질산태질소/ 무기태질소비율	-	34	41	27	64
P (%)	-	0.49	0.13	1.62	0.7
K (%)	-	1.28	0.52	3.03	3.41
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	X
점수(100점 만점)		73	54.5	58	60

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-07 (계속)

항목	기준	17	18	19	20
유기물 (%)	30 이상	60.36	32.64	60.58	22.27
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	3.79	6.27	3.57	6
Cr (mg/kg)	200 이하	5.26	6.96	4.75	6.35
Cu (mg/kg)	360 이하	49.16	46.9	43.86	57.28
Ni (mg/kg)	45 이하	3.55	4.07	3.11	3.48
Zn (mg/kg)	900 이하	300	204	231	316
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	24.73	31.68	31.22	27.49
NaCl (%)	2.0 이하	2.62	2.38	2.73	2.05
수분 (%)	55 이하	12.03	40.88	10.89	65.87
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	36	63	86	56
염산불용해물 (%)	25 이하	2.41	3.44	3.7	1.54
pH[1:10]	-	8.29	8.47	8.42	8.75
EC[1:10] (mS/cm)	-	8.13	8.73	7.26	7.56
N (%)	-	2.44	1.03	1.94	0.81
NH4-N (mg/kg)	-	1,349	592	1,014	836
NO3-N (mg/kg)	-	968	493	522	374
질산태질소/ 무기태질소비율 (%)	-	42	45	34	31
P (%)	-	2.94	0.41	1.19	0.39
K (%)	-	3.04	1.81	3.1	1.4
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	X
점수(100점 만점)		59	56.5	65.5	48

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-07 (계속)

항목	기준	21	22	23	24
유기물 (%)	30 이상	63.12	21.33	60.59	35.43
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	2.95	7.03	3.34	5.38
Cr (mg/kg)	200 이하	4.58	6.62	3.78	3.21
Cu (mg/kg)	360 이하	44.11	64.07	41.92	19.5
Ni (mg/kg)	45 이하	3.41	4.51	2.45	1.65
Zn (mg/kg)	900 이하	251	294	262	125
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	28.56	26.01	37.4	59.05
NaCl (%)	2.0 이하	2.12	1.71	1.27	0.62
수분 (%)	55 이하	11.25	63.9	9.14	57.08
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	60	98	68	93
염산불용해물 (%)	25 이하	3.33	1.92	3.93	0.97
pH[1:10]	-	8.33	8.68	8.63	8.43
EC[1:10] (mS/cm)	-	6.41	5.6	5.47	2.96
N (%)	-	2.21	0.82	1.62	0.6
NH4-N (mg/kg)	-	1,055	847	911	893
NO3-N (mg/kg)	-	501	259	423	419
질산태질소/ 무기태질소비율 (%)	-	32	23	32	32
P (%)	-	0.89	0.38	0.71	0.19
K (%)	-	2.8	1.24	2.42	0.89
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	X
점수(100점 만점)		59	66	57	72

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-07 (계속)

항목	기준	25	26	27	28
유기물 (%)	30 이상	49.26	32.94	27.59	18.65
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cr (mg/kg)	200 이하	2.3	불검출	불검출	불검출
Cu (mg/kg)	360 이하	22.68	36.58	30.65	39.65
Ni (mg/kg)	45 이하	1.52	불검출	불검출	불검출
Zn (mg/kg)	900 이하	125	144	118	65
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	79.45	29.94	36.78	35.18
NaCl (%)	2.0 이하	1.46	1.96	1.72	2.46
수분 (%)	55 이하	41.46	52.09	61.64	77.28
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	74	128	84	62
염산불용해물 (%)	25 이하	1.2	1.94	1.4	0.52
pH[1:10]	-	8.44	7.9	9.09	8.86
EC[1:10] (mS/cm)	-	8.53	6.6	4.86	4.31
N (%)	-	0.62	1.10	0.76	0.53
NH4-N (mg/kg)	-	504	324	278	991
NO3-N (mg/kg)	-	567	1,622	835	425
질산태질소/ 무기태질소비율	-	53	83	75	30
P (%)	-	0.28	0.34	0.26	0.17
K (%)	-	1.08	1.43	0.95	0.45
비료공정규격 만족 여부		X	O	X	X
점수(100점 만점)		66.5	84	58	47.5

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-07 (계속)

항목	기준	29	30	31	32
유기물 (%)	30 이상	26.76	33.51	31.25	17.13
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	불검출	불검출	6.69	불검출
Cr (mg/kg)	200 이하	불검출	1.61	2.79	불검출
Cu (mg/kg)	360 이하	29.01	89.66	35.69	45.57
Ni (mg/kg)	45 이하	불검출	0.71	불검출	불검출
Zn (mg/kg)	900 이하	92	263	227	173
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	42.47	24.1	28.93	29.03
NaCl (%)	2.0 이하	0.94	2.82	2.79	0.74
수분 (%)	55 이하	69.39	53.65	54.89	78.65
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	118	78	88	77
염산불용해물 (%)	25 이하	0.5	1.66	1.8	0.54
pH[1:10]	-	9.31	8.83	9.72	8.8
EC[1:10] (mS/cm)	-	2.22	7.22	7.53	2.6
N (%)	-	0.64	1.39	1.08	0.6
NH4-N (mg/kg)	-	1,442	1,538	162	796
NO3-N (mg/kg)	-	288	961	810	1,327
질산태질소/ 무기태질소비율	-	17	38	83	63
P (%)	-	0.19	0.63	0.48	0.13
K (%)	-	0.39	1.6	1.87	0.48
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	X
점수(100점 만점)		68.5	60	66.5	64

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-07 (계속)

항목	기준	33	34	35	36
유기물 (%)	30 이상	19.94	28.03	26.81	37.48
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	불검출	6.45	불검출	불검출
Cr (mg/kg)	200 이하	불검출	4.04	불검출	불검출
Cu (mg/kg)	360 이하	81.78	43.7	34.03	33.31
Ni (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Zn (mg/kg)	900 이하	304	187	89	153
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	28.08	28.31	41.89	30.72
NaCl (%)	2.0 이하	2.41	1.61	1.6	1.1
수분 (%)	55 이하	71.02	57.26	67.68	46.72
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	65	140	49	143
염산불용해물 (%)	25 이하	1.17	1.91	0.71	2.05
pH[1:10]	-	9.32	8.83	8.51	9.67
EC[1:10] (mS/cm)	-	4.9	5.18	3.97	6
N (%)	-	0.71	1	0.64	1.22
NH4-N (mg/kg)	-	591	471	350	365
NO3-N (mg/kg)	-	296	785	763	730
질산태질소/ 무기태질소비율	-	33	63	69	67
P (%)	-	0.5	0.44	0.24	0.42
K (%)	-	1.64	1.17	0.53	1.66
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	O
점수(100점 만점)		50	73	46.5	92.5

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-07 (계속)

항목	기준	37	38	39	40
유기물 (%)	30 이상	26.2	26.94	20.26	24.21
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	불검출	불검출	6.44	불검출
Cr (mg/kg)	200 이하	불검출	불검출	5	불검출
Cu (mg/kg)	360 이하	30.25	65.99	55.63	31.87
Ni (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	1.18	불검출
Zn (mg/kg)	900 이하	69	153	237	90
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	38.52	24.05	22.51	45.67
NaCl (%)	2.0 이하	1.59	0.92	1.13	1.38
수분 (%)	55 이하	64.87	63.12	62	69.63
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	159	96	108	79
염산불용해물 (%)	25 이하	1.16	1.29	2.3	0.8
pH[1:10]	-	9.12	9.04	9.57	8.14
EC[1:10] (mS/cm)	-	5.1	6.34	4.92	3.99
N (%)	-	0.68	1.12	0.9	0.53
NH4-N (mg/kg)	-	278	1,442	743	385
NO3-N (mg/kg)	-	556	481	446	257
질산태질소/ 무기태질소비율	-	67	25	38	40
P (%)	-	0.24	0.32	0.34	0.19
K (%)	-	0.93	0.97	1.26	0.7
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	X
점수(100점 만점)		67	70	74	51.5

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-07 (계속)

항목	기준	41	42	43	44
유기물 (%)	30 이상	20.06	26.8	38.58	25.53
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cr (mg/kg)	200 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cu (mg/kg)	360 이하	49.14	37.63	35.78	61.82
Ni (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Zn (mg/kg)	900 이하	142	141	145	185
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	25.71	53.6	29.9	31.91
NaCl (%)	2.0 이하	2.93	0.91	1.68	2
수분 (%)	55 이하	74.77	66.28	40.48	65.13
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	56	102	141	97
염산불용해물 (%)	25 이하	0.67	0.89	2.72	1.21
pH[1:10]	-	8.34	9.3	7.35	9.29
EC[1:10] (mS/cm)	-	5.41	3.11	9.07	4.43
N (%)	-	0.79	0.5	1.29	0.81
NH4-N (mg/kg)	-	1,148	467	365	1,907
NO3-N (mg/kg)	-	287	311	1,826	520
질산태질소/ 무기태질소비율	-	20	40	83	21
P (%)	-	0.31	0.17	0.43	0.27
K (%)	-	0.74	0.63	1.75	0.82
비료공정규격 만족 여부		X	X	O	X
점수(100점 만점)		48	68.5	86.5	64.5

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-07 (계속)

항목	기준	45	46	47	48
유기물 (%)	30 이상	24.09	29.05	24.83	54.46
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	불검출	불검출	불검출	0.39
Cr (mg/kg)	200 이하	1.79	불검출	3.49	0.25
Cu (mg/kg)	360 이하	106.2	58.61	64.28	5.62
Ni (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	1.13	0.13
Zn (mg/kg)	900 이하	299	154	320	21
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	22.3	35.86	32.24	22.13
NaCl (%)	2.0 이하	3	1.13	3.01	1.88
수분 (%)	55 이하	68.74	63.9	62.84	13.75
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	47	53	129	79
염산불용해물 (%)	25 이하	0.93	0.91	1.6	4.13
pH[1:10]	-	8.64	8.79	8.86	7.85
EC[1:10] (mS/cm)	-	5.12	4.72	10.04	14.51
N (%)	-	1.09	0.81	0.78	2.47
NH4-N (mg/kg)	-	2,439	1,723	645	776
NO3-N (mg/kg)	-	1,045	517	322	3,494
질산태질소/ 무기태질소비율	-	30	23	33	82
P (%)	-	0.32	0.36	0.67	0.99
K (%)	-	0.74	0.7	1.94	2.68
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	O
점수(100점 만점)		49	51.5	64.5	67

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-07 (계속)

항목	기준	49	50	51	평균
유기물 (%)	30 이상	19.91	24.2	32.72	32.82
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	6.45	불검출	불검출	4.41
Cr (mg/kg)	200 이하	불검출	1.22	불검출	4.96
Cu (mg/kg)	360 이하	35.01	39.54	25.64	47.53
Ni (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	3.01
Zn (mg/kg)	900 이하	146	125	82	205.76
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	34.32	34.57	49.57	33.72
NaCl (%)	2.0 이하	3.52	1	1.25	1.85
수분 (%)	55 이하	71.38	69.1	57.88	54.32
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	66	121	137	86.06
염산불용해물 (%)	25 이하	1.13	0.87	1.22	1.63
pH[1:10]	-	9.53	9.48	9.31	8.69
EC[1:10] (mS/cm)	-	5.8	2.94	4.04	5.87
N (%)	-	0.58	0.71	0.67	1.05
NH4-N (mg/kg)	-	341	327	181	831
NO3-N (mg/kg)	-	682	981	544	685
질산태질소/ 무기태질소비율 (%)	-	67	75	75	45.63
P (%)	-	0.23	0.19	0.18	0.48
K (%)	-	0.97	0.81	0.86	1.40
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	O
점수(100점 만점)		48.5	76.5	72.5	64.5

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

- [참고] 본 연구에서 제시한 개선된 고품질 한우퇴비 품질평가 기준(안)를 시판퇴비(n=9)를 적용하였음.
- 적용 결과 한우퇴비(n=9)의 평균 점수는 100점 만점 중 65.11(검정 테두리)점을 기록하였으며, 최저 점수는 51.5점, 최고 점수는 87.5점을 기록하였음.
- 발아지수, 수분함량, 유기물, 염분 항목에 기인하여 점수차이가 발생하였음.
- 한우퇴비(n=51)에 적용했을 때 와 비교시 생물학적인 부숙도(발아지수)의 경우 평균값이 부숙도 기준에 못 미치는걸로 적용됨.

표 II-08 개선된 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 시판퇴비 적용(개별)(n=9)

항목	기준	1	2	3	4
유기물 (%)	30 이상	33.6	37.26	41.47	35.78
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	5.55	4.06	3.29	12.4
Cr (mg/kg)	200 이하	9.15	7.15	5.47	19.91
Cu (mg/kg)	360 이하	166	109	58.13	342
Ni (mg/kg)	45 이하	5.11	3.69	2.77	8.2
Zn (mg/kg)	900 이하	482	399	236	630
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	17.87	19.2	19.11	23.38
NaCl (%)	2.0 이하	0.99	0.62	1.57	0.52
수분 (%)	55 이하	50.53	44.2	37.22	47.12
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙초기	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	51	19	69	133
염산불용해물 (%)	25 이하	2.38	2.17	2.61	2.55
pH[1:10]	-	6.53	8.11	7.65	7.96
EC[1:10] (mS/cm)	-	7.35	2.33	4.62	3.17
N (%)	-	1.88	1.94	2.17	1.53
NH4-N (mg/kg)	-	392	5,088	486	1,918
NO3-N (mg/kg)	-	5,649	132	3,023	984
질산태질소/ 무기태질소비율	-	94	3	86	34
P (%)	-	0.74	0.93	0.62	0.78
K (%)	-	1.36	1.22	1.35	0.75
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	O
점수(100점 만점)		62	51.5	65	87.5

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-08 (계속)

항목	기준	5	6	7	8
유기물 (%)	30 이상	35.35	49.32	68.34	30.85
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	3.32	7.68	불검출	12.82
Cr (mg/kg)	200 이하	9.64	10.1	3.53	75.19
Cu (mg/kg)	360 이하	302	190	80.02	353
Ni (mg/kg)	45 이하	6.04	4.33	4.33	11.99
Zn (mg/kg)	900 이하	963	482	357	1,300
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	17.5	27.7	16.79	17.83
NaCl (%)	2.0 이하	1.01	0.54	0.88	1.19
수분 (%)	55 이하	44.93	28.67	10.5	54.08
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	28	77	3	100
염산불용해물 (%)	25 이하	2.89	3.3	2.19	2.02
pH[1:10]	-	7.82	8.04	7.75	7.52
EC[1:10] (mS/cm)	-	5.92	2.69	4.71	5.46
N (%)	-	2.02	1.78	4.07	1.73
NH4-N (mg/kg)	-	3,115	1,594	3,370	2,819
NO3-N (mg/kg)	-	427	363	1,049	517
질산태질소/ 무기태질소비율	-	12	19	24	15
P (%)	-	1.41	0.97	1.24	1.53
K (%)	-	1.33	1.01	1.88	1
비료공정규격 만족 여부		X	O	X	X
점수(100점 만점)		59.5	66	63	71.5

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-08 (계속)

항목	기준	9	평균
유기물 (%)	30 이상	69.75	44.64
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	불검출	7.02
Cr (mg/kg)	200 이하	12.14	16.92
Cu (mg/kg)	360 이하	24.19	180.48
Ni (mg/kg)	45 이하	3.52	5.55
Zn (mg/kg)	900 이하	109	550.89
병원성미생물	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	14.06	19.27
NaCl (%)	2.0 이하	0.7	0.89
수분 (%)	55 이하	9.4	36.29
부숙도	부숙완료	부숙완료	-
종자발아법	70 이상	17	55.22
염산불용해물 (%)	25 이하	1.75	2.43
pH[1:10]	-	6.77	7.57
EC[1:10] (mS/cm)	-	9.38	5.07
N (%)	-	4.96	2.45
NH4-N (mg/kg)	-	13,065	3539
NO3-N (mg/kg)	-	83.93	1359
질산태질소/ 무기태질소비율 (%)	-	1	32
P (%)	-	0.75	1.00
K (%)	-	1.48	1.26
비료공정규격 만족 여부		X	X
점수(100점 만점)		60	48

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모렐라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

제3절 한우분뇨를 이용한 고품질 퇴비 생산 시험

1. 우상 내 교반이 퇴비화에 미치는 영향 연구

가. 실험 재료 및 방법

- 본 시험은 한우분뇨를 이용한 고품질 퇴비 생산을 위한 우상 내 깔짚 교반에 따른 분뇨의 성상 및 악취에 관한 시험임. 시험은 강원도 횡성군의 한우농가에서 진행하였으며, 깔짚으로는 피트모스와 우상 교반을 위해 축분교반기를 이용하였음.



그림 II-03 횡성군 한우 농가 위성사진



그림 II -04 축분교반기



그림 II -05 피트모스갈짚

표 II-09 피트모스갈짚 성상

구분		피트모스
유기물	%	43.15
As	mg/kg	불검출
Cd	mg/kg	불검출
Hg	mg/kg	불검출
Pb	mg/kg	불검출
Cr	mg/kg	5.20
Cu	mg/kg	322
Zn	mg/kg	불검출
Ni	mg/kg	불검출
대장균 O157:H7		불검출
살모넬라		불검출
유기물대 질소의 비		89.89
NaCl	%	0.02
수분	%	54.65
부숙도		부숙완료
염산불용해물	%	0.13
N	%	0.48
NH ₄ -N	mg/kg	278
NO ₃ -N	mg/kg	525
P	%	0.01
K	%	0.01
Ca	%	0.21
Mg	%	0.03
Al	mg/kg	183
Fe	mg/kg	384
Mo	mg/kg	0.79
Mn	mg/kg	12.78
SO ₄	mg/kg	1,028
B	mg/kg	9.52
pH		4.34
EC	dS/m	0.03

- 피트모스는 피트(Peat : 이탄, 토탄)와 모스(Moss : 이끼)의 합성어로 오랜기간동안 이끼가 퇴적되고 부숙이 일어나 마치 흙처럼 된 물질임. 피트모스는 휴민산(Humic acid)과 풀빅산(Fulvic acid)을 포함하고 있어 pH가 약 3~5 정도의 중산성 무균 상태로 존재함. 또한 미생물의 활성을 100배까지 증가시켜 유기물 분해를 촉진시킴.

표 II-10 피트모스와 타 수분조절재와의 특성 비교

구분	피트모스	톨밥	왕겨	코코피트
유기물	풍부(완전 발효)	풍부(불완전)	풍부(발효 불가)	풍부(불완전)
미생물 함유 및 증식 환경	유용미생물 함유 (최대 100배 증식)	없음 (증식 어려움)	없음 (증식 어려움)	없음 (증식 어려움)
보수력	높음	높음	낮음	매우 높음
발효력	매우 높음	낮음	낮음	매우 낮음
통기성	높음	높음	낮음	높음
탈취력	높음	낮음	없음	낮음
항균력	우수(부식산 함유)	없음	없음	없음
C/N율	낮음	매우 높음	높음	높음
양이온 치환능력	높음	낮음	없음	낮음
품질보증	균일함	불규칙	양호	양호

- 시험은 교반과 무교반처리구를 두어 격주마다 교반해주며 총 6주간 시험을 진행하였음. 매주 가스검지관을 이용하여 암모니아 및 황화수소를 측정하였으며, 분뇨를 샘플링하여 유기물, Pb, Cr, Cu, Ni Zn, 유기물대 질소의 비, NaCl, 수분, 부숙도, N, NH₄-N, NO₃-N, P₂O₅, K₂O, pH를 분석하였음.
- 분뇨 샘플링은 축방(4 * 5m)을 9군데로 나눠 대표성이 느껴지는 지점의 분뇨를 각각 샘플링 후 혼합하여 분석하였음.

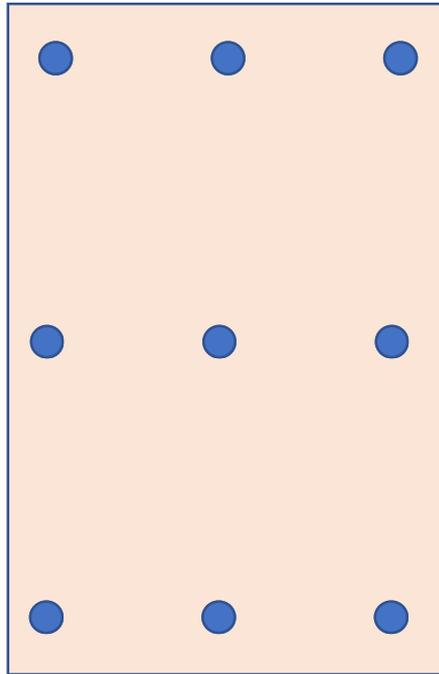


그림 II-06 분뇨 샘플링 예시도

나. 실험 결과

1) 교반 여부에 따른 유기물의 변화

가) 깔짚 미사용 처리구

- 무교반처리구의 유기물 함량은 1주차 36.15%, 2주차 35.82%, 3주차 54.80%, 4주차 54.05%, 5주차 44.74% 6주차 61.53%으로 나타남.
- 교반처리구의 유기물 함량은 1주차 40.98%, 2주차 48.28%, 3주차 56.15%, 4주차 45.05%, 5주차 54.87%, 6주차 52.14%으로 나타남.

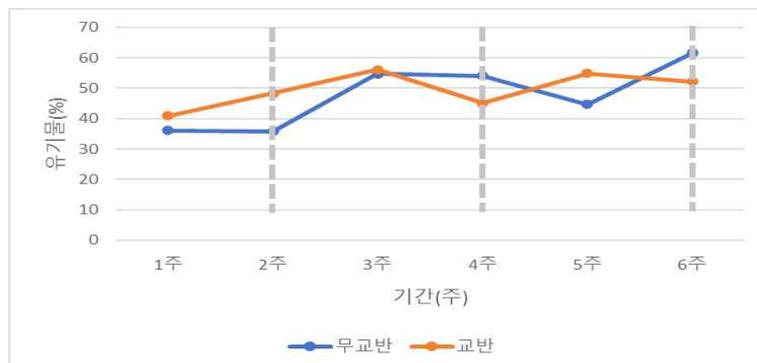


그림 II-07 교반 여부에 따른 유기물의 변화(깔짚 미사용)

나) 피트모스 깔짚 사용 처리구

- 무교반처리구의 유기물 함량은 1주차 40.98%, 2주차 48.28%, 3주차 56.15%, 4주차 45.05%, 5주차 54.87% 6주차 52.14%으로 나타남.
- 교반처리구의 유기물 함량은 1주차 40.19%, 2주차 48.26%, 3주차 45.34%, 4주차 41.68%, 5주차 49.82%, 6주차 44.72%으로 나타남.

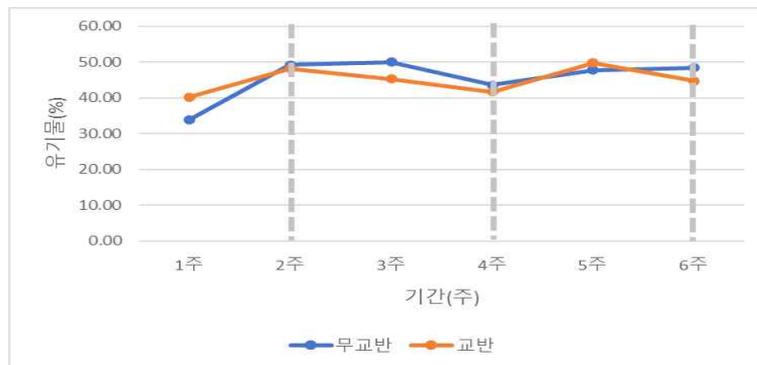


그림 II-08 교반 여부에 따른 유기물의 변화(피트모스 깔짚 사용)

2) 교반 여부에 따른 질소의 변화

가) 깔짚 미사용 처리구

- 무교반처리구의 질소 함량은 1주차 1.22%, 2주차 1.36%, 3주차 1.65%, 4주차 1.72%, 5주차 1.44% 6주차 2.10%으로 나타남.
- 교반처리구의 질소 함량은 1주차 1.65%, 2주차 1.76%, 3주차 1.80%, 4주차 1.64%, 5주차 1.94%, 6주차 1.97%으로 나타남.

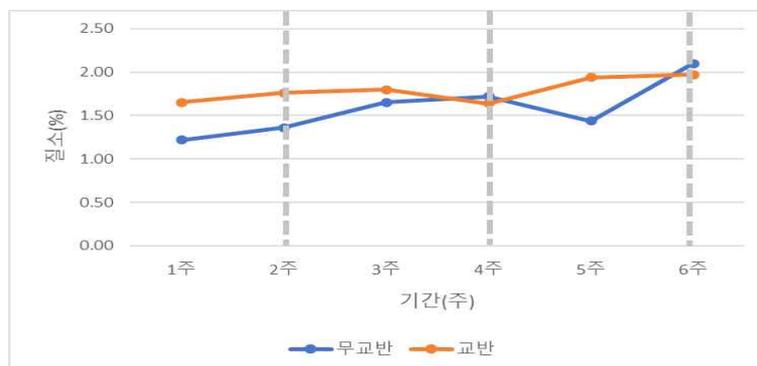


그림 II-09 교반 여부에 따른 질소의 변화(깔짚 미사용)

나) 피트모스깔짚 사용 처리구

- 무교반처리구의 질소 함량은 1주차 40.98%, 2주차 48.28%, 3주차 56.15%, 4주차 45.05%, 5주차 54.87% 6주차 52.14%으로 나타남.
- 교반처리구의 질소 함량은 1주차 40.19%, 2주차 48.26%, 3주차 45.34%, 4주차 41.68%, 5주차 49.82%, 6주차 44.72%으로 나타남.

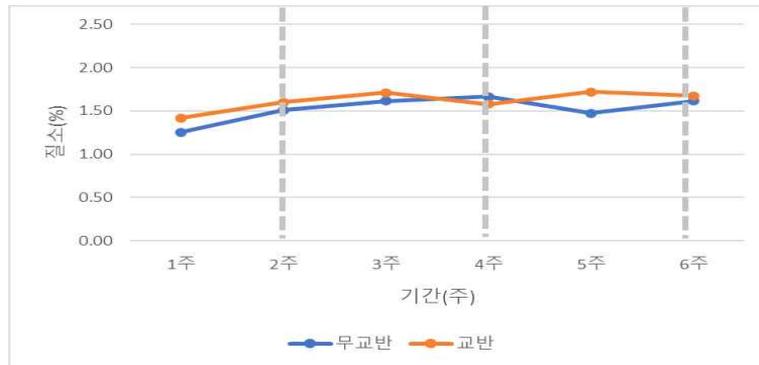


그림 II-10 교반 여부에 따른 질소의 변화(피트모스깔짚 사용)

3) 교반 여부에 따른 암모니아성질소의 변화

가) 깔짚 미사용 처리구

- 무교반처리구의 암모니아성질소 함량은 1주차 1,727mg/kg, 2주차 2,046mg/kg, 3주차 1,395mg/kg, 4주차 1,496mg/kg, 5주차 2,439mg/kg 6주차 2,433mg/kg으로 나타남.
- 교반처리구의 암모니아성질소 함량은 1주차 3,540mg/kg, 2주차 2,178mg/kg, 3주차 1,695mg/kg, 4주차 1,844mg/kg, 5주차 3,646mg/kg 6주차 2,418mg/kg으로 나타남.

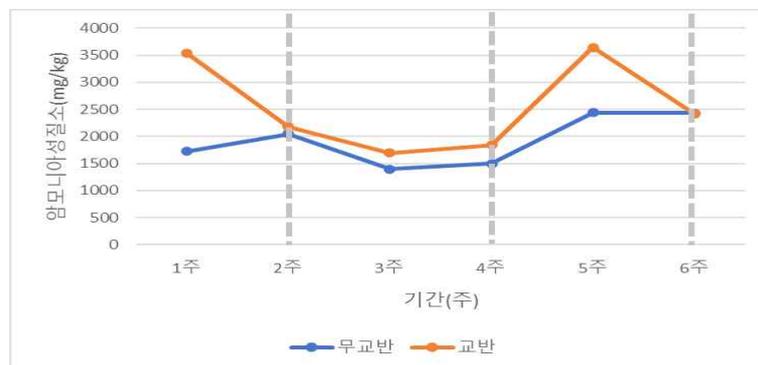


그림 II -11 교반 여부에 따른 암모니아성질소의 변화(깔짚 미사용)

나) 피트모스깔짚 사용 처리구

- 무교반처리구의 암모니아성질소 함량은 1주차 2,536mg/kg, 2주차 1,349mg/kg, 3주차 1,222mg/kg, 4주차 1,863mg/kg, 5주차 2,278mg/kg 6주차 2,910mg/kg으로 나타남.
- 교반처리구의 암모니아성질소 함량은 1주차 2,969mg/kg, 2주차 1,998mg/kg, 3주차 1,580mg/kg, 4주차 1,653mg/kg, 5주차 2,373mg/kg, 6주차 3,709mg/kg으로 나타남.

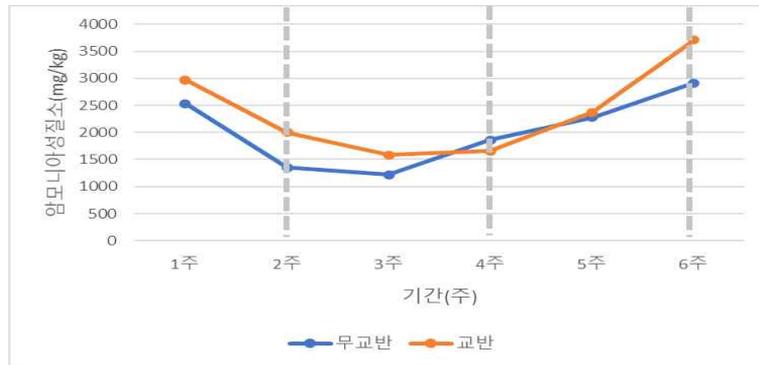


그림 II-12 교반 여부에 따른 암모니아성질소의 변화(피트모스깔짚 사용)

4) 교반 여부에 따른 질산성질소의 변화

가) 깔짚 미사용 처리구

- 무교반처리구의 질산성질소 함량은 1주차 288mg/kg, 2주차 542mg/kg, 3주차 442mg/kg, 4주차 284mg/kg, 5주차 438mg/kg 6주차 455mg/kg으로 나타남.
- 교반처리구의 암모니아성질소 함량은 1주차 644mg/kg, 2주차 124mg/kg, 3주차 502mg/kg, 4주차 159mg/kg, 5주차 612mg/kg 6주차 355mg/kg으로 나타남.

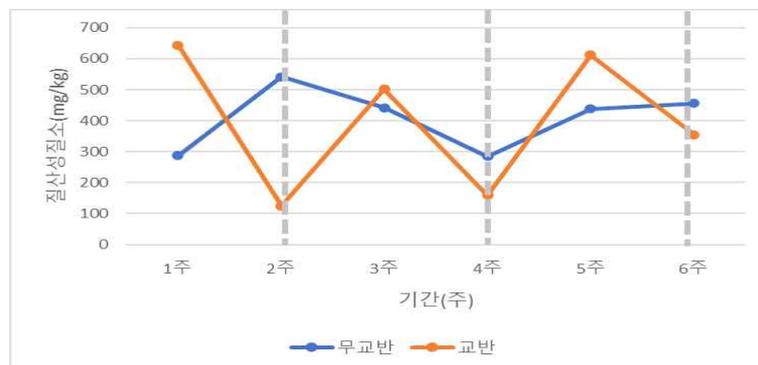


그림 II -13 교반 여부에 따른 암모니아성질소의 변화(깔짚 미사용)

나) 피트모스깔짚 사용 처리구

- 무교반처리구의 질산성질소 함량은 1주차 427mg/kg, 2주차 390mg/kg, 3주차 508mg/kg, 4주차 553mg/kg, 5주차 408mg/kg 6주차 479mg/kg으로 나타남.
- 교반처리구의 암모니아성질소 함량은 1주차 388mg/kg, 2주차 383mg/kg, 3주차 431mg/kg, 4주차 306mg/kg, 5주차 445mg/kg, 6주차 586mg/kg으로 나타남.

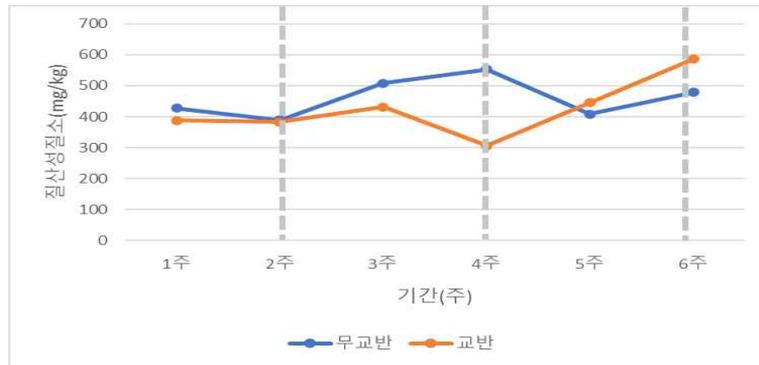


그림 II-14 교반 여부에 따른 암모니아성질소의 변화(피트모스깔짚 사용)

5) 교반 여부에 따른 유기물대 질소의 비의 변화

가) 깔짚 미사용 처리구

- 무교반처리구의 유기물대 질소의 비는 1주차 29.63, 2주차 26.33, 3주차 33.21, 4주차 31.42, 5주차 31.06 6주차 29.30으로 나타남.
- 교반처리구의 유기물대 질소의 비 1주차 24.83, 2주차 27.43, 3주차 31.19, 4주차 27.46, 5주차 28.28 6주차 26.46으로 나타남.

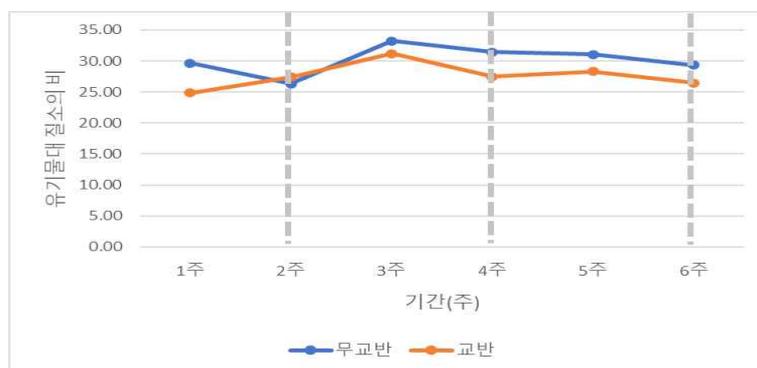


그림 II-15 교반 여부에 따른 유기물대 질소의 비의 변화(깔짚 미사용)

나) 피트모스깔짚 사용 처리구

- 무교반처리구의 유기물대 질소의 비는 1주차 27.21, 2주차 32.91, 3주차 31.37, 4주차 28.00, 5주차 32.36 6주차 29.94으로 나타남.
- 교반처리구의 유기물대 질소의 비는 1주차 28.63, 2주차 30.12, 3주차 26.67, 4주차 26.59, 5주차 29.00 6주차 26.68으로 나타남.

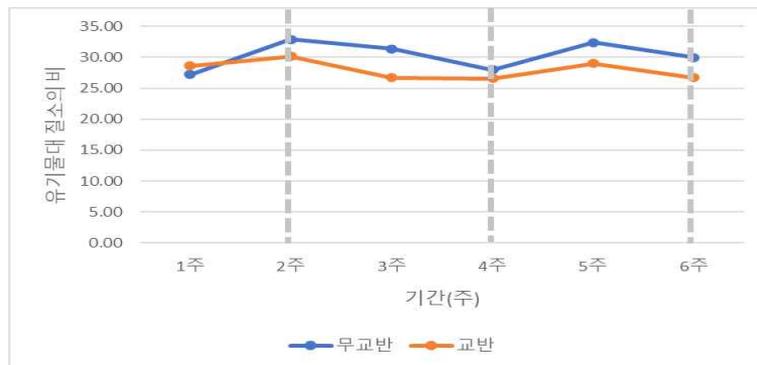


그림 II-16 교반 여부에 따른 유기물대 질소의 비의 변화(피트모스깔짚 사용)

6) 교반 여부에 따른 수분의 변화

가) 깔짚 미사용 처리구

- 무교반처리구의 수분 함량은 1주차 56.17%, 2주차 56.83%, 3주차 53.86%, 4주차 53.87%, 5주차 45.54% 6주차 23.77%으로 나타남.
- 교반처리구의 수분 함량은 1주차 45.37%, 2주차 35.77%, 3주차 26.68%, 4주차 39.44%, 5주차 28.03%, 6주차 31.22%으로 나타남.

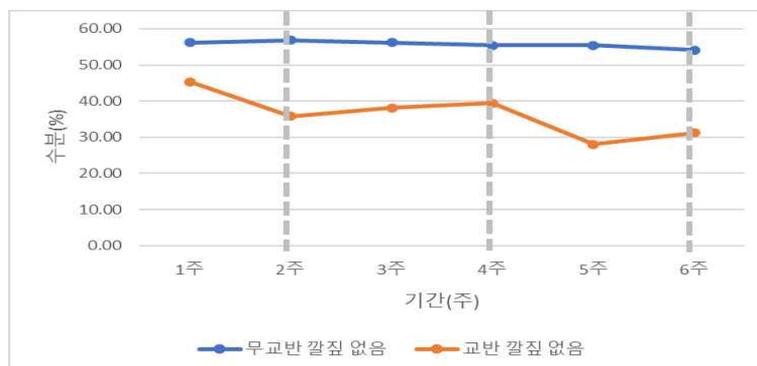


그림 II-17 교반 여부에 따른 수분의 변화(깔짚 미사용)

나) 피트모스깔짚 사용 처리구

- 무교반처리구의 수분 함량은 1주차 54.02%, 2주차 36.92%, 3주차 34.71%, 4주차 42.17%, 5주차 38.05% 6주차 36.68%으로 나타남.
- 교반처리구의 수분 함량은 1주차 46.43%, 2주차 36.00%, 3주차 39.43%, 4주차 43.09%, 5주차 33.68%, 6주차 39.21%으로 나타남.

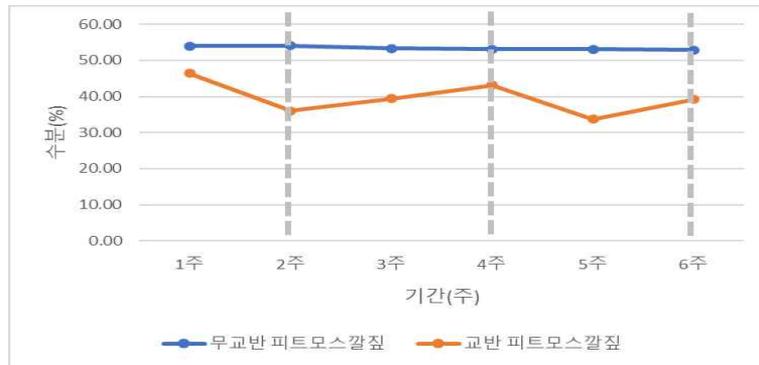


그림 II-18 교반 여부에 따른 수분의 변화(피트모스깔짚 사용)

7) 교반 여부에 따른 암모니아 가스의 변화

가) 깔짚 미사용 처리구

- 무교반처리구의 암모니아 가스 함량은 1주차 10ppm, 2주차 7ppm, 3주차 20ppm, 4주차 20ppm, 5주차 27ppm 6주차 14ppm으로 나타남.
- 교반처리구의 암모니아 가스 함량은 1주차 10ppm, 2주차 5ppm, 3주차 15ppm, 4주차 10ppm, 5주차 20ppm 6주차 9ppm으로 나타남.

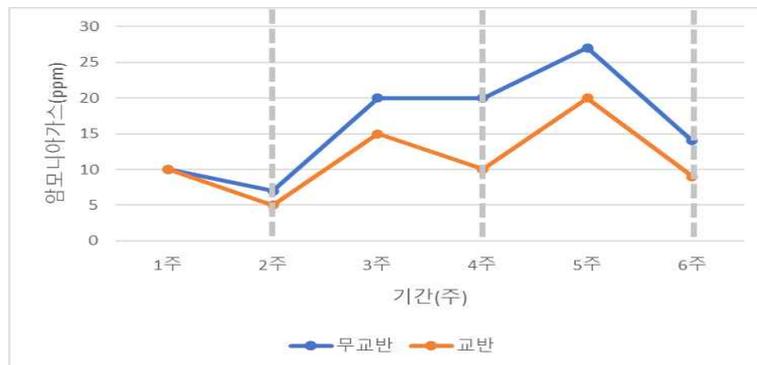


그림 II-19 교반 여부에 따른 암모니아 가스의 변화(깔짚 미사용)

나) 피트모스깔짚 사용 처리구

- 무교반처리구의 암모니아 가스 함량은 1주차 2ppm, 2주차 1ppm, 3주차 7ppm, 4주차 12ppm, 5주차 17ppm 6주차 13ppm으로 나타남.
- 교반처리구의 암모니아 가스 함량은 1주차 0ppm, 2주차 4ppm, 3주차 6ppm, 4주차 7ppm, 5주차 9ppm 6주차 6ppm으로 나타남.

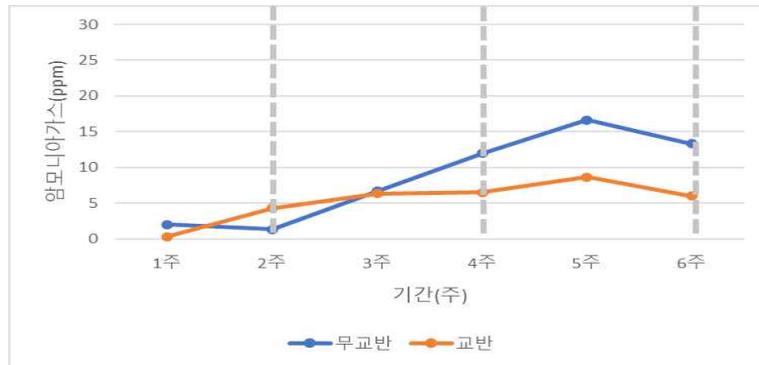


그림 II -20 교반 여부에 따른 암모니아 가스의 변화(피트모스깔짚 사용)

8) 퇴비품질인증 적용

- 본 연구에서 한우분뇨가 6주의 기간 중 고품질 퇴비로 변화하는 과정을 1주마다 샘플링 하여 개선된 고품질 한우퇴비 품질평가 기준(안)을 적용하여 점수화하였음.
- 적용 결과 한우퇴비(n=24)의 평균 점수는 100점 만점 중 **71.5점**을 기록하였으며, 최저 점수는 **67점**, 최고 점수는 **78점**을 기록하였음.
- 개선된 한우퇴비 품질평가 기준(안)을 적용한 한우퇴비(n=51)와 비교시 최저 점수와 최고 점수의 차이가 적었고, 염산불용해물, EC(전기전도도), 종자발아법의 경우 한우퇴비(n=51)는 평균 염산불용해물 → 1.63(1점), EC(전기전도도)→5.87(3점), 종자발아법→86(10점) 등을 기록하였음. 이번 분석에서는 과거 평균값을 토대로 점수화 [염산불용해물(1→1점), EC(전기전도도)(5.5→3점), 종자발아법(80→10점)]함.
- 한우분뇨를 고품질 퇴비를 생산하기 위해서는 퇴비사 이동하기 전에 함수율을 낮추는 것이 바람직함.
- 연구결과에서는 수분함량 및 유기물 함량의 변화가 점수화에 가장 큰 작용 요인임.

표 II-11 개선된 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(n=24)

항목	기준	평균
유기물 (%)	30 이상	46.98
As (mg/kg)	45 이하	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	2.29
Cr (mg/kg)	200 이하	3.95
Cu (mg/kg)	360 이하	59.12
Ni (mg/kg)	45 이하	2.88
Zn (mg/kg)	900 이하	227.19
병원성미생물	불검출	불검출
C/N비	45 이하	29
NaCl (%)	2.0 이하	1.94
수분 (%)	55 이하	46.27
부숙도	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	80
염산불용해물 (%)	25 이하	1
pH[1:10]	-	8.45
EC[1:10] (mS/cm)	-	5.5
N (%)	-	1.63
NH ₄ -N (mg/kg)	-	2221
NO ₃ -N (mg/kg)	-	423
질산태질소/ 무기태질소비율 (%)	-	16.50
P (%)	-	0.54
K (%)	-	1.20
비료공정규격 만족 여부		0
점수(100점 만점)		71.5

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모렐라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-12 개선된 고품질 한우퇴비 품질평가(안) 적용(개별)(n=24)

항목	기준	(무교반) 깔짚없음 1주차	(무교반) 깔짚없음 2주차	(무교반) 깔짚없음 3주차	(무교반) 깔짚없음 4주차	(무교반) 깔짚없음 5주차	(무교반) 깔짚없음 6주차
유기물 (%)	30 이상	36.15	35.82	54.8	54.05	44.74	61.53
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	불검출	2.50	1.61	불검출	불검출	불검출
Cr (mg/kg)	200 이하	3.49	2.87	2.02	4.80	3.80	4.06
Cu (mg/kg)	360 이하	109.46	92.23	75.67	83.16	78.77	67.62
Ni (mg/kg)	45 이하	3.01	4.67	3.64	2.81	1.81	2.53
Zn (mg/kg)	900 이하	194	173	306	328	320	215
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	29.63	26.33	33.21	31.42	31.06	29.30
NaCl (%)	2.0 이하	1.11	1.13	0.92	1.08	1.19	1.18
수분 (%)	55 이하	56.17	56.83	56.18	55.45	55.43	54.11
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	80	80	80	80	80	80
염산불용해물 (%)	25 이하	1	1	1	1	1	1
pH[1:10]	-	7.82	8.77	8.75	8.17	8.69	8.16
EC[1:10] (mS/cm)	-	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
N (%)	-	1.22	1.36	1.65	1.72	1.44	2.10
NH4-N (mg/kg)	-	1727	2046	1395	1496	2439	2433
NO3-N (mg/kg)	-	288	542	442	284	438	455
질산태질소/ 무기태질소비율 (%)	-	14	21	24	16	15	16
P (%)	-	0.30	0.35	0.52	0.49	0.42	0.58
K (%)	-	0.89	0.91	1.08	1.30	1.19	1.37
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	X	X	O
점수(100점 만점)		69.5	70.5	72.5	69.5	69.5	75

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모렐라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-12 (계속)

항목	기준	(무교반) 피트모스 갈집 1주차	(무교반) 피트모스 갈집 2주차	(무교반) 피트모스 갈집 3주차	(무교반) 피트모스 갈집 4주차	(무교반) 피트모스 갈집 5주차	(무교반) 피트모스 갈집 6주차
유기물 (%)	30 이상	33.89	49.19	50.04	43.56	47.78	48.43
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	불검출	3.64	1.28	불검출	1.63	0.80
Cr (mg/kg)	200 이하	4.43	2.01	4.56	4.48	3.83	4.14
Cu (mg/kg)	360 이하	49.88	40.81	62.04	59.29	50.36	48.91
Ni (mg/kg)	45 이하	2.94	3.16	3.38	2.65	2.13	2.23
Zn (mg/kg)	900 이하	201	184	246	227	232	188
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	27.21	32.91	31.37	28.00	32.36	29.94
NaCl (%)	2.0 이하	1.93	1.49	1.84	2.07	1.88	2.00
수분 (%)	55 이하	54.02	54.11	53.27	53.13	53.07	52.84
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	80	80	80	80	80	80
염산불용해물 (%)	25 이하	1	1	1	1	1	1
pH[1:10]	-	8.28	8.42	8.66	8.30	8.38	8.56
EC[1:10] (mS/cm)	-	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
N (%)	-	1.25	1.51	1.62	1.66	1.47	1.61
NH4-N (mg/kg)	-	2536	1349	1222	1863	2278	2910
NO3-N (mg/kg)	-	427	390	508	553	408	479
질산태질소/ 무기태질소비율 (%)	-	14	22	29	23	15	14
P (%)	-	0.37	0.50	0.51	0.57	0.54	0.58
K (%)	-	0.97	0.98	1.18	1.19	1.08	1.16
비료공정규격 만족 여부		O	O	O	X	O	X
점수(100점 만점)		67	73.5	71.5	72	70.5	73

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모렐라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-12 (계속)

항목	기준	(교반) 깔짚없음 1주차	(교반) 깔짚없음 2주차	(교반) 깔짚없음 3주차	(교반) 깔짚없음 4주차	(교반) 깔짚없음 5주차	(교반) 깔짚없음 6주차
유기물 (%)	30 이상	40.98	48.28	56.15	45.05	54.87	52.14
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	불검출	3.34	3.43	불검출	불검출	1.84
Cr (mg/kg)	200 이하	5.34	2.11	2.52	5.05	4.11	4.69
Cu (mg/kg)	360 이하	64.28	42.92	50.12	51.60	52.77	52.31
Ni (mg/kg)	45 이하	3.25	3.06	3.24	2.77	2.40	2.35
Zn (mg/kg)	900 이하	266	207	230	204	260	232
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	24.83	27.43	31.19	27.46	28.28	26.46
NaCl (%)	2.0 이하	2.19	2.67	2.10	2.57	2.44	2.31
수분 (%)	55 이하	45.37	35.77	38.13	39.44	28.03	31.22
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상	80	80	80	80	80	80
염산불용해물 (%)	25 이하	1	1	1	1	1	1
pH[1:10]	-	8.69	8.37	8.39	8.30	8.35	8.50
EC[1:10] (mS/cm)	-	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
N (%)	-	1.65	1.76	1.80	1.64	1.94	1.97
NH4-N (mg/kg)	-	3540	2178	1695	1844	3646	2418
NO3-N (mg/kg)	-	644	124	502	159	612	355
질산태질소/ 무기태질소비율 (%)	-	15	5	23	8	14	13
P (%)	-	0.56	0.56	0.80	0.60	0.74	0.77
K (%)	-	1.15	1.39	1.30	1.27	1.48	1.40
비료공정규격 만족 여부		X	X	X	X	X	X
점수(100점 만점)		78	71	69.5	71	68	68

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모렐라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

표 II-12 (계속)

항목	기준	(교반)	(교반)	(교반)	(교반)	(교반)	(교반)
		피트모스 갈집 1주차	피트모스 갈집 2주차	피트모스 갈집 3주차	피트모스 갈집 4주차	피트모스 갈집 5주차	피트모스 갈집 6주차
유기물 (%)	30 이상	40.19	48.26	45.34	41.68	49.82	44.72
As (mg/kg)	45 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Cd (mg/kg)	5 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg (mg/kg)	2 이하	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb (mg/kg)	130 이하	불검출	4.68	불검출	0.45	불검출	불검출
Cr (mg/kg)	200 이하	3.27	2.86	4.90	7.04	3.98	4.51
Cu (mg/kg)	360 이하	40.94	43.89	59.06	54.93	33.87	54.06
Ni (mg/kg)	45 이하	1.63	3.54	3.47	3.89	2.28	2.37
Zn (mg/kg)	900 이하	170	205	246	200	196	222
병원성미생물	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
C/N비	45 이하	28.63	30.12	26.67	26.59	29.00	26.68
NaCl (%)	2.0 이하	2.16	1.96	2.57	2.77	2.42	2.70
수분 (%)	55 이하	46.43	36.00	39.43	43.09	33.68	39.21
부숙도	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료	부숙완료
종자발아법	70 이상						
염산불용해물 (%)	25 이하						
pH[1:10]	-	8.59	8.61	8.64	8.48	8.40	8.50
EC[1:10] (mS/cm)	-						
N (%)	-	1.42	1.60	1.71	1.58	1.72	1.67
NH4-N (mg/kg)	-	2969	1998	1580	1653	2373	3709
NO3-N (mg/kg)	-	388	383	431	306	445	586
질산태질소/ 무기태질소비율 (%)	-	12	16	21	16	16	14
P (%)	-	0.42	0.53	0.58	0.53	0.62	0.59
K (%)	-	1.10	1.15	1.31	1.28	1.27	1.38
비료공정규격 만족 여부		X	O	X	X	X	X
점수(100점 만점)		78	73	72	74	68	71

주1) 병원성미생물: 대장균O157:H7, 살모넬라, 주2) 무기태질소: 질산태질소+암모니아태질소

제4절 고품질 한우퇴비를 생산하기 위한 관리 매뉴얼(안) 제시

1. 한우분뇨의 특징

- 한우분뇨는 타축종과 비교하여 상대적으로 뇨 및 세정수의 발생량이 적어 수분의 함량이 높지 않으므로 수분조절제와 적절한 사육환경을 제공하면 퇴비화만으로 양질의 퇴비 생산과 분뇨처리를 동시에 해결할 수 있는 축종임.

표 II-13 가축분뇨 배출원단위

(단위 : kg/두/일, 닭 g/수/일)

구분	한우	젓소	돼지	산란계	육계	
표준체중(kg)	350	450	60	1.7	1.3	
분뇨배출량	분	8	19.2	0.87	124.7	85.5
	뇨	5.7	10.9	1.74	0	0
	계(A)	13.7	30.1	2.61	124.7	85.5
세정수(B)	0	7.6	2.49	0	0	
분뇨배출원단위(A+B)	13.7	37.7	5.1	124.7	85.5	

표 II-14 성장단계별 한우분뇨 배출원단위

구분	번식우			비육우				
	송아지	육성우	종빈우	송아지	육성우	비육전기	비육후기	
평균체중(kg)	203	335	487	191	342	466	542	
배설량 (kg/일)	분	8.9	10.8	15.5	8.9	10.4	13	10.6
	뇨	2.3	3.3	4.6	2.7	4	7.3	6.3

2. 축사 관리방안

- 축사는 남향으로 설치하고, 천장은 햇볕이 잘 통하여 깔짚 내 수분 증발이 용이하도록 투광성 슬레이트 또는 개폐식 지붕구조 설비하고, 바닥은 물이 새지 않도록 불침투성 재료를 이용하여 분뇨가 지하로 유출되는 것을 막아야하며, 축사주변에 20cm 높이의 턱을 설비하여 분뇨가 외부로 유출되는 것을 막아야하며, 부가적으로 송풍팬을 설비하여 깔짚 내 수분 증발을 유도하여야함.

3. 깔짚 관리방안

가. 깔짚 종류

- 깔짚의 종류는 톱밥, 왕겨 코코피트, 피트모스 등이 있으며, 값이 싸고 구하기 쉬운 것으로 수분의 함량이 20~25%로 흡수력 및 통기성이 양호한 것을 사용하여야하며, 수분함량이 40% 이상인 경우 건조하여 사용하면 장기간 사용할 수 있음.

표 II-15 피트모스와 타 수분조절재와의 특성 비교

구분	피트모스	톱밥	왕겨	코코피트
유기물	풍부(완전 발효)	풍부(불완전)	풍부(발효 불가)	풍부(불완전)
미생물 함유 및 증식 환경	유용미생물 함유 (최대 100배 증식)	없음 (증식 어려움)	없음 (증식 어려움)	없음 (증식 어려움)
보수력	높음	높음	낮음	매우 높음
발효력	매우 높음	낮음	낮음	매우 낮음
통기성	높음	높음	낮음	높음
탈취력	높음	낮음	없음	낮음
항균력	우수(부식산 함유)	없음	없음	없음
C/N율	낮음	매우 높음	높음	높음
양이온 치환능력	높음	낮음	없음	낮음
품질보증	균일함	불규칙	양호	양호

나. 깔짚 함수율에 따른 교반 및 교체 주기

○ 깔짚의 두께는 가축분뇨 자원화시설 표준설계도에 따르면 한우는 5cm를 권장하고있으며, 사육여건에 따라 두께 조정이 가능함.

○ 깔짚 두께 5cm 기준 깔짚축사 내 분뇨의 함수율을 계절별로 측정한 결과 성장단계별 및 계절별로 함수율의 차이가 있으나, 모두 초반에 급격하게 함수율이 증가하다가 25~35일 이내에 최대함수율에 도달하는 경향을 보임.

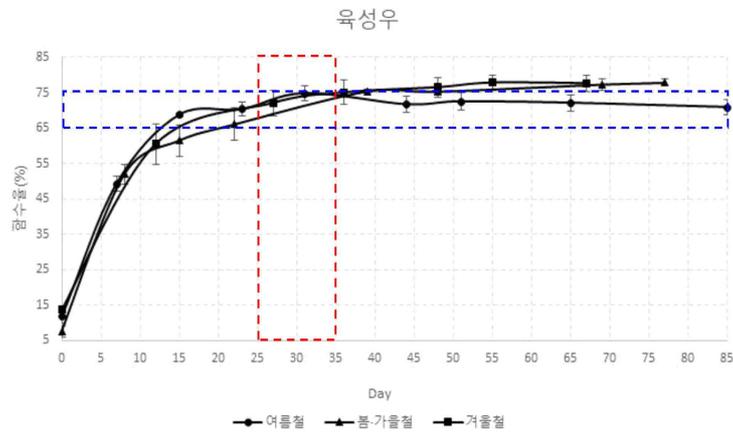


그림 II -21 계절별 육성우 깔짚축사 내 분뇨의 함수율 변화

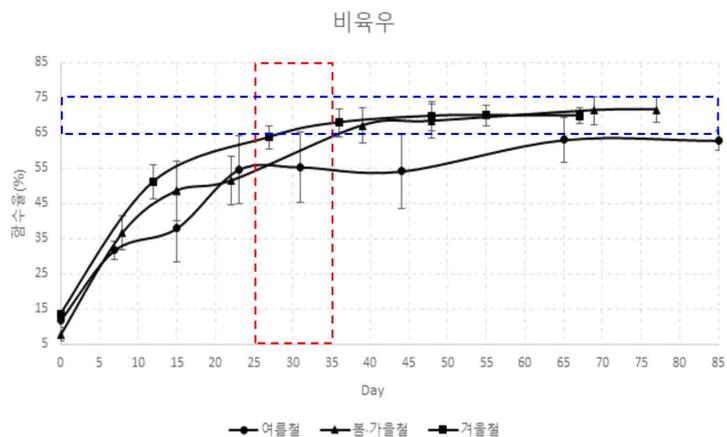


그림 II -22 계절별 비육우 깔짚축사 내 분뇨의 함수율 변화

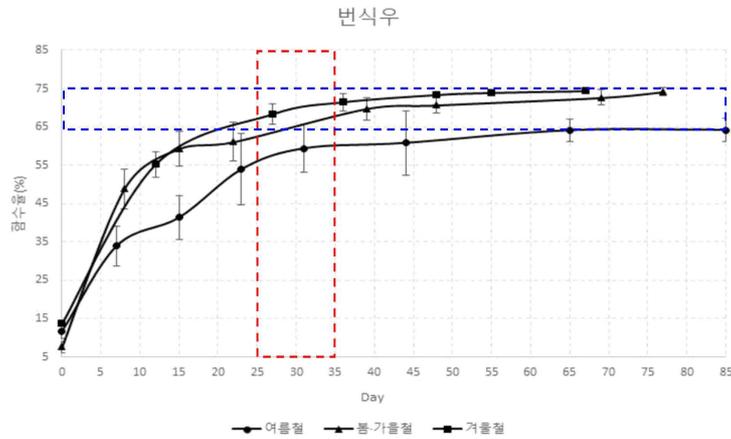


그림 11-23 계절별 번식우 깔짚축사 내 분뇨의 암수올 변화

- 깔짚은 7~14일마다 로터리 등을 이용하여 교반해주어야 하며, 교반 시 환경개선제(미생물제제 등)를 살포해주면 악취저감 효과를 볼수 있음. 단, 오랜기간동안 교체를 하지 않을 경우 염분이 축적되어 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 시행령 별표3 퇴비액비화기준 염분 2.5%이하를 초과할 수 있음.
- 교반 등 별다른 조치를 취하지 않을 경우 깔짚은 25~35일마다 교체 해주어야 하며, 교체 시 환경개선제(미생물제제 등)를 살포해주면 악취저감 효과를 볼수있으며, 건조가 잘되는 여름보다는 건조가 잘되지 않는 겨울에 교체하면 축사환경관리 효과적일 것임.

표 II-16 함수율별 깔짚의 상태 및 우체 청결도

구분	양호	보통	불량
함수율	0~30%	30~55%	55~85%
질퍽한 정도			
	질퍽거림 없음 뭉침 없음	약간 질퍽거림 뭉치기 시작	심하게 질퍽거림 심하게 뭉침
우체 청결도			
	발목 부위 분뇨	무릎 부위 분뇨	엉덩이 부위 분뇨
조치 사항	해당 없음	깔짚 교반	깔짚 교체

- 깔짚 교반 및 교체 시 대기가 불안정하여 악취가 멀리 확산될 우려가 있는 흐린날씨, 이른아침, 초저녁을 피해야 함.

표 II-17 교반 및 교체를 피해야할 날씨

구분	흐린 날씨	이른 아침	초저녁
교반을 피해야할 날씨			

4. 퇴비 관리방안

가. 퇴비화의 정의

- 퇴비화는 유기물이 미생물에 의해 안정화되는 과정이며, 생산된 퇴비는 환경오염을 유발하지 않아야하며, 토양에 이로운 효과를 주어야함.



그림 II-24 퇴비화 예시도

나. 퇴비의 기준

표 II-18 비료공정규격

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.대장균O157:H7 (Escherichiacoli O157:H7) 불검출, 살모넬라 (Salmonella spp.) 불검출
그 밖의 규격	1.유기물대 질소의 비 45이하 2.건물중에 대하여 염분(NaCl) : 2.0 % 이하 3.수분(H2O) : 55 % 이하 4.부숙도 : 다음 각 목의 어느 하나의 판정기준 이상일 것. 가.콤백 : 부숙완료 나.솔비타 : 부숙후기 또는 부숙완료 다.종자발아법 : 발아지수 70 이상 5.염산불용해물 25% 이하

표 II-19 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행령 별표 3 퇴비액비화기준

종류	항목	기준
모든가축	부숙도(썩혀서 익히는 정도)	환경부장관이 농림축산식품부장관과 협의하여 정하여 고시하는 기준에 적합할 것
	함수율	70% 이하
소·젓소	염분	2.5% 이하

다. 퇴비화 과정

- 1단계 : 가축분뇨와 수분조절재가 혼합되며 발효가 시작되는 초기단계에는 중온성세균과 사상균이 이분해성 유기물을 분해하며, 퇴비의 온도를 상승시켜 40°C 이상이 되면 중온성세균은 사멸하며, 고온성세균이 증식함.
- 2단계 : 고온성세균이 셀룰로스(cellulose), 헤미셀룰로스(hemicellulose), 펙틴(pectine) 등을 분해하며 유기물대 질소의 비를 안정화 시킴.
- 3단계 : 셀룰로스 등 유기물 분해가 끝나면 리그닌 등 난분해성 유기물만 남아 온도가 낮아지며, 이때 분해되지 못한 유기물을 분해하는 안정화 기간을 거쳐 퇴비 고유의 냄새 및 색깔을 띠م.

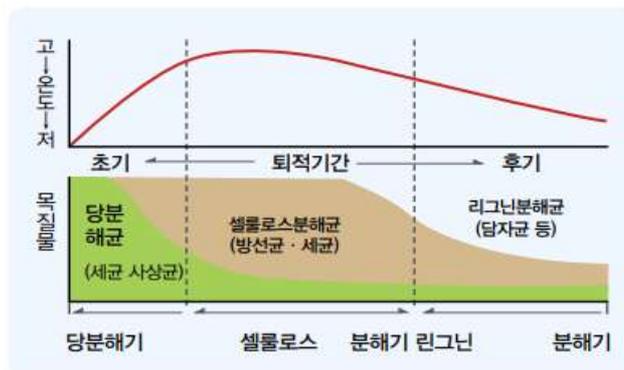


그림 II-25 퇴비화 기간별 온도 변화 및 유기물 분해 과정도

라. 퇴비사 기준

가축분뇨 자원화시설의 개요

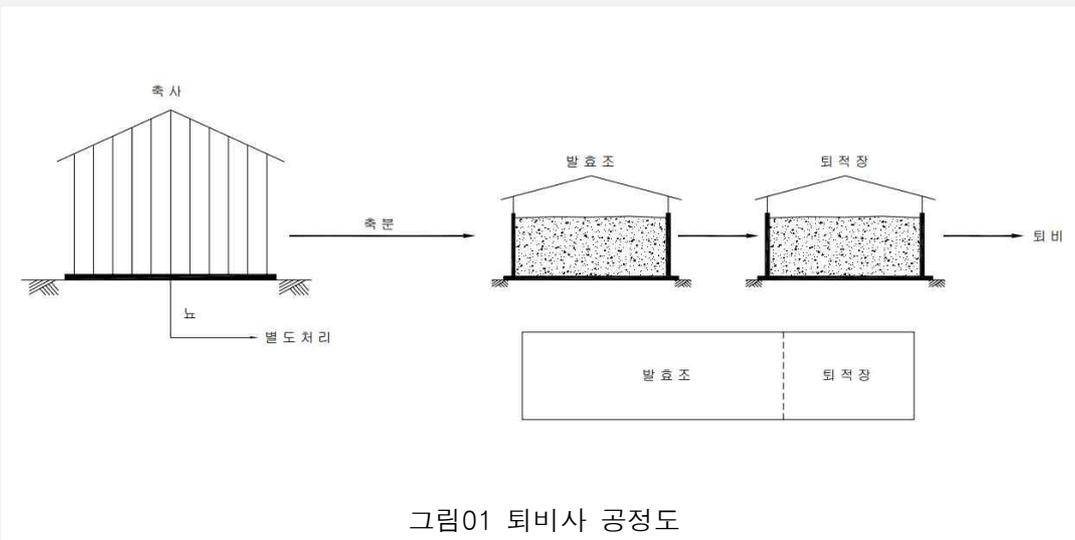
1. 퇴비사

축사에서 고액분리된 축분을 수분조절재(톱밥 및 왕겨 등)와 혼합하여 함수율을 조절한 다음, 퇴비사 시설의 발효조로 운반하여 호기성균을 이용 일정기간 1차 발효시킨 후, 퇴적장(후숙·저장조)에서 2차 발효를 실시

1) 적용대상

○ 모든 축종과 규모에 관계없이 적용가능하며 돼지의 경우 500en(700m²) 미만의 사육 규모, 닭의 경우 10,000수 미만의 사육규모에 적합하다.

2) 공정개요



3) 세부구조 및 규격

구 분	구조 및 규격	적용대상
축 사	1) 급수기에 니플 등을 설치하여 급수시 물이 바닥에 흘러 내리지 않도록 하여야 하며 급수시 흘러내리는 물을 밖으로 배출시키기 위한 물받이, 배수로 등을 설치하여야 한다.	분뇨분리식 : 젖소, 한우, 돼지, 개, 닭
퇴비사	1) 우수의 유입, 침투를 방지할 수 있도록 지붕을 설치하고 측면으로 물이 스며들지 않도록 하여야 한다. 2) 퇴비사 시설을 발효조와 퇴적장으로 방지턱 또는 배수홈 등으로 구분하여 설치하여야 한다. 3) 발효조의 유효용적은 젖소(분뇨 분리식)의 경우 축사면적 100㎡ 당 19㎡이상, 한우(분뇨 분리식)의 경우 축사면적 100㎡당 7㎡이상, 돼지(분뇨 분리식)의 경우 축사면적 100㎡당 9㎡이상, 닭의 경우 사육마리수 1,000수당 13㎡이상, 개(분뇨 분리식)의 경우 사육두수 100두당 5㎡ 이상으로 하여야 한다. 4) 퇴적장의 유효용량은 발효조의 1/2 이상으로 한다. 5) 발효조와 퇴적장의 유효 높이는 2m 이상으로 하여야 한다.	

4) 퇴비사 설계 계산 예시

○ 한우 사육시설(분뇨 분리식) 면적 : 600m²

① 발효조

- 유효용량 : $600m^2 \times \frac{7m^3}{100m^2} = 42m^3$

- 유효높이 : 2m

- 폭 : 5m

- 길이 : 4.2m

② 퇴적장(후숙·저장조) : 30일 기준

- 유효용량 : $42m^3 \times 0.5 = 21m^3$

- 유효높이 : 2m

- 폭 : 5m

- 길이 : 2.1m

구 분	시 설 규 모	발 효 조 (m ³)	퇴 적 장 (m ³)
한우 사육시설 (분뇨 분리식)	200m ²	14	7
	300m ²	21	11
	600m ²	42	21
	800m ²	56	28
	1,000m ²	70	35

※ 퇴비사의 가축 종류별 각 시설의 용량계산식

구 분	발 효 조 (m ³)	퇴 적 장 (m ³)
한우 사육시설 (분뇨 분리식)	$V_1 = S \times \frac{7m^3}{100m^2}$	$V_2 = V_1 \times 0.5$

주) S = 각 사육시설의 사육규모(m²), 닭의 경우 사육마리수

V₁ = 발효조 유효용량(m³)

V₂ = 퇴적장 유효용량(m³)

5) 운전요령

구 분	운 전 요 령	비 고
축 사	1) 축사내에서 분분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 축분의 함수율을 최소화 한다	
발효조 및 퇴적장	1) 축사에서 배출되는 축분을 수분조절재(톱밥, 왕겨 등)와 혼합하면서 함수율 75% 정도로 조절하여 쌓아둔다. 2) 전체적으로 고른 퇴비화를 이루기 위해 발효중 골고루 혼합하여 준다. 3) 발효조에서 60일정도 발효를 실시한 후 퇴적장에서 30일정도 2차 발효를 실시한다. 4) 2차발효 완료된 퇴비는 경종농가와 계약하여 퇴비로 판매하거나 초지, 농경지에 퇴비로 사용한다. 퇴비로 사용할 때 복토를 하거나 땅을 갈아 엮어준다. 5) 주변을 청소하여 악취 및 해충이 발생하지 않도록 하여야 한다.	

2. 통풍식 톱밥발효시설

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

1) 적용대상

○ 모든 축종과 규모에 관계없이 적용 가능하며 돼지의 경우 500두(700m²)~2,000두(2,800m²) 사육규모, 닭의 경우 10,000수 이상의 사육규모에 적합하다.

2) 공정개요

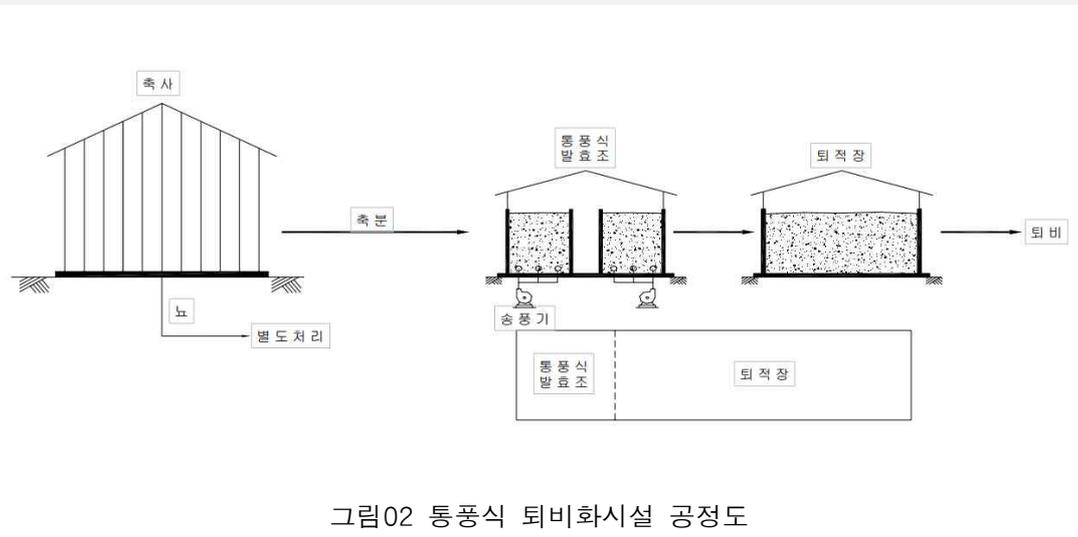
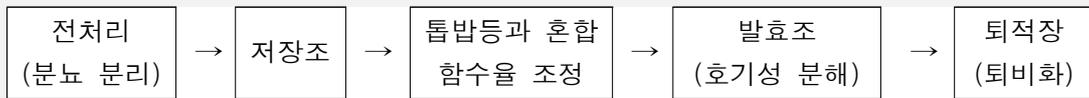


그림02 통풍식 퇴비화시설 공정도

3) 세부구조

구 분	구조 및 규격	적용대상
축 사	1) 급수기에 니플 등을 설치하여 급수시 물이 바닥에 흘러내리지 않도록 하여야 하며 급수시 흘러내리는 물을 밖으로 배출시키기 위한 물받이, 배수로 등을 설치하여야 한다.	분뇨분리식 : 젓소, 한우, 돼지 분뇨혼합식 : 돼지, 닭
혼 합 공 간	1) 저장조 및 축사에서 이송된 축분과 수분조절재를 혼합하는 시설 및 장비의 작업이 용이하도록 적당한 공간을 확보하여야 한다. 2) 혼합시 우수가 유입되지 않도록 유의하여야 한다.	
발효조 및 퇴적장	1) 우수의 유입, 침투를 방지할 수 있도록 지붕을 설치하고 측면으로 물이 스며들지 않도록 하여야 한다. 2) 발효시설은 발효조와 퇴적장으로 구분하여 설치하여야 한다. 3) 발효조의 유효용량은 젓소(분뇨 분리식)의 경우 축사면적 100m ² 당 5m ³ 이상, 한우(분뇨 분리식)의 경우 축사면적 100m ² 당 1.9m ³ 이상, 돼지의 경우 축사면적 100m ² 당 분뇨 분리식의 경우 2.2m ³ 이상, 분뇨 혼합식의 경우 10m ³ 이상, 닭의 경우 사육마리수 1,000수당 3m ³ 이상으로 하여야 한다. 4) 퇴적장의 유효용량은 발효조의 3배 이상으로 하여야 한다. 5) 발효조의 유효높이는 2m 이상으로 하여야 한다. 6) 발효조의 바닥에는 공기를 0.05 ~ 0.2 m ³ /분 · m ² 정도 불어넣을 수 있는 송풍시설, 통풍시설 및 침출수 배수시설을 갖추어야 한다. 7) 축분 및 수분조절재를 혼합. 운반. 적재할 수 있는 시설 또는 장비를 갖추어야 한다. 8) 발효조와 퇴적장의 유효깊이는 본 표준설계도에서 제시된 깊이 이상도 가능하다.	

4) 통풍식 톱밥발효시설 설계 계산 예시

○ 한우 사육시설(분뇨 분리식) 면적 : 2,000m²

① 발효조

- 유효용량 : $2,000m^2 \times \frac{1.9m^3}{100m^2} = 38m^3$

- 유효높이 : 2m

- 폭 : 2.8m

- 길이 : 6.8m(발효조 2.8mW × 6mL × 2mH × 2조)

② 퇴적장(후숙·저장조) : 30일 기준

- 유효용량 : $38m^3 \times 3 = 114m^3$

- 유효높이 : 2m

- 폭 : 6m

- 길이 : 9.5m

구 분	시설규모	발효조(m ³)	퇴적장(m ³)
한우 사육시설 (분뇨 분리식)	1,000m ²	19	57
	1,500m ²	29	87
	2,000m ²	38	114
	3,000m ²	57	171
	5,000m ²	95	285

※ 통풍식 톱밥발효시설의 가축종류별 각 시설의 용량 계산식

구 분	발효조	퇴적장(후숙·저장조)
한 우 (분뇨 분리식)	$V_1 = S \times \frac{1.9m^3}{100m^2}$	$V_2 = 3 \times V_1$

주) S = 각 사육시설의 사육규모(m²), 닭의 경우 사육마리수

V₁ = 발효조 유효용량(m³)

V₂ = 퇴적장 유효용량(m³)

※ 설계시 참고사항

○ 발효시설 설치시 톱밥을 저장, 혼합할 수 있는 면적 등을 고려하여야 한다.

5) 운전요령

구 분	운 전 요 령	비 고
축 사	1) 축사내에서 분분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 폐수발생량을 최소화 한다.	
발효조 및 퇴적장	1) 축사에서 배출되는 축분을 수분조절재(톱밥, 왕겨 등)와 혼합, 교반하여 함수율 75% 정도로 조절하여 투입한다. 2) 수분조절된 축분을 발효조에 투입한 후 발효조의 바닥에서 24시간 공기를 불어 넣어준다. 3) 발효조에서 15일 정도 발효를 실시한 축분을 퇴적장에 운반하여 45일 정도 2차 발효를 실시한다. 4) 1차 발효된 퇴비를 퇴적장으로 운반한 후, 빈 발효조도 2일 정도 송풍을 계속하여 원료 찌꺼기나 바닥의 수분을 건조시킨다. 5) 2차 발효가 완료된 축분은 경종농가와의 계약에 의하여 퇴비로 판매 또는 농경지나 초지에 살포하거나 수분조절재로 재활용한다. 퇴비로 사용할 때 복토를 하거나 땅을 갈아 엷어준다. 6) 통기구가 있는 바닥의 경우 통기구멍을 수시로 확인·보수한다.	

3. 교반식 퇴비화시설(직선형)

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

1) 적용대상

○ 모든 축종과 규모에 관계없이 적용가능하며 돼지의 경우 2,000두(2,800m²) 이상 사육규모, 닭의 경우 30,000수 이상의 사육규모에 적합하다.

2) 공정개요

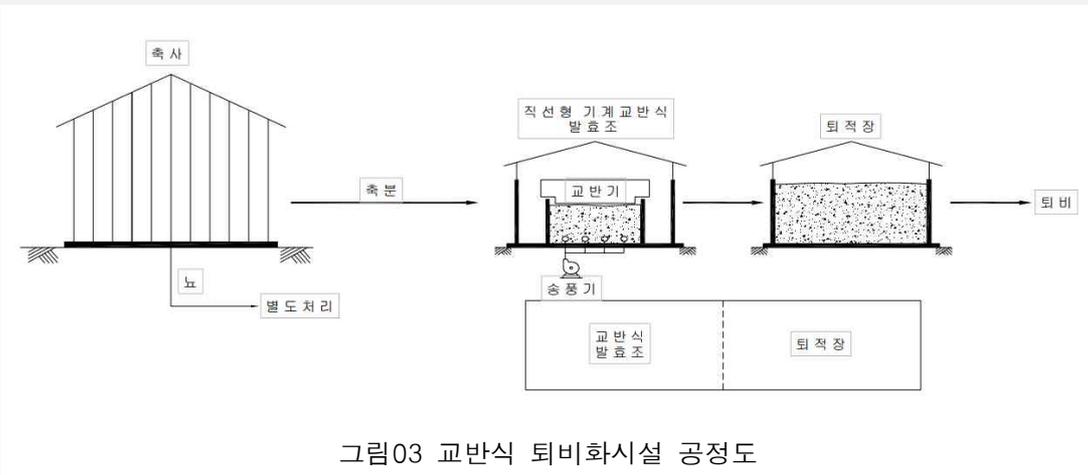
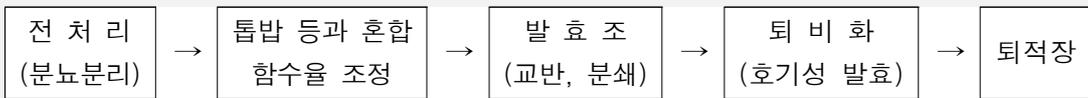


그림03 교반식 퇴비화시설 공정도

3) 세부구조 및 규격

구 분	구 조 및 규 격	적용대상
축 사	1) 급수기에 니플 등을 설치하여 급수시 물이 바닥에 흘러 내리지 않도록 하여야 하며 급수시 흘러내리는 물을 밖으로 배출시키기 위한 물받이, 배수로 등을 설치하여야 한다.	분뇨분리식 : 젓소, 한우, 돼지 분뇨혼합식 : 돼지, 닭
저 장 조	1) 저장조가 필요한 경우 농가의 기 설치시설을 활용한다.	
혼 합 공 간	1) 저장조 및 축사에서 이송된 축분과 수분조절재를 혼합하는 시설 및 장비의 작업이 용이하도록 적당한 공간을 확보하여야 한다. 2) 혼합시 우수가 유입되지 않도록 유의하여야 한다.	

<p>발효조 및 퇴적장</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 우수의 유입, 침투를 방지할 수 있도록 지붕을 설치하고 측면으로 물이 스며들지 않도록 하여야 한다. 2) 발효조의 유효용량은 젖소(분뇨 분리식)의 경우 축사면적 100m²당 10m³ 이상, 한우(분뇨 분리식)의 경우 축사면적 100m²당 3.7m³ 이상, 돼지의 경우 축사면적 100m²당 분뇨 분리식의 경우 4.4m³ 이상, 분뇨 혼합식의 경우 20m³ 이상, 닭의 경우 사육마리수 1,000수당 7m³ 이상으로 하여야 한다. 3) 발효조의 유효높이는 교반기의 종류(에스컬레이터식, 로타리식, 스크류식 등)의 종류에 따라 1.3 ~ 3.0m 이상으로 할 수 있다. 4) 발효조의 바닥에는 공기를 0.05 ~ 0.2 m³/분 · m³ 정도 불어 넣을 수 있는 송풍시설, 통풍시설 및 침출수 배수 시설을 갖추어야 한다. 5) 축분 및 수분조절재를 혼합, 운반, 적재할 수 있는 시설 또는 장비를 갖추어야 한다. 6) 발효조 내용물을 교반, 혼합할 수 있는 시설 및 장비(교반기)를 갖추어야 한다. 7) 발효조는 부지 여건에 따라 지상식, 반지하식, 지하식으로 설치할 수 있다. 8) 발효시설은 발효조와 퇴적장으로 구분하여 설치하여야 한다. 9) 퇴적장(후숙·저장조)의 유효용량은 처리일수 30 ~ 60일 로써 유효용량 산정 시 발효조에서의 감량된 무게와 발효 후 용적증을 고려하여야 한다. 10) 발효조의 폭은 양쪽 레일 간격 2 ~ 10m로 하여 교반기의 종류 발효조의 필요용량, 부지여건 등에 따라 선택하여 적용한다. 11) 발효조와 퇴적장의 유효높이는 본 표준설계도에서 제시된 높이 이상도 가능하다. 	
--------------------------	--	--

4) 교반식 퇴비화시설(직선형) 설계계산 예시

○ 한우 사육시설(분뇨 분리식) 면적 : 3,000m²

① 발효조

- 유효용량 : $3,000m^2 \times \frac{3.7m^3}{100m^2} = 111m^3$

- 높 이 : 1.5m

- 유효높이 : 1.3m

- 레일간격 : 4m (발효조 폭 3.8m)

- 길 이 : 22.5m

② 퇴적장

- 유효용량 : 111m³

- 유효높이 : 2m

- 폭 : 6m

- 길 이 : 9.3m

구 분	시설규모	발효조(m ³)	퇴적장(m ³)
한우 사육시설 (분뇨 분리식)	1,000m ²	37	37
	2,000m ²	74	74
	3,000m ²	111	111
	4,000m ²	148	148
	5,000m ²	185	185

※ 교반식 톱밥발효시설의 가축종류별 각 시설의 용량 계산식(직선형)

구 분	발효조	퇴적장(후숙·저장조)
한우 사육시설 (분뇨 분리식)	$V_1 = S \times \frac{3.7m^3}{100m^2}$	$V_2 = V_1$

주) S = 각 사육시설의 사육규모(m²), 닭의 경우 사육마리수

V₁ = 발효조 유효용량(m³)

V₂ = 퇴적장 유효용량(m³)

5) 운전요령

구 분	운 전 요 령	비 고
축 사	1) 축사내에서 분분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 폐수 발생량을 최소화 한다.	
발효조 및 퇴적장	1) 축사에서 배출되는 축분을 수분조절재(톱밥, 왕겨 등)와 혼합, 교반하여 함수율 75% 정도로 조절하여 투입한다. 2) 인력 또는 스키드로우더를 이용하여 발효조에 적절한 높이로 투입한다. 3) 수분조절된 축분을 발효조에 투입한 후 발효조의 바닥에서 24시간 공기를 불어 넣어준다. 4) 발효조 내용물은 기계를 이용하여 1일 1 ~ 2회 정도 교반, 혼합하여 준다. 5) 저온 발효시 : 원료투입 1~2일 후(투입구로부터 10m내외구간)부터 발효균 증식에 의해 저온발효가 진행되면서 온도는 약 30~40°C까지 상승함. 고온 발효시 : 저온발효 개시후 약 3~4일 후에는 고온균의 증식으로 고온발효가 진행되면서 온도가 상승하여 수분증발과 잡균 및 해충의 알 등이 사멸, 안정성 높은 퇴비가 만들어진다. 6) 발효조에서 30일 정도 발효를 실시한 축분을 퇴적장에 운반하여 30일정도 2차 발효를 실시한 후, 발효가 완료된 축분은 경종농가와 계약에 의하여 퇴비로 판매 또는 농경지나 초지에 살포하거나 수분조절재로 재활용한다. 퇴비로 사용할 때 복토를 하거나 땅을 갈아 엷는다. 7) 분 중에 돌, 쇠조각 등 이물질이 혼입되지 않도록 한다. 8) 고수분 상태의 축분을 사용하지 않는다.	

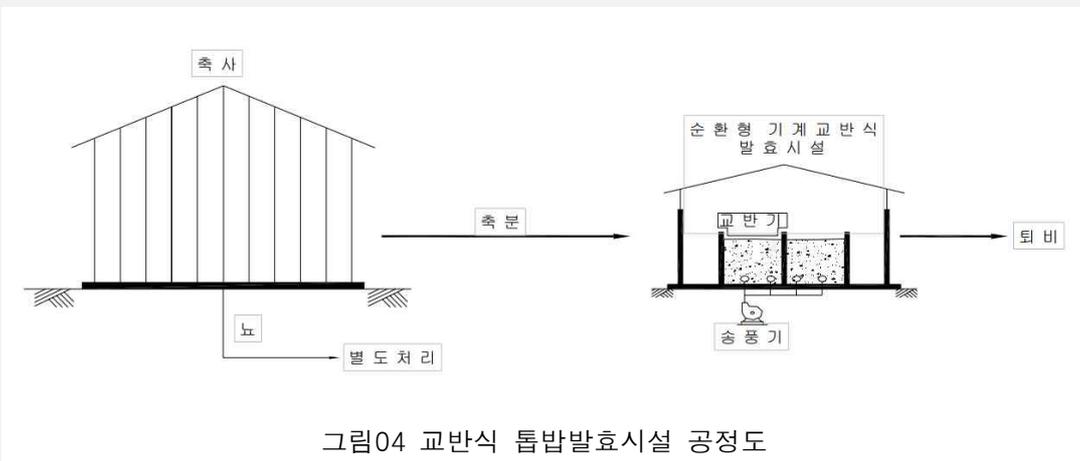
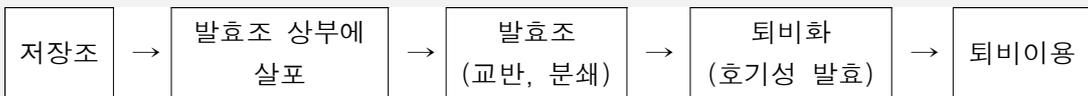
4. 교반식 톱밥발효시설(순환형 로타리식)

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

1) 적용대상

- 모든 축종과 규모에 관계없이 적용가능 하며 돼지의 경우 1,000두(400m²) 이상 사육 규모, 닭의 경우 10,000수 이상 사육규모에 적합하다.

2) 공정개요



3) 세부구조 및 규격

구 분	구 조 및 규 격	적용대상
축 사	1) 급수기에 니플 등을 설치하여 급수시 물이 바닥에 흘러 내리지 않도록 하여야 하며 급수시 흘러내리는 물을 밖으로 배출시키기 위한 물받이, 배수로 등을 설치하여야 한다.	분뇨분리식 : 젓소, 한우, 돼지 분뇨혼합식 : 돼지, 닭
저 장 조	1) 저장조가 필요한 경우 농가의 기설치 시설을 활용한다	
발효시설	1) 우수의 유입, 침투를 방지할 수 있도록 지붕을 설치하고 측면으로 물이 스며들지 않도록 하여야 한다. 2) 발효조의 유효용량은 젓소(분뇨 분리식)의 경우 축사면적 100m ² 당 30m ³ 이상, 한우(분뇨 분리식)의 경우 축사면적 100m ² 당 9m ³ 이상, 돼지의 경우 축사면적 100m ² 당 분뇨 분리식의 경우 8m ² 이상, 분뇨 혼합식의 경우 79m ³ 이상, 닭의 경우 사육마리수 1,000수당 13m ³ 이상으로 하여야 한다. 3) 발효조의 유효높이는 0.8m 이상으로 하여야 한다. 4) 발효조의 바닥에는 공기를 0.05 ~ 0.2 m ³ /분·m ² 정도 불어 넣을 수 있는 송풍시설, 통풍시설 및 침출수 배수 시설을 갖추어야 한다. 5) 축분을 운반, 적재할 수 있는 시설 또는 장비를 갖추어야 한다. 6) 발효조 내용물을 교반, 혼합할 수 있는 시설 및 장비(교반기)를 갖추어야 한다. 7) 발효조의 폭은 양쪽 레일 간격 4~10m로 하여 교반기의 종류 발효조의 필요용량, 부지여건 등에 따라 선택하여 적용한다. 8) 발효조를 비우고 발효를 다시 시작할 때에는 톱밥이나 발효퇴비를 30cm 정도 깔고 그 위에 축분을 살포한다.	

3) 교반식 톱밥발효시설(순환형 로타리식) 설계계산 예시

○ 한우 사육시설(분뇨 분리식) 면적 : 3,000m²

① 발효조

- 유효용량 : $3,000m^2 \times \frac{9m^3}{100m^2} = 270m^3$

- 높 이 : 1m

- 유효높이 : 0.8m

- 레일간격 : 10m (발효조 폭 9.6m)

- 길 이 : 원형부 10m + 직선부 27m = 37m

구 분	시설규모	발효조(m)
한우 사육시설 (분뇨 분리식)	1,000m ²	37
	2,000m ²	74
	3,000m ²	111
	4,000m ²	148
	5,000m ²	185

※ 교반식 톱밥발효시설의 가축종류별 각 시설의 용량 계산식(순환형 로타리식)

구 분	발효조
한 우 사육시설 (분뇨 분리식)	$V_1 = S \times \frac{9m^3}{100m^2}$

주) S = 각 사육시설의 사육규모(m²), 닭의 경우 사육마리수

V₁ = 발효조 유효용량(m³)

4) 운전요령

구분	운전요령	비고
축사	1) 축사내에서 분 분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 폐수 발생량을 최소화 한다.	
발효시설	1) 축사에서 배출되는 축분을 발효조내의 톱밥층이나 발효중인 퇴비층 위에 깔고루 살포한다. 2) 축분을 매일 발효조의 상부에 투입한 후 발효조의 받에서 24시간 공기를 불어 넣어준다 3) 발효조 내용물은 기계를 이용하여 1일 1~2회 정도 교반, 혼합하여 준다. 4) 발효가 완료된 퇴비를 배출하기 전에는 일주일 이상 축분 투입을 중단하여 고른 퇴비화를 이룬다. 5) 6개월간 발효가 완료된 퇴비는 경종농가와 계약에 의하여 퇴비로 판매 또는 농경지 초지에 살포하거나 수분조절재로 재활용한다. 퇴비로 사용할 때 복토를 하거나 땅을 갈아엎는다. 6) 분뇨중에 돌, 쇠조각 등 이물질이 혼합되지 않도록 한다.	

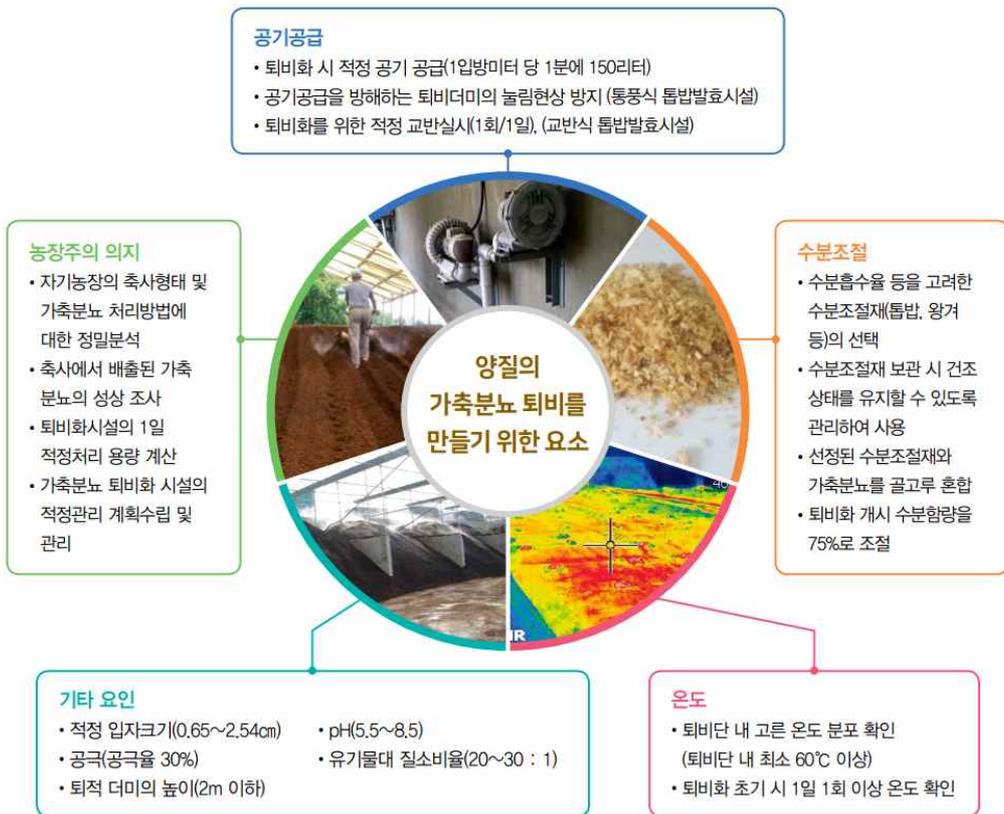


그림 II -26 양질의 가축분뇨 퇴비를 만들기 위한 요소

제3장 한우퇴비의 농지환원 효과 분석

제1절 한우퇴비를 활용한 사료용 옥수수의 생육 및 사료 가치 평가

1. 재료 및 방법

- 본 시험은 한우퇴비 시용에 따른 사료용 옥수수의 생육 및 사료 가치를 평가하기 위하여 수행됨. 주 시험재료인 한우퇴비를 비롯하여 상업용가축분혼합퇴비, 화학비료를 활용하여 사료용 옥수수(광평옥)에 대한 생육(초장, 경경, 옆폭, 엽장, 엽록소 등) 및 사료 가치(조단백, 조지방, 조섬유, 조회분, P, ADF, NDF, 총폐놀, 총플라보노이드 등)를 비교·분석하였음. 시험조건은 다음과 같음.
 - 시험작물: 사료용 옥수수(광평옥)
 - 시험재료: 한우퇴비, 상업용가축분혼합퇴비, 화학비료
 - 처리구: 처리구는 무처리, 한우퇴비(100%), 상업용가축분혼합퇴비(100%), 화학비료(100%), 한우퇴비(50%)+화학비료(50%)로 나누었으며, 각 처리구의 면적은 10 m²(4×2.5)로 3반복, 난괴법으로 처리함. 반복 당 사료용 옥수수 36개체씩 정식함.
 - 시험조건: 처리구별 화학비료 및 퇴비의 시비는 옥수수 표준 시비량인 N-P-K = 14.5-3-6 kg/10a를 기준으로 시비하였음. 기비는 옥수수 정식하기 8일전에 시비하였고, 추비는 옥수수가 7~8엽일 때 시비함. 한우퇴비(100%), 상업용가축분혼합퇴비(100%), 화학비료(100%) 처리구는 정식 8일 전에 질소기준 100%를 전량 기비로 시비하였음. 한우퇴비(50%)+화학비료(50%) 처리구의 경우 한우퇴비는 정식 8일 전 기비로 질소기준 50%를 시비한 후 추비로 질소 50%(화학비료)를 시비함.
 - 사료용 옥수수는 12일간 50공 트레이에서 생장시킨 후 정식하여 93일차에 수확하였으며, 처리구간 생육차이를 보인 51일차부터 2주 간격으로 초장, 엽장, 옆폭, 경경 엽록소 등을 조사함.

표 III-1 한우퇴비의 사료용 옥수수 생육 및 사료가치 평가 시험 처리구 구분

처리구 구분		시비량
무처리	NT	*표준시비량기준: 14.5-3-6(N-P-K) kg/10a
상업용가축분혼합퇴비(100%)	CM	
한우퇴비(100%)	HM	
화학비료 (100%)	CF	
한우퇴비(50%)+화학비료(50%)	HM+CF	

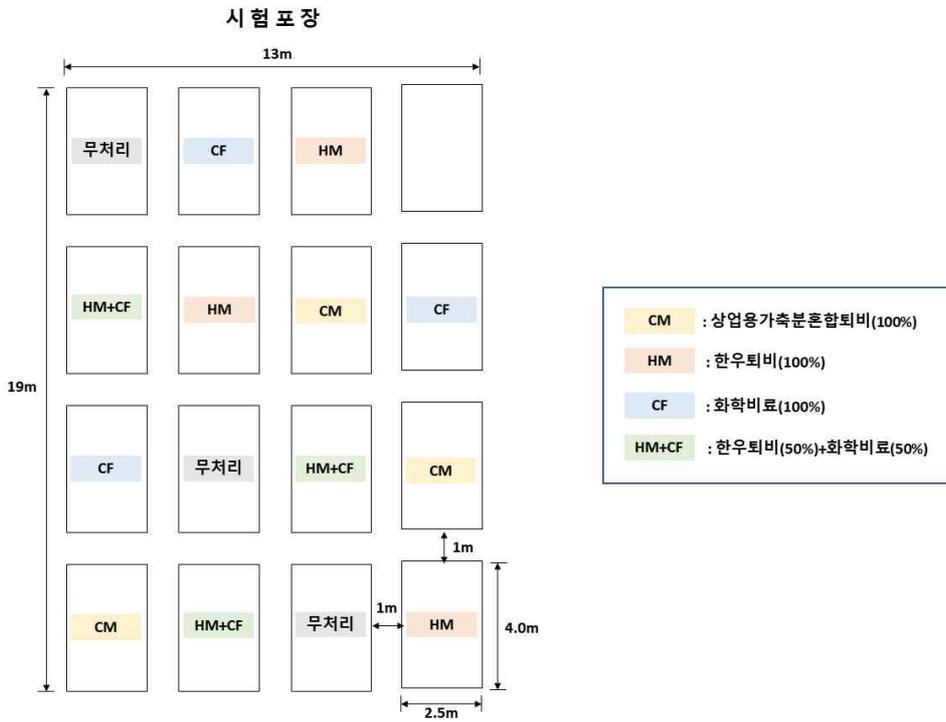


그림 III-1. 한우퇴비의 사료용 옥수수 생육 및 사료가치 평가 시험 처리구 모식도

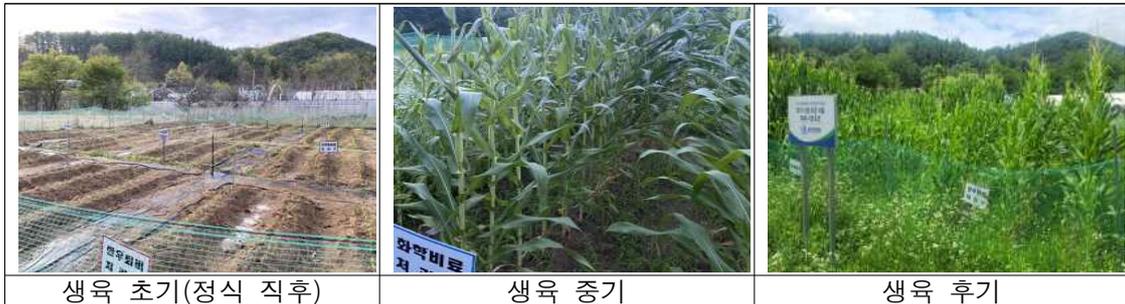


그림 III-2. 한우퇴비의 사료용 옥수수 생육 및 사료가치 평가 시험 모습

2. 시험결과

가. 한우퇴비 시용에 따른 사료용 옥수수의 생육

1) 초장

- 정식 93일 후 각 처리구별 초장은 HM+CF(285.34cm) > CF(266.68cm) > HM(247.16cm) > CM(238.89cm) > 무처리구(192.63cm) 순으로 나타남.

표Ⅲ-2. 처리구별 사료용 옥수수 초장의 변화

구분	사료용 옥수수 초장 (cm)			
	51일차	65일차	79일차	93일차
무처리구	56.36 (±4.36) b	83.87 (±4.73) e	111.66 (±5.75) d	192.63 (±12.32) d
CM	53.62 (±4.74) b	99.39 (±8.19) d	146.62 (±6.58) c	238.89 (±7.53) c
HM	75.05 (±4.66) a	112.09 (±7.72) c	151.62 (±8.56) c	247.16 (±6.57) c
CF	79.54 (±3.88) a	128.22 (±4.72) b	179.94 (±8.93) b	266.68 (±4.83) b
HM+CF	79.61 (±2.38) a	144.56 (±4.18) a	213.42 (±7.32) a	285.34 (±4.93) a

DMRT, P: 0.05

2) 경경(줄기직경)

- 정식 93일 후 각 처리구별 경경은 HM+CF(2.86cm) > CF(2.72cm) > HM(2.51cm) > CM(2.31cm) > 무처리구(1.83cm) 순으로 나타남.

표Ⅲ-3. 처리구별 사료용 옥수수의 경경 변화

구분	사료용 옥수수 경경 (cm)			
	51일차	65일차	79일차	93일차
무처리구	1.13 (± 0.10) b	1.66 (± 0.14) d	1.79 (± 0.13) d	1.83 (± 0.11) d
CM	1.17 (± 0.10) b	2.08 (± 0.16) c	2.27 (± 0.16) c	2.31 (± 0.17) c
HM	1.64 (± 0.15) a	2.42 (± 0.17) b	2.48 (± 0.17) b	2.51 (± 0.16) b
CF	1.70 (± 0.12) a	2.58 (± 0.13) ab	2.68 (± 0.13) a	2.72 (± 0.13) a
HM+CF	1.77 (± 0.09) a	2.71 (± 0.08) a	2.82 (± 0.07) a	2.86 (± 0.08) a

DMRT, P: 0.05

3) 옆폭

- 정식 93일 후 각 처리구별 옆폭은 HM+CF(7.78cm) > CF(7.29cm) > HM(7.21cm) > CM(6.38cm) > 무처리구(5.53cm) 순으로 나타남.

표 III-4. 처리구별 사료용 옥수수의 옆폭 변화

구분	사료용 옥수수 옆폭 (cm)			
	51일차	65일차	79일차	93일차
무처리구	5.17 (± 0.33) b	5.46 (± 0.27) d	5.48 (± 0.28) c	5.53 (± 0.27) d
CM	5.12 (± 0.47) b	6.33 (± 0.39) c	6.37 (± 0.38) b	6.38 (± 0.39) c
HM	6.37 (± 0.34) a	7.16 (± 0.38) b	7.20 (± 0.39) a	7.21 (± 0.39) b
CF	6.51 (± 0.24) a	7.13 (± 0.25) b	7.29 (± 0.25) a	7.29 (± 0.24) b
HM+CF	6.76 (± 0.28) a	7.59 (± 0.32) a	7.64 (± 0.31) a	7.78 (± 0.39) a

DMRT, P: 0.05

4) 옆장

- 정식 93일 후 각 처리구별 옆장은 HM+CF(85.56cm) > CF(81.06cm) > HM(74.89cm) > CM(66.12cm) > 무처리구(58.54cm) 순으로 나타남.

표 III-5. 처리구별 사료용 옥수수의 옆장 변화

구분	사료용 옥수수 옆장 (cm)			
	51일차	65일차	79일차	93일차
무처리구	34.86 (± 2.25) b	56.43 (± 3.12) d	56.76 (± 3.18) d	58.54 (± 4.10) d
CM	34.43 (± 3.14) b	65.41 (± 5.22) c	65.70 (± 5.32) c	66.12 (± 5.39) c
HM	42.49 (± 1.54) a	74.39 (± 4.54) b	74.62 (± 4.54) b	74.89 (± 4.55) b
CF	44.06 (± 1.87) a	79.62 (± 2.79) a	80.43 (± 2.60) a	81.06 (± 2.73) a
HM+CF	43.09 (± 2.58) a	83.72 (± 1.96) a	83.89 (± 1.92) a	85.56 (± 2.47) a

DMRT, P: 0.05

5) 엽록소

- 각 처리구별 사료용 옥수수의 엽록소 함량을 조사하기 위하여 SPAD 값을

측정함. 대부분의 처리구에서는 정식 후 65일까지 SPAD 값이 증가하다가 이후 다소 감소하는 경향을 나타냄. 정식 93일 후 각 처리구별 SPAD 값은 HM+CF(41.86) > CF(40.18) > CM(36.68) > HM(35.24) > 무처리구 (31.23) 순으로 나타남.

표 III-6. 처리구별 사료용 옥수수의 SPAD 변화

구분	사료용 옥수수 SPAD			
	51일차	65일차	79일차	93일차
무처리구	34.12 (± 1.89) c	32.71 (± 2.03) b	30.31 (± 2.26) c	31.23 (± 2.58) b
CM	31.20 (± 2.30) c	38.41 (± 1.54) b	36.59 (± 1.25) bc	36.68 (± 2.14) ab
HM	37.48 (± 1.66) bc	37.39 (± 1.42) b	34.47 (± 1.34) bc	35.24 (± 1.77) ab
CF	43.98 (± 2.88) ab	47.87 (± 4.32) a	41.78 (± 3.96) ab	40.18 (± 3.44) a
HM+CF	45.04 (± 1.37) a	52.34 (± 2.16) a	47.69 (± 3.05) a	41.86 (± 2.58) a

DMRT, P: 0.05

6) 생체중 및 건조중

○ 정식 93일 후 각 처리구별 생체중은 HM+CF(928.00cm) > HM(559.00cm) > CF(477.00cm) > CM(367.00cm) > 무처리구(290.33cm) 순으로 나타났으며, 건조중은 HM+CF(176.67cm) > HM(92.67cm) > CF(88.00cm) > CM(65.33cm) > 무처리구(52.00cm) 순으로 나타남.

표 III-7. 처리구별 사료용 옥수수의 생체중 및 건조중

구분	사료용 옥수수 생체중 (g)	사료용 옥수수 건조중 (g)
	93일차	93일차
무처리구	290.33 (± 56.38) d	52.00 (± 7.81) b
CM	367.00 (± 38.63) cd	65.33 (± 6.37) b
HM	559.00 (± 35.39) b	92.67 (± 4.51) b
CF	477.00 (± 26.07) bc	88.00 (± 6.50) b
HM+CF	928.00 (± 70.55) a	176.67 (± 20.70) a

DMRT, P: 0.05

나. 한우퇴비 시용에 따른 사료용 옥수수의 사료 가치 평가

1) 조단백질, 조지방, 조섬유, 조선탄수, P, ADF, NDF의 함량

○ 각 처리구별 사료용 옥수수의 식물 당 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분, 인산, 산성세제불용성섬유(acid detergent fiber, ADF), 중성세제불용성섬유(neutral detergent fiber, NDF)를 분석한 결과 대부분의 분석항목에서 HM+CF 처리구가 비교적 높은 함량을 나타냄.

- 조단백질(g/plant): HM+CF(8.33)>HM(4.83)>CF(4.06)>CM(3.69)>무처리(2.55)
- 조지방(g/plant): HM+CF(2.35)>CF(1.43)>HM(1.29)>CM(0.83)>무처리(0.65)
- 조섬유(g/plant): HM+CF(49.11)>HM(26.11)>CF(24.76)>CM(17.00)>무처리(13.97)
- 조회분(g/plant): HM+CF(9.26)>HM(6.30)>CF(4.30)>CM(3.97)>무처리(2.86)
- 인산(g/plant): HM+CF(0.44)>HM(0.37)>CM(0.25)>CF(0.24)>무처리(0.18)
- ADF(g/plant): HM+CF(56.10)>HM(28.64)>CF(26.48)>CM(19.52)>무처리(15.68)
- NDF(g/plant): HM+CF(97.01)>HM(51.67)>CF(48.53)>CM(35.32)>무처리(28.14)

표 III-8. 처리구별 사료용 옥수수의 사료가치 분석

(단위: g/plant)

구분	조단백질	조지방	조섬유	조회분	인산	ADF	NDF
무처리구	2.55 (±0.47)c	0.65 (±0.11) d	13.97 (±1.80)c	2.86 (±0.48)c	0.18 (±0.04)b	15.68 (±2.07)b	28.14 (±3.78)c
CM	3.69 (±0.62)bc	0.83 (±0.09) cd	17.00 (±1.72) bc	3.97 (±0.55)bc	0.25 (±0.03)b	19.52 (±2.00)b	35.32 (±3.25)bc
HM	4.83 (±0.39)b	1.29 (±0.06)bc	26.11 (±1.29)b	6.30 (±0.33)b	0.37 (±0.03)a	28.64 (±1.34)b	51.67 (±2.34)b
CF	4.06 (±0.26)bc	1.43 (±0.07)b	24.76 (±1.57)bc	4.30 (±0.18)bc	0.24 (±0.004)b	26.48 (±1.70)b	48.53 (±2.97)bc
HM+CF	8.33 (±0.45)a	2.35 (±0.24)a	49.11 (±5.51)a	9.26 (±1.40)a	0.44 (±0.04)a	56.10 (±6.95)a	97.01 (±10.24)a

DMRT, P: 0.05

2) 총페놀 및 총플라보노이드 함량

○ 각 처리구별 사료용 옥수수의 식물 당 총페놀과 총플라보노이드 함량을 분석한 결과 HM+CF 처리구가 비교적 높은 함량을 나타냄. 그 외 나머지 처

리구에서는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 무처리구는 가장 낮은 함량을 나타냄.

- 총페놀(g GEA/plant): HM+CF(24.95)>HM(14.25)>CF(13.91)>CM(10.14)>무처리(7.97)
- 총플라보노이드(g QE/plant): HM+CF(161.21)>HM(73.90)>CF(71.04)>CM(66.63)>무처리(40.52)

표 III-9. 처리구별 사료용 옥수수의 총페놀과 총플라보노이드 함량

구분	총페놀 (g GEA/Plant)	총플라보노이드 (g QE/Plant)
무처리구	7.97(± 1.43) c	40.52(± 6.50) b
CM	10.14(± 1.02) bc	66.63(± 7.49) b
HM	14.25(± 1.01) b	73.90 (± 3.14) b
CF	13.91(± 0.94) b	71.04(± 3.79) b
HM+CF	24.95(± 2.49) a	161.21(± 21.17) a

DMRT, P: 0.05

3. 소결

- 본 시험은 한우퇴비 시비에 따른 사료용 옥수수의 생육 및 사료 가치를 평가하기 위하여 수행됨. 시험은 무처리, 한우퇴비(100%), 상업용가축분혼합퇴비(100%), 화학비료(100%) 및 한우퇴비(50%)+화학비료(50%)의 처리구로 구분하여 사료용 옥수수(광평옥)에 대한 생육(초장, 경경, 옆폭, 엽장, 엽록소 등) 및 사료 가치(조단백, 조지방, 조섬유, 조회분, P, ADF, NDF, 향산화물질 등)를 비교·분석하였음.
- 시험 결과 각 처리구별 사료용 옥수수의 초장, 경경, 옆폭, 엽장, 엽록소, 건체중, 건조중 등 생육 변화는 한우퇴비(50%)+화학비료(50%) 처리구가 비교적 효과적인 것으로 평가되었음. 한우퇴비(100%)와 화학비료(100%)의 처리구는 유사한 수준으로 나타났으며, 그 외 한우퇴비(100%)는 상업용가축분퇴비(100%) 처리구와 비교 시 사료용 옥수수 생육에 대하여 다소 효과적이거나 또는 큰 차이를 보이지 않음.

- 또한, 각 처리구별 사료용 옥수수의 식물 당 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분, 인, 산성세제불용성섬유(acid detergent fiber, ADF), 중성세제불용성섬유(neutral detergent fiber, NDF)를 분석한 결과 대부분의 분석항목은 한우퇴비(100%)와 화학비료(100%)처리구의 경우 유사한 수준의 함량을 나타냈으며, 한우퇴비(50%)+화학비료(50%)처리구의 경우는 한우퇴비(100%)와 화학비료(100%)처리구에 비해 약 2배 정도 높은 함량을 나타냄.

- 한편, 항산화능, 항암효과와 같은 다양한 생리활성을 가진 페놀(페놀성 화합물)의 함량 및 병원균 억제, 항바이러스, 항염증 등의 효능을 보이는 것으로 알려진 플라보노이드의 함량을 분석한 결과, 사료가치 평가와 마찬가지로 한우퇴비(100%)와 화학비료(100%)처리구의 경우 유사한 수준의 함량을 나타냈으며, 한우퇴비(50%)+화학비료(50%)처리구의 경우는 한우퇴비(100%)와 화학비료(100%)처리구에 비해 약 2배 정도 높은 함량을 나타냄.

- 한우퇴비(100%)를 기비로 시비한 사료용 옥수수의 생육 및 사료 가치에 대해 검토한 결과 동일한 조건에서 화학비료(100%)를 시용한 처리구와 큰 차이점이 나타나지 않는 것으로 분석되었으며, 이를 통해 한우퇴비의 화학비료의 대체 가능성을 확인할 수 있었음. 또한 한우퇴비 또는 화학비료 각각의 단독 시용 보다는 한우퇴비(50%)+화학비료(50%)의 처리구에서 사료용 옥수수에 대하여 생육 효과 및 사료가치가 비교적 높은 것으로 평가 되었음. 따라서 화학비료저감형 한우퇴비의 이용은 사료용 옥수수 재배 등 저탄소 경축순환농업의 단위기술로서 응용이 가능할 것으로 사료됨.

제2절 한우퇴비의 활용이 토양 변화 및 토양미생물에 미치는 영향

1. 재료 및 방법

- 본 시험은 한우퇴비의 활용이 토양 변화 및 토양미생물에 미치는 영향을 검토하기 위하여 수행됨. 시험재료 및 방법은 상기 「제1절 한우퇴비를 활용한 사료용 옥수수의 생육 및 사료 가치 평가」에서 수행된 각 처리구별 토양의 이화학적성상 및 토양미생물을 분석하여 한우퇴비의 활용에 따른 토양 내 유의미한 변화 및 경향을 조사함.
- 시험재료: 한우퇴비, 상업용가축분혼합퇴비, 화학비료
- 처리구: 처리구는 무처리, 한우퇴비(100%), 상업용가축분혼합퇴비(100%), 화학비료(100%), 한우퇴비(50%)+화학비료(50%)로 나누었으며, 각 처리구의 면적은 10 m²(4×2.5)로 3반복, 난괴법으로 처리함. 반복 당 사료용 옥수수 36개체씩 정식함.
- 시험조건: 처리구별 화학비료 및 퇴비의 시비는 옥수수 표준 시비량인 N-P-K = 14.5-3-6 kg/10a를 기준으로 시비하였음. 기비는 옥수수 정식하기 8일전에 시비하였고, 추비는 옥수수가 7~8엽일 때 시비함. 한우퇴비(100%), 상업용가축분혼합퇴비(100%), 화학비료(100%) 처리구는 정식 8일 전에 질소기준 100%를 전량 기비로 시비하였음. 한우퇴비(50%)+화학비료(50%) 처리구의 경우 한우퇴비는 정식 8일 전 기비로 질소기준 50%를 시비한 후 추비로 질소 50%(화학비료)를 시비함.
- 사료용 옥수수는 12일간 50공 트레이에서 생장시킨 후 정식하여 93일 차에 수확였으며, 수확 후 토양 내 이화학적성상(pH, EC, C.E.C, 전질소, 유효인산 치환성K, 치환성Ca, 치환성Mg, 치환성Na, 염, 유기물 등) 및 근권미생물상을 분석함. 토양 박테리아의 경우는 16s rRNA sequencing 분석을 실시함.

2. 시험결과

가. 한우퇴비 시용에 따른 토양 이화학적성상 변화

○ 각 처리구별 토양의 이화학적성상을 분석한 결과는 다음과 같음.

- 토양 산도는 CM(pH 6.21) > HM(pH 5.93) > HM+CF(pH 5.79) > 무처리구(pH 5.57) > CF(pH 5.51) 순으로 나타남. 토양 산도의 경우 각 처리구별로 아주 큰 차이를 나타내지는 않았으나 비교적 무처리구 및 CF처리구의 pH가 낮게 측정된 반면 CM 및 HM처리구에서 비교적 높은 pH로 측정됨.
- 그 외, EC(전기전도도), 치환성 K, 치환성 Na, 염의 경우 모든 처리구에서 통계적 유의성을 보이지 않았음. 상기 분석항목을 포함하여 C.E.C., 전질소, 유효인산, 치환성 Ca, 치환성 Mg 성분의 함량도 처리구별로 큰 차이를 나타내지 않음.
- 한편, 토양 내 유기물 함량은 HM(2.58%) > HM+CF(2.49%) > CM(2.32%) > CF(1.95%) > 무처리구(1.48%) 순으로 나타났으며, 한우퇴비를 단독 또는 부분적으로 시용한 처리군에서 가장 높은 유기물 함량을 나타냄. 이는 토양의 유기물 함량 증진에 한우퇴비가 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 사료됨.

표 III-10. 처리구별 토양의 이화학적성상 특성

구분	무처리	CM	HM	CF	HM + CF
pH[1:5]	5.57 (± 0.17) ab	6.21 (± 0.18) a	5.93 (± 0.13) ab	5.51 (± 0.14) b	5.79 (± 0.22) ab
EC[1:5] (dS/m)	0.10 (± 0.006) a	0.11 (± 0.008) a	0.10 (± 0.05) a	0.10 (± 0.008) a	0.12 (± 0.006) a
C.E.C. (cmol ⁺ /kg)	9.02 (± 0.17) b	10.63 (± 0.17) a	9.45 (± 0.15) b	9.24 (± 0.17) b	9.58 (± 0.13) b
총질소 (%)	0.105 (± 0.004) c	0.139 (± 0.002) a	0.131 (± 0.003) ab	0.126 (± 0.004) b	0.139 (± 0.003) a
유효인산 (mg/kg)	201.63 (± 7.72) c	301.70 (± 4.54) a	245.32 (± 6.61) b	297.85 (± 5.56) a	285.86 (± 3.52) a
Exchangeable K (cmol ⁺ /kg)	0.07 (± 0.01) a	0.09 (± 0.01) a	0.11 (± 0.013) a	0.08 (± 0.01) a	0.09 (± 0.015) a
Exchangeable Ca (cmol ⁺ /kg)	7.32 (± 0.092) b	7.72 (± 0.093) a	7.0 (± 0.099) b	7.24 (± 0.085) b	7.98 (± 0.104) a
Exchangeable Mg (cmol ⁺ /kg)	1.20 (± 0.02) b	1.37 (± 0.03) a	1.26 (± 0.02) b	1.20 (± 0.02) b	1.38 (± 0.02) a
Exchangeable Na (cmol ⁺ /kg)	0.08 (± 0.01) a	0.07 (± 0.01) a	0.09 (± 0.01) a	0.08 (± 0.005) a	0.09 (± 0.01) a
Salinity (%)	0.005 (± 0.0008) a	0.004 (± 0.0005) a	0.005 (± 0.0005) a	0.005 (± 0.0005) a	0.005 (± 0.0005) a
유기물 (%)	1.48 (± 0.05) d	2.32 (± 0.03) b	2.58 (± 0.04) a	1.95 (± 0.03) c	2.49 (± 0.03) a

DMRT, P: 0.05

나. 한우퇴비 시용에 따른 토양 내 근권미생물상 변화

- 토양의 박테리아 분석을 위하여 16s rRNA sequencing 분석을 실시한 결과, 처리 이후 토양 샘플 내 미생물 다양성은 HM > HM+CF > 무처리구 > CF > CM 순으로 나타났으나 통계적 유의성은 관찰되지 않음. 토양 내 박테리아는 주로 Acidobacteria, Proteobacteria 군들이 많은 비중을 차지함.

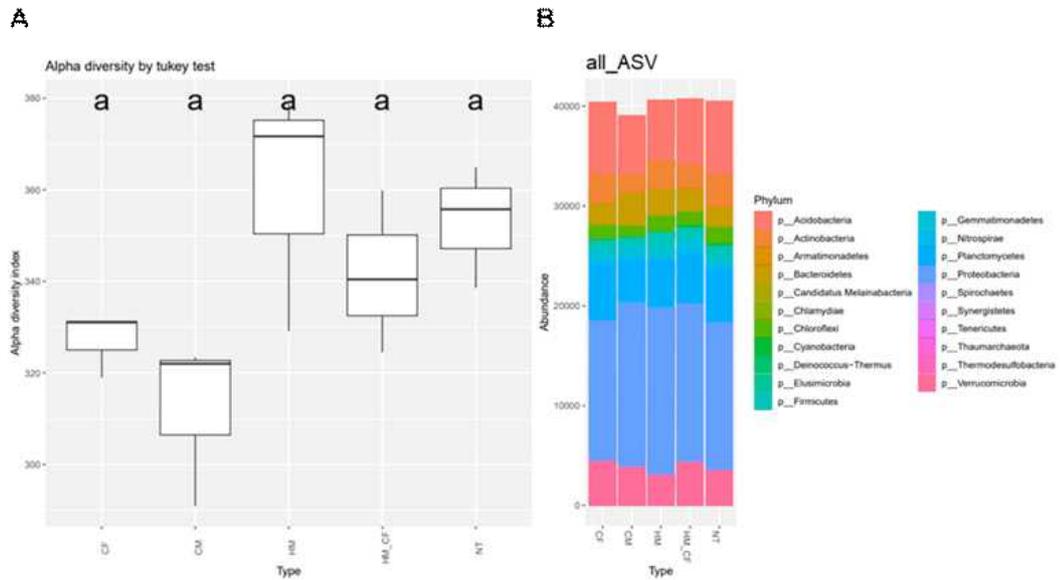


그림 III-3. 각 처리구별 박테리아 성장 분석 (A: 처리구별 박테리아 다양성, B: 처리구별 Phylum 단위의 박테리아 분포)

- 분석된 박테리아와 유의적으로 관련 있는 화학 성상에 대하여 비교·분석한 결과, 유효인산과 유기물이 박테리아의 샘플 내 군락 형성과 밀접한 관련이 있음이 관찰 되었음. 이에 2개의 특이적 관련성을 보인 화학적 성상과 유의한 상관관계를 보이는 박테리아를 선발하였으며, 그 결과 13개의 박테리아 사이에서 2개의 성상과 유의성을 보임.
- *Algisphaera*와 *Thermomarinilinea*는 유효인산과 긍정적 관련성을 보임. *Acidibacter*, *Ohtaekwangia*는 유기물과 긍정적 관련성을 보임. 이외에도 13개의 박테리아 중 다수가 각 화학적 성상과 부정적 상호관련성을 나타냄.

표 III-11. 토양 박테리아와 토양 성상 간의 정준상관분석 결과

Soil Composition	R
pH	0.07 ns
C.E.C	0.09 ns
T-N	0.16 ns
유효인산	0.43**
Exchangeable Ca	-0.06 ns
Exchangeable Mg	-0.04 ns
OM	0.32*

*, p < 0.05; **, p < 0.01

- 유의한 박테리아와 화학적 성상을 처리후 토양 샘플군과 함께 CCA 분석을 실시한 결과, 유기물과 유효인산은 가축분뇨 유래 퇴비가 처리된 HM, HM+CF, CM 처리구의 토양과 근접한 위치를 보임. 따라서 이 2가지 요인은 퇴비 관련 박테리아 군락 형성에 큰 영향을 나타낸 것으로 보임.

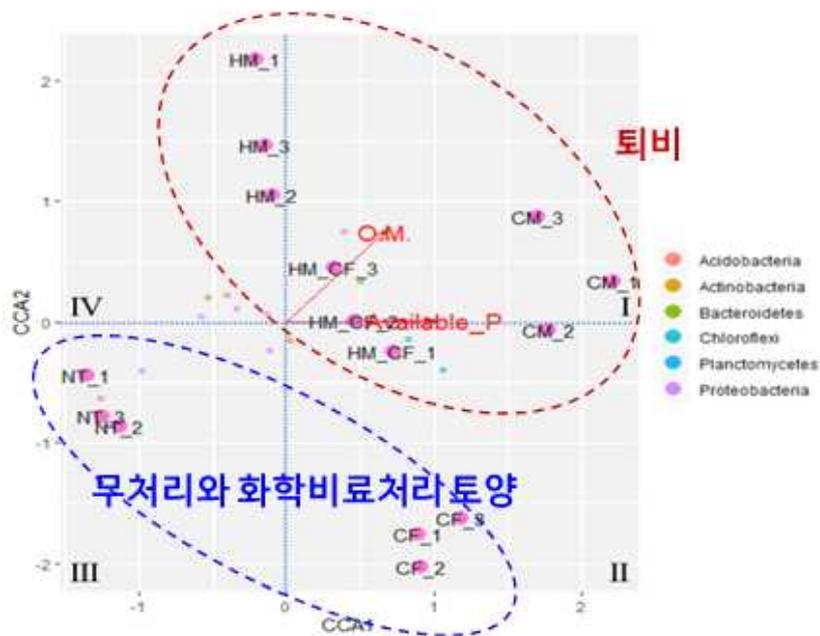


그림 III-4. 토양 샘플 간 유의한 화학적 성상과 박테리아의 CCA 분석

- 각 처리군에서 박테리아의 분포를 무처리군과 비교하여 도식화로 나타냄. 3개의 박테리아는 각 처리군에서 큰 차이를 보였으며, 무처리군과 비교 시 다음과 같은 특징을 나타냄.
 - 무처리군과 비교하여 *Algisphaera*는 한우퇴비 처리군(HM)에서 증가하지 않았으며, *Acidibacter*는 화학비료 처리군(CF)에서 특이적으로 감소함. *Ohtaekwangia*는 화학비료 처리군(CF)에서 특이적으로 분포하지 않았음. 이와 같은 박테리아의 존재 여부는 퇴비 또는 화학비료의 특이적 박테리아 군락형성을 나타냄.
 - 이중 *Acidibacter*는 토양의 철을 환원시켜 pH를 높이는 역할을 한다고 알려져 있음. 따라서 화학비료 처리군(CF)에서 이러한 박테리아의 증가 되지 않은 군락형성은 낮은 pH에 영향을 준 것으로 보임.
 - 또한 *Ohtaekwangia*는 퇴비화의 바이오마커로서 활용될수 있다고 알려져 있으며 유기물의 미네랄화에 관여한다고 알려져 있음. 따라서 가축분뇨 유래 퇴비의 높은 유기물은 해당 박테리아의 증가된 군락형성에 영향을 준 것으로 보임.

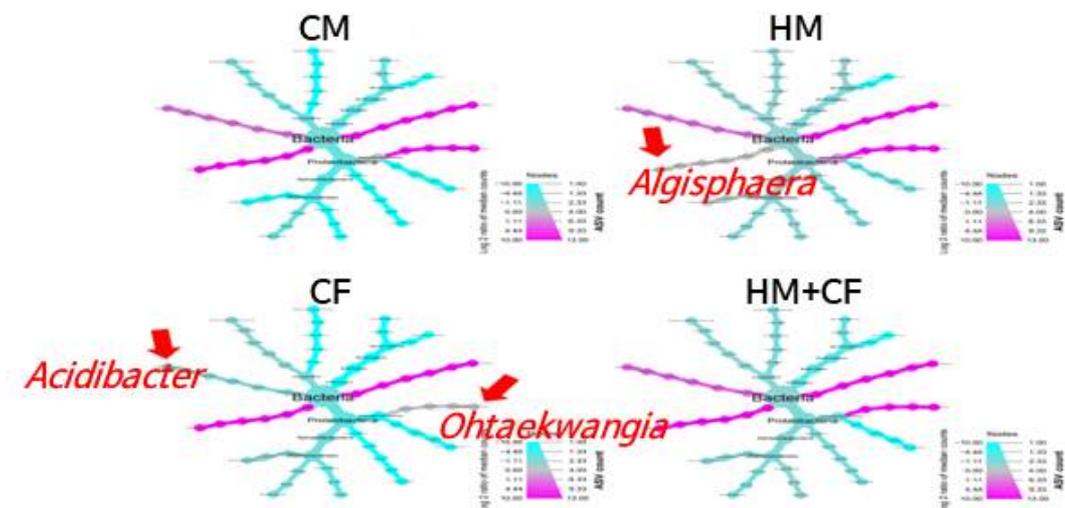


그림 III-5. 무처리군과 처리군에서 차이를 보이는 토양 박테리아 (붉은색: 무처리군에 비교하여 증가, 청색: 무처리군과 비교하여 감소)

3. 소결

- 본 시험은 한우퇴비의 활용이 토양 변화 및 토양미생물에 미치는 영향을 검토하기 위하여 수행됨. 시험재료 및 방법은 상기 「제1절 한우퇴비를 활용한 사료용 옥수수의 생육 및 사료 가치 평가」에서 수행된 각 처리구별 토양의 이화학적성상 및 토양미생물을 분석하여 한우퇴비의 활용에 따른 토양 내 유의미한 변화 및 경향을 조사함.
- 토양 산도는 CM(pH 6.21) > HM(pH 5.93) > HM+CF(pH 5.79) > 무처리구(pH 5.57) > CF(pH 5.51) 순으로 나타남. 토양 산도의 경우 각 처리구별로 아주 큰 차이를 나타내지는 않았으나 비교적 무처리구 및 CF처리구의 pH가 낮게 측정된 반면 CM 및 HM처리구에서 비교적 높은 pH로 측정됨.
- 한편, 토양 내 유기물 함량은 HM(2.58%) > HM+CF(2.49%) > CM(2.32%) > CF(1.95%) > 무처리구(1.48%) 순으로 나타났으며, 한우퇴비를 단독 또는 부분적으로 시용한 처리군에서 가장 높은 유기물 함량을 나타냄. 이는 토양의 유기물 함량 증진에 한우퇴비가 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 사료됨.
- 토양의 박테리아 분석을 위하여 16s rRNA sequencing 분석을 실시한 결과, 처리 이후 토양 샘플 내 미생물 다양성은 HM > HM+CF > 무처리구 > CF > CM 순으로 나타났으나 통계적 유의성은 관찰되지 않음. 토양 내 박테리아는 주로 Acidobacteria, Proteobacteria 군들이 많은 비중을 차지함.
- 또한 한우퇴비 처리군에서는 유기물의 미네랄화에 기여하는 박테리아의 촉진된 군락 형성이 관찰됨(*Ohtaekwangia* 등). 이러한 결과는 토양 내 미생물 환경의 개선에 기여하는 한우퇴비의 긍정적 영향과 가능성을 제시함.

제4장 한우분뇨 중심 지역단위 경축순환 활성화 거버넌스 구축

제1절 국내 자급 조사료의 생산·수급 및 한우농가 활용 현황

1. 국내 자급 조사료 생산 및 수급 동향

가. 국내 조사료 수급 현황

- 최근 '13년~'21년 국내 조사료의 평균 총 수요량은 4,613 천톤이며, 이중 자급 조사료 수급 평균량은 3,632 천톤으로 평균 자급률은 약 78.8% 수준인 것으로 조사됨.
- '21년 기준 국내 조사료의 수요량은 5,328 천톤이며, 수급량은 국내산이 4,315 천톤이고 수입산이 903 천톤으로 자급률은 약 82.7% 수준을 나타냄.
- 국내산 조사료 자급율은 '17년 기준으로 71.4%이며, 이후 점진적으로 증가하는 경향을 나타내고 있음.

표 IV-1. 연도별 국내 조사료 수급 현황

(단위: 천톤)

구분	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	평균
총수요량	4,489	4,563	4,430	4,296	4,287	4,441	4,687	4,999	5,328	4,613
국내산	3,495	3,649	3,520	3,334	3,060	3,470	3,742	4,102	4,315	3,632
수입산	993	914	909	961	1,228	971	944	896	903	969
자급율(%)	77.9	80.0	79.5	77.6	71.4	78.1	79.9	82.1	82.7	78.8

*자료: 국립축산과학원 초지사료과(2021) 내부자료



그림 IV-1. 연도별 국내 조사료 수급 현황

*자료: 국립축산과학원 초지사료과(2021) 내부자료

나. 국내 자급 조사료 생산 현황

- '21년 기준으로 국내 조사료 생산량은 합계는 4,315 천톤 임. 작물별 조사료 생산 비중은 벣짚 69.9% (3,016 천톤) > 동계작물 19.4% (839 천톤) > 하계작물 7.1% (307 천톤) > 목초 3.5% (153 천톤) 순으로 나타났으며, 벣짚의 의존도가 가장 높은 것으로 조사됨.
- 사료작물 중에서는 동계작물인 이탈리아인 라이그라스(IRG)가 가장 많이 생산되고 있음.

표 IV-2. 국내 작물별 조사료 생산량

(단위 : 천톤)

구분	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'21 비율(%)
목초(톨레스큐, 오차드그라스 등)	200	193	177	173	169	162	159	158	153	3.5
벣짚	2,592	2,586	2,720	2,383	2,169	2,347	2,587	2,842	3,016	69.9
동계작물 소계	532	696	477	560	521	652	692	774	839	19.4
IRG	325	477	316	433	409	540	583	650	694	16.1
호밀 등	207	219	161	127	112	112	109	124	145	3.4
하계작물 소계	172	173	147	218	201	308	304	328	307	7.1
옥수수	72	72	69	109	107	143	151	147	135	3.1
수단그라스 등	100	101	78	109	94	165	153	181	173	4.0
사료작물 계	704	869	623	779	721	960	997	1,102	1,146	26.6
총계	3,495	3,649	3,520	3,334	3,060	3,470	3,742	4,102	4,315	100.0

*자료: 국립축산과학원 초지사료과(2021) 내부자료

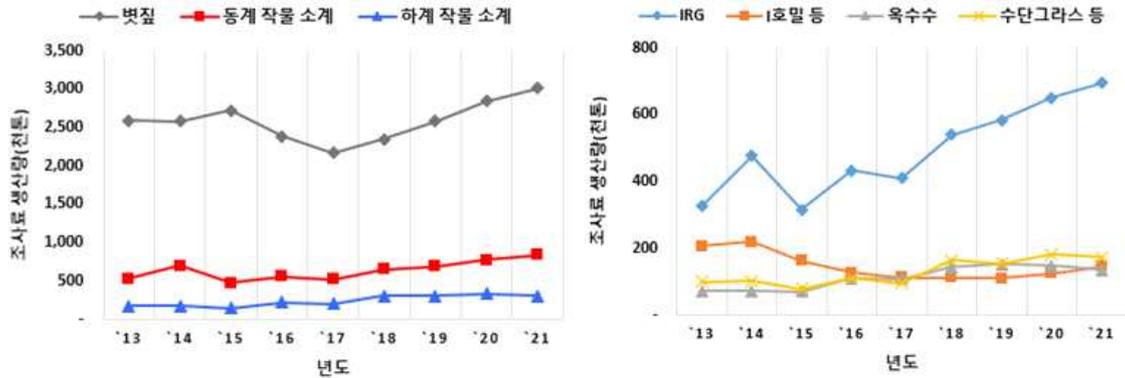


그림 IV-2. 벼짚(좌) 및 IRG(우) 등 조사료별 생산량 동향

*자료: 국립축산과학원 초지사료과(2021) 내부자료

【국내 자급 조사료의 지역별 생산량 및 유통 현황과 시사점】 7)

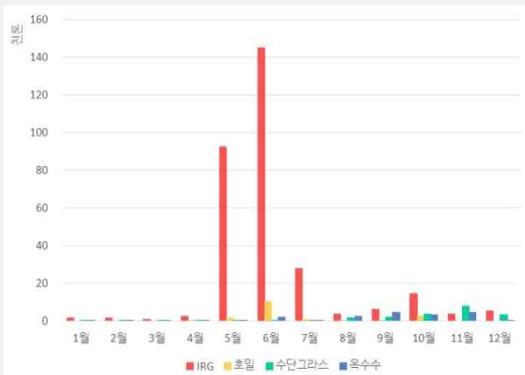
- 국내 조사료의 지역별 생산량은 전남 및 전북지역이 71.8% 수준으로 가장 큰 비중을 차지하고 있음. 전라남도의 생산량은 전체의 약 51.2% (585,204톤)으로 국내에서 가장 많으며, 전라북도가 20.6% (235,508톤), 충청남도가 10.7% (121,889톤)로서 이 세 개 지역은 우리나라 조사료 생산량의 82.5%를 생산·공급함.
- 자급 조사료 작물의 주요 품종은 이탈리아인 라이그라스(IRG)가 81.1% (926,378톤)로 가장 많았으며, 호밀이 12.1% (138,652톤), 수단그라스 3.9% (44,194톤), 옥수수 1.4% (15,770톤)으로 나타남.
- 조사료를 가장 많이 필요로 하는 지역은 한우 및 젖소 사육농가가 많은 경기도 및 경상북도 지역이나, 조사료 생산지역은 주로 답리작 사료작물 면적이 많은 전라도 지역으로 수요 및 공급이 지역 간 편중된 구조를 갖고 있음.
- 우리나라 조사료의 생산과 유통은 5~7월에 집중되어 있으며, 전국 조사료 생산의 51.2%를 차지하는 전남지역으로부터 전국으로 유통되는 구조를 가지고 있음.
- 3개월 동안 집중된 특정 시기의 조사료 대량 구매는 단기간 자금 투입(비효율적 운영비 관리)이나 장기 보관에 대한 이용자(농가)의 부담이 커질수 밖에 없음.
- 정부 및 관련 부처에서는 조사료 유통 활성화를 위하여 지속적인 노력을 해왔으나 기본적으로 기본적으로 조사료는 농후사료에 비하여 수분이 많고 부피가

크기 때문에 유통에 어려움이 있음. 향후 조사료 보관 및 수송 거점 물류기지 구축과 함께 지자체 및 지역 간의 통합적 운송 시스템의 마련이 필요함.

<지역 및 품종별 국내 조사료 생산량(2021)>

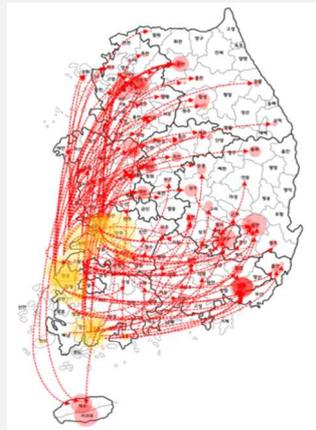
사료작물	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주	합계	비율(%)
IRG	2,509	2,281	2,708	57,798	221,053	566,161	3,046	66,697	4,324	926,378	81.1
청보리	0	0	1,142	3,039	2,742	0	1,278	306	60	8,568	0.8
호밀	0	0	16,960	49,441	6,210	3,711	30,028	32,282	0	138,652	12.1
연맥(귀리)	6,884	906	1,919	5,042	0	0	220	502	0	8,589	0.8
옥수수	0	632	744	166	3,036	912	10,179	101	0	15,770	1.4
수단그라스	1,141	3,744	155	6,403	2,467	14,420	13,825	3,002	178	44,194	3.9
전체	10,534	7,563	23,648	121,889	235,508	585,204	58,576	102,890	4,562	1,142,151	100
비율(%)	0.9	0.7	2.1	10.7	20.6	51.2	5.1	9.7	3.7	-	-

*자료: 김종덕(2022) “초지 기반 축산의 필요성” (2022년도 (사)한국초지조사료학회 심포지엄 주제발표 자료)



<사료작물의 거래 시기별 유통 물량>

*자료: 한국초지조사료학회지(2022)



<국내산 조사료의 지역간 유통>

*자료: 한국초지조사료학회지(2022)

7) 김종덕(2022) “초지 기반 축산의 필요성” (2022년도 (사)한국초지조사료학회 심포지엄 주제발표 자료)

【국내 자급 조사료의 영양 가치 및 시사점】

- 이탈리아 라이그라스(IRG) 및 호밀은 TDN이 각각 61.4% 및 57.7%로 벣짚(TDN 43.6%)에 비하여 영양적 가치가 매우 좋으며 수입 조사료의 영양 가치와 유사한 수준으로 우수한 자급 조사료이나,⁸⁾ 현재 자급 조사료 생산 및 공급 비중은 벣짚이 전체의 69.9%으로 벣짚의 의존도가 높음.
- 양질의 조사료 생산체계 전환 및 자급률 향상을 위해서는 생산지역의 확장 및 품종의 다변화가 이루어져야 함. 예로서 기존 조사료 생산지역인 답리작에서 간척지, 밭, 초지 및 유휴지 활용의 다양화가 모색될 필요가 있음.
- 또한 동계작물과 함께 하계작물의 생산에 의한 2모작 작부체계 활성화는 반드시 필요하며, 기존 IRG 중심에서 지역 기후와 토양에 적합한 조사료 품종의 발굴 또는 다양한 사료작물의 재배 활성화 및 안정적인 공급이 필요함.
- 자가 조사료 생산 증대로 농후사료(곡류사료) 절감하는 농장, 단체 및 지자체에 인센티브를 지급하는 국가 지원정책 방안도 요구됨.

<사료작물별 사료가치('17 한국표준사료성분표)>

(단위: %)

종류	수확적기	조단백질	조지방	가용무질소물	조섬유	조회분	TDN
벣짚	건조벣짚	5.0	1.9	44.1	32.0	16.7	43.6
청보리	호숙기	9.0	2.6	46.0	33.8	8.3	59.5
IRG	출수기	11.7	3.8	43.0	29.7	11.7	61.4
호밀	출수기	11.2	4.7	36.0	38.5	9.4	57.7
옥수수	황숙기	8.7	4.0	55.9	24.8	6.3	62.0
수수류	출수기	13.5	4.2	43.7	30.5	7.9	59.1
사료용 벼	호숙기	7.5	2.4	56.3	24.5	9.2	57.9

*자료: 농촌진흥청(2022) “조사료” (농업기술길잡이 91)

8) 농촌진흥청(2022) “조사료” (농업기술길잡이 91)

2. 한우농가의 조사료 이용 동향 및 시사점

가. 한우농가의 조사료 이용 동향

○ 다음은 국내 한우농가(n=220), 낙농농가(n=42) 및 TMR공장(n=100)을 대상으로 조사료의 이용 현황을 조사한 축산과학원(2020)의 연구결과를 요약하였음.

○ 한우농가의 조사료 사용 비중은 볏짚이 50.5%로 가장 많았으며, 볏짚을 선호하는 이유는 단순히 이용성이 좋기 때문인 것으로 나타남. 한편, 향후 한우농가에서 사용을 희망하는 조사료는 건초(39.4%), 자가TMR (23%), 사일리지(15.3%) 순으로 나타남.

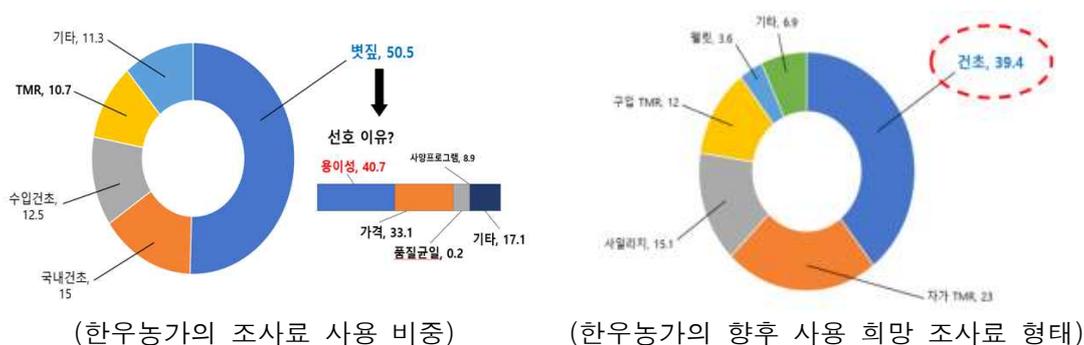


그림 IV-3. 한우농가의 조사료 사용 비중(좌) 및 향후 사용 희망 조사료 형태(우)

주1) 단위: %

주2) 조사대상: 한우농가 n=220

*자료: 국립축산과학원 초지사료과(2020) “국내 조사료 수급 및 동향 분석”

○ 국내산 조사료의 이용 비율은 한우농가 70.5%, 낙농농가 26.9% 및 TMR 공장 31.1%로 한우농가의 사용이 가장 많은 것으로 나타남.

- 단, 향후 국내산 조사료 사용 의향으로 ‘반드시 구입한다’가 한우농가 31.5%, 낙농농가 2% 및 TMR공장 6% 로 낮은 수준을 나타내었음.

- 한편, 향후 조사료 수입시장 개방(2026 FTA 시장개방) 따른 수입산

조사료 사용 의향은 한우농가 59.7%, 낙농농가 84.3% 및 TMR공장 82%로 매우 높은 경향을 나타내는 것으로 조사됨.

표 IV-3. 국내산 및 수입산 조사료 이용(구입) 비율

구분	한우농가	낙농농가	TMR공장(구입)
국내	70.5%	26.9%	31.1%
수입	29.5%	73.1%	68.9%

주) 한우농가 n=220, 낙농농가 n=42, TMR공장 n=100

*자료: 국립축산과학원 초지사료과(2020) “국내 조사료 수급 및 동향 분석”

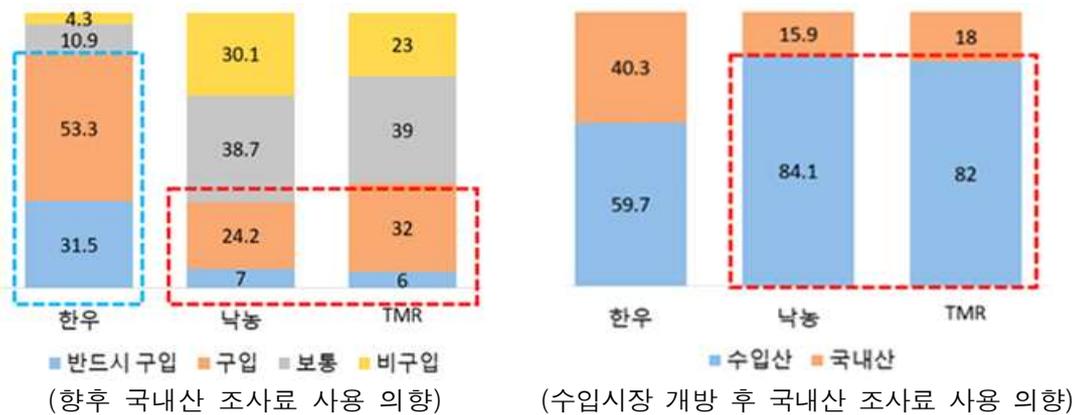


그림 IV-4. 향후(좌) 및 수입시장 개방 후(우) 국내산 조사료 사용 의향

주1) 단위: %

주2) 조사대상: 한우농가 n=220, 낙농농가 n=42, TMR공장 n=100

*자료: 국립축산과학원 초지사료과(2020) “국내 조사료 수급 및 동향 분석”

- 조사료 이용 만족도에 영향을 미치는 가장 큰 요소는 수분함량(25.4%)인 것으로 나타남. 그 외에는 이물질 혼입 여부(18.7%) > 가격(17.0%) > 영양가(15.2%) > 구입 및 주문의 용이성(9.7%) > 급이 용이성(7.7%) > 물량공급의 안정성(4.1%) > 포장형태(1.2%) > 운반 및 보관의 용이성(1.0%) 순으로 조사되었음.

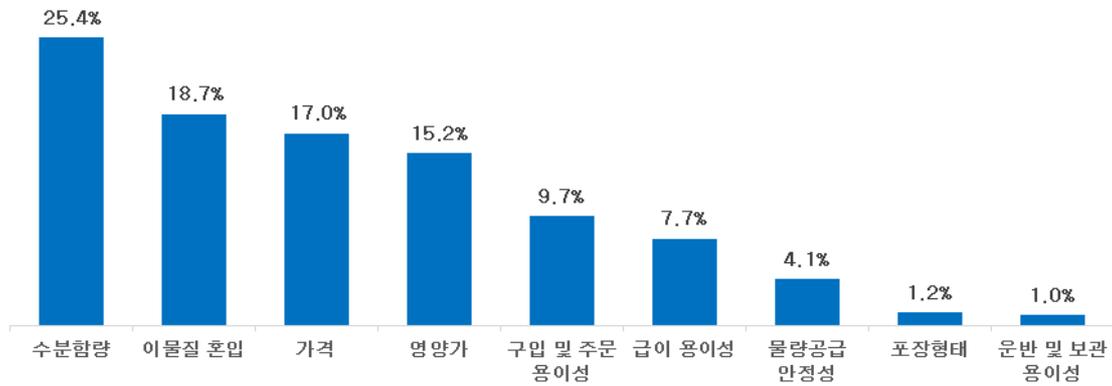


그림 IV-5. 한우농가의 조사료 이용 만족도에 미치는 요인별 중요도

주1) 단위: %

주2) 조사대상: 한우농가 n=220

*자료: 국립축산과학원 초지사료과(2020) “국내 조사료 수급 및 동향 분석”

- 조사료 이용 만족도에 영향을 미치는 가장 큰 요소는 ‘수분함량’ 인 것과 같이, 국내산 조사료에 대한 사용에 대한 낮은 선호도의 가장 큰 요인은 ‘수분함량의 불균일’인 것으로 조사됨.
- 한우농가 및 TMR공장의 국내산 조사료에 대한 비선호 이유는 수분함량 불균일 및 이물질 함유가 주된 원인으로 나타났으며, 수입산 조사료(건초)를 선호하는 이유는 수분, 이물질 및 영양적 품질뿐만 아니라 급여 편이성 및 물량 공급 안정성인 것으로 조사됨.



그림 IV-6. 한우농가의 국산 및 수입산 조사료의 이용 선호 및 비선호 요인

주1) 단위: %

주2) 조사대상: 한우농가 n=220

*자료: 국립축산과학원 초지사료과(2020) “국내 조사료 수급 및 동향 분석”



그림 IV-7. TMR제조업체의 국산 및 수입산 조사료 이용 선호 및 비선호 요인

주1) 단위: %

주2) 조사대상: TMR공장 n=100

*자료: 국립축산과학원 초지사료과(2020) “국내 조사료 수급 및 동향 분석”

○ 한편, 국내산 조사료(볏짚)는 대부분 ‘랩사일리지’ 형태로 포장되어 유통·저장되고 있는데, TMR제조업체(n=100)에서 랩사일리지의 보관단계에서 발생하는 폐기율은 평균 7.8%인 것으로 나타남.

- 폐기율 5% 미만인 업체는 71%를 차지하였으며, 5~10%인 업체가 14%, 10~15%인 업체가 7%, 15% 이상인 업체가 7%로 나타남.⁹⁾
- 랩 사일리지를 폐기하는 원인으로서는 비닐이 파손되어 곰팡이가 발생한 경우가 60.7%로 가장 많고, 다음으로 이상발효 25.0%, 흙 등 이물질 함유 7.9%, 수분이 과다한 경우가 6.4%로 나타남.¹⁰⁾

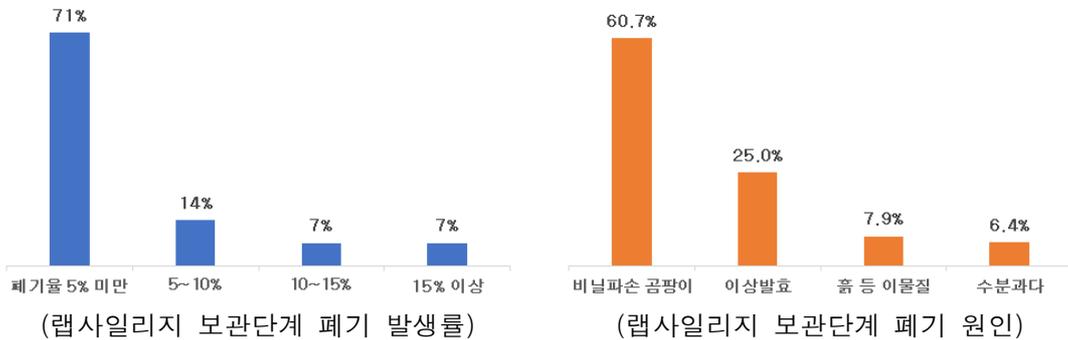


그림 IV-8. TMR제조업체의 랩사일리지 보관단계 폐기 발생률 및 원인

주1) 조사대상: TMR공장 n=100

*자료: 국립축산과학원 초지사료과(2020) “국내 조사료 수급 및 동향 분석”



(TMR제조업체에서 폐기되는 랩사일리지)

(농가에 적체된 랩사일리지 폐비닐)

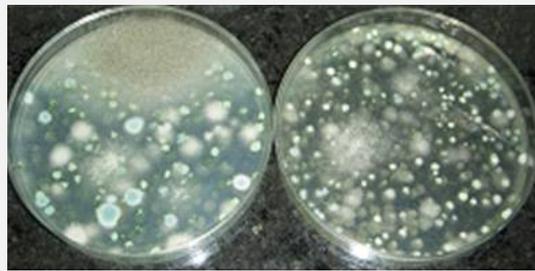
그림 IV-9. 랩사일리지 폐기(좌) 및 폐비닐(우)

9) 국립축산과학원 초지사료과(2020) “국내 조사료 수급 및 동향 분석”

10) 국립축산과학원 초지사료과(2020) “국내 조사료 수급 및 동향 분석”

【한우농가에서 급이하는 볏짚에서의 곰팡이 오염】

- 한우 농가에서 급여하는 볏짚에서 다양한 곰팡이가 자생하고 있고 많은 곰팡이독소 (Mycotoxin)가 오염되어 있는 것으로 보고됨.¹¹⁾
 - 눈으로 곰팡이가 오염이 확인되는 볏짚이나 확인이 안 되는 정상 볏짚에서 곰팡이가 자생하고 있음이 확인됨. 주로 발견된 곰팡이는 *Aspergillus sp.* 및 *Penicillium sp.* 로서 Aflatoxins, Zearalenone, Deoxynivalenol 및 Ochratoxin A 등을 분비하는 곰팡이가 존재함.
 - 곰팡이독소는 한가지가 아니라 여러 가지가 함께 오염되어 있는 것이 발견되었으며, 단일보다는 여러 곰팡이가 함께 오염된 것이 더 동물에게 더 유해하게 작용하는 것으로 보고되고 있음.



(눈으로 확인되는 곰팡이 오염 볏짚)



(눈으로 확인이 되지 않는 정상적 볏짚)

그림. 볏짚의 곰팡이 검출 및 분리 배양

*자료: 한국초지조사료학회지(2011)

- 곰팡이 및 곰팡이독소는 가축의 면역뿐만 아니라 여러 가지 장애로 생산성에 매우 부정적 영향을 주는 것으로 보고되고 있음. 자급 조사료의 품질의 안정성 확보 및 이를 통한 건강한 한우를 생산하기 위해서는 조사료의 곰팡이 및 곰팡이독소 오염으로부터 효율적 관리 및 이용에 대한 대책 강구도 요구됨.
 - 따라서 한우농가에 물류 및 보관에 안정적이고 위생적으로 안전한 국내산 조사

료를 공급하기 위해서는 연중 보급을 위한 물류체계, 제품 및 포장 다양성(세절 및 소포장 등)에 주안점을 두고 개선할 필요가 있음. 또한 국내 조사료의 유통 포장 및 저장의 효율성을 위하여 저수분사일리지 및 건조 등 형태의 다양성 대책이 필요함.

<외관상 오염 벧짚 사일리지의 곰팡이독소 생성 곰팡이 조사(n=33)>

Mycotoxygenic fungus	Contaminated samples(%)	Mycotoxin
<i>Aspergillus flavus</i>	6	Aflatoxins, Kojic acid, Cyclopiazimic acid
<i>Aspergillus fumigatus</i>	15	Fumitremorgens, Verruculogen, Fumigaclavines, Gliotoxin
<i>Fusarium culmorum</i>	6	Zearalenone, Deoxynivalenol
<i>Fusarium verticillioides</i>	3	Fumonisin
<i>Penicillium carneum</i>	3	PR toxin, Patulin
<i>Penicillium paneum</i>	42	
<i>Penicillium roqueforti</i>	12	
<i>Penicillium viridicatum</i>	6	Ochratoxin A, Citrinin

*자료: 한국초지조사료학회지(2011)

<외관상 곰팡이 오염 벧짚 사일리지의 곰팡이독소 조사(n=33)>

Items	Contaminated sample(%)	Contaminated toxins
More than one toxin	42	Ochratoxin, DON, or ZON
More than two toxins	12	Ochratoxin and DON Ochratoxin and ZON DON and ZON
More than three toxins	3	Ochratoxin, DON and ZON

*자료: 한국초지조사료학회지(2011)

나. 한우농가의 조사료 이용 시사점

- '21년 기준 국내 조사료의 수요량은 5,328 천톤이며, 자급률은 약 82.7% 수준을 나타내고 있음. 축산농가가 벧짚 등 저질 조사료의 급여는 줄이고 양질 조사료 급여 체계로 전환하고 있으나, 아직도 벧짚과 수입 조사료 의존이 높은 것이 현실임.

11) 한국초지조사료학회지(2011)

- 양질의 조사료 생산체계 전환 및 자급률 향상을 위해서는 생산지역의 확장 및 품종의 다변화가 이루어져야 하며, 지역별 기후와 토양에 적합한 조사료 품종의 발굴 또는 다양한 사료작물의 재배 활성화 및 안정적인 공급이 필요함. 또한 자급 조사료를 생산·이용하는 농장, 단체 및 지자체에 인센티브를 지급하는 국가 지원정책 방안도 요구됨.
- 조사료를 가장 많이 필요로 하는 지역은 한우 및 젖소 사육농가가 많은 경기도 및 경상북도 지역이나, 조사료 생산지역은 주로 답리작 사료작물 면적이 많은 전라도 지역임. 조사료의 수요 및 공급이 지역 간 편중된 구조를 갖고 있음.
- 조사료는 특정 시기(5~7월)에 집중적으로 유통되고 있으며, 이에 따른 이용자의 부담(비효율적 운영비 관리 및 조사료 보관 등의 문제)이 가중되는 구조임. 조사료는 농후사료에 비하여 수분이 많고 부피가 크기 때문에 유통에 어려움이 있음. 향후 조사료 보관 및 수송 거점 물류기지 구축과 함께 지자체 및 지역 간의 통합적 운송 시스템의 마련이 필요함.
- 조사료 이용 시 만족도에 영향을 주는 가장 큰 요소는 수분(함량과 균일성)이며, 그 외 품질(영양 및 이물질 혼입), 물량 공급 안정성, 물류 및 보관 용이성 등 임. 따라서 국내산 조사료의 이용 활성화를 위하여 수분의 균일성, 이물질 혼입 방지 및 품질의 향상이 절실히 필요함.
- 랩사일리지를 폐기하는 원인으로는 비닐이 파손되어 곰팡이가 발생한 경우가 가장 많고, 그 외 이상발효, 이물질 혼입, 수분 과다 등이 있음. 불량품의 폐기, 폐비닐 처리 등에 대한 부담은 이용자의 몫이 되고, 폐비닐은 환경오염의 원인이 되기도 함.

- 자급 조사료의 품질의 안정성 확보 및 이를 통한 건강한 한우를 생산하기 위해서는 조사료의 곰팡이 및 곰팡이독소 오염으로부터 효율적 관리 및 이용에 대한 대책이 요구되는 실정임.

- 위생적으로 안전한 국내산 조사료를 한우농가에 공급하기 위해서는 연중 보급을 위한 물류체계, 제품 및 포장 다양성(세질 및 소포장 등)에 주안점을 두고 개선할 필요가 있으며, 국내 조사료의 유통 포장 및 저장의 효율성을 위하여 저수분사일리지 및 건조 등 형태로의 다양성 필요함.

제2절 ‘벗짚환원사업’에 대한 고찰 및 시사점

1. ‘벗짚환원사업’의 개요 및 현황

가. 벗짚환원사업의 개요

- ‘벗짚환원사업’의 목적은 논토양 지력증진을 위해 벗짚을 환원하여 토양 유기물 함량을 높여 고품질 쌀의 안정적 생산 기반을 조성하고, 화학비료 사용 절감 효과로 쌀 품질향상을 통한 농가소득 증대 도모하기 위함임.
- 국내 논농사의 경우 논토양 내 유기물 함량의 저하와 규산질비료 함량의 저하가 지적되고 있음. 이러한 이유로 벼 수확 후 발생하는 벗짚을 논토양에 재투입함으로써 논토양의 보비력, 수확량, 미질의 개선을 위한 지원 사업임.
- 사업의 주체는 지자체(지자체 조례 및 지자체 보조금 관리 조례)이며, 고품질 쌀 생산을 위해 조직화·규모화 된 벼 재배농지에 2~3년 1주기로 벗짚환원(가을갈이)을 실시하고 있음.

나. 벗짚환원사업의 현황¹²⁾

- ‘벗짚환원사업’은 충북, 충남, 전북, 전남, 경북 등 5개도에서 중심으로 실시하고 있음. 22년 기준으로 사업면적은 28,516ha이며, 사업비는 7,124,060 천원 규모임.
- 사업면적: 2021년 24,983ha에서 2022년 28,513ha로 전체적으로 전년대비 3,530ha가 증가함. 전북지역과 전남지역이 각각 36.5%, 13.5% 증가하였으며, 충북지역과 경북지역은 각각 16.9%, 52.4% 감소하였음.
- 사업비: 2021년 6,748,160 천원에서 2022년 7,124,060 천원으로 전년대비 375,900 천원이 증가함.

12) 전국한우협회(2022) 내부자료를 인용함

표 IV-4 2021~2022년 벚짚 환원사업 현황

시도	사업면적(ha) [A]			사업비(천원) [B]			ha당 지원액(천원) [B/A]			비고
	21년 실적	22년 계획	증감	21년 실적	22년 계획	증감	21년	22년	증감	
계	24,983	28,513	3,530	6,748,160	7,124,060	375,900	-	-	-	-
경기	-	-	-	-	-	-	-	-	-	미실시
강원	-	-	-	-	-	-	-	-	-	미실시
충북	3,219	2,674	-545	1,610,000	1,337,000	-273,000	500	500	0.0	-
충남	2,227	2,227	0	668,000	668,000	0	300	300	0.0	-
전북	11,957	16,327	4,370	2,391,000	3,265,400	874,400	200	200	0.0	-
전남	5,580	6,333	753	1,379,160	1,520,660	141,500	247	240	-7.0	-
경북	2,000	952	-1,048	700,000	333,000	-367,000	350	350	0.0	-
경남	-	-	-	-	-	-	-	-	-	미실시
제주	-	-	-	-	-	-	-	-	-	미실시

*한우자조금위원회(2022) 내부자료

- 한편, 2022년 기준으로 전년 대비 증가한 사업면적인 3,530ha에 대하여 벚짚 생산 및 곤포사일리지로 환산할 경우 약 88,250롤이 생산 가능하며, 이는 1년간 비육우 23,953두가 소비하는 물량 수준임.

표 IV-5 2022년 벚짚 환원사업 순증내역

벚짚 환원사업 총면적(ha)	전년대비 증가 현황					비고 (비육우 벚짚 소비량)
	증가면적 (ha)	벚짚 생산량		곤포사일리지 생산량		
		(톤/ha)	(톤)	(롤/ha)	(롤)	
28,513	3,530	9.5	33,535	25	88,250	비육우의 연간 벚짚 소비량은 1.4톤/년·두 임

*전국한우협회(2022) 내부자료

2. '벗짚환원사업'과 조사료 수급과의 쟁점

- 그동안 농업분야에서 벗짚의 이용은 논토양 지력증진(경종농가)과 사료자원(축우농가)과의 입장차이로부터 지속적으로 제기되어 왔던 문제임.
 - 논토양 내 유기물 함량이 줄어들면 토양 물리성이 악화되고 땅심이 떨어지게 됨. 무엇보다 벼의 뿌리 발육이 저해되고 각종 병해충이 발생하여 수량이 감소할 뿐 아니라 품질이 저하되는 문제가 있음. 따라서 벗짚의 논토양 환원은 토양의 지력을 증진시키는 중요한 요소 중 하나임.

- 한편, 한우농가 입장에서는 벗짚은 매우 중요한 조사료 자원임. 비록 벗짚은 영양적으로 저질 조사료로 분류되나, 한우 사육과정에서 벗짚의 사료 의존도가 높으며, 매우 시급히 해결해야 할 조사료 수급의 문제이기도 함.
 - '21년 기준 국내 조사료의 수요량은 5,328 천톤이며, 수급량은 국내산이 4,315 천톤이고 수입산이 903 천톤으로 자급률은 약 82.7% 수준을 나타냄. '21년 기준으로 국내 조사료 생산량은 합계는 4,315 천톤으로 작물별 조사료 생산 비중은 벗짚 69.9% (3,016 천톤) > 동계작물 19.4% (839 천톤) > 하계작물 7.1% (307 천톤) > 목초 3.5% (153 천톤) 순으로 나타남. 자급 조사료 중 벗짚을 제외하면 조사료 자급률은 30% 이하 정도로 벗짚이 대단히 큰 비중을 차지하며, 의존도가 가장 높음. 국내 실정으로 벗짚의 생산 없이는 국내산 조사료 수급의 안정적 기반 마련은 어려움.

- 더욱이 최근, 봄 가뭄, 환율 및 물가 상승요인으로 국산과 수입산 조사료의 가격이 폭등함에 따라 한우농가의 조사료 수급의 문제가 매우 심각한 실정임. 또한 러시아와 우크라이나 전쟁 등 국제 정세 변동으로 인한 조사료의 가격 폭등과 수입량 감소로 사료의 수급 불균형이 이어지면서 한우농가의 부담이 커지고 있음.
 - 2022년 기준으로 수입산 페스큐, 티모시는 전년대비 각각 29.2%, 31.9%

상승하였으며, 국산 벚짚 및 IRG는 전년대비 각각 29.3%, 34.4% 상승하였음.¹³⁾

- 자급 조사료 중 비중이 가장 큰 벚짚의 가격 인상률은 2022년 기준으로 지난해 보다 20%를 훌쩍 넘어섰고 각종 국내산 조사료 가격도 20% 이상 올라 조사료 가격은 치솟았지만 양질의 조사료를 충분히 구하는 것도 쉽지 않은 여건에 소 사육농가의 어려움만 가중되고 있음. 한우농가들이 가장 많이 사용하는 생벚짚 가격은 kg 당 194원으로, 2021년 평균 가격(150원) 보다 29.3% 급등했다. 2020년 가격(143원)과 비교하면 35.6% 폭등했음. IRG는 kg당 210원으로, 2021년(154원) 보다 36.4% 상승했다. 2020년 보다 52.2%로 치솟았음.¹⁴⁾
- 벚짚은 지난해 한롤(300~400kg 랩핑 기준) 당 6만 5000원이었던 가격이 최근에는 8만원에 유통되고 있으며 향후 10만원에 육박할 것이라는 관측이 나오고 있음. 특히 올해 경유 등 유류비도 크게 올라 조사료 생산이 많은 호남지역 등 타 지역에서 벚짚을 구해 강원도까지 오려면 한롤 당 최고 13만원 이상의 가격까지 예상되고 있음.¹⁵⁾

13) 농협경제제주 친환경방역부(2022) “축산농가 국내산 조사료 생산기반 확충” 2022 축산포럼-국내산 조사료 생산·수급 안정을 위한 길 주제발표 자료

14) 한국농어민신문(2022.10.18.) “비중 큰 벚짚 제외하면 ‘조사료 자급률 30%’수준...생산기반 안정 먼길”

15) 강원도민일보(2022.11.14.) “조사료 가격 폭등과 물량 부족으로 축산농가 수급 비상”

3. 논토양에서 볏짚 및 한우퇴비 시용에 따른 유기물 등 지력증진 효과 비교

○ 논토양에서의 볏짚 이용 효과

- 연 등(2007)¹⁶⁾의 연구 보고에 따르면, 벼 논 토양에서 유기물 퇴비의 시용은 토양 내 유기물 함량 증가를 통한 양분 공급과 토양의 물리적·화학적 성상을 개선하는데 효과가 있음. 완숙 볏짚퇴비를 3요소 비료와 장기간 혼합 시용할 시 3요소 비료의 단독 시용과 비교하여 5~12%의 벼 수량 증수 효과를 보임. 또한, 볏짚퇴비 혼합 시용 시 3요소구와 비교하여 벼의 경엽과 종실에서 15% T-N, 19% P₂O₅, 35% K₂O, 48% SiO₂의 무기성분 함량이 증진되었으며 이는 유기물의 양분이 논 토양에 방출되어 양분 흡수율이 증가되었음을 제시함. 매년 볏짚퇴비 7.5 Mg ha⁻¹ 시용 시 매년 0.45 g kg⁻¹의 유기물이 논 토양에서 증가한다고 보고함.
- 권 등(2022)¹⁷⁾의 연구 보고에 따르면, 벼 재배 시 NPK비료 이외에 토양개량제(규산, 생석회, 볏짚퇴비) 시용 시 무처리와 비교하여 토양 수량성이 증가하였으며 특히 볏짚퇴비 시용시 생산량, 토양 유기물, 토양 탄소축적의 가장 높은 증진효과를 보였음.

○ 논토양에서의 한우퇴비 이용 효과

- 이주삼(2009)¹⁸⁾의 연구에 따르면, 논토양(벼재배 및 동계조사료 재배)에서 우분의 이용에 따라 실험 전후 유기물이 4.25%에서 6.57%로 증가하였으며, 그 외 전 탄소 함량, CEC, Ca 함량이 증가되어, 토양비옥도 개선효과가 인정되었음.
- 진현주 등(1996)¹⁹⁾의 연구에 따르면, 전전환 논토양에서 사일리지 옥수수

16) 연병열 외(2007) "볏짚퇴비 50 년 연용에 따른 벼수량과 논토양 유기물함량 변화" 한국토양비료학회지 40(6): 454-459.

17) 권순익 외(2022) "논토양에서 토양개량제 장기연용에 따른 벼의 생육 및 토양특성 평가." 유기물자원화 30: 5-11.

18) 이주삼(2009) "논 토양에서 조사료 생산을 위한 작부체계의 물질순환 시스템." Proceedings of the Korean Society of Organic Agriculture Conference. Korean Association of Organic Agriculture, 2009.

19) 진현주 외(1996) "전전환 논에서 우분시용이 토양화학성 및 Silage 옥수수의 수량과 품질에 미치는 영향" 한

재배 시 4년간의 우분 시용에 따라 토양 중 유기물 함량은 1.24%에서 3.00% 수준으로 증가하였으며, 토양산도도 pH 4.8에서 pH 5.2~5.6으로 개선되는 효과를 확인하였음.

- 농촌진흥청의 연구보고에 따르면, 논에 가축분뇨 퇴비와 액비의 혼합 시용 시 화학비료와 비교하여 토양 내 유기물, 유효인산, 공극률과 같은 물리적 성상이 개선되었음. 가축분뇨 퇴액을 기비와 추비로 이용할 시 양분의 지속적 공급으로 생육후기의 작물 성장 증대효과를 보임. 또한, 벼의 양분흡수량에서 퇴액비의 기비와 추비시용은 화학비료와 비교하여 유사한 수치를 보였으며, 이는 가축분뇨 퇴액비가 논토양에서 화학비료를 대체할 수 있음을 제시함. 우리나라의 가축분뇨를 벼 농사와 사료 작물 재배에 이용할 경우 100% 화학비료 대체 효과를 가져오며, 추가로 27% 질소, 139% 인산, 181% 칼 리가 과잉되는 것으로 나타남. 따라서 볏짚과 한우퇴비를 포함하는 가축분뇨 폐자원의 효과적 활용은 논 토양 내 유기물 공급에 효과적으로 이용될 것임.

4. 논토양에서 볏짚 및 한우퇴비 시용에 따른 온실가스 발생 특성 비교

- 벼 수확 후 볏짚을 논토양에 다시 투입하는 것은 과거로부터의 전통적인 농업 형태이나, 화학비료 중심의 현대농업에서는 볏짚의 논토양 환원 시 온실가스 발생에 대한 고려가 필수적임.
 - 가을 벼 수확 후 논토양에 볏짚과 화학비료를 투입하면 봄철 논토양으로부터 볏짚이 썩으며 가스가 발생함. 온실가스의 종류 중 하나인 메탄가스의 발생 원인을 제공하게 됨.
 - 즉, 발효가 되지 않은 생 볏짚을 투입함에 따라 유기물이 토양에서 분해되는 과정으로부터 가스가 발생되고 이에 화학비료가 투입되면 메탄가스의 발생이 촉진되는 결과를 초래하게 됨. 따라서 봄철 논토양에서의 가스발생은 벼의 초기생육에도 부정적 영향을 미치므로 이용에 주의를 요하는 부분임.

- 국내 메탄 배출의 약 22% 이상이 벼 재배 과정에서 발생한다는 점에서 논은 주요 메탄 저감 관리 대상임. 일반적으로 논토양에서는 담수에 의한 산소공급 제한으로 혐기적 환경이 발달하며, 그 결과 메탄이 배출됨. 그 외에도 메탄 배출은 벼 재배에 사용하는 비료의 종류, 양, 시용 방법과 벼 생육 단계의 영향을 받음. 그중에서도 토양 유기물은 메탄생성균의 기질로 활용된다는 점에서 메탄 배출의 중요한 요인 중 하나임. 논토양의 유기물 투입은 메탄 배출을 선형적으로 증가시키는 작용을 하나, 토양의 지속을 유지하기 위해서는 토양 유기물의 환원이 반드시 필요함.²⁰⁾

20) 권효숙 외(2022) “벼 재배 논토양에서 메탄의 생성 및 배출: 리뷰”에서 인용 및 재정리

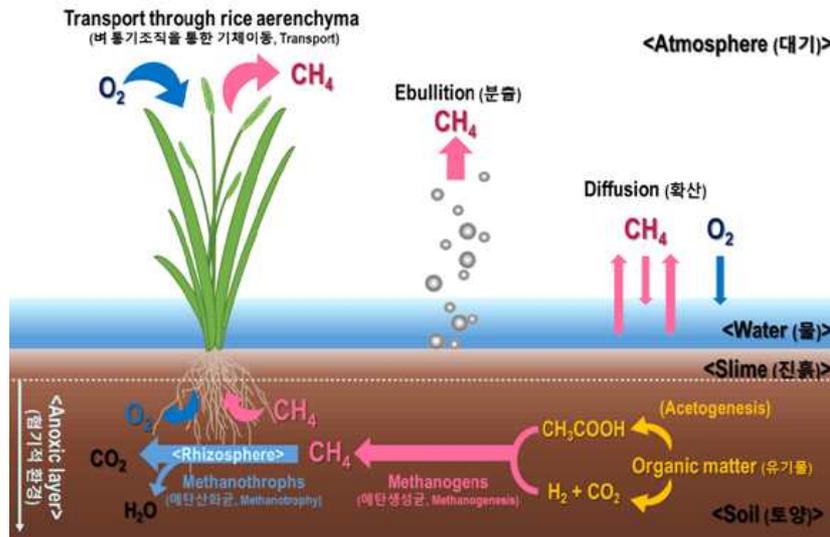


그림 IV-10 Conceptual schematic diagram of methane production, oxidation and emission from paddy field (Modified Dubey, 2005²¹⁾; Rajkishore et al., 2015²²⁾)

- 담수로 인해 혐기적 환경이 발달한 벼논에 볏짚, 풋거름, 유기질 비료 등의 유기물을 토양에 처리하면 메탄 배출이 크게 증가할 수 있음.²³⁾²⁴⁾²⁵⁾
- 그러나 유기물임에도 불구하고 우분퇴비와 같이 분해에 안정적인 형태의 유기물원을 투입할 경우 메탄 발생이 촉진되지 않고, 오히려 감소하기도 함.²⁶⁾
- 국내에서 수행한 연구에 따르면 볏짚 1Mg/ha 당 메탄의 배출은 61~62 kg 으로 증가한 경향을 나타냄. 한편, 퇴비화 과정을 통해 안정화된 형태의 돈 분 및 계분 톱밥퇴비를 시용할 경우 30%의 질소비료 대체 효과와 함께 벗

21) Dubey S. 2005. Microbial ecology of methane emission in rice agroecosystem: a review. Applied ecology and environmental research, 3(2), 1-27.

22) Rajkishore S, Vignesh N, Doraisamy P, Maheswari M. 2015. Methane emission from rice ecosystems: 100years of research.

23) Gwon HS, Khan MI, Yoon YE, Lee YB, Kim PJ, Hwang HY. 2019. Unexpected higher decomposition of soil organic matter during cold fallow season in temperate rice paddy. Soil and Tillage Research, 192, 250-257.

24) Lee JH, Lee JG, Jeong ST, Gwon HS, Kim PJ, Kim GW. 2020a. Straw recycling in rice paddy: Trade-off between greenhouse gas emission and soil carbon stock increase. Soil and Tillage Research, 199, 104598.

25) Yagi K, Minami K. 1990. Effect of organic matter application on methane emission from some Japanese paddy fields. Soil Science and Plant Nutrition, 36(4), 599-610.

26) Agnihotri S, Kulshreshtha K, Singh SN. 1999. Mitigation Strategy to Contain Methane Emission from Rice-Fields. Environmental Monitoring and Assessment, 58(1), 95-104.

짚 처리구 대비 메탄 배출을 5~9% 저감할 수 있음. 단, 우분톱밥퇴비는 탄소함량은(43.1%) 높으나 질소함량(0.79%)이 낮아, 질소비료 30%를 대체하기 위해 과량의 우분퇴비가 투입 될 경우 오히려 벚짚 대비 메탄 배출이 증가될 수 있으므로 이를 고려하여야 함.²⁷⁾²⁸⁾

27) RDA (Rural development administration). 2005. Development of agricultural practices to mitigate greenhouse gases from agricultural sector. RDA.

28) RDA (Rural development administration). 2012. Development of emission factors and assessment of emission for methane at cropland in Korea. RDA.

5. 벼 재배 농가 및 한우농가가 상생하는 경축순환농업의 필요성 및 방안

- 언급한 바와 같이 우리나라 한우나 젓소의 사육에 있어 볏짚이 차지하는 비중은 대단히 높음.²⁹⁾
 - 하지만 그 이면에는 논에 유기물로 공급되어 지력을 유지하고 각종 영양분을 공급해야 될 볏짚이 수거되어 가축의 먹이로 이용될 경우 각종 양분이 공급되지 못한다는 것도 간과해서는 안 될 매우 중요한 과제임.
 - 따라서 논의 지력을 유지하고 각종 양분수탈을 방지하기 위해서는 어떤 형태로든지 토양 유기물 보충하여 주는 것이 원칙임.
 - 이와같은 문제의 해결은 자연순환농업(경축순환농업)에 기반을 두고 가축에서 발생 분뇨를 안정적으로 발효처리하여 토양에 환원함으로써 지력을 유지하고, 유기물 부족현상을 해결할 수 있도록 하는 것이 바람직함.
 - 우리나라 축산(한우, 젓소)은 볏짚이 차지하는 비중이 매우 높으며, 조사료 수급에 대한 일환으로 어쩔 수 없이 이를 활용할 수 밖에 없음. 따라서 그 대안으로 유기자원인 축분 발효퇴비를 반드시 논토양에 환원하여 주어야 함. 축분 발효퇴비의 시용은 유기물 공급은 물론 토양의 화학성, 물리성, 생물성까지 개선할 수 있음. 또한 볏짚수거로 수탈된 논토양의 각종양분을 공급하고 축산과 경종을 연계할 수 있는 경축순환의 중심 축임.

- 유기자원인 한우퇴비의 논토양 환원 방안
 - 시중에서 생산·유통되고 있는 발효퇴비의 상당수는 돈분이나 계분을 사용하여 생산된 제품임. 이러한 퇴비 제품은 질소함량이 높아 화학비료를 함께 사용하는 농농사의 경우 도복이 발생하는 등 재배에 어려움이 종종 발생하기 때문에 주로 질소를 다량으로 요구하는 발작물에 사용되는 경향이 높음.
 - 우분퇴비의 경우는 상대적으로 질소의 함량이 높지 않아 비교적 안정적이라 할 수 있음. 따라서 논에서 생산되는 볏짚을 우선적으로 ①조사료로 이용하

29) 이용환 외(2000) “유기조사료로 이용되고 있는 볏짚의 유기물을 가축분뇨로 대체하자”

고, ②안정된 우분퇴비를 생산한 후, ③다시 논으로 환원하는 생태적 환원 방법의 채택을 면밀히 검토할 필요가 있음.

- 한우퇴비 기반의 벚짚순환방식은 논토양으로부터 양분수탈 없이 조사료의 이용과 안정된 우분퇴비의 생산, 논토양 재환원 등 벚짚의 조사료 이용과 논토양 환원(지력증진) 목적을 동시에 이룰 수 있는 방법임.

○ 한우퇴비의 사료작물 이용을 통한 경축순환 방식의 채택 필요성

- 최근 한우분뇨를 이용하여 바이오차 또는 고품펠릿 등 에너지화 사업을 국가적으로 추진하고 있음. 그러나 원료가 되는 한우분뇨는 지역 내에서 유래한 자원이므로 이를 해당 지역 논농사에 환원하여 질소, 인산, 규산질 등을 토양에 제공하는 것이 우선순위가 되어야 함. 이러한 순환의 원리를 무시하고 한우분뇨를 에너지 자원화 등 부차적인 원료로 이용할 경우, 지속적으로 논과 밭 등 농지로부터의 양분수탈이 심해지는 동시에 이를 보충하기 위한 화학비료의 사용이 증가될 수 있음. 결국 토양 양분 불균형 및 열악화의 악순환이 반복될 가능성이 높음.
- 이에 대한 대안으로서 “한우분뇨의 적정 퇴비화 및 한우퇴비의 논토양 환원, 그리고 농지환원 지역에서 생산되는 벚짚의 조사료 재이용 등 한우농가와 논농사 지역 간의 순환적시스템을 구축”하는 것이 바람직하다고 사료됨.

6. 그 외 ‘논 타작물 재배지원사업’과 한우퇴비를 이용한 경축순환

- ‘논타작물재배지원사업’과 조사료 수급 그리고 한우퇴비의 경축순환 이용
 - 농림축산식품부는 쌀 공급과잉을 해소하고자 지난 2018~2020년 3년간 ‘논 타작물재배지원사업’을 한시적으로 시행하였음. 주된 사업의 목적은 논에 벼 대신 다른 소득작물 재배를 유도하여 쌀 과잉문제를 선제적으로 대응하고, 조사료 및 쌀 이외 식량작물 자급률 제고하는 것임.³⁰⁾
 - 논에 타 작물을 재배할 경우 일정 금액을 지급한 사업으로 조사료를 재배할 경우 ha당 430만 원을 지원(작목별로 280만 원(휴경)에서 430만 원(조사료)까지 지원금을 지급)하였고 2018년부터 2020년까지 3년 동안만 시범사업 형태로 운영함. 조사료 생산 확대 등에 일정 부분 기여했다는 평가를 받고 있으나 시범사업 종료 후 공공익직불제 시행으로 해당 사업은 본 사업으로 이어지지 못함.³¹⁾
- 한시적 시범사업이었던 ‘논타작물재배지원사업’은 2023년부터 재개가 유력한 것으로 보임. 금회 해당 사업에 편성된 예산과 기존 시범사업과의 가장 큰 차이는 하계조사료에 있음.
 - 2018~2020년에는 조사료와 일반꽃거름, 두류(휴경은 2019~2020년 지원) 등에 3개년 평균 7295 ha에 ha당 420만 원이 지원되었으나, 내년 계획은 사료용 벼인 총체벼, 옥수수, 수단그라스, 사료용 피 등 하계조사료에 1만 5000 ha에 ha당 500만 원을 지원하는 것으로 전체예산 754억 원 중 80% 수준에 해당됨.³²⁾³³⁾
 - 그동안 국내 자급 조사료의 생산기반 확충을 위해 ‘간척지 활용 조사료 재배’, ‘유휴 국·공유지 활용 조사료 재배’, ‘하천부지 야초(들풀) 사료화’ 등과 함께 지속적으로 ‘논 활용 타작물 재배’의 방안이 제시되어 왔음.³⁴⁾

30) 농림축산식품부 보도자료(2020.02.27.) “2020년 논타작물재배지원사업(생산조정제) 추진”

31) 한국농어민신문(2022.10.18.) “비중 큰 벼짚 제외하면 ‘조사료 자급률 30%’수준...생산기반 안정 먼길”

32) 농민신문(2022.11.07.) “내년부터 논 타작물재배 사업 재개될 듯”

33) 농촌여성신문(2022.11.21.) “부활 논타작물재배지원 핵심은 ‘하계조사료’”

34) 농협경제지주 친환경방역부(2022) “축산농가 국내산 조사료 생산기반 확충” 2022 축산포럼-국내산 조사료 생

- 논에 심는 벼를 대신해 여름철에 조사료를 심음으로써 쌀 공급과잉 해소와 함께 조사료 수급안정을 통해 축산농가의 경영비 절감이라는 두 가지 목적을 달성할 수 있을 것으로 기대하고 있음.
- 한편, 본 사업도 ‘벗짚환원사업’의 시사점과 마찬가지로 한우분뇨의 적정 퇴비화 및 한우퇴비의 논토양(논 활용 조사료 재배) 환원, 그리고 조사료 재이용하는 선순환적 시스템 구축이 필수적임. 나아가 한우농가와 한우산업 내 우분의 문제를 주도적으로 해결하는 방안이 연계되어야 할 것으로 사료 됨.

제3절 한우분뇨 중심 지역단위 경축순환농업 활성화 거버넌스 사례

1. 경축순환농업의 개념 및 필요성

- 경축순환농업은 농업생산의 부산물(가축분뇨, 볏짚, 버섯 배지 등)을 농업 생산 내부에서 다시 활용함으로써 농업 환경 및 생태계를 보전하고, 지역 내 농축산업간 연계를 높여 지역 순환구조를 확립하고자 하는 농업임.
- 축산부문은 퇴액비를 경종농가에 환원함으로써 자원의 재활용과 환경 개선에 기여하고, 경종부문으로부터 쌀겨와 볏짚 등 부산물을 공급받아 사료수입을 줄이고 안전한 축산물 생산이 가능함.
- 경종부문은 필요한 양분을 화학비료 대신 퇴액비로 공급함으로써 미생물을 활성화하여 지력 증진 등 토양개량에 기여하고, 이는 농약사용 감소로 이어져 친환경 안전 농산물 생산이 가능함.

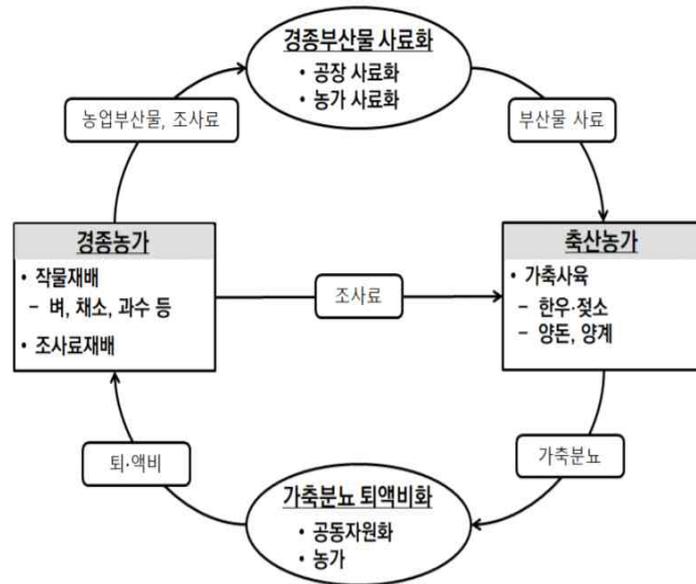


그림 IV-10. 경축순환농업의 개념도

*자료: 정학균 외(2020) “경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안”

- 환경과 조화되는 지속가능한 축산, 농산물 안전성에 대한 국민적 관심이 높아짐에 따라 가축분뇨 퇴액비 품질향상 및 효율적 자원화, 안정적 경종-축산 순환체계 확립의 필요성이 증대됨.
 - 농업환경자원의 지속가능한 이용과 건전한 농업생태계 유지를 위해 경축순환농업은 필수적인 사항임.
 - 경축순환농업은 가축생산 과정에서 배출된 가축분뇨를 고품질의 퇴·액비로 만들어 농경지에 살포하고 식용 및 사료작물 등을 생산한 후 그 부산물과 사료를 다시 가축 사료원으로 공급하는 생산체계임.
 - 이를 통해 경종부문과 축산부문이 유기적으로 연계되어 지속적인 선순환 과정이 이루어짐.

- 국내 경축순환농업의 저해 요인은 다음과 같음.
 - 경축 분리의 산업구조 고착화: 20세기 후반 산업축산 모델은 분업과 전문화, 그리고 규모의 경제라는 원칙하에 농촌 내 경종과 축산을 분리할 뿐 아니라 (농촌)생산지와 (도시)소비지의 사회·물리적 거리를 계속 확대시킴. 경축 분리의 규모가 지구적 수준이라는 특징을 가짐.
 - 경종 중심의 퇴·액비 품질미흡: 일부 무허가 살포 업체의 미부숙 액비 살포 등으로 인해 경종농가의 부정적 인식(악취 등)이 확산되고 있으며, 축산농가(공급자)의 시설·장비 위주로 정부지원이 이루어지고, 퇴·액비 활용 경종농가(수요자)에 대한 지원은 부족한 실정임.
 - 가축분뇨 발생량의 증가 및 경지면적의 감소: 우리나라의 경우 상대적으로 경작지가 좁고, 주거지가 인접해 있음. 또한 경종농가의 퇴·액비에 인식 낮은 편이며 경작지에서 사료작물 재배 비중 미흡하여 자가 경작지를 통한 가축분뇨 순환이용에 어려움이 있음.
 - 제도·정책적 한계: '04년부터 경축순환농업이 추진되었으나 가축분뇨 처리에 초점에 맞추어져 있었으며, 이와 같은 경축순환농업에 대한 인식부족에 따라 종합적인 정책은 부재하였음. '13년 화학비료의 정책지

원금 중단으로 사용량은 지속 감소하고 있으나, 비료효과, 사용 편리성과 경제성 등으로 화학비료를 퇴·액비보다 선호하고 있음.

- 국내 경축순환농업 사례는 크게 공동자원화규모(퇴·액비화 시설)와 농가규모(퇴비화 시설)로 구분되어 운영되고 있음. 지역 특성을 고려하는 유형별 경축순환모델이 사실상 전무하며, 기술적·제도적 한계로 확대·시행이 어려움이 있음. 다양한 법률적 제도적 지원방안 마련되어야 함.
- 최근에는 시행하고 있는 “농업농촌 자발적 온실가스 감축사업”은 기존 영농활동으로 인해 발생하는 온실가스를 녹색농업기술 도입 등 추가적인 활동을 통해 감축하고, 온실가스 감축에 따른 인센티브를 부여하는 사업으로 「친환경농어업 육성 및 유기식품 등의 관리·지원에 관한 법률」 제10조에 근거하고 있음.
- “농업농촌 자발적 온실가스 감축사업”에는 가축분뇨 자원화 및 에너지화를 통한 온실가스 감축사업을 명시하고 있어, 이러한 사업은 축산업에 새로운 부가가치 산업화를 육성하는 계기로 작용하고 있으며, 나아가 “저탄소 농산물인증제”등과 연계하는 경우 저탄소 경축순환 사업의 새로운 사업 모델의 개발이 가능함.

2. 조사대상 지역의 농업 및 축산업 기초현황(강원 횡성)

가. 농업 연관 산업 현황

1) 일반현황

○ 지역 일반현황

- 횡성군은 연중 맑은 날이 85일, 흐린 날이 96일, 강수일이 112일로 맑은 날에 비해 강수일 비교적 많은 것으로 나타남.
- 기후는 내륙산간에 위치하여 해양의 영향을 전혀 받지 못하는 대륙성 기후로서 일교차가 다소 심한 편이며, 평균 기온은 12°C이며, 평균 강수량은 1,494.6mm로 나타남. 최근 평균 기온은 대체로 낮아지고 있으며, 2019년의 경우 최고 37.1°C, 최저 영하 20.5°C 임.
- 태백산맥의 영향으로 대부분 산지로 형성된 곳이지만, 큰 산이 많은 동북방이 산악지대인데 비해 서남방으로 갈수록 산세가 완만하고 비교적 넓고 비옥한 평야를 이룸.
- 최저지대가 횡성읍의 표고 100m, 둔내면 평야지가 표고 500m의 고지대로 형성되어 격차 큼.

○ 농·축산업 관련 일반현황

- “횡성한우”의 명산지이고 청정한 자연조건 속에서 재배된 각종 특산물은 횡성의 편리한 교통망을 통해 전국으로 유통되고 있음.
- 안전한 농산물의 안정적 공급, 6차 산업화로 농산업 경쟁력 강화, 맞춤형 농가소득 및 경영안정, 농촌 삶의 질 향상 등과 연계 추세
- 횡성한우 중심으로 안정화된 1차 산업과 2차, 3차 산업이 활성화됨
- 전 가구의 47%가 농업에 종사하고 있으며, 지대별 200~800m의 표고차를 활용 다양한 농축산물 생산하는 명품 산지이기도 함.

- 2015년 6월 11일 농업농촌 및 식품산업정책심의회를 통해 기존 6대 명품(한우, 더덕, 찌뽕, 어산진미, 토종복분자, 홍삼)에서 7개 명품(한우, 더덕, 찌뽕, 어사진미, 토마토, 잡곡, 절임배추) 변경 선정
- 또한, 횡성 주요재배 품목의 농축산물과 자연자원, 문화자원 등을 융합하여 지역특화 발전을 위한 축제 개최로 횡성군 관광 이미지 및 지역 진흥에 노력하고 있음

표 IV-4. 조사대상 지역 농업·농촌분야 추진과제(강원 횡성)

구 분	내 용	
튼튼한 농가소득 및 경영망 구축	- 생산자 중심의 유통망구조 개선 - 자원 순환형 폐기물 관리체계 구축 - 전통시장의 기능 활성화	- 농·축산물 공동 도매시장 조성 - 농업 생산비 및 농기계 지원 확대 - 출하 전 농산물안전성 확보
농·산촌 브랜드& 가치 확립	- 고품격 전원주거타운 조성 - 농지, 산지의 고부가가치 용도 전환 - 테마·커뮤니티 문화마을 조성	- 귀농 및 귀촌 지원 체계 확립 - 친환경 농가인증 제도 확대 - 자연순환, 경축순환 농업 가치창출
지역공동체 복원 및 활성화	- 도·농 일자리 나눔 프로젝트 추진 - 도·농 연계 로컬 푸드 생산 및 유통 - 농업 CEO 양성	- 농업발전위원회 활성화 - 국내외 농업도시 자매결연 추진 - 노인 일자리 창출(포장, 가공 등)
농업생산 및 경쟁력 강화	- 종자 R&D 및 연구소 설치 - FTA 및 기후변화 대응 작물 연구/재배 - 고품질·고기능의 명품 농산물 육성 - 횡성군 대표 프리미엄 농축산물 개발 - 스마트팜 등 디지털 농업 실천	- 횡성 한우의 복합 산업화 - 한우 산소포장 특허 출원 - 스마트 팜 등 4차 농업혁명 동참 - 횡성군 대표 농업 브랜드(BI) 제작 - 지속가능한 정밀농업, 양분수지관리

*출처: 횡성군 내부자료(2022) “횡성군 농업농촌 및 식품산업 발전계획(2019~2023)”

2) 농·축산업 개요

- 횡성한우 중심으로 안정화된 1차 산업과 2차, 3차 산업이 활성화됨.
- 전 가구의 47%가 농업에 종사하고 있으며, 지대별 200~800m의 표고차를 활용 다양한 농축산물 생산하는 명품 산지이기도 함.

- 2015년 6월 11일 농업농촌 및 식품산업정책심의회를 통해 기존 6대 명품(한우, 더덕, 찌뽕, 어산진미, 토종복분자, 홍삼)에서 7개 명품(한우, 더덕, 찌뽕, 어사진미, 토마토, 잡곡, 절임배추) 변경 선정됨.
- 황성 주요재배 품목의 농축산물과 자연 및 문화 자원 등을 융합하여 지역특화 발전을 위한 축제 개최로 황성군 관광 이미지 및 지역 진흥에 노력하고 있음.

3) 황성한우 산업

- 황성한우는 2016년에 비해 2020년에 사육가구가 0.2%감소 하였으나, 사육두수는 늘어 현재 2020년 6월 30일 기준 61,232두이며, 송아지 가격 전국산지 가격보다 높게 형성되고 있음.
- 황성군 관내 관련 축산물 가공·처리위생업소는 연 평균 4.2%로 증가하고 있어, 특히 식육가공업과 축산물 유통판매업은 각각 11개소, 21개소로 증가하였음.
- 황성한우 가공유통 업체별 실적을 보면 축협이 매출액은 2014년에 비해 2018년에 0.24% 증가하였으며, 농업법인의 매출액은 2014년 비해 2018년에 0.11%가 감소함.
- 최근 3년간 황성축협 냉장으로 13.2톤을 수출하였으며, 28,000달러의 수출금액은 비교적 높은 단가로 수출하였음.

표 IV-5. 관내 한육우 유통 주체별 매출실적(강원 횡성)

항 목		단 위	2014 (A)	2015	2016	2017	2018 (B)	5년간의변화 (B/A-1)	
한우	축협	매출액	백만원	33,064	37,696	41,937	38,703	41,140	124.4%
		출하두수	두	6,250	6,250	6,250	6,250	6,250	100%
		브랜드출하율	%	100	100	100	100	100	
		공판장출하율	%	100	100	100	100	100	
	농업 법인	매출액	백만원	18,749	22,082	17,863	16,707	16,637	88.7%
		출하두수	두	2,618	2,796	2,023	1,979	2,100	80.2%
		브랜드출하율	%	100	100	100	100	100	
		공판장출하율	%				4.1	4.9	
	기타	매출액	백만원	-	2,645	6,031	10,065	11,338	428.7%
		출하두수	두	-	500	1,000	1,500	1,831	366.2%
		브랜드출하율	%	-	100	100	100	100	
		공판장출하율	%	-	100	100	100	100	

*출처: 횡성군 축산지원과 내부자료(2022)

나. 농축산업 주요 통계

○ 횡성군의 주요 농축산업 통계는 다음과 같음.

표 IV-6. 조사대상 지역 농가수 및 농가인구(강원 횡성)

(단위: 가구, 명, %)

구 분		2014	2015	2016	2017	2018	2019	연평균 증가율
농가 및 농가 인구	전국	농가 1,120,776 인구 2,751,792	1,088,518 2,569,387	1,068,274 2,496,406	1,042,017 2,422,256	1,020,838 2,314,982	1,007,158 2,244,783	-2.1 -4.0
	지역	농가 5,084 인구 12,924	5,547 13,280	5,952 13,929	5,719 12,692	5,696 12,674	5,676 12,472	2.3 -0.6

*출처: 국가통계포털-행정구역별 농가농가인구/시군별·농발별 경지면적

표 IV-7. 조사대상 지역 논·밭 경지면적(강원 횡성)

(단위: ha, %)

구 분		2014	2015	2016	2017	2018	2019	연평균 증가율	
경지 면적	전국	계	1,691,113	1,679,023	1,643,599	1,620,796	1,595,614	1,580,957	-1.4
		논	933,615	908,194	895,739	864,865	844,265	829,778	-2.3
		밭	757,498	770,829	747,860	755,931	751,349	751,179	-0.2
	지역	계	9,589	9,481	9,283	9,177	8,929	8,842	-1.6
		논	3,306	3,239	3,195	2,977	2,654	2,662	-4.2
		밭	6,284	6,243	6,088	6,200	6,275	6,180	-0.3

*출처: 국가통계포털-행정구역별 농가농가인구/시군별·농발별 경지면적

표 IV-8. 조사대상 지역 식량작물 재배현황(강원 횡성)

(단위 : ha, M/T, %)

구 분		2014(A)	2015	2016	2017	2018(B)	증감율 (B/A-1)
미곡	재배면적	2,730	2,388	2,353	2,227	2,037	-25
	생산량	14,115	12,467	12,293	11,043	10,112	-28
맥류	재배면적	4.9	2.5	2.7	2.2	2.0	-59
	생산량	16.3	10.4	11	8.5	7.5	-54
잡곡	재배면적	805	778	563	2652	1,385	72
	생산량	3,795	4,563	2,825	6,642	3,126	-18
두류	재배면적	562	543	694	697	521	-7
	생산량	764	791	902	889	599	-21
서류	재배면적	535	347	372	384	361	-32
	생산량	11,285	7,139	7,613	8,254	8,411	-25

*출처: 횡성군 농업지원과 내부자료(2022)

표 IV-9. 조사대상 지역 원예작물(채소류) 재배현황(강원 횡성)

(단위 : ha, M/T, %)

품 목 명		2014(A)	2015	2016	2017	2018(B)	증감율 (B/A-1)
고랭지배추	재배면적	22	151	208	217	217	884
	생산량	900	5,832	9,049	9,631	9,661	973
고랭지무	재배면적	9	90	115	115	115	1150
	생산량	300	2,350	4,059	4,002	4,026	1242
상추	재배면적	4	104	109	109	109	2488
	생산량	130	296	307	558	303	133
토마토	재배면적	16	155	190	194	199	1146
	생산량	1,067	7,783	8,977	8,979	9,117	754
오이	재배면적	42	63	58	58	57	36
	생산량	2,060	3,173	2,987	2,285	2,269	10
풋고추	재배면적	34	171	185	187	177	421
	생산량	1,159	5,528	6,104	6,128	5,735	395
파프리카	재배면적	5	21	23	23	23	330
	생산량	451	1,307	1,501	1,502	1,502	233

*출처: 횡성군 농업지원과 내부자료(2022)

표 IV-10. 조사대상 지역 특용작물 재배현황(강원 횡성)

(단위 : ha, M/T, %)

품 목 명		2014(A)	2015	2016	2017	2018(B)	증감율 (B/A-1)
참 개	재배면적	119	104	69	79	88	-90
	생산량	72	66	85	89	60	-94
들 개	재배면적	199	195	139	160	191	-78
	생산량	146	263	188	209	233	-94
인삼	재배면적	74	65	81	82	62	-16
	생산량	497	524	607	631	476	-4

*출처: 횡성군 농업지원과 내부자료(2022)

표 IV-11. 조사대상 지역 과실류 재배현황(강원 횡성)

(단위 : ha, M/T, %)

구 분		2014년 (A)	2015년	2016년	2017년	2018년 (B)	증감율 (B/A-1)
사과	재배면적	5.0	9.0	19.8	24.9	36.5	630
	생산량	26	40	50	60	433	1,565
포도 (시설)	재배면적	14	26	25	20	21	50
	생산량	105	169	162	131	193	84
복숭아	재배면적	25	25	25	20	34	36
	생산량	131	112	113	90	277	111
자두	재배면적	-	0.2	10.6	13.2	20.7	-
	생산량	-	7	1.0	60	2.8	-

*출처: 횡성군 농업지원과 내부자료(2022)

표 IV-12 조사대상 지역의 '16~'18년 농경지 토양화학성 변동조사(강원 횡성)

구 분	분석점수 (계)	pH (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	K (cmol+/kg)	Ca (cmol+/kg)	Mg (cmol+/kg)	유효규산 (mg/kg)	전도도 (dS/m)	
논	적정범위	(2,658)	5.5-6.5	20 - 30	80 - 120	0.20 - 0.30	5.0 - 6.0	1.5 - 2.0	175 이상	2.0이하
	2016	853	6.1	23	161	0.19	4.3	0.7	105	0.5
	2017	905	6.0	23	154	0.22	4.7	0.7	130	0.6
	2018	900	6.0	22	184	0.26	4.5	0.8	105	0.7
밭	적정범위	(3,553)	5.5-6.5	20 - 30	150 - 300	0.45 - 0.55	5.0 - 6.0	1.5 - 2.0		2.0이하
	2016	1,029	6.2	33	606	0.68	5.5	1.4	-	1.0
	2017	1,423	6.1	29	591	0.71	5.7	1.5	-	1.2
	2018	1,101	6.4	33	671	0.89	7.2	1.8	-	1.6
시설	적정범위	(1,893)	6.0-6.5	20 - 30	400 - 500	0.70 - 0.80	5.0 - 6.0	1.5 - 2.0		2.0이하
	2016	745	6.2	40	974	1.45	8.5	2.7	-	4.2
	2017	456	6.2	45	1007	1.26	8.1	2.5	-	3.9
	2018	692	6.3	37	970	1.38	9.2	2.8	-	4.4
과수	적정범위	(929)	6.0-6.5	25 - 35	200 - 300	0.30 - 0.60	5.0 - 6.0	1.5 - 2.0		2.0이하
	2016	372	6.2	33	506	0.67	5.7	1.5	-	1.1
	2017	315	6.3	35	543	0.59	6.3	1.6	-	1.0
	2018	242	6.0	33	430	0.61	5.9	1.4	-	1.2

*출처: 횡성농업기술센터 내부자료(2022)

표 IV-13. 조사대상 지역 주요 가축 사육현황(강원 횡성)

(단위 : 가구, 마리, 수, %)

구 분		2014(A)	2015	2016	2017	2018	2019(B)	증감율 (B/A-1)
한육우	사육가구	1,589	1,535	1,509	1,543	1,568	1,512	-5
	마리수	45,968	44,950	48,698	50,312	54,306	57,547	25
젖소	사육가구	41	57	55	57	53	46	12
	마리수	2,650	2,485	2,397	2,516	2,399	2,299	-13
마필	사육가구	3	5	3	6	7	5	67
	마리수	10	9	6	20	22	12	20
돼지	사육가구	22	18	17	19	22	22	0
	마리수	57,097	62,445	58,813	63,744	55,233	67,862	19
면양	사육가구	2	1	1	1	1	1	-50
	마리수	48	10	14	14	14	7	-85
사슴	사육가구	17	16	11	11	11	8	-53
	마리수	202	205	194	189	240	181	-10
개	사육가구	2,289	2,713	2,633	3,255	3,330	3,351	46
	마리수	9,463	10,847	8,456	12,359	12,357	10,951	16
산양	사육가구	40	31	34	57	78	69	73
	마리수	622	971	1,438	2,275	2,784	2,296	269
토끼	사육가구	39	46	49	31	45	36	-8
	마리수	1,866	1,796	940	850	549	321	-83
닭 ¹⁾	사육가구	16	10	10	24	21	16	0
	마리수	807,000	637,000	959,000	1,676,400	1,477,000	1,125,500	40
오리	사육가구	20	18	26	15	13	14	-30
	마리수	124	91	194	54	148	127	2
칠면조	사육가구	18	10	16	8	12	18	0
	마리수	46	48	31	16	25	61	33
거위	사육가구	13	8	7	8	7	12	-8
	마리수	37	23	16	16	23	44	19
꿀벌	사육가구	168	166	149	282	299	297	77
	마리수	7,916	10,119	9,331	13,853	13,960	14,448	83

주1) 12월 1일 기준. 3천수이상 사육농가 대상 전수조사 자료

주2) 한육우, 젖소, 돼지, 닭, 오리는 통계청 「가축동향조사」, 그 외 가축은 농림수산식품부 「기타가축통계」 자료 반영

*출처: 횡성군 축산지원과 내부자료(2022)

표 IV-14. 조사대상 지역 가축분뇨 발생량 및 처리현황(강원 횡성)

구 분	사육규모	농가수	사육두수	배설량 (kg/두/일)	발생량 (톤)			비 고
					계	분	뇨·세정수	
계		1,579	121,718		439,287	338,442	100,845	
한우	10두 미만	425	1,973	13.7	9,865	9,865	-	
	25두 미만	399	6,475		32,251	32,251	-	
	50두 미만	333	11,612		58,065	58,065	-	
	100두 미만	224	15,358		76,797	76,797	-	
	100두~170두 미만	90	11,101		55,510	55,510	-	
	170두 이상	43	11,863		59,320	59,320	-	
	소계	1,514	58,382		291,808	291,808	-	
젖소	-	47	2,486	37.7	34,208	27,312	6,896	육우포함
돼지	-	18	60,850	5.1	113,271	19,322	93,949	

*출처: 횡성군 축산지원과 내부자료(2022)

다. 자급 조사료 수급 동향

- 횡성군은 산지가 많고 농지가 협소하며, 겨울철 기온이 낮아 조사료 재배 조건 불리하여 사료작물의 생산 및 이용에 어려운 실정이며, 다른 지역과 마찬가지로 양질의 사료작물보다는 사료 가치가 낮은 벣짚의 의존도가 높은 실정임.
- '21년 기준 횡성군의 한우 사육두수 약 57 천두를 기준으로 추산하면 조사료는 약 60 천톤이 필요한 것으로 나타남.³⁵⁾
 - 한우 57,000두 × 평균 2.9kg × 365일 = 60,334톤
- '21년 기준 횡성군의 조사료 생산량은 약 12.5 천톤으로 추산되며, 이는 이는 조사료 필요량의 약 20.8%에 미치는 수준임.
 - 조사료 재배면적은 74.75 ha(하계 사료작물 38.75ha, 동계 사료작물 36.00ha)로 추산됨.
 - 하계작물은 옥수수과 수단그라스 두 품종으로 재배면적은 각각 23ha와 12ha로 옥수수 재배가 많음. 동계작물은 IRG 및 호밀 품종으로 재배면적은 각각 32 및 4ha로 IRG 재배가 많음.

표 IV-15. 조사대상 지역의 주요 조사료 작물 생산량(강원 횡성)

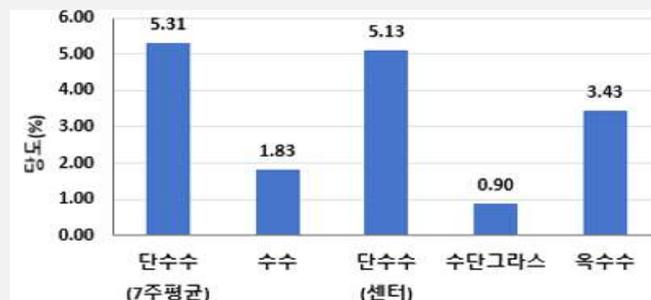
품종	재배면적(ha)	생산량(톤)
하계 사료작물 계	38.75	9,340
수단그라스	12.00	2,304
옥수수	23.00	6,800
연맥	3.75	239
동계 사료작물 계	36.00	3188
IRG	32.00	2,996
호밀	4.00	192
총 계	74.75	12,528

*출처: 횡성군 축산지원과 내부자료(2022)

35) 횡성군 축산지원과 내부자료(2022)

【참고】 조사료 작물 품종 발굴 노력 및 이용 기술 보급 사례 (강원 횡성)

- 횡성군은 사료비 절감뿐만 아니라 탄소중립형 자원순환 자급 조사료 확보를 위한 작물 품종의 발굴 및 이용기술 보급에 다각적 노력을 하고 있음. 이에 횡성군농업기술센터는 지역 환경 생산성 및 사료 가치를 평가를 통하여 재래종 단수수를 발굴하였고 새로운 사료작물로 도입함.³⁶⁾
- 단수수(시험용)에 대하여 횡성지역에서 관행적으로 재배되고 있는 조사료 작물과의 사료영양가치를 비교 평가하였을 때 조사료로서 충분한 가치가 있었으며, 비교적 높은 당도를 나타냄. 이는 한우의 기호성 증진으로 섭취량 및 생산성에 긍정적인 효과를 미칠 것으로 기대됨.
 - 시험용 단수수 및 농업기술센터 재배 단수수의 당도가(5.31% 및 5.13%)로 가장 높았고, 옥수수(3.43%), 수수(1.83%) 및 수단그라스(0.90%) 순으로 나타남.
 - 조사료의 상대가치(RFV)를 비교하였을 때 실험용 단수수 및 수수가 각각 145.71 및 144.71로 유사하였고, 센터재배 단수수(208.48), 수단그라스(162.43) 및 옥수수(174.77) 보다 낮게 나타남.



(사료작물의 당도 비교)

<단수수(시험)의 재배시험(위) 모습 및 당도 비교(아래)(강원 횡성)>

<단수수(시험용)의 사료영양가치 비교(강원 횡성)>

(단위: 건물 함량, %)

구분	단수수-1	수수	단수수-2	수단그라스	옥수수
조단백질	6.18	8.53	3.55	10.04	8.10
조지방	1.35	0.98	0.75	1.25	0.82
조섬유	29.69	27.65	23.21	27.06	22.95
ADF	34.31	36.49	25.77	32.76	29.59
NDF	55.71	54.98	41.98	50.69	48.46
RFV	145.71	144.71	208.48	162.43	174.77

주1) 단수수-1: 시험용, 상지대학교 조사료연구포장 재배

주2) 단수수-2: 횡성군농업기술센터 재배

주3) RFV(Relative Feed Value)=(12/NDF)x[88.9 -(0.799 x ADF)/1.29]

주4) RFV는 최소 80이상이고 ADF는 40%이하 그리고 NDF는 60%이하가 되어야 조사료로서 양질이라 할 수 있음. NDF가 53%이고 ADF가 41%인 조사료의 상대가치를 100으로 보고 이것을 기준으로 조사료의 가치를 비교 평가하고 있음.

*자료: 횡성군농업기술센터 내부자료(2021)

3. 조사대상 지역의 한우분뇨 중심 경축순환농업 추진 현황(강원 횡성)³⁷⁾

가. 경축순환농업 관련 주요 추진 실적

○ 2019년

- 지속가능 경축순환농업 협력체계 MOU체결: '19.11.18. (횡성군, 축산환경관리원, 국립식량과학원, 동횡성농협, 대한한돈협회 등)

○ 2020년

- 횡성군 가축분뇨 액비유통민관협의체 구성: '20.3.4. (횡성군, 축산환경관리원, 국립식량과학원, 동횡성농협, 한돈협회등)
- 지역단위 경축순환농업 우수사례 현장전문가 방문초청: '20.7.13~14.
- 횡성 토양 브랜드화 5개년 추진계획 수립: '20. 8.
- 가축분뇨 부숙축진농가보급형 축분관리기개발 추진: '20.11. (축산환경관리원, 국립농업과학원, 전북대, 한국정밀농업연구소 등)

○ 2021년

- 횡성한우 중심 경축순환농업 활성화 방안 수립: '21.3.13.
- 횡성군⇔상지대산학협력단 혁신기술개발 업무협약 MOU체결: '21.6.3. (횡성군, 상지대·한경대·서울대, 축산환경기술원, (주)순정에너지환경연구소 등)
- 가축분뇨 실태조사 및 경축순환 활성화 계획 수립: '21.6.17.
- 횡성군 경축순환농업 추진협의회(T/F팀) 구성 및 활동: '21.7.14.
- 국립축산과학원 “한우경영 청년농업인 육성” 업무협약: '21.8.1.
- 횡성축협퇴비유통전문조직 지정 발대식 추진: '21.11.16.~

37) 횡성농업기술센터(2022) 내부자료

나. 경축순환농업 관련 주요 적용 연구개발 기술

○ 한우

- 사료용 옥수수 2기작 실증 시험 및 기술보급 (횡성군, 2016)
- 사료용 옥수수 2기작 전용 종자 개발(국립식량과학원, 2017)
- 거세한우 28개월 단기비육 프로그램 활용(국립축산과학원, 2018)
- 횡성한우 동물복지형 축사환경개선 프로그램 개발(횡성군, 2021)
- 한우 스마트팜환경 제어 시스템 개발(횡성군농업기술센터, 2021)
- 횡성한우 비육 등 사양관리 개선 프로그램 개발(횡성군·상지대, 2020)

○ 원예

- 토마토 재배시설 및 저농도 추비용 액비 활용 실증사례((주)한바이오, 2020)
- 농가형 퇴비차 제조기 및 퇴비차 제조 매뉴얼 개발(광주시농업기술센터)
- 과채류 재배 시 퇴비차 활용 방법(강원도기술원, 2019)

○ 가축분뇨 자원화

- 가축분뇨를 이용한 기능성 발효액비 제조 방법((주)한바이오, 2010)
- 가축 상주 가능한 축사용 분뇨의 교반을 통한 부숙장치(횡성군, 2021)
- 가축 상주 가능한 축사용 분뇨의 부숙을 위한 교반장치 (횡성군, 2021)
- 가축분뇨 자원화 방법 시스템 앱 개발(횡성군농업기술센터, 2021)

○ 기타

- 축사 악취저감제 제조 및 방법 특허출원(횡성군, 2021)
- 지역/국가단위 경축순환 모델 개발(상지대·한경대·서울대, 2021 ~)

다. 경축순환농업 관련 주요 사업 추진 프로그램

○ 농촌진흥청 기술보급 블렌딩 협력모델 시범 사업

- 사업기간: 2022~2023(2년간), 사업비:10억원(국비 5억원, 군비 5억원)

○ 추진목표 및 방향

- 축산 약점극복 탄소중립 및경축순환 실천 지속가능한 신성장동력 확보
- 지구 온난화 등 환경변화 대응 상생 자원순환형 농축산물 생산 및 안심 농산물 공급
- 지역단위 황성한우 중심 경축순환농업 실천 활성화 및 가축분뇨 자원화 기술정착
- 탄소중립 실천 지속가능한 건강한 흙, 안심 먹거리 생산, 로컬푸드 어사진토 브랜드화

○ 주력사업(1) 종합분석실 원스톱 분석지원 서비스

【1】종합분석실 원스톱 분석지원 서비스

- 토양(중금속), 식물체, 양액 등 분석, 비료사용처방서 발급: 4,000건/년
- 로컬푸드, GAP 친환경인증, PLS 농산물 잔류농약 분석: 2,000건/년
- 가축분뇨 퇴액비 부속도 및 성분검사, 검사결과 성적서 발급: 1,000건/년

▪추진현황

- 토양(중금속), 축분뇨 퇴액비 부속도 및 성분 검사: 1,754건/5,000건 (35%)
- 비료사용처방서 및 부속도 결과서 통보: 1,494건
- 농산물 잔류농약 분석 및 결과서 통보: 319건 (16%)

▪애로사항

- 축산농가 살포전 퇴액비 검사 의무화 시행: 축산, 환경, 읍면 행정센터 협력 추진
- 농산물 잔류농약 분석: 기존 320성분 => 변경 463성분으로 확대시행 업그레이드

○ 주력사업(2) 한우농가 농경지 탄소저장 퇴비자원 생산기반 구축

【2】 한우농가 농경지 탄소저장 퇴비자원 생산기반 구축

- 축사(우사) 톱밥대체 고품질 깔짚자재 자원화 현장실증: 3종, 10개소, 30백만원
 - 바이오차, 커피박, 피트모스 등 자재활용 한우농가 참여 현장시험 및 품질평가
- 고품질 축분(우분)퇴비 품질검사 탄질률(C/N) 검사장비 구입: 1대, 120백만원

▪추진현황

- 고기능성 축사(우사) 깔짚소재 발굴 및 선정 현장실증 추진: 3월 ~
 - ※ 한우 12농가 참여: 바이오차 3농가, 조제커피박(2종) 5농가, 피트모스 4농가
 - ※ 상지대 000교수팀, 경상대 000교수팀, (주)000 연계 추진
- 고품질 퇴비 탄질률(C/N) 검사장비(분석기기) 구입: 1대, 120백만원(조달청 입찰)

▪애로사항

- 바이오차 소재 기능성 조제깔짚 생산지연 => 현재 조제깔짚 물량확보 후 납품예정
- 신소재, 선정 깔짚재료 적정 투입시기 상이, 이해부족 => 현장견학, 사용교육 추진

○ 주력사업(3) 고품질 우분퇴비 생산 공동자원화

【3】 고품질 우분퇴비 생산 공동자원화 플랫폼 시범운영

- 가축분(우분) 퇴비 공동생산 시설이용 퇴비제조 플랫폼 구축 양질 퇴비제조 촉진
- 자주식 터널형 퇴비교반기 구입 추진: 1대, 100백만원 (자산취득)(임대장비 활용)
 - 1회 처리량: 700톤(최대처리 가능량), 사용방법: 2주 1회(또는 30일 2회) 실시

▪추진현황

- 축분퇴비 공동자원화 생산 플랫폼 시범운영 장소섭외 추진: 4월 ~
 - ※ 횡성읍 옥동리안길 119 축분공동자원화 시설: 1개소, 1,500㎡ (2021년 준공)
- 자주식 터널형 축분퇴비 교반기(원격제어 가능) 구입추진: 1대, 100백만원

▪애로사항

- 퇴비제조업체와 연계하여 축분퇴비 공동자원화 시설운영 농가선정, 협의예정
- 장비구입은 조달청 의뢰 입찰구매 예정으로 2022년도 하반기에 사용이 가능함

○ 주력사업(4) 지역단위 축분퇴비 이용 정보공유 시스템

[4] 지역단위 축분퇴비 이용 정보공유 시스템

- 가축분뇨 자원화 방법(특허출원 제10-2021-0080928호) 활용 실시간 매칭 자율거래
 - 농업기술센터, 축산농가와 경종농가간의 퇴비 정보공유 및 중개플랫폼 자료제공
- 축분 퇴액비 축산+경종농가 “황성 퇴비로” 정보공유 시스템 개발보급: 1식, 50백만원

■ 추진현황

- 가축분뇨 자원화 방법에 대한 특허출원 추진: '21. 6. ~ 심사 중
- 지역단위 축분퇴비 정보공유시스템 “황성 퇴비로” 개발 계획수립: '22. 4.
- 소프트웨어 개발사업 과업심의 및 정보화 협의 추진: '22. 5. ~ 추진 중

■ 애로사항

- 정보화사업 “소프트웨어 개발보안 가이드” 준수이행: 2022. 1. ~
- 소프트웨어진흥법 제50조 및 동법 시행령 제45조
- 행정기관 및 공공기관 정보시스템 구축운영 지침의거('18. 3.)

○ 주력사업(5) 지역단위 축분퇴비 이용 정보공유 시스템

[5] 탄소중립, 온실가스 감축 실천 소사육농가 전용 미생물 공급

- 한우/젖소 밀집지역 전용 미생물 개발공급 생산성 개선, 자발적 온실가스 감축
- 서부지소 축산용 고품질 미생물 대량배양 설비 설치: 1기(평균 1.0KL), 200백만원

■ 추진현황

- 축산용 미생물 멸균배양설비(발효조) 구입 추진 중: '22. 4 ~
- 서부지소 농업미생물배양실 노후발효기 교체보강 (한우, 젖소농가 전용)
- 조달청 구매계약 의뢰 및 진행 중 : 1기 (용량: 1.0KL) (멸균방식), 200백만원
- 한우, 젖소 자발적 온실가스 감축용 등 전용 미생물 연구 의뢰: 00대, ₩00 등

■ 애로사항

- 미생물 배양설비 입찰계약 및 장비제작 현장설치, 설치후 검사완료: '22. 10~11월중
- 농업활동 인해 배출되는 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O) 감축 사업대상: 가축사료 급여개선

○ 주력사업(6) 축산분야-가축분뇨 자원화 지원사업

【6】 축산분야-가축분뇨 자원화 지원사업 (2022년)

- 가축분뇨 처리시설(퇴비사) 지원: 20개소, 600백만원(자 60%)
- 가축분뇨 처리장비 지원: 43대 (도7, 군 40대), 1,120백만원(자 50%)
- 액비저장소 설치 및 개보수, 액비순환시스템 지원: 5개소, 230백만원(자 50%)
- 가축분뇨 관리 효율화 지원(발효제): 1개소, 20백만원
- 가축분뇨 고속발효시설 지원: 1개소, 150백만원(자 50%)
- 자원순환 정제액비 공급시설 지원: 2개소, 40백만원(자20%)
- 발효촉진제 및 약취제거제 지원: 68톤, 340백만원(자 50%)
- 축산수분조절제 지원: 21톤, 1,166백만원 (자 40%) 국내산톱밥, 팽연왕겨

○ 주력사업(7) 지역단위 경축순환농업 실천모델 현장실증

【7】 지역단위 경축순환농업 실천모델 현장실증

- 퇴비차 활용 시설재배지 토양관리 실증: 13농가(토마토), 20백만원
- 퇴액비 활용 사료용 옥수수 2기작 재배 기술보급: 19농가, 30백만원
- 복합기능 미생물 활용 농산물 생산성 개선시범: 2개소, 20백만원
- 센서기반 부숙도 측정 현장적용 시범: 1개소, 30백만원
- 토양수분장력계 활용 자동관수 시스템: 10농가(포도), 20백만원
- 경축순환농업 활성화 현장지원 컨설팅 지원: 2식, 20백만원

4. 한우분뇨 중심 경축순환농업 소단위 거버넌스 사례 발굴(강원 횡성)³⁸⁾

가. 한우+경종(옥수수 2기작) 겸업 중심(갑천면 일대)

○ 한우+경종(옥수수 2기작) 모델 개요

- 번식우·송아지 사양관리 및 사료용 옥수수 재배 기술이 뛰어난 이O규 농가(횡성군 갑천면 매일리)가 중심으로 소규모 한우 번식농가 20개 농가로 조직되어 있음.
- 해당 조직의 농가들은 횡성군 갑천면, 청일면, 우천면 등에 분포되어 있으며, 사육두수는 평균 30~50두로 비교적 영세한 규모임.
- 옥수수를 포함한 사료작물(라이그라스, 수단그라스 등) 재배 면적 또한 적은 편이어서 최소 500평~최대 7,500평 정도의 면적(자가보유, 임차)에서 사료작물을 재배하여 사일리지화 한 후 번식우와 송아지에 급여하고 있음.
- 최근 사료값 급등은 물론 국내산·수입산 조사료 수급 차질과 가격 급등으로 인한 어려움이 있는 상황임에도, 스스로 재배한 사료작물과 볏짚을 급여함으로써 비용 상승 부담을 완화시키는 효과를 거두고 있음.

【참고】 한우+경종(옥수수 2기작) 겸업 중심 경축순환농업 사례³⁹⁾

□ 이O규 농가

○ 경축순환농업 개요

- 사육규모: 한우 번식우 30두
- 자가보유 농지: 1,200평 (3,960㎡)
- 조사료 재배: 사료용 옥수수를 2기작으로 재배함.
- 기비: 농장 내 퇴비를 전량 사용하고 있음(우분퇴비).
- 추비: 현재 양돈농가가 제공하는 발효액비를 지하수에 희석하여 점적관수 형태로 공급하고 있음.

38) 상지대학교 산학협력단(2022) “지역/국가단위 경축순환 모델개발” 농림축산식품부 단계보고서

39) 상지대학교 산학협력단(2022) “지역/국가단위 경축순환 모델개발(위탁연구기관, (사)농정연구센터 자료)” 농림

- 재배기술 및 특징: 옥수수밭에는 액비저장조와 관수장비(점적관수)가 설치되어 운용 중임. 관수장비는 자부담 300만원과 관내 연구지원비 1,200만원을 들여 설치함. 22년 기준 봄에 가뭄이 많이 들었지만 적절히 점적관수를 실시함으로써 1기작 옥수수 생장 상태는 오히려 좋아졌음(가뭄 시기에는 일조량이 많기 때문에, 관수가 이뤄지지 않는 일반 옥수수 대비 1/3 이상 크게 성장하였음). 2기작으로 옥수수를 재배하려면 작기를 정확하게 맞추는 것이 핵심 관건임. 봄철(1기작) 파종 시에는 3월 25일까지 반드시 파종해야 함. 여름 8월(2기작) 파종시에 3일 격차가 생길 경우, 수확기인 11월에는 15일의 차이를 가져오게 되므로 적기 파종이 매우 중요함.

○ 경축순환농업 운영에 따른 비용절감 효과

- 비료절감 효과(추정): 관행농법(화학비료 시비)으로는 1천평 당 복합비료 5포(기비)와 추비용 비료 4포가 필요함. 자가 우분퇴비 활용 및 추비용 액비 활용을 통해 비료 비용 대폭 절감을 기대하고 있음(구체적인 비용 절감 효과에 대해서는 계산·확인이 필요하나, 화학비료에 필요한 직접 구입비용은 지출이 되지 않으므로 경제적 효과가 있을 것으로 예상됨).

*화학비료 값 상승 추이(복합비료 1포당): '21년 9월 9,600원 ⇒ '22년 하절기 기준 27,000원(281% 상승)

- 사료비용 절감 효과(추정): 곤포 사일리지로 제작한 후 급여하는 방식을 채택하고 있음(옥수수의 잎, 줄기, 열매까지 급여). 2천평 농지에서 40롤 생산·제작이 가능함(*옥수수 사일리지를 통한 금전적 이익: 롤당 8만원×40롤=320만원). '21년에는 수확량이 많지 않아 일부는 외지 조사료(벼짚, 조사료 작물)를 구입·활용하였으나, '22년에는 전량 자체 조달이 가능할 것으로 예상하고 있음. 사료값은 관행(외부 조사료+농후사료) 대비 50% 정도가 소요될 것으로 예상함(*사료 구입비용 비교: 이○규 농장 67만원/두 vs. 관행농가 120만원/두).

○ 소규모 경축순환농업 거버넌스 운영 개요

- 농가가 작업할 때 필요한 장비와 작업을 할 수 있는 회원을 회원으로 영입하여 참여시키고 있음(예시: 옥수수를 재배하지 않더라도 퇴비 살포기나 베일러 등을 갖고 있고 활용할 수 있는 농가를 섭외하여 조직 활동에 참여토록 함).
- 활동에 참여하는 농가에는 적절한 금전적 보상이 이뤄질 수 있게끔 하고 있음(예시: 베일러·랩핑을 하는 농가에는 평당 50원을 지급토록 함). 농가 조직화를 통한 품앗이를 통해 농기계 부족 문제에 대처하는 것임.

- 이○규 농가는 회원 농가에 한우 사양관리와 옥수수 재배관리 노하우를 전수·지원하고 있으며, 횡성군에서 시행 중인 정책사업(액비 저장조+지하수 희석용 컨트롤러+점적관수식 관수장비 및 관로 설치사업)을 받을 수 있도록 횡성군과 협의·조율하는 역할을 수행하고 있음.
- 이○규 농가 및 20여개 한우농가 조직은 횡성군의 지원 정책을 기반으로 소규모 거버넌스를 운영하고 있음(예시: 사일리지 1톨당 가격 5만원 중 12,000원은 농가 자부담으로 하고 나머지는 지자체가 보조하는 정책).

나. 고품질 가축분 퇴비생산 시설 중심(횡성군 농업기술센터)

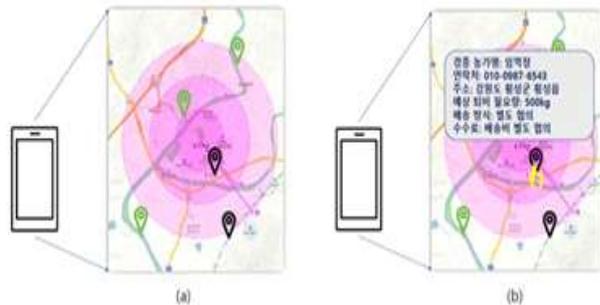
○ 가축분퇴비 공동생산 시설 플랫폼 모델 개요

- 가축분 퇴비 공동생산 시설 플랫폼을 구축하여(횡성군 농업기술센터 중심) 양질의 퇴비 제조 및 이용을 기본 목표로 함. 지역단위 우분뇨를 수거하여 공동생산으로 지역내 경종농가 및 퇴비업체 제공하여 소단위 경축순환농업을 실현함이 목적임.
- 마을단위 퇴비 자원화 시설 및 공용사용이 가능한 축분교반기를 확보하였음(700톤/일 처리, 최대가능량).
- 경축순환농업의 실현을 위해 농축산업 공익적 기능을 확대하고 화학비료 사용량 절감을 기대하고 있음.

- 지역 내 퇴비생산 축산농가와 퇴비를 필요로 하는 경종농가를 실시간 매칭하는 플랫폼을 공유함(농업기술센터는 축산농가와 경종농가 간의 퇴비 거래를 중개하는 플랫폼을 제공함). 퇴비 부숙도를 검사한 축산농가 및 비료사용처방서를 보유한 경종농가간 정보가 공유되는 플랫폼으로 농가간 자유통거래를 촉진하고 퇴액비 활용을 극대화함에 목적을 가짐.



(터널형 축분교반기)



(지역단위 축분퇴비 이용 정보공유 시스템)

그림 IV-11. 가축분퇴비 공동생산 시설 플랫폼

다. 한우농가 자급조사료 TMR생산 공유 플랫폼 중심(횡성군 농업기술센터)

○ 자급조사료 TMR생산 공유 플랫폼 모델 개요

- 지역생산 자급조사료 활용 섬유질배합사료(TMR) 공동생산함. 사료용 옥수수 활용 TMR 제조 참여농가 연계하여 경축순환 거버넌스 마련함. 이때 사료용 옥수수의 생산은 지역에서 발생하는 퇴액비 자원을 이용함.
- 국내육성 조생종 옥수수 종자 2기작 재배 투입(신황옥, 신황옥2, 광평옥, 청다옥 등 지역 적응 국내육성 품종 활용)
- 사료용 옥수수 2기작 전용 관수시스템 및 액비탱크 설치, 전문 컨설턴트 투입 지원함.

- 고품질 자급 조사료 생산을 극대화하고 사료비 절감하는 경축순환 지속가능 모델 정착을 목표로 함.

라. 수집·운반업체 중심의 우분 퇴비 이용⁴⁰⁾

- 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.
- 황성 한우 8농가(황성 4농가, 둔내 2농가, 갑천 2농가이며, 총 2,000두 규모)에 대한 퇴비를 수집·운반하고 있음.
- 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 황성군 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.
- 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 농경지에 살포하고 있음.
- 미부숙된 상태의 퇴비는 곰팡이 등 병해충이나 외래종 잡초 등이 발생

40) (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구”

할 수 있어 완전 후숙이 필요하며 경종농가에서도 함수율이 높은 퇴비는 기피하고 있음. 따라서 수집·운반업체가 퇴비 품질을 사전에 점검한 후 운반함.

- 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 130㎡임).
- 따라서 한우 60,000마리를 사육하는 황성의 경우, 퇴비를 처리하기 위하여 15톤 트럭으로 약 12,000대의 수요가 추정되며, 최소 3개의 한우퇴비 전문 수집·운송업체가 있으면 한우퇴비 전량을 경종농가로 보급 가능할 것으로 예상됨.



그림 IV-12. 황성군 수집·운반업체 중심의 퇴비살포 사례

【참고】 전국 한우농가 소단위 경축순환농업 우수사례 조사⁴¹⁾

○ 2020년 기준, 전국 7개 한우농가의 소단위 경축순환 우수사례를 조사함. 재배 조사료의 종류는 대표적으로 호밀, 수단, 벧짚, 연맥, IRG 등 이었으며, 농식품부산물의 종류는 깻묵, 물엿, 비지, 제과부산물, 맥주박, 장유박, 버섯배지부산물, 쌀겨 등으로 나타남. 자가 TMR 비육우 사육농가의 경제성 분석은 다음과 같음.

- 비육우 판매 수입은 전국평균(9,307,717 원/두) 대비 육질·육량 등급·도체중 증가로 9,460,592 원/두(△1.6%)~10,766,342원/두(△15.6%)로 증가한 것으로 분석됨.
- 경영비 중 사료비는 전국평균(3,271,071 원/두) 대비 2,971,920 원/두(▽9.1%)~2,368,630 원/두(▽27.6%)로 나타났으며, 이에 따른 경영비는 전국평균(8,196,061 원/두) 대비 7,900,704 원/두(▽3.6%)~7,258,841(▽11.4%)로 조사됨.
- 조수입에서 경영비를 차감한 두당 소득은 전국평균 1,190,485 원/두 대비 1,937,897 원/두(△62.8%)~3,400,880 원/두(△185.7%)로 조사됨.

○ 강원 원주 A농가

- 재배 조사료 종류: 호밀, 수단
- 농식품부산물 종류: 제빵부산물, 엿밥, 비지

<(강원 원주)자가 TMR 비육우 사육 A농가의 경제성 분석>

구분		전국평균(A)	농가(B)	(A-B)	증감(%)
조수입	비육우판매	9,309,717	10,387,367	△1,077,650	△11.6
	기타 수입	76,826	76,826	-	-
	계(C)	9,386,546	10,464,196	△1,077,650	△11.5
경영비	가축비	4,003,024	4,003,024	-	-
	사료비	3,271,071	2,951,424	▽319,647	▽9.8
	기타비용	921,966	925,760	△3,794	△0.4
	계(D)	8,196,061	7,880,208	▽315,853	▽3.9
소득(C-D)		1,190,485	2,583,988	△1,393,503	△117.1

○ 경기 포천 B농가

- 재배 조사료 종류: 호밀, 수단
- 농식품부산물 종류: 장유박, 깻묵, 제과부산물

<(경기 포천)자가 TMR 비육우 사육 B농가의 경제성 분석>

구분		전국평균(A)	농가(B)	(A-B)	증감(%)
조 수 입	비육우판매	9,309,717	9,460,592	△150,876	△1.6
	기타 수입	76,826	76,826	-	-
	계(C)	9,386,546	9,537,421	△150,876	△1.6
경 영 비	가축비	4,003,024	4,003,024	-	-
	사료비	3,271,071	2,578,653	▽692,418	▽21.2
	기타비용	921,966	964,333	△42,367	△4.4
	계(D)	8,196,061	7,546,010	▽650,051	▽7.9
소 득(C-D)		1,190,485	1,991,411	△800,926	△67.3

○ 경기 광주 C농가

- 재배 조사료 종류: 벳짚, 연맥, 수단
- 농식품부산물 종류: 깻묵, 물엿, 비지, 제과부산물

<(경기 광주)자가 TMR 비육우 사육 C농가의 경제성 분석>

구분		전국평균(A)	농가(B)	(A-B)	증감(%)
조 수 입	비육우판매	9,309,717	10,498,606	△1,188,889	△12.8
	기타 수입	76,826	76,826	-	-
	계(C)	9,386,546	10,575,435	△1,077,650	△12.7
경 영 비	가축비	4,003,024	4,003,024	-	-
	사료비	3,271,071	2,772,267	▽498,804	▽15.2
	기타비용	921,966	925,760	△3,749	△0.4
	계(D)	8,196,061	7,701,051	▽495,010	▽6.0
소 득(C-D)		1,190,485	2,8714,384	△1,683,899	△141.4

○ 대전 D농가

- 재배 조사료 종류: 호밀, IRG
- 농식품부산물 종류: 비지, 쌀겨, 엿밥, 주정박

<(대전)자가 TMR 비육우 사육 D농가의 경제성 분석>

구분		전국평균(A)	농가(B)	(A-B)	증감(%)
조수입	비육우판매	9,309,717	10,582,892	△1,273,175	△13.7
	기타 수입	76,826	76,826	-	-
	계(C)	9,386,546	10,659,721	△1,273,175	△13.6
경영비	가축비	4,003,024	4,003,024	-	-
	사료비	3,271,071	2,368,630	▽902,441	▽27.6
	기타비용	921,966	887,187	▽34,779	▽3.9
	계(D)	8,196,061	7,258,841	▽937,220	▽11.4
소득(C-D)		1,190,485	3,400,880	△2,210,395	△185.7

○ 전북 정읍 E농가

- 재배 조사료 종류: 벣짚, IRG
- 농식품부산물 종류: 맥주박, 버섯배지 부산물

<(전북 정읍)자가 TMR 비육우 사육 E농가의 경제성 분석>

구분		전국평균(A)	농가(B)	(A-B)	증감(%)
조수입	비육우판매	9,309,717	10,766,342	△1,456,625	△15.6
	기타 수입	76,826	76,826	-	-
	계(C)	9,386,546	10,843,171	△1,456,625	△15.5
경영비	가축비	4,003,024	4,003,024	-	-
	사료비	3,271,071	2,883,348	▽387,723	▽11.9
	기타비용	921,966	887,187	▽34,779	▽3.9
	계(D)	8,196,061	7,773,559	▽422,502	▽5.2
소득(C-D)		1,190,485	3,069,613	△1,879,128	△157.8

○ 경남 진주 F농가

- 재배 조사료 종류: 벣짚, IRG
- 농식품부산물 종류: 버섯배지 부산물, 비지, 쌀겨, 깻묵

<(경남 진주)자가 TMR 비육우 사육 F농가의 경제성 분석>

구분		전국평균(A)	농가(B)	(A-B)	증감(%)
조수입	비육우판매	9,309,717	9,761,772	△452,055	△4.9
	기타 수입	76,826	76,826	-	-
	계(C)	9,386,546	9,838,601	△452,055	△4.8
경영비	가축비	4,003,024	4,003,024	-	-
	사료비	3,271,071	2,639,135	▽631,936	▽19.3
	기타비용	921,966	925,760	△3,794	△0.4
	계(D)	8,196,061	7,567,919	▽628,142	▽7.7
소 득(C-D)		1,190,485	2,270,682	△1,080,197	△90.7

○ 제주 G농가

- 재배 조사료 종류: 호밀, IRG
- 농식품부산물 종류: 맥주박, 비지, 깻묵

<(제주)자가 TMR 비육우 사육 G농가의 경제성 분석>

구분		전국평균(A)	농가(B)	(A-B)	증감(%)
조수입	비육우판매	9,309,717	9,761,772	△452,055	△4.9
	기타 수입	76,826	76,826	-	-
	계(C)	9,386,546	9,838,601	△452,055	△4.8
경영비	가축비	4,003,024	4,003,024	-	-
	사료비	3,271,071	2,971,920	▽299,151	▽9.1
	기타비용	921,966	925,760	△3,794	△0.4
	계(D)	8,196,061	7,900,704	▽295,357	▽3.6
소 득(C-D)		1,190,485	1,937,897	△747,412	△62.8

41) 상지대학교 산학협력단(2022) “지역/국가단위 경축순환 모델개발(위탁연구기관, 재단법인 축산환경기술원 자료)” 농림축산식품부 단계보고서

5. 경축순환농업 실현을 위한 양분관리 프로그램(안)의 적용(강원 횡성)

가. 양분수지 산출 방법론 및 양분관리 프로그램(안)의 개요

1) 양분수지 산출 방법론⁴²⁾⁴³⁾⁴⁴⁾

○ 양분수지는 특정 범위를 기준으로 양분의 유입 및 유출을 파악하여 잉여되는 양분을 나타내는 것으로 크게 농가수지(Farm budget), 토지수지(Land Budget), 토양수지(Soil budget)의 3가지 방법론이 제시되고 있음.

- 양분수지의 산출은 일정한 경계조건에서 유입 및 유출되는 양분의 수지를 분석하는 방법임. 설정된 경계 안으로 유입된 양분은 토양, 작물, 대기, 수계로 이동 분산되는 특성이 있으며, 결국 유입양분은 토양, 작물, 대기, 수계 구역에 존재한다는 이론에 근거함.

- 단, 각각의 양분수지 산정법은 양분의 유입·유출 항목 및 내용에 대하여 다소 차이점이 가지고 있으므로, 방법 채택에 대한 세심한 검토가 필요함.

○ 토지수지(Land budget)

- 토지수지는 양분의 유입 및 유출의 경계조건을 국가의 국토를 기준으로 하여 분석하는 양분수지임, 따라서 토지수지의 경계는 축산농가의 가축분뇨 발생단계부터 가축분뇨 퇴·액비의 농경지 이용단계, 농경지로 부터의 작물생산 단계를 모두 포함함.

- 토지수지에서는 축산농가로 유입되는 사료와 산출되는 축산물은 고려하지 않으며, 농가에서 발생한 가축분뇨의 시장 판매와 시장으로부터의 유입 물량은 고려하고 있음, 양분수지 산정에 있어 토지수지의 가장 큰 특성은 가축분뇨의 발생단계인 축산농가에 저장, 관리 중에 발

42) (사)한국축산환경학회(2018) “가축분뇨 양분총량 관련 대응 연구”

43) (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구”

44) 환경대학교 산학협력단(2019) “농업분야 양분수지 개선 방법론 및 정책 비교 평가”

생하는 암모니아 휘산량을 대기유출로 고려하는 것임.

- 토지수지의 산출항목은 크게 유입과 유출항목으로 구분하며, 유입항목에는 무기질 비료, 가축분뇨, 유기질비료, 생물학적 질소고정, 대기강하물에 의한 질소 유입, 종자, 종묘, 관계수에 의한 양분 유입이 있으며, 양분의 유출항목에는 작물생산, 작물부산물의 회수 이용에 의한 양분 유출, 대기로의 암모니아 휘산 및 탈질에 의한 양분유출, 수계로의 양분 유출이 있음.
- 토지수지의 양분수지 모델에서 환경으로의 양분 유출은 크게 대기과 수질분야로 구분하며, 대기로의 양분 유출은 축산농가의 발생분뇨로부터 유출되는 양분과 퇴·액비의 제조 과정에서 대기로 유출되는 양분, 농경지로 투여한 퇴·액비가 작물에 이용되는 과정에서 대기로 유출되는 양분을 모두 포함함.

○ 토양수지(Soil budget)

- 토양수지는 양분의 유입과 유출의 경계조건을 농경지로 설정하고 있으며, 양분수지 분석에서 양분의 유입은 농경지로 투입되는 가축분뇨 퇴·액비를 기준으로 설정함,
- 축산농가에서 발생한 가축분뇨는 저장 및 가축분뇨 퇴·액비 제조 단계에서 질소 양분의 휘산 등에 의해 손실이 발생함. 토지수지에서는 이러한 손실량을 대기 유출로 인정하고 있으나, 토양수지에서는 농경지 유입 전단계의 양분유출은 고려하지 않는 것이 특징이며, 토양수지의 산출항목은 크게 유입과 유출항목으로 구분할 수 있음.
- 토양수지의 유입 항목은 토지수지와 유사하나 가축분뇨 분야에서 농가에서 발생하는 가축분뇨 대신 농경지로 투입되는 가축분뇨 퇴·액비를 산출항목으로 설정하고 있음, 토양수지의 양분 유출 항목은 토지수지와 유사하나, 축산농가에서 발생한 가축분뇨의 저장 및 퇴·액비 제조과정에서 발생하는 암모니아 휘산 등은 고려하지 않음.

- 토양수지는 토지수지와 달리 작물생산을 위해 농경지로 유입되는 유효 성분만을 고려하기 때문에 농경지 자체에서의 양분 순환만을 고려한다는 점에서 경계구역이 한정적임, 그러나 대기 유출 항목에서는 가축분뇨 저장 및 퇴·액비 제조단계에서 휘산되는 암모니아 등을 고려하고 있지 않아 대기로의 양분 유출 관리가 제한적이라는 한계가 있음.

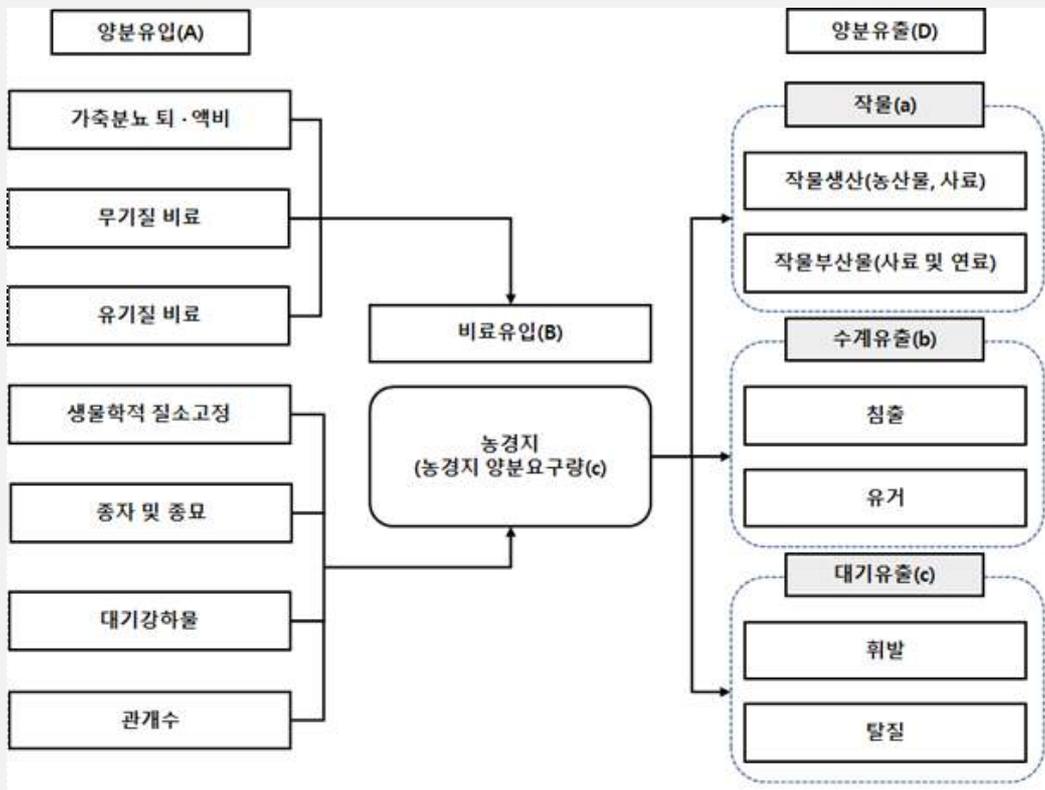
2) 양분관리 프로그램(안)의 개요

- 양분관리는 지역별 양분수지를 종합적으로 관리하여 궁극적으로 양분균형을 달성함으로써 농업부문에서 발생하는 비점오염 환경부하를 최소화하는 친환경 농업시스템을 구축하는데 있음.
- 본 장에서는 최근 연구 보고된 ‘지역단위 양분수지 관리지표형 양분관리 프로그램(안)’⁴⁵⁾을 이용하여 조사대상 지역인 ‘강원 횡성’의 양분수지 및 지역단위 양분수지 관리지표를 분석함.
 - 지역단위 양분수지 분석을 위한 자료는 통계데이터를 기반으로 토양수지 방법론이 적용되었음. 양분유입 항목에서는 무기질비료, 가축분뇨 퇴·액비, 유기질비료, 생물학적 질소고정, 대기강하물, 종자 및 종묘, 관개수가 있으며, 양분유출 항목에서는 작물생산, 작물부산물, 대기유출, 수계유출이 산출됨.
 - 경축순환농업기술 양분이용 효율, 수계양분유출저감, 작물생산성 등 정량지표 조사 분석한 후 최종적으로는 지역단위 양분수지 관리지표를 도출함.

45) 삼지대학교 산학협력단(2022) “지역/국가단위 경축순환 모델개발(공동연구기관, 환경대학교 연구자료)” 농림축산식품부 단계보고서

【참고】 지역단위 양분수지 관리지표형 양분관리 프로그램(안)46)

- 지역단위(시/군) 양분수지 분석을 위한 자료체계 구축
 - 지역단위 양분수지 분석을 위한 자료는 통계데이터를 기반으로 토양수지 방법론이 적용되었음. 양분유입 항목에서는 무기질비료, 가축분뇨 퇴·액비, 유기질비료, 생물학적 질소고정, 대기강하물, 종자 및 종묘, 관개수가 있으며, 양분유출 항목에서는 작물생산, 작물부산물, 대기유출, 수계유출이 산출됨.
 - 양분유입 항목에서는 가축분뇨 퇴·액비 투입량을 산출하기 위해 가축분뇨 처리시설에서의 양분 삭감량, 축종별 퇴·액비화 양분 조정계수가 이용되며, 논의 관개수를 통한 양분유입량을 반영됨. 양분유출 항목에서는 작물부산물의 소각 등 부산물 처리방식을 반영하여 농경지 외부로 유출되는 양분이 고려됨.



<양분수지 분석모델 모식도(토양수지 기반)>

○ 지역단위 양분수지 관리지표형 양분관리 프로그램(안)

- 지역단위 양분수지 관리를 위한 양분수지 지표는 순양분수지 (Net nutrient balance)를 지표로 설정하였으며, 양분수지 지표 관리과정에서 수계 양분유출 저감과 농업 생산성에 저하 영향을 정량적으로 파악할 수 있는 양분수지 지표 관리목표 도출을 위한 방법론을 개발함.
- 지역단위 양분수지 지표 관리목표 도출을 위한 방법론은 지역단위 양분부하 변동에 따른 양분수지 지표와 작물생산의 변동의 수치적 모사를 통해 도출하였으며, 이를 위하여 아래와 같이 4가지 가정을 설정함.
- 가정 ① 양분부하 변동은 무기질 비료 (화학비료), 부숙유기질 비료 (가축분뇨 퇴·액비), 유기질 비료 (유박비료 등)의 투입량 변동에 의해서만 일어남. 즉, 일반적인 농업활동을 고려할 때, 연간 지역의 양분부하 변동은 작물 시비를 위한 비료성분의 투입에 의해서만 일어나고, 다른 양분투입 인자 (생물학적 질소 고정, 종자 및 종묘, 대기강하물, 관개수)는 양분부하 변동에 영향을 주지 않는다고 가정함.
- 가정 ② 지역의 농경지 양분부하는 지역의 작물양분 시비부하와 동일함. 즉, 지역의 양분부하는 작물의 작물시비기준 양분투입량 대비 농경지 투입 양분량의 비율을 의미하므로 지역의 양분부하와 농경지의 시비부하는 동일한 것으로 가정함.
- 가정 ③ 작물 양분시비에 따른 작물의 수량반응 특성은 지역에 상관없이 일정함. 즉, 작물의 시비량 증가에 따른 수량반응 (생산수량)은 지역에 따라 상이하지만, 작물의 시비량 증가에 따른 수량반응 형태 (최대수량 반응 시비부하, 시비부하에 따른 수량증가 및 감소율 등)는 지역에 상관없이 동일하다고 가정함.
- 가정 ④ 비료시비에 따른 작물의 수량반응은 화본과 작물의 경우 2차함수 모델 (Quadratic function model)을 따르고, 이외의 작물은 지수함수 모델 (Exponential function model)을 적용함. 벼와 같은 화본과 작물은 작물의 시비량 증가와 함께 작물의 수량반응이 증가하고, 적정 시비량을 초과하는 경우 작물의 수량반응이 감소하는 특성을 가지며, 밭작물의 경우 작물의 시비량 증가와 함께 작물의 수량반응이 증가하고, 적정시비량을 초과하는 경우 작물수량 반응 증가가 일어나지 않는 것으로 가정함.
- 위의 4가지 가정에 기초하여 지역단위 양분수지 지표의 관리목표 도출 방법론을 도출하였으며, “가정 ①”에 따라 양분부하 변동에 따른 양분수지 수치모사에서 양분부하 변동에 따른 작물생산에 의한 양분유출을 모사함으로써 지역단위

위 양분수지 수치모사가 가능함.

- 따라서, 양분부하 변동에 따른 작물생산 양분유출 모사를 위해 “가정 ②”에 기초하여 식(4)로 정의함.

$$\text{지역 양분부하} = \frac{\text{농경지 양분 유입량 } (B)}{\text{농경지 양분 요구량 } (C)} = \text{농경지 시비부하} \dots \text{식(4)}$$

- 또한, 가정 ③, ④에 기초하여 농경지 양분부하 변동에 따른 작물생산 수량반응은 화분과 작물의 경우 식(5)를 화분과 이외의 작물에 대해서는 식(6)을 적용하여 작물별 작물생산 수량반응 함수식의 계수는 작물별 시비반응 시험연구 자료에 기초하여 도출함.

$$f_i(N_i) = a_i N_i^2 + b_i N_i + c_i \quad (\text{Quadratic model, 곡류 작물}) \dots \text{식(5)}$$

- * $f_i(N_i)$ 는 단위면적당 질소비료 시비반응 함수 (kg/10a)이며, a_i, b_i, c_i : 화분과 작물별 시비반응 함수의 계수를 의미함.

$$f_i(N_i) = a_i + b_i \exp(c_i N_i) \quad (\text{Exponential model, 서류, 두류, 채소, 과수 등}) \dots \text{식(6)}$$

- * $f_i(N_i)$: 단위면적당 질소비료 시비반응 함수 (kg/10a)이며, a_i, b_i, c_i : 화분과 이외의 작물별 시비반응함수의 계수를 의미함

- 지역별로 양분부하 (시비부하) 변동에 따른 작물별 시비반응 함수는 지역의 양분부하 (시비부하)에서의 작물별 생산량 (kg/10a)을 초기 입력수치로 하여 작물별 시비반응 지역 최적화 함수를 구하였으며, 작물별 시비반응 지역 최적화 함수는 식(7)과 식(8)과 같음

$$f_i(L_{N_j}) = a_{(i,j)} L_{N_j}^2 + b_{(i,j)} L_{N_j} + c_{(i,j)} \quad (\text{Quadratic model, 곡류 작물}) \dots \text{식(7)}$$

- * $f_i(L_{N_j})$ 는 화분과 작물에 대한 지역별(j) 단위면적당 질소비료 시비반응 최적화 함수이며, L_{N_j} 는 지역별(j) 질소 양분부하이므로, $a_{(i,j)}, b_{(i,j)}, c_{(i,j)}$ 는 지역별(j) 작물별(i) 최적화 시비반응 함수의 계수임.

$$f_i(L_{N_j}) = a_{(i,j)} + b_{(i,j)} \exp(c_{(i,j)} L_{N_j}) \quad (\text{Exponential model, 서류, 두류, 채소, 과수 등}) \dots \text{식(8)}$$

- * $f_i(L_{N_j})$ 는 화분과 이외의 작물에 대한 지역별(j) 단위면적당 질소비료 시비반응 최적화 함수이며, L_{N_j} 는 지역별(j) 질소 양분부하이므로, $a_{(i,j)}, b_{(i,j)}, c_{(i,j)}$ 는 지역별(j) 작물별(i) 최적화 시비반응 함수의 계수임.

- 지역별 양분부하 변동에 따른 작물생산에 의한 질소 양분유출량은 식(9)와 같이 산출하였으며, 지역별 양분부하 변동에 따른 작물 부산물에 의한 질소 양분 유출량은 식(10)과 같이 산출함.

$$CP(L_{N_j}) = \sum_i^n f_i(L_{N_j}) C_{N_i} \dots \text{식(9)}$$

- * CP(LNj)는 지역별(j) 질소 양분부하 변동에 따른 작물생산에 의한 질소 유출량 (kg-N ha⁻¹ yr⁻¹) 추정 함수이고, LNj는 해당지역(j)에서의 질소 양분부하 (시비부하) (LNj>0)이며, CNi는 작물별(i) 질소성분 함량 (%)을 의미함.

$$CB(L_{N_j}) = \sum_i^n f_i(L_{N_j}) B_{N_i} CB_{N_i} \dots \text{식(10)}$$

- * CB(LNj)는 지역별(j) 질소 양분부하 변동에 따른 작물부산물 생산에 의한 질소 양분 유출량(kg-N ha⁻¹ yr⁻¹) 추정 함수이고, LNj는 해당지역(j)에서의 질소 양분부하 (시비부하) (LNk>0)이며, BNi는 작물별(i) 부산물 발생 비율이고, CBNi는 작물부산물별 질소성분 함량(%)을 의미함.

- 지역단위 양분수지 지표 관리목표는 식(9)와 식(10)을 2차함수 (Quadratic model)로 다시 최적화함. 식(11), 식(12)와 같이 지역별 작물 표준화 질소 유출량 (작물생산 질소 유출)과 지역별 작물부산물 표준화 질소유출량 (작물부산물 질소 유출) 추정 함수를 구하고, 식(11)을 1차 미분하여 작물생산에 의한 질소 유출이 최대가 되는 질소부하 (순질소수지) 지점을 양분관리 목표 지표로 설정함.

$$CP(L_{N_j}) = \sum_i^n f_i(L_{N_j}) C_{N_i} = a'_{(i,j)} L_{N_i}^2 + b'_{(i,j)} L_{N_i} + c'_{(i,j)} \dots \text{식(11)}$$

- * LNj는 지역별(j) 질소 양분부하이고, a'(i,j), b'(i,j), c'(i,j)는 지역별(j) 작물별(i) 표준화 작물생산에 의한 질소 유출 함수의 계수임.

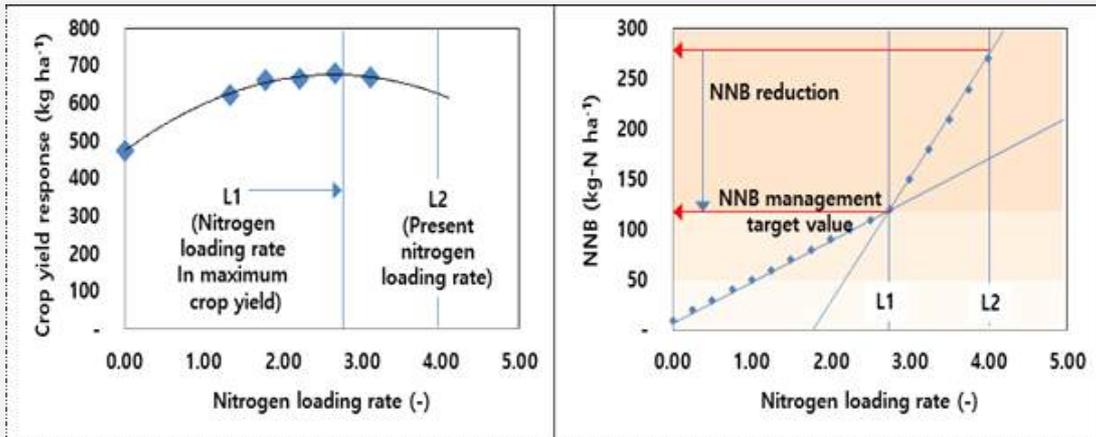
$$CB(L_{N_j}) = \sum_i^n f_i(L_{N_j}) B_{N_i} CB_{N_i} = a'_{(i,j)} L_{N_j}^2 + b'_{(i,j)} L_{N_j} + c'_{(i,j)} \dots \text{식(12)}$$

- * LNj는 지역별(j) 질소 양분부하이고, a'(i,j), b'(i,j), c'(i,j)는 지역별(j) 작물별(i) 표준화 작물부산물 생산에 의한 질소 유출 함수의 계수임

- 최종적으로 지역별 양분수지 관리 목표지표 도출을 위하여 지역별 양분부하-양분수지 변동 관계를 도출함.
- 지역의 질소 양분부하 변동에 따른 양분유입 항목 중에서 가축분뇨 퇴·액비, 무기질비료, 유기질비료의 유입량은 지역의 질소 양분부하 변동과 비례하여 정량적으로 변동시켰으며, 기타 질소 양분유입 항목인 생물학적 질소고정, 종자 및 종묘, 대기강하물, 관개수는 비료 투입량과 관계없는 농업생산 활동 및 환경 인자로서 양분부하 변동과 관계없이 변동하지 않는 것으로 간주함.
- 질소 양분유출 항목에서 작물생산과 작물부산물 항목은 식(9)과 식(10)을 통해 산출하였으며, 질소양분의 대기유출은 가축분뇨 퇴·액비, 무기질비료, 유기질비료의 유입량에 따른 종속변수로서 아래의 표와 같은 방법론에 따라 산출함.

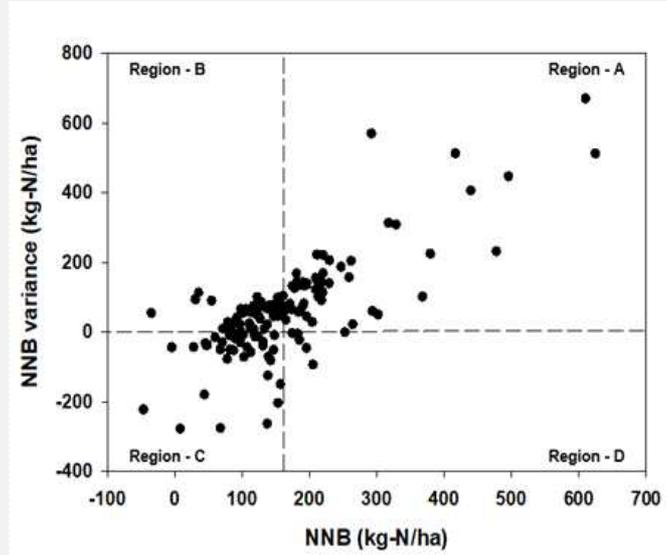
<질소양분의 대기유출 산출과정>

Nutrient output	Equations
Atmospheric outflow (VDoutput, kg yr ⁻¹)	$\sum_i^n (FS_i \times FV_i) + \sum_j^n (A_j \times DN_j)$ [FS _i (kg yr ⁻¹) : supply by fertilizer type (i), FV _i (%) : ammonium nitrogen volatilization rate by fertilizer type (i), A _j (ha) : cultivation area by crop type (j), DN _j (kg yr ⁻¹) : N ₂ O-N emission amount by crop type (j)]



<양분부하 변동-작물생산, 양분부하 변동-양분수지 상관관계 비교>

- 최종적으로 적정양분수준 도출 결과를 통하여 현재 순질소수지와 적정양분관리를 위한 지역 양분수지 저감 목표량을 기준으로 지역의 양분관리 특성을 4개 지역으로 구분함. x 축은 현재 지역 양분수지 지표 수준으로 전국평균을 기준으로, y축은 수계유출잠재량 저감목표로 저감목표가 0 kg/ha를 기준으로 구분함.



<지역단위 순질소수지 기준 양분관리 특성 구분>

<지역단위 적정양분 관리를 위한 목표설정 및 경축순환농업 방안 도출 개념>

구분		현재 지역 양분수지 지표수준 (수계유출잠재량)	
		이하 ----- 전국평균기준 (kg-N/ha) -----	이상
수계 유출 잠재량 저감 목표	증가 ↑ 0 kg/ha	Region - B	Region - A
		<ul style="list-style-type: none"> • 현재 질소 수계유출 잠재량이 적은 지역 • 질소 양분 저감이 작게 요구되는 지역 • 대책방안 : 수계양분유출 저감 	<ul style="list-style-type: none"> • 현재 질소 수계유출 잠재량이 많은 지역 • 양분 저감이 크게 요구되는 지역 • 대책방안 : 가축분뇨 퇴액비, 무기질비료 양분투입량 저감
	감소 ↓	Region - C	Region - D
		<ul style="list-style-type: none"> • 현재 질소 수계유출 잠재량이 적은 지역 • 양분 저감이 불필요한 지역 • 대책방안 : 작물생산성 증진을 위한 양분 추가 투입 	<ul style="list-style-type: none"> • 현재 질소 수계유출 잠재량이 많은 지역 • 양분 저감이 불필요한 지역 • 대책방안 : 양분의 효율적 이용, 수계 양분유출 저감

46) 상지대학교 산학협력단(2022) “지역/국가단위 경축순환 모델개발(공동연구기관, 환경대학교 연구자료)” 농림축산식품부 단계보고서

나. 양분관리 프로그램(안)의 적용(강원 횡성)⁴⁷⁾

○ 토양수지 방법론을 이용하여 강원도 횡성군의 질소수지를 분석한 결과는 다음과 같음.

표 IV-16. 지역 양분부하 및 양분유입 항목 분석(강원 횡성)

지역	질소부하	가축분뇨 퇴액비	무기질비료	유기질비료	질소고정	종자	대기강하물	관개수	합계
		kg-N/ha							
횡성군	2.62	151.62	213.53	29.14	1.80	2.20	23.19	0.96	422.44
횡성읍	6.79	740.48	111.54	28.99	1.03	2.18	23.19	6.26	913.68
갑천면	3.01	80.98	278.20	28.99	2.98	2.40	23.19	1.15	417.88
강림면	2.04	56.04	228.08	28.99	4.54	2.48	23.19	0.13	343.45
공근면	1.48	70.79	95.93	28.99	2.11	2.83	23.19	0.96	224.79
둔내면	1.71	91.61	263.11	28.99	1.38	1.41	23.19	0.62	410.33
서원면	4.95	268.75	283.20	28.99	1.27	2.52	23.19	-	607.93
안흥면	2.98	331.30	410.70	28.99	0.05	0.71	23.19	0.57	795.52
우천면	1.28	89.02	117.84	28.99	0.01	0.91	23.19	1.09	261.05
청일면	3.55	82.38	402.78	28.99	1.48	1.88	23.19	-	540.71

표 IV-17. 지역 양분부하 및 양분유출 항목 분석(강원 횡성)

지역	질소부하	작물생산	작물부산물	대기유출	수계유출	합계
		kg-N/ha				
횡성군	2.62	60.58	17.92	59.54	284.40	422.44
횡성읍	6.79	60.89	24.90	206.39	621.51	913.68
갑천면	3.01	59.09	18.35	108.72	231.72	417.88
강림면	2.04	65.99	8.06	101.58	167.81	343.45
공근면	1.48	32.17	12.83	45.32	134.46	224.79
둔내면	1.71	101.97	9.14	103.86	195.36	410.33
서원면	4.95	52.81	25.05	155.07	374.99	607.93
안흥면	2.98	123.63	11.74	229.94	430.20	795.52
우천면	1.28	30.40	14.10	65.31	151.24	261.05
청일면	3.55	63.87	23.71	143.50	309.63	540.71

47) 삼지대학교 산학협력단(2022) “지역/국가단위 경축순환 모델개발(공동연구기관, 환경대학교 연구자료)” 농림축산식품부 단계보고서

- 강원도 횡성군의 양분부하-양분수지 변동 관계를 도출하여 지역단위 양분수지 관리지표를 분석한 결과, “Region-A”인 현재 질소 수계유출 잠재량이 많고 적정양분 관리를 위해 양분 저감이 크게 요구되는 지역 중에서도 가축분뇨 퇴·액비, 무기질비료, 기타 항목에 의한 양분유입 함량이 50% 이상인 지역으로 분류됨.

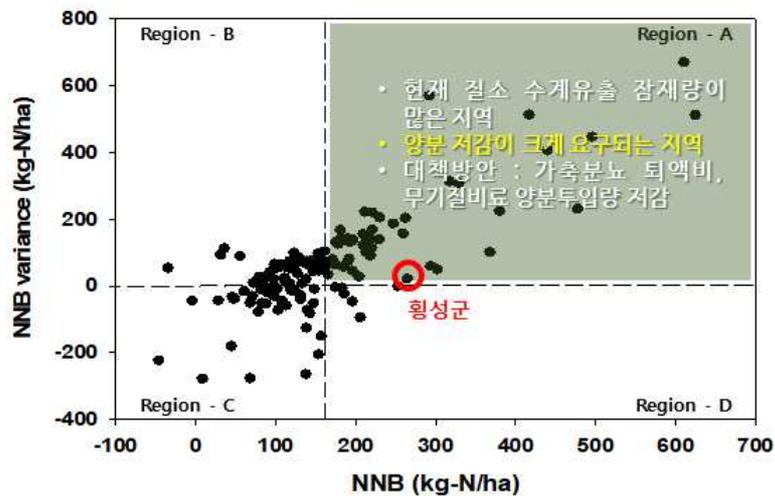


그림 IV-13. 지역단위 양분수지 관리지표 분석(1)(강원 횡성)

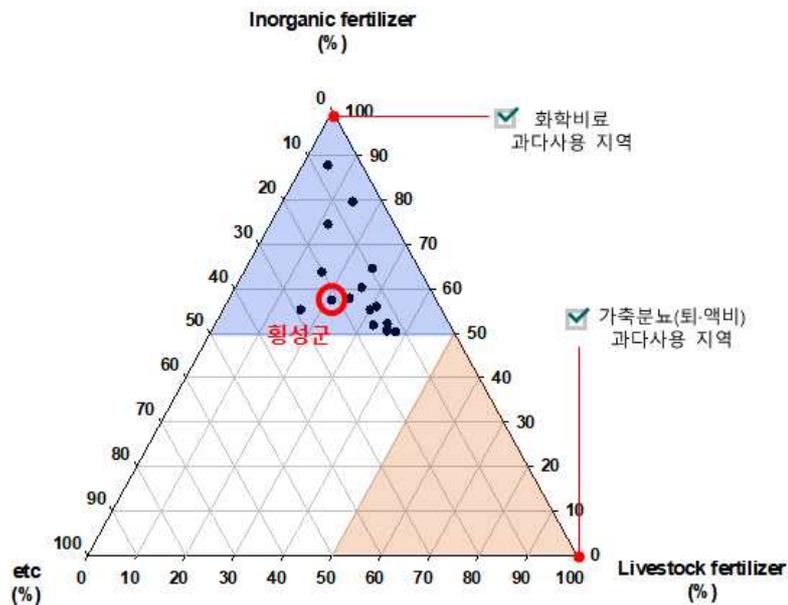


그림 IV-14. 지역단위 양분수지 관리지표 분석(2)((강원 횡성)

6. 지역단위 경축순환농업 거버넌스 모델 추진 사례(강원 횡성)

- 강원도 횡성군의 대표 브랜드인 횡성한우 및 횡성축산업은 지역발전을 견인하는 중심 산업 중 하나이나, 최근 축산냄새 민원과 축분처리 문제로 인하여 지역 주민간 갈등이 심화되고 있음.

- 이러한 축산업의 고질적 문제를 해결할 수 있는 방안으로 경축순환농업이 제시되고 있으며, 횡성군에서도 다양한 관련 프로그램을 가동하고 있음.
 - 2019년 “지속가능 경축순환농업 협력체계 MOU 체결(횡성군·축산환경관리원·국립식량과학원)”을 중심으로, 2020년에는 “횡성군 가축분뇨 액비유통 민간협약체 구성”, “경축순환농업 협력체계 구축 및 활성화 관계기관 회의(횡성군·농식품부·축산환경관리원)”, “지역단위 경축순환농업 우수사례 현장전문가 방문 초청” 등이 추진되었으며, 특히 2021년에는 “횡성한우 중심 경축순환농업 활성화 방안” 및 “가축분뇨 실태조사 및 경축순환 활성화 계획”을 수립하고 “횡성군 경축순환농업 추진 협의회(T/F팀)”을 구성 및 활동하는 등 경축순환농업 관련 사업 추진에 집중하여 왔음.

- 횡성군의 지역단위 경축순환농업 거버넌스 모델이라 할 수 있는 “횡성군 경축순환농업 추진 협의회(T/F팀)”은 횡성군과 다양한 분야의 지역 전문가들로 구성되어 당면 과제에 대한 협회 및 포럼 등을 운영하고 있음.

【참고】 “횡성군 경축순환농업 추진 협의회(T/F팀)”의 거버넌스 구축 논의 사례

- 탄소중립형 축산분야에서의 경축순환농업의 위치
 - 탄소중립형 축산분야 고려 시 세부적으로 △가축분뇨 관리 부문과 △가축분뇨 이외 부문으로 구분할 필요가 있음. 그중에서도 경축순환농업은 가축분뇨 관리 부문 내 자원화 분야에 속함.

○ 지역단위 경축순환농업 거버넌스 구축 고려사항

- 축산분야 탄소중립 대안 중 경축순환이 핵심인 것은 틀림없으나, 기본적으로 다음을 고려해야 함
- *가축분뇨 퇴·액비의 생산·양분·품질 관리: 기본으로 충족되어야 할 항목이며, 불충족 시 경축순환 논의 자체가 불가능함.
- *경종농가에서도 동일한 공감대로 수용하고 있는지 여부 판단: 경종농가의 입장을 반영한 경축순환 모델 제시 필요함.
- *경종·축산 주체 및 분뇨처리 주체, 지자체 공공기관 등이 결합된 운영 모델의 구상이 필요함.



<거버넌스 참여 주체>

- 지자체
- 농축협
- 경종농가(농민단체)
- 축산농가(축산단체)
- 퇴액비 생산/유통조직
- 지역 전문가 그룹
- 환경단체
- 소비자단체

<형성형 경축순환농업 거버넌스 업무 구상 모식도>

○ 운영협의체 구성 및 임무

- 거버넌스 참여 주체(지자체, 경종, 축산, 자원화조직체 등) 구성 및 역할 분담
- 운영협의체(지자체 중심) 산하에 경축순환센터(사업단) 구축
- 운영협의체는 조례, 정책, 지원, 인증프로그램, 인센티브 등 기본 계획 수립
- 운영협의체는 사업단 구성시 운영 및 예산지원 등 독립적 경영을 통해 자립할 수 있도록 관리
- 사업단은 경축순환 증장기 계획 수립 및 실질적 사업 추진
- 사업단은 사무직원 외 분야별(축산환경, 농업 등) 전문가 그룹을 확보하여 전문성 강화
- 사업단은 경축순환, 양분관리, 컨설팅, 교육 등 관련 수익사업을 통해 지속가능성 확보
- 정량적/공익적 성과지표 관리 (목표 수립 및 달성여부)

○ 탄소중립형 축산환경정책을 위한 축산환경지표 개념

<가축분뇨 관리 부문 축산환경 지표>

	1. 축사환경	2. 가축분뇨 자원화 및 정화처리
축산농가 중심	<p>※가축분뇨 유래 온실가스 감축 지표</p> <ul style="list-style-type: none"> 가축분뇨 탄소중립 종합지표 개념화(친환경·저탄소·신재생에너지 등 통합) 가축분뇨 유래 온실가스 및 인벤토리 지표 가축분뇨 양분배출 지표(축종별) 기타: 가축분뇨 환경관리 지표 (냄새, 암모니아, 미세먼지 등) 	<p>※가축분뇨 처리 방법별 온실가스 감축 지표</p> <ul style="list-style-type: none"> 가축분뇨 처리 방법에 따른 온실가스 배출계수(퇴·액비 및 정화처리) 자원화 공정 양분 배출계수 관리 지표 퇴·액비 생산/양분/품질 관리 및 표시 지표 저에너지 이송 및 이송 지표 가축분뇨 바이오가스 에너지화 이활용 지표
지역단위 중심	<p>3. 지역단위 경축순환(탄소순환)</p> <p>※친환경축산, 경축순환의 온실가스 감축 및 탄소중립과의 관계 정립·지표화</p> <ul style="list-style-type: none"> 지역단위 가축분뇨 환경 및 거버넌스 개념화 지역단위 가축분뇨 자원순환률 지표(경농농가의 가축분뇨 활용 지표) 지역단위 가축분뇨 양분관리 및 온실가스 통계정보 지표 자원화조직체(시설) 분뇨자원 이용 및 온실가스 저감 지표 민간형 경축순환 거버넌스 지표 	<p>4. 정책 및 제도(지자체·광역·정부)</p> <p>※공공형 탄소중립 경축순환 거버넌스 지표</p> <ul style="list-style-type: none"> 지역단위 축산분뇨 자원순환 지표 경종농가의 거버넌스 참여 지표 화학비료의 가축분뇨 유기 퇴·액비 대체율 지표 지역단위 농지/산림의 가축분뇨 유래 탄소저감 지표

<가축분뇨 이외 부문 축산환경 지표>

	1. 사료(자급화)	2. 사양관리	3. 에너지(축사시설 및 설비)
축산농가 중심	<p>※탄소중립형 사료 지표</p> <ul style="list-style-type: none"> 지역단위 사료 자급률 지표(축종별) 기타: 사육두수 최적화 지표 	<p>※탄소중립형 사양 지표</p> <ul style="list-style-type: none"> 메탄억제사료 인증지표(조사료, 첨가제 등) 저단백사료 인증 지표 사육기간 단축 및 장내발효 저감화 지표 사육 전과정 온실가스 배출 지표 	<p>※탄소중립형 축산농가 인증 지표</p> <p>※에너지절감형 축사 시설 인증 지표</p> <ul style="list-style-type: none"> 축사 에너지 효율성 관리 지표 축사 신재생에너지 이용률 지표 축사 전기소비 절감 지표 축사 장비 에너지소비 절감 지표 기타: 저탄소축산물 인증 참여 지표
지역단위 중심	<p>4. 경종단위 탄소중립</p> <p>※초치·조사료 등 농작물별 탄소배출 및 흡수 지표</p> <ul style="list-style-type: none"> 토양 탄소격리(저장) 평가 지표 탄소중립 거버넌스 인센티브 전략지표(바이오매스 및 경축순환 등 거버넌스 이용 그룹 인센티브 전략) 		<p>5. 정책 및 제도(지자체·광역·정부)</p> <p>※탄소중립형 경축순환 촉진 참여농가(경종/축산) 인센티브 제도 지표</p> <ul style="list-style-type: none"> 화학비료 대체 및 절감을 지표(목표달성 농가 인센티브 지표) 탄소중립 수익형 사업화 지표(탄소중립 유망기술 보유기업 지표화) 가축분뇨 비농업용 이용 지표(곤충사료, 바이오배지, 블루카본 격리·저장 등)

- “횡성군 경축순환농업 추진 협의회(T/F팀)”을 중심으로 2021년부터 2022년까지 3회에 걸쳐 지역공동체 이해관계자와 공감대 형성을 위한 “축산발전 미래포럼”을 추진하고 있음.
- 2021년 제1회 포럼에서는 경축순환농업을 중심 키워드로 포럼이 진행되었으며, 2022년 제1회 및 제2회 포럼에서는 축산분야에 대해 변화되는 정부 정책 및 시대적 당면과제에 따라 경축순환농업을 포괄적으로 담은 ‘공공형 통합 바이오에너지화시설 사업 추진 방향’ 등으로 주제가 점점 진화되고 있음.
- 현재 횡성군은 기존 퇴·액비화 위주의 가축분뇨 처리 방식이 한계에 이른 현 상황에 대응하여 바이오가스(가축분뇨+음식물폐기물) 혹은 축분고체연료를 활용한 발전 방식으로 전환하겠다는 구상을 하고 있음. 즉, 가축분뇨 에너지화를 기반으로 한 ‘탄소 중립형 자원 순환농업 모델’ 구축을 통해 양분관리제 및 탄소중립 2050에 대비한 가축분뇨 처리 방안을 마련하겠다는 구상임. 이를 위해서는 다양한 이해관계자들의 공감대를 형성하는 것이 무엇보다도 중요한 과제로 대두될 수밖에 없다는 입장을 가지고 있음.
- 한편, 횡성군은 관내 경축 순환농업을 활성화하기 위한 조례 관련 노력도 꾸준히 기울여 왔음. 2022년에는 “횡성군 경축순환농업 추진 협의회(T/F팀)”에서 도출된 협의 내용을 기반으로 “횡성군 경축순환농업실현 추진협의회 운영규정(시행 2022.03.24.)”을 제정하였음.

[참고] 황성군 경축순환농업실현 추진협의회 운영규정(시행 2022.03.24.)

제1조(목적) 이 규정은 황성군의 지역자원을 기반으로 축산업생산의 부산물을 농업생산 내부에서 다시 활용함으로써 농업 환경 및 생태계를 보전하고, 지역 내 농축산업 간 연계를 높여 지역 순환구조를 확립하고자 하는 황성군 경축순환농업실현 추진 협의회의 구성 및 운영에 관한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(기능) ① 황성군 경축순환농업실현 추진협의회((이하“협의회”라 한다)는 다음 사항을 협의 조정한다.

1. 황성형 탄소중립 경축순환농업 모델 개발에 관한 사항
2. 경종농가의 공감대 형성을 위한 교육, 홍보에 관한 사항
3. 황성군 경축순환농업실현 장기 발전계획 및 연차별 시행계획 수립에 관한 사항
4. 그 밖에 협의회 의장이 부의하는 사항

제3조(구성) ① 협의회는 의장 1명과 부의장 1명을 두고 위원은 의장을 포함하여 25명 이내로 하되 간사는 대학을 포함, 군청 소관 업무 팀장으로 4명을 둔다.

② 의장과 부의장은 위원 중에서 호선(互選)하며 위원은 다음 각 호에 해당하는 사람 중에서 군수가 임명하거나 위촉한다.

1. 축산농가, 경종농가 및 농업·축산관련단체 대표
2. 경축순환농업 및 학계·연구기관에 종사하는 인사
3. 황성군에서 관련분야에 종사하는 공무원
4. 그 밖에 사회단체 등에서 경축순환농업에 전문지식이 있거나 경험이 풍부한 인사

③ 간사는 다음과 같이 한다.

1. 농정기획팀장
2. 축산정책팀장
3. 과학영농팀장
4. 대학 실무팀장

제4조(임무) ① 의장은 회의를 주재 총괄하고 협의회를 대표한다.

② 부의장은 의장을 보좌하며, 의장이 부득이한 사유로 직무를 수행할 수 없을 때에는 부의장이 대행한다.

③ 간사는 의장의 명을 받아 협의회 사무를 처리하고 회의록을 작성하여 비치 관리한다.

제5조(임기) 의장, 부의장 및 위원의 임기는 2년으로 하며 연임 할 수 있다. 다만, 공무원인 위원의 임기는 그 직의 재직기간으로 한다.

제6조(회의) ① 협의회의 회의는 2개월마다 개최하는 것을 원칙으로 하되 위원의 요구가 있거나 필요 시 의장이 소집한다.

② 회의는 재적위원 과반수의 출석으로 성립하고 출석위원 과반수의 찬성으로 의결한다.

③ 회의에 참석하지 못하는 위원이 서면으로 의사 표시한 경우 출석과 의결에 참여한 것으로 한다.

④ 의장은 표결권을 가지며 가부동수일 때에는 의결권을 가진다.

제7조(분과위원회) ① 협의회를 능률적으로 운영하기 위하여 분과위원회를 둘 수 있다.

② 분과위원회는 위원장 1명을 포함하여 10명 이내로 구성하며 간사는 업무주관 팀장으로 한다.

제8조(운영세칙) 이 규정에서 정한 것 외에 필요한 사항은 협의회의 의결을 거쳐 의장이 정한다.

부 칙<훈령 제485호, 2022. 3. 24.>

이 규정은 발령한 날부터 시행한다.

제5장 조례 정비 및 개발

제1절 가축분뇨 관련 주요 법령 및 관리제도

1. 가축분뇨 관련 주요 법령⁴⁸⁾⁴⁹⁾⁵⁰⁾

- 국내 가축분뇨 관련 주요 법령은 광의적으로 축산환경에 대한 관련 법령으로 볼 수 있음. 축산환경과 관련된 법규는 환경부에서 시행 중인 「가축분뇨법」, 「대기환경보전법」, 「악취방지법」 등이 있음.
- 1960년대: 「가축전염병예방법」(1961년), 「축산물가공처리법」(1962년), 「축산법」(1963년) 등 축산물의 위생적 관리와 질병 발생 방지를 위한 법률을 제정함.
- 1980년대: 「환경보전법」(1981년)에서 축산시설을 폐수배출시설로 간주하고 대규모축사 시설을 규제하는 근거 마련됨. 「폐기물관리법」(1987년)에서 전업규모축산농가의 분뇨처리시설 설치를 의무화함.
- 1990년대: 「수질환경보전법」(1990년), 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」(1991년)을 통해 가축분뇨 유래의 수질오염 방지 논의가 이루어지기 시작함.
- 2000년대: 악취 및 환경오염 문제가 대두 되면서 「악취방지법」(2004년)이 제정되었으며, 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」이 폐지되고, 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」(2007년)(이하 가축분뇨법)로 가축분뇨 부분이 분리됨. 또한 가축분뇨의 자원화 및 이용에 관한 사항을 시행하는 것을 목적으로 「가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙」(2007년)이 제정됨.
- 2010년대 이후: 가축분뇨에 의한 환경부담 증가 및 가축질병 발생 등으로부터 국내 축산업을 친환경적인 방향으로 유도하고자 「축산업허가

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

49) 정민국 외(2021) “축산업 환경영향 분석과 정책과제”

50) (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향”

제」(2013년) 도입·시행하였으며, 2020년에는 「축산법」에 축산환경의 개념을 추가하고 시행규칙으로 축산환경 개선계획이 수립됨. 2022년에는 축산 악취관리를 강화하는 개정된 「축산법」 시행령·시행규칙 공포됨.

- 가축분뇨의 이용, 처리, 관리 등과 관련된 법령으로는 상기 「악취방지법」을 포함하여 「비료관리법」 및 「신재생에너지촉진법」 등이 있음.

표 V-1 축산업의 환경오염 문제와 규제정책

발생원	축산업의 환경오염	법규 및 정책	소관부처
분뇨	수질오염	가축분뇨법	환경부
가축, 분뇨	온실가스 (이산화탄소, 메탄, 이산화질소 등)	탄소중립기본법	환경부
축사, 가축, 분뇨	대기오염(암모니아 등)	대기환경보전법	환경부
축사, 가축, 분뇨	악취(암모니아 등)	악취방지법	환경부
퇴·액비	토양오염(양분과잉)	가축분뇨법	환경부

*출처: 정민국 외(2021) “축산업 환경영향 분석과 정책과제”

2. 가축분뇨 관련 주요 관리제도⁵¹⁾

- 축산환경과 관련된 제도는 크게 가축분뇨, 축산악취와 같은 환경오염 관련 정책, 축산물의 안정성 관련 정책, 가축 사육환경 관련 정책으로 구분할 수 있음.
 - 가축분뇨 관련: 가축분뇨 처리 지원사업, 액비유통센터, 공동자원화센터, 경축순환센터, 가축분뇨 전자인계 관리시스템, 퇴·액비 부속도, 가축분뇨전자인계관리시스템 등
 - 축산악취 관련: 양돈사료 단백질 함량 제한, 축산악취개선사업, 악취 모니터링 시스템 사업 등
 - 안정성 관련: 축산물 검사, 축산업 등록 및 허가제, 가축거래상인 등록제, 차량등록제, 예방약품/백신/가축사체 처리 지원사업, 친환경 안전 축산직불제도, 축산물이력추적제, 축산물 HACCP, 유기인증제 등
 - 사육환경: 동물복지 축산농장 인증 등
 - 축산환경: 축산환경전담기구 신설, 친환경 스마트축산단지 조성 사업, 환경친화축산농장, 깨끗한축산농장 등

- 최근 국제사회는 지구온난화 문제에 대해 탄소중립 관련 대응방안을 마련하고 있으며, 우리나라도 2050 탄소중립 기본방향과 함께 축산분야의 대응 전략을 수립하여 추진하고 있음.⁵²⁾⁵³⁾
 - '18년 기준 우리나라 온실가스 총 배출량은 7억2,760 만톤-CO₂eq.이며, 이 중 농업분야는 2,120 만톤-CO₂eq.(2.9%), 농업분야 내 축산부문은 940 만톤-CO₂eq.(국가 전체 배출량의 1.3% 수준)의 온실가스를 배출하는 것으로 보고되고 있음.
 - 농림축산식품부(2022)는 “2030 NDC 상향안과 연계한 축산환경 개선 대책”을 통해 지속가능한 축산업 실현을 위하여 크게 ①저탄소 사양관리, ②가축분뇨 적정처리, ③축산악취 저감, ④축산환경개선 기반 구

51) (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향”

52) (사)한국축산환경학회(2022) “기후위기 대응 탄소중립형 축산분야 정책방안”

53) 상지대학교 산학협력단(2022) “가축분뇨 액비 이용 다각화 연구”

축 등으로 분야를 구분하고 이에 대한 세부 정책수단을 제시하였음(※ NDC: Nationally Determined Contribution, 국가결정기여 온실가스 감축 목표).

- 저탄소 사양관리: 저메탄 사료 개발 및 제도화, 사료 내 잉여질소 상한기준 등 강화, 가축분뇨 발생감축 등을 위한 기준 강화, 축종별 사육방식 개선 등
- 가축분뇨 적정처리: 대규모 농가 및 위탁시설의 정화처리 확대, 퇴비의 비농업계 이용(바이오차, 고체연료 등) 확대, 에너지화 확대, 위탁처리시설 처리용량 확대, 지역여건에 맞는 지역단위 경축순환농업 활성화 등
- 축산악취 저감: 시설기준 및 농가 준수사항 강화, 축사 특성에 맞는 악취배출허용기준 마련, 농촌 공간계획 연계, 축산지구 신설, 축산악취 우려 지역 및 농가 관리 강화 등
- 축산환경개선 기반 구축: 축산환경개선 법적 근거 마련, 축사환경 관련 통계 고도화, 연구개발(R&D) 확대, 축산환경 전문컨설턴트 양성 확대 등

제2절 가축분뇨 자원화 관련 조례 개발 사례⁵⁴⁾

1. 가축분뇨 이용 활성화 관련 주요 조례 운영 사례

○ 괴산군 가축분뇨 자원화 및 활성화 지원사업 사례

- 근거법령: 괴산군 농어업·농촌 및 식품산업 지원에 관한 기본 조례
- 지원사업: 지자체에서는 군 예산으로 공동자원화시설에 연간 2억원을 지원함. 분뇨수거비는 톤당 10,000원, 연간 가축분뇨 수거량은 20,000톤 임(2억원/연).

표 V-2 괴산군 농어업·농촌 및 식품산업 지원에 관한 기본 조례 개요

조례 개요	
제1장 총칙	제1조(목적)
	제2조(정의)
	제3조(기본방향)
	제4조(군의 책임)
	제5조(농어업인 등의 책임)
	제6조(식품산업 종사자의 책임)
	제7조(소비자의 책임)
제2장 분야별 지원	제8조(기본원칙)
	제9조(지원범위 및 방법)
	제10조(농어업인 소득보전 등)
	제11조 (농어업 경쟁력 강화 및 경영안정) 9. 축산환경 개선을 위한 시설 및 장비 지원사업 13. 가축분뇨처리 및 공동자원화 지원사업 18. 농축산순환자원화센터 운영 등 퇴비생산 지원사업 24. 농축산순환자원화센터 운영 및 시설장비 지원사업
	제12조(농촌개발 및 복지증진)
	제13조(도농 교류 촉진)
	제14조(창업지원)
	제15조(산지 브랜드 경영체 지원)
	제16조(재해를 입은 농어업인 등에 대한 지원)
	제17조(지원신청)
제3장 지원절차 및 사후관리	제18조(지원사업 결정)
	제19조(지원금 교부)
	제20조(사후관리), 이하 생략

54) (사)한국축산환경학회(2021) “가축분뇨 자원화협의체 운영 활성화 방안 마련 연구”에서 재정리

○ 함양군 가축분뇨 자원화 및 활성화 지원사업 사례

- 근거법령: 함양군 농업·농촌 및 식품산업 지원에 관한 기본 조례
- 지원사업: 축산농가에 분뇨수거비 및 톱밥 등 연간 2억 원을 한돈협회 함양지부를 통해 지원함. 분뇨수거비의 경우 분뇨 톤당 10,000원을 지원하며(분뇨수거량 10,000톤/연, 1억원/연), 톱밥의 경우 톱밥 톤당 2,000원 기준으로 연간 50,000톤의 톱밥을 지원함(1억원/연).

표V-3 함양군 농업·농촌 및 식품산업 지원에 관한 기본 조례 개요

조례 개요	
제1장 총칙	제1조(목적)
	제2조(정의)
	제3조(군의 책무)
	제4조(농업인 등의 책무)
	제5조(소비자의 책무)
	제6조(농업관련 주체 간 협력)
	제7조(기본방향)
	제8조(지원범위 및 방법)
제2장 농업·농촌 및 식품산업 정책심의회	제9조(농업·농촌 및 식품산업 정책심의회 설치)
	제10조(기능)
	제11조(구성)
	제12조(위원의 해촉)
	제13조(위원의 임기)
	제14조(위원장의 직무)
	제15조(회의)
	제16조(분과위원회)
	제17조(수당 등)
제3장 농업인의 날 기념 행사	제18조(농업인의 날 기념 행사)
	제19조(행사 내용)
제4장 분야별 지원	제20조(기본원칙)
	제21조(농업인력·농업인단체 육성 및 창업촉진) ④농업인력 육성 및 경쟁력 제고를 농업 관련 민간단체 지원 7. 함양군축산단체협의회, (사)대한한돈협회 함양지부
	제22조(농업인 소득보전 등) 6. 쾌적한 농촌경관을 보전하고 지속가능한 축산기반을 조성하기 위한 사업
	제23조(농업의 경쟁력 제고와 경영안정)
	제24조(재해를 입은 농업인 등에 대한 지원)
	제25조(농촌개발 및 복지증진)
	제26조(지원신청)
	제27조(지원사업 결정)
제5장 지원절차 및 사후관리	제28조(지원금 교부)
	제29조(사후관리)
	제30조(준용)

○ 순창군 가축분뇨 자원화 및 활성화 지원사업 사례

- 근거법령: 순창군 축수산 발전 및 가축방역 지원에 관한 조례
- 지원사업: 양돈농가의 분뇨처리 어려움을 해소하고 액비 유통 활성화를 도모하기 위하여 순창군 관내 액비유통센터를 이용하는 양돈농가 분뇨처리비에 대해 연간 2억원을 지원함. 사업량은 분뇨처리량 8,000톤이며, 지원단가는 분뇨 톤당 25,000원 임.

표 V-4 순창군 축수산 발전 및 가축방역 지원에 관한 조례 개요

조례 개요	
제1조(목적)	
제2조(정의)	
제3조(기본방향)	
제4조(지원대상)	
제5조(지원범위)	1. 축·수산 및 가축방역 활동의 교육, 행사, 홍보를 촉진하는 사업 4. 축·수산업농가 사육 및 생산을 위한 시설현대화, 축·수산 기자재지원사업과 소득 증대를 위한 컨설팅(HACCP 및 친환경인증)지원 사업 5. 가축의 사료(풀사료)생산기반 확보를 위한 기계화축진 장비 지원 사업
제6조(사업신청)	
제7조(지원기준)	
제8조(준용)	

2. 가축분뇨 이용 활성화 관련 조례 개발 사례

- 남원시 가축분뇨 자원화 산업 활성화 및 지원에 관한 조례(안) 마련
 - 남원시 퇴·액비 유통협의체 활성화 관련 지자체 조례안(“남원시 가축분뇨 자원화 산업 활성화 및 지원에 관한 조례안”) 협의사항
 - 남원시 퇴·액비 유통협의체의 결의 결과 남원시 가축분뇨 자원화 활성화를 위한 조례(안) 작성함. 남원시 축산과 가축분뇨 담당자의 사전 검토 결과, 조례안의 내용이나 취지 목적이 타당하다고 인정됨. 향후 남원시 조례 제정 절차에 따라 의회 안건으로 추진함.
 - 본 조례(안)은 경축순환농업의 정착과 축산환경 개선에 필요한 가축분뇨 자원화 산업의 활성화를 위하여 지원사항을 규정하는 것에 목적을 가지고 있음. 지역단위의 경축순환농업을 정의하는 동시에 가축분뇨 유래의 자원화 지원사업에 대한 근거를 마련한 것이 핵심 골자임.
 - 남원시 가축분뇨 자원화 산업 활성화 및 지원에 관한 조례(안) 도출 사례

남원시 가축분뇨 자원화 산업 활성화 및 지원에 관한 조례(안)

제1조(목적) 이 조례는 경축순환농업의 정착과 축산환경 개선에 필요한 가축분뇨 자원화 산업의 활성화를 위한 지원사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 조례에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “가축분뇨 자원화 산업”이란 가축분뇨를 수거 및 처리하여 퇴·액비와 고체연료 및 바이오가스 등 유용 자원을 생산하여 이용하는 사업을 말한다.
2. “경축순환농업”이란 가축분뇨 자원화를 통해 생산된 퇴·액비를 경종농업에 투입하여 농산물 및 조사료 등을 생산하고 이 생산물의 부산물로 가축을 사육하는 방식의 농업을 말한다.

제3조(시장의 책무) ① 남원시장(이하 “시장”라 한다)은 가축분뇨 자원화의 활성화를 위한 시책을 수립·시행하여야 한다.

- ② 시장은 가축분뇨 자원화 현황을 조사하고 이를 바탕으로 가축분뇨 자원화 계획을 수립하여 경축순환농업의 정착을 위한 지원사업을 수립·시행하여야 한다.

제4조(지원계획 수립 등) ① 시장은 지속가능한 축산업 및 경종농업의 실현을 위하여 가축분뇨 자원화 산업의 육성 및 지원에 관한 계획(이하 “지원계획”이라 한다)을 수립하여야 한다.

- ② 지원계획에는 다음 각 호의 사항을 포함하여야 한다.

1. 가축분뇨 자원화산업의 지원 및 육성에 관한 사항
2. 가축분뇨 자원화 기술교육 및 전문 인력 양성에 관한 사항
3. 가축분뇨 자원화산업의 현황 등 실태조사에 관한 사항
4. 가축분뇨 자원화 기술개발 및 시설개선에 관한 사항
5. 그 밖에 가축분뇨 자원화산업의 육성을 위하여 시장이 필요하다고 인정하는 사항

제5조(지원 사업) 시장은 가축분뇨 자원화산업의 발전을 위하여 다음 각 호의 사업을 추진할 수 있다.

1. 가축분뇨 자원화산업 관련 시설 및 퇴·액비 부숙 및 발효와 관련된 기자재 지원 사업
2. 가축분뇨 자원화 신기술 개발 및 보급 사업
3. 가축분뇨 자원화산업의 경영안정에 필요한 사업
4. 가축분뇨 퇴·액비의 품질향상을 위하여 필요한 사업
5. 가축분뇨 자원화 관련 교육 사업
6. 그 밖에 가축분뇨 자원화 산업 발전을 위하여 시장이 필요하다고 인정하는 사업

제6조(비용의 지원) ① 시장은 제5조에 따른 사업을 추진하는 가축분뇨 자원화 산업에 대하여 예산의 범위에서 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있다.

- ② 제1항에 따른 사업의 지원 대상, 지원방법 및 절차 등은 시장이 정하며 「남원시 지방보조금 관리 조례」를 따른다.

제7조(시행규칙) 이 조례의 시행에 필요한 사항은 규칙으로 정한다.

부 칙

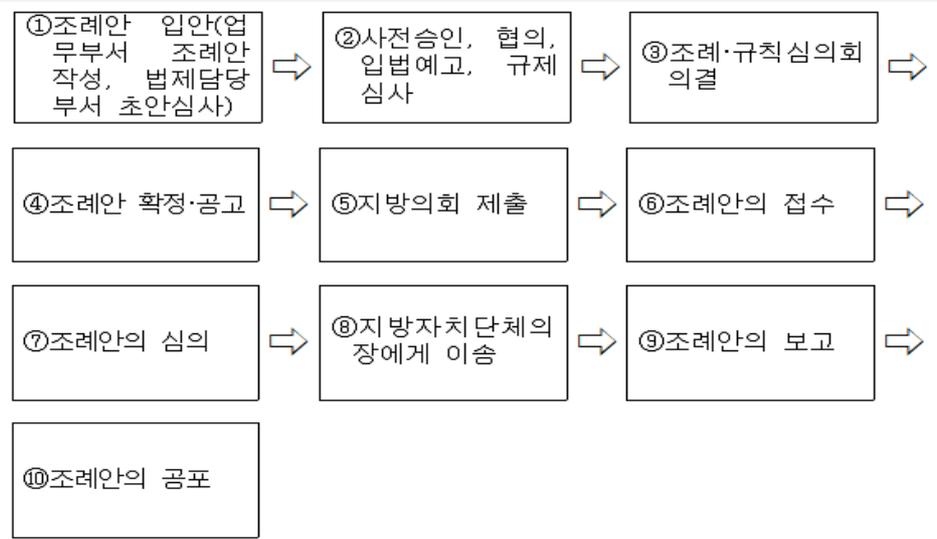
이 조례는 공포한 날로부터 시행한다.

【참고】 지자체 조례 제정 절차

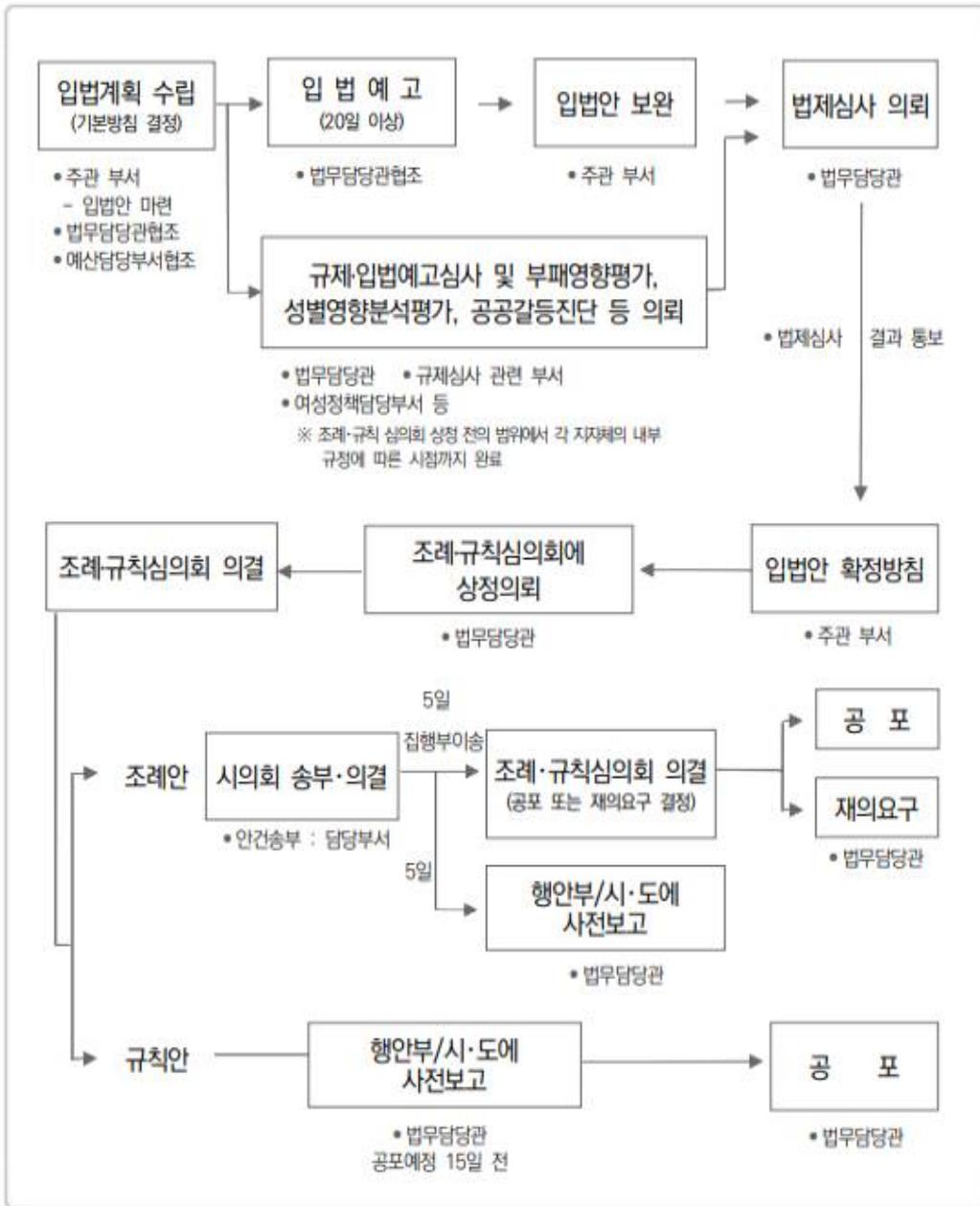
○ 지자체 조례 제정 절차

- ① 의안발의(재적의원 5분의 1 이상, 지방자치단체장)
- ② 의안접수(상위법령 위반여부 검토)
- ③ 본회의상정(조례심사특별위원회 설치 및 회부)
- ④ 조례심사특별위원회심사(제안자 설명, 질의, 토론, 표결, 의결)
- ⑤ 본회의 심사결과 보고(특별위원회 위원장이 보고)
- ⑥ 본회의 상정·심의(질의, 토론, 표결, 의결)
- ⑦ 지방자치단체 결과 이송(5일 이내 이송)
- ⑧ 단체장 또는 의장 조례공포(20일 이내 공포)

○ 지방자치단체의 장이 발의하는 조례의 입법과정



○ 자치법규 제정의 기본 절차



【참고】 자치입법권과 조례의 이론적 논의

자치입법권의의의

- 자치입법권이란 지방자치단체가 자신의 사무에 대하여 자신의 책임 아래 일정한 규칙을 정할 수 있는 입법기능이며, 지방자치의 핵심요소인 자기 결정권의 규범적 표현임
- 자치입법권의 보장은 법적으로 독립된 자주적인 단체로서 지방자치단체의 자율적인 프로그래밍(Selbsprogrammierung)의 보장이며, 자기표현(Selbstdarstellung)의 보장이 됨(조성규, 2008)
- 자치입법권의 근거는 헌법 제117조제1항은 지방자치단체는 “법령의 범위 내에서” 지방자치에 관한 조례를 제정할 수 있다”고 규정하고 있고, 지방자치법 제28조에서는 ”지방자치단체는 법령의 범위 안에서 조례를 제정할 수 있다“고 규정하여 지방자치단체의 자치입법권을 보장하고 있음
- 자치입법권에 의한 자치법규는 조례외에 지방자치법 제29조에 따라 지방자치단체장이 법령 또는 조례가 위임하는 범위 안에서 그 권한에 속하는 사무에 관하여 제정하는 규칙이 있음

자치입법의 유형

- 조례는 법령의 위임여부에 따라 위임조례와 자치조례(의원입법), 조례제정의 재량여부에 따라 필수조례와 임의조례로, 주민의 권리의무조례와 내부 조직이나 운영에 관한 조례로 분류할 수 있음

자치조례와 위임조례

- 자치조례는 개별법령의 위임 없이 헌법 제117조와 지방자치법 제28조의 규정에 근거하여 지방자치단체의 고유사무에 대하여 의회의 의결을 거쳐 독립적으로 정하는 조례로 자치조례는 지방자치단체의 권한으로 자기책임 아래 이루어지는 자치입법의 개념

필수조례와 임의조례

- 필수조례는 법령에 의하여 반드시 제정하여야 하는 조례를 의미하며, 임의조례는 법령의 규정여하에 불구하고 당해 지방자치단체의 사무에 관한 재량에 의하여 제정하는 조례를 말함

조례제정권의 범위와 한계

조례와 법률우위의 원칙

- 지방자치법 제22조 “지방자치단체는 법령의 범위 안에서 그 사무에 관하여 조례를 제정할 수 있다고 규정
- “법령”이란 법률, 조약, 대통령령, 총리령, 부령 등 국가 법령 체계 전체를 의미하며 이러한 법령의 명시적 위임에 의하여 중앙행정기관의 장 등이 제정하는 행정규칙과 국내법적 효력이 인정되는 국제법규도 포함

조례와 법률유보의 원칙

- 지방자치단체는 개별적인 법률의 위임이 없더라도 상위법령에 위배되지 않는 범위 안에서는 주민의 권리제한이나 의무부과, 벌칙을 규정하는 경우가 아닌 한 조례 제정 가능

지방의회의 자치입법권

- 의회의 지위와 권한 중 가장 기본적인 지위와 권한은 입법에 대한 지위와 권한이라고 할 수 있음
- 지방자치법 제28조에서 조례의 제정 근거를 제시하고 있고 제32조에서는 조례안이 지방의회에서 의결된다고 규정하고 있음
- 지방의회는 법령유보사항을 제외하고 조례제정을 위하여 개별적인 위임이나 수권을 필요로 하지 않음
- 따라서 지방의회 조례제정권은 지방의회의 전속적 권한이며, 지방자치단체가 자치사무를 수행하는 데 새로운 법규범이 필요하다고 인정될 때에는 법령을 위반하지 않는 범위 안에서 자주적으로 제정할 수 있음.

제6장 종합제언

제1절 연구결과 종합요약

□ **제1장 서론**에서는 전 지구적 환경문제인 기후위기와 함께 저탄소-탄소중립 문제까지 점차 확대되면서 오늘날 한우산업 전반에 걸친 시대적 당면과제를 함축적으로 정리하고 연구의 필요성 및 목적에 대하여 제시함.

○ 연구의 필요성 및 목적

- 축산분야에서도 기후변화에 대한 책임과 의무를 겸허하게 받아들이며, 탄소중립형 축산산업의 정책 방안 및 모델 제시 등 사회적 요구에 대하여 우선적으로 대응하고 있음. 그중에서도 경축순환농업의 활성화를 통한 선순환구조의 친환경적 시스템을 핵심 대안 중 하나로서 주목하고 있음.
- 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.
- 본 연구의 목적은 한우분뇨의 고품질 자원화, 한우퇴비의 농지환원에 따른 효과, 한우분뇨 중심의 지역단위 경축순환 사례 등을 살펴보고 지속가능한 한우산업 거버넌스 모델인 「한우 중심의 지역단위 축산환경 협동조합(협치사회) 모형」 제시를 통해 경축순환 활성화 거버넌스 구축 방안 및 농가 실정에 적합한 축산환경 지원책을 제안하는 등 지속가능한 한우산업 발전에 기여하는 데 있음.

□ 제2장 한우분뇨의 고품질 자원화 방안에서는 한우분뇨를 이용한 다양한 자원화 방안을 소개하며, 한우퇴비 품질인증기준(안)을 개발한 후, 고품질 퇴비 생산 실험을 통하여 한우퇴비 품질인증기준(안)에 적용시켜, 고품질 퇴비 생산을 위한 관리 매뉴얼(안)을 제시하였음.

○ 한우분뇨를 이용한 고품질 자원 연구동향 및 시사점

- 2012년 가축분뇨 해양투기 금지 이후 현재까지의 처리동향을 소개하며, 탄소중립 정책 이후 떠오르는 바이오차, 바이오플라스틱, 가축분뇨 감압증발 농축처리, 고체연료, 정화처리, 우분바이오가스, 퇴비수출 등 새로운 가축분뇨 처리 방안에 대하여 소개함.

○ 한우퇴비의 품질인증기준(안) 개발 및 적용

- 유기물함량 10점, 유기물대 질소의 비 10점, 납 2점, 카드뮴 2점, 구리 2점, 크롬 2점, 비소 2점, 수은 2점, 아연 2점, 니켈 2점, 염분 6점, 대장균 O157:H7 1점, 살모넬라 1점, 염산불용해물 1점, 수분함량 10점, 기계적부속도 15점, 종자발아지수 20점, 전기전도도(EC) 5점, 질산태질소대 무기태 질소의 비 5점의 항목으로 총 100점 만점의 한우퇴비 품질인증기준(안)을 개발하였음.
- 51개 한우농가 퇴비에 대해서 적용하였더니, 적용 결과 한우농가 퇴비(n=51)의 평균 점수는 100점 만점 중 64.5점을 기록하였으며, 최저 점수는 44.0점, 최고 점수는 92.5점을 기록하였음.
- 9개 시판용 가축분퇴비에 대해서 적용하였더니, 적용 결과 시판용 가축분 퇴비(n=9)의 평균 점수는 100점 만점 중 65.1점을 기록하였으며, 최저 점수는 54.5점 , 최고 점수는 87.5점을 기록하였음.

○ 한우분뇨를 이용한 고품질 퇴비 생산 시험

- 본 실험은 우상 내 교반이 퇴비화에 미치는 영향 연구로 총 6주간 실험하였으며, 깔짚으로는 피트모스깔짚을 축사에 5cm 두께로 깔아주었으며, 교반은 축분교반기를 이용하여 2주간격으로 교반하여 주었음.

- 6주의 실험기간 중 1주마다 샘플링하여 한우퇴비 품질평가 기준(안)을 적용하였으며, 적용 결과 한우퇴비(n=24)의 평균 점수는 100점 만점 중 71.5점을 기록하였으며, 최저 점수는 67점, 최고 점수는 78점을 기록하였음.

○ 고품질 한우퇴비를 생산하기 위한 관리 매뉴얼(안) 제시

- 축사는 남향으로 설치하고, 천장은 햇볕이 잘 통하여 깔짚 내 수분 증발이 용이하도록 투광성 슬레이트 또는 개폐식 지붕구조 설비하고, 바닥은 물이 새지 않도록 불침투성 재료를 이용하여 분뇨가 지하로 유출되는 것을 막아야하며, 축사주변에 20cm 높이의 턱을 설비하여 분뇨가 외부로 유출되는 것을 막아야하며, 부가적으로 송풍팬을 설비하여 깔짚 내 수분 증발을 유도하여야함.
- 깔짚의 종류는 톱밥, 왕겨 코코피트, 피트모스 등이 있으며, 값이 싸고 구하기 쉬운 것으로 수분의 함량이 20~25%로 흡수력 및 통기성이 양호한 것을 사용하여야하며, 수분함량이 40% 이상인 경우 건조하여 사용하면 장기간 사용할 수 있음.
- 깔짚은 7~14일마다 로터리 등을 이용하여 교반해주어야 하며, 교반 시 환경개선제(미생물제제 등)을 살포해주면 악취저감 효과를 볼수 있음. 단, 오랜기간동안 교체를 하지 않을 경우 염분이 축적되어 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 시행령 별표3 퇴비액비화기준 염분 2.5%이하를 초과할 수 있음.
- 교반 등 별다른 조치를 취하지 않을 경우 깔짚은 25~35일마다 교체 해주어야 하며, 교체 시 환경개선제(미생물제제 등)을 살포해주면 악취저감 효과를 볼수있으며, 건조가 잘되는 여름보다는 건조가 잘되지 않는 겨울에 교체하면 축사환경관리 효과적일 것임.
- 퇴비화는 미생물을 이용하여 유기물이 안정화되는 과정이며, 퇴비사의 종류에는 일반퇴비사, 송풍식퇴비사, 교반식퇴비사가 있으며, 일반 퇴

비사 이용 시 온도가 급격하게 상승하는 구간에는 주 1~2회 수동으로 교반해주며, 온도가 일정하거나 감소하는 구간에는 달 1~2회 수동으로 교반해주어야함. 송풍식퇴비사 이용 시 송풍기를 상시 켜두며, 송풍구가 분뇨 및 퇴비에 막히지 않도록 수시로 보수해주어야함. 교반식 퇴비사 이용 시 대부분 자동으로 작업이 진행되므로 크게 신경쓰지 않아도 되지만, 기계의 유지 및 보수에 신경써야함.

□ 제3장 한우퇴비의 농지환원 효과 분석에서는 한우퇴비를 활용한 사료용 옥수수의 생육 및 사료 가치 평가 및 한우퇴비의 활용이 토양 변화 및 토양 미생물에 미치는 영향에 대하여 시험·분석하였음.

○ 한우퇴비를 활용한 사료용 옥수수 생육, 사료가치 및 토양변화에 대한 평가

- 무처리, 상업용가축분혼합퇴비(100%), 한우퇴비(100%), 화학비료(100%), 한우퇴비(50%)+화학비료(50%)로 처리구를 구분하여 사료용 옥수수(광평옥)를 재배·시험하였음.
- 사료용 옥수수는 이식 초기에는 화학비료와 한우퇴비+화학비료에서 높은 수치를 나타냈으나 재배기간이 경과함에 따라 한우퇴비+화학비료에서 가장 높은 생육을 나타냄. 이는 초기 생육에서 화학비료가 높은 생육 증진 효과를 보인 반면에 후기 생육에서 한우 퇴비의 생육 증진효과의 추가적 작용으로 한우퇴비+화학비료가 높은 생육을 보인 것으로 나타남. 사료용 옥수수의 식물 당 crude protein, crude fat, crude fiber, crude ash, P, ADF, NDF, 총페놀, 총플라보노이드의 함량을 비교 분석한 결과, 모든 지표항목에서 한우퇴비+화학비료가 가장 높은 함량을 나타냄.
- 토양의 경우, EC, 치환성 K와 Na, 염은 모든 처리구 사이에서 통계적 유의성을 보이지 않았음. C.E.C는 무처리구(9.02 cmol⁺/kg) 및 화학비료(9.24 cmol⁺/kg) 대비 상업용가축분혼합퇴비(10.63 cmol⁺/kg), 한우퇴비(9.45 cmol⁺/kg), 한우퇴비+화학비료(9.58 cmol⁺/kg)에서 상대적으로 높은 함량을 나타냄. 유효인산은 무처리구(201.63 cmol⁺/kg) 대비 상업용가축분뇨혼합퇴

비(301.70 cmol⁺/kg), 화학비료(297.85 cmol⁺/kg), 한우퇴비+화학비료(285.86 cmol⁺/kg), 한우퇴비(245.32 cmol⁺/kg)로 나타남. 치환성-Ca는 무처리구(7.32 cmol⁺/kg) 및 화학비료(7.24 cmol⁺/kg) 대비 한우퇴비+화학비료(7.98 cmol⁺/kg)와 상업용가축분혼합퇴비(7.72 cmol⁺/kg)으로 상대적으로 높게 나타났으나 한우퇴비(7.07 cmol⁺/kg)은 다소 낮게 측정됨. 유기물은 무처리(1.48%) 및 화학비료(1.75%) 대비 한우퇴비(2.58%), 한우퇴비+화학비료(2.49%), 상업용가축분뇨혼합퇴비(2.32%)로 나타났으며, 이는 토양의 유기물 함량 증진에 한우퇴비가 효과적으로 이용될 수 있음을 나타냄.

□ **제4장 한우분뇨 중심 지역단위 경축순환 활성화 거버넌스 구축**에서는 먼저 국내 자급 조사료의 생산·수급 및 한우농가의 활용 현황에 대해서 조사하였으며, 그에 대한 시사점을 도출함. 볏짚환원사업의 개요 및 현황과 조사료 수급과의 쟁점, 논 토양에서 볏짚 및 한우퇴비 시용에 따른 지력증진 효과와 온실가스 발생 특성, 벼 재배 농가 및 한우농가가 상생하는 경축순환농업의 필요성 및 방안, 논 타작물 재배 지원 사업과 한우퇴비 이용 경축순환에 대하여 조사함. 한우분뇨 중심 지역단위 경축순환농업 활성화 거버넌스 사례에서는 본 연구의 테스트베드 지역인 ‘강원도 횡성군’을 중심으로 경축순환농업의 추진현황, 소단위 거버넌스의 사례 발굴, 양분관리 프로그램(안)의 적용, 거버넌스 모델 추진 사례 등을 조사·분석 하였음.

○ 국내 자급 조사료의 생산·수급 및 한우농가 활용 현황

- '21년 기준 국내 조사료의 수요량은 5,328 천톤이며, 자급률은 약 82.7% 수준을 나타내고 있음. 축산농가가 볏짚 등 저질 조사료의 급여는 줄이고 양질 조사료 급여 체계로 전환하고 있으나, 아직도 볏짚과 수입 조사료 의존이 높은 것이 현실임.
- 조사료를 가장 많이 필요로 하는 지역은 한우 및 젖소 사육농가가 많은 경기도 및 경상북도 지역이나, 조사료 생산지역은 주로 답리작 사료작물 면적이 많은 전라도 지역임. 조사료의 수요 및 공급이 지역 간 편중된 구조를

갖고 있음. 또한 조사료는 특정 시기(5~7월)에 집중적으로 유통되고 있으며, 이에 따른 이용자의 부담(비효율적 운영비 관리 및 조사료 보관 등의 문제)이 가중되는 구조임.

- 조사료 이용 시 만족도에 영향을 주는 가장 큰 요소는 수분(함량과 균일성)이며, 그 외 품질(영양 및 이물질 혼입), 물량 공급 안정성, 물류 및 보관 용이성 등 임.
- 위생적으로 안전한 국내산 조사료를 한우농가에 공급하기 위해서는 연중 보급을 위한 물류체계, 제품 및 포장 다양성(세절 및 소포장 등)에 주안점을 두고 개선할 필요가 있으며, 국내 조사료의 유통 포장 및 저장의 효율성을 위하여 저수분사일리지 및 건조 등 형태로의 다양성 필요함.

○ 볏짚환원사업의 개요 및 현황

- 논토양 지력증진을 위해 볏짚을 환원하여 토양 유기물 함량을 높여 고품질 쌀의 안정적 생산 기반을 조성하고, 화학비료 사용 절감 효과로 쌀 품질향상을 통한 농가소득 증대를 도모하기 위한 사업임.
- 충북, 충남, 전북, 전남, 경북 등 5개도에서 중심으로 실시하고 있음. 22년 기준으로 사업면적은 28,516ha 이며, 사업비는 7,124,060 천원 규모임.

○ 볏짚환원사업과 조사료 수급과의 쟁점

- 한우농가 입장에서는 볏짚은 매우 중요한 조사료 자원임. 비록 볏짚은 영양적으로 저질 조사료로 분류되나, 한우 사육과정에서 볏짚의 사료 의존도가 높으며, 매우 시급히 해결해야 할 조사료 수급의 문제이기도 함.
- 자급 조사료 중 비중이 가장 큰 볏짚의 가격 인상률은 2022년 기준으로 지난해 보다 20%를 훌쩍 넘어섰고 각종 국내산 조사료 가격도 20% 이상 올라 조사료 가격은 치솟았지만 양질의 조사료를 충분히 구하는 것도 쉽지 않은 여건에 소 사육농가의 어려움만 가중되고 있음.

- 논 토양에서 볏짚 및 한우퇴비 사용에 따른 지력증진 효과 및 온실가스 발생 특성 비교
 - 완숙 볏짚퇴비를 3요소 비료와 장기간 혼합 사용할 시 3요소 비료의 단독 사용과 비교하여 5~12%의 벼 수량 증수 효과를 보이며, 매년 볏짚퇴비 7.5 Mg ha⁻¹ 사용 시 매년 0.45 g kg⁻¹의 유기물이 논 토양에서 증가한다고 보고함. 우분의 이용에 따라 유기물이 4.25%에서 6.57%로 증가하였으며, 그 외 전 탄소 함량, CEC, Ca 함량이 증가되어, 토양비옥도 개선효과가 인정되었음.
 - 볏짚 1Mg/ha 당 메탄의 배출은 61~62 kg으로 증가한 경향을 나타냄. 한편, 퇴비화 과정을 통해 안정화된 형태의 돈분 및 계분 톱밥퇴비를 사용할 경우 30%의 질소비료 대체 효과와 함께 볏짚 처리구 대비 메탄 배출을 5~9% 저감할 수 있음. 단, 우분톱밥퇴비는 탄소함량은(43.1%) 높으나 질소함량(0.79%)이 낮아, 질소비료 30%를 대체하기 위해 과량의 우분퇴비가 투입 될 경우 오히려 볏짚 대비 메탄 배출이 증가될 수 있으므로 이를 고려하여야 함.

- 벼 재배 농가 및 한우농가가 상생하는 경축순환농업의 필요성 및 방안
 - 볏짚은 한우농가 입장에서 중요한 조사료 중 하나임. 볏짚을 논토양에 환원하지 않고, 조사료로 사용할 경우 논 토양에 양분이 저감됨. 따라서 양분저감현상을 제어하기 위해 부숙된 한우분뇨퇴비를 대신 논 토양에 환원해야하며, 계분 및 돈분에 비해 한우분뇨퇴비는 질소 함량이 적어 논 토양에 환원하기 적합함.

- ‘논 타작물 재배지원사업’과 한우퇴비를 이용한 경축순환
 - 농림축산식품부는 쌀 공급과잉을 해소하고자 지난 2018~2020년 3년간 ‘논타작물재배지원사업’을 한시적으로 시행하였음. 논에 심는 벼를 대신해 여름철에 조사료를 심음으로써 쌀 공급과잉 해소와 함께 조사료 수급안정을 통해 축산농가의 경영비 절감이라는 두 가지 목적을 달성할 수 있을 것으로 기대하고 있음.

- 조사대상 지역의 한우분뇨 중심 경축순환농업 추진 현황(강원 횡성)
 - 경축순환농업은 농업생산의 부산물(가축분뇨, 볏짚, 버섯 배지 등)을 농업생산 내부에서 다시 활용함으로써 농업 환경 및 생태계를 보전하고, 지역 내 농축산업간 연계를 높여 지역 순환구조를 확립하고자 하는 농업임.
 - 2019년 “지속가능 경축순환농업 협력체계 MOU 체결(횡성군·축산환경관리원·국립식량과학원)”을 중심으로, 2020년에는 “횡성군 가축분뇨 액비유통 민간협약체 구성”, “경축순환농업 협력체계 구축 및 활성화 관계기관 회의(횡성군·농식품부·축산환경관리원)”, “지역단위 경축순환농업 우수사례 현장전문가 방문 초청” 등이 추진되었으며, 특히 2021년에는 “황성한우 중심 경축순환농업 활성화 방안” 및 “가축분뇨 실태조사 및 경축순환 활성화 계획”을 수립하고 “횡성군 경축순환농업 추진협의회(T/F팀)”을 구성 및 활동하는 등 경축순환농업 관련 사업 추진에 집중하여 왔음.

- 한우분뇨 중심 경축순환농업 소단위 거버넌스 사례 발굴(강원 횡성)
 - 번식우·송아지 사양관리 및 사료용 옥수수 재배 기술이 뛰어난 이O규 농가(횡성군 갑천면 매일리)가 중심으로 소규모 한우 번식농가 20개 농가로 조직되어 있음(한우+경종(옥수수 2기작) 모델).
 - 해당 조직의 농가들은 횡성군 갑천면, 청일면, 우천면 등에 분포돼 있으며, 사육두수는 평균 30~50두로 비교적 영세한 규모임.
 - 옥수수를 포함한 사료작물(라이그라스, 수단그라스 등) 재배 면적 또한 적은 편이어서 최소 500평~최대 7,500평 정도의 면적(자가보유, 임차)에서 사료작물을 재배하여 사일리지화 한 후 번식우와 송아지에 급여하고 있음.
 - 최근 사료값 급등은 물론 국내산·수입산 조사료 수급 차질과 가격 급등으로 인한 어려움이 있는 상황임에도, 스스로 재배한 사료작물과 볏짚을 급여함으로써 비용 상승 부담을 완화시키는 효과를 거두고 있음.

- 경축순환농업 실현을 위한 양분관리 프로그램(안)의 적용(강원 횡성)
 - 최근 연구 보고된 ‘지역단위 양분수지 관리지표형 양분관리 프로그램(안)’을 이용하여 조사대상 지역인 ‘강원 횡성’의 양분수지 및 지역단위 양분수지 관리지표를 분석함.
 - 지역단위 양분수지 분석을 위한 자료는 통계데이터를 기반으로 토양수지 방법론이 적용되었으며, 경축순환농업기술 양분이용 효율, 수계양분 유출저감, 작물생산성 등 정량지표 조사 분석한 후 최종적으로는 지역단위 양분수지 관리지표를 도출함.
 - 강원도 횡성군의 양분부하-양분수지 변동 관계를 도출하여 지역단위 양분수지 관리지표를 분석한 결과, “Region-A”인 현재 질소 수계유출 잠재량이 많고 적정양분 관리를 위해 양분 저감이 크게 요구되는 지역 중에서도 가축분뇨 퇴·액비, 무기질비료, 기타 항목에 의한 양분유입 함량이 50% 이상인 지역으로 분류됨.

- 지역단위 경축순환농업 거버넌스 모델 추진 사례(강원 횡성)
 - 강원도 횡성군의 대표 브랜드인 횡성한우 및 횡성축산업은 지역발전을 견인하는 중심 산업 중 하나이나, 최근 축산냄새 민원과 축분처리 문제로 인하여 지역 주민간 갈등이 심화되고 있음. 이러한 축산업의 고질적 문제를 해결할 수 있는 방안으로 경축순환농업이 제시되고 있으며, 횡성군에서도 다양한 관련 프로그램을 가동하고 있음.
 - 특히, 횡성군의 지역단위 경축순환농업 거버넌스 모델이라 할 수 있는 “횡성군 경축순환농업 추진 협의회(T/F팀)”은 횡성군과 다양한 분야의 지역 전문가들로 구성되어 당면과제에 대한 협회 및 포럼 등을 운영하고 있음.
 - “횡성군 경축순환농업 추진 협의회(T/F팀)”을 중심으로 2021년부터 2022년까지 3회에 걸쳐 지역공동체 이해관계자와 공감대 형성을 위한 “축산발전 미래포럼”을 추진하고 있음. 한편, 횡성군은 관내 경축 순환

농업을 활성화하기 위한 조례 관련 노력도 꾸준히 기울여 왔음. 2022년에는 “횡성군 경축순환농업 추진 협의회(T/F팀)”에서 도출된 협의 내용을 기반으로 “횡성군 경축순환농업실현 추진협의회 운영규정(시행 2022.03.24.)”을 제정하였음.

□ **제5장 조례 정비 및 개발**에서는 국내 가축분뇨 관련 주요 법령 및 관리제도와 함께 가축분뇨 자원화 관련 조례 개발 사례에 대하여 살펴봄.

○ 축산환경과 관련된 제도는 크게 가축분뇨, 축산악취와 같은 환경오염 관련 정책, 축산물의 안정성 관련 정책, 가축 사육환경 관련 정책으로 구분할 수 있으며, 최근 지구온난화 문제에 대한 탄소중립 대응 방안으로서 2050 탄소중립 기본방향과 함께 축산분야의 대응 전략을 수립하여 추진하고 있음.

○ ‘전북 남원시’의 경우, 가축분뇨 이용 활성화 관련 조례(안)이 연구의 일환으로 제시된 바 있음. 본 조례(안)은 경축순환농업의 정착과 축산환경 개선에 필요한 가축분뇨 자원화 산업의 활성화를 위하여 지원사항을 규정하는 것에 목적을 가지고 있음. 지역단위의 경축순환농업을 정의하는 동시에 가축분뇨 유래의 자원화 지원사업에 대한 근거를 마련한 것이 핵심 골자임.

□ **제6장 종합제언**에서는 크게 한우농가 실정에 적합한 한우분뇨 고품질 자원화 정책 지원 및 지역단위 한우분뇨의 경축순환농업 활성화 정책 지원으로 구분하고 각각에 대한 세부 항목에 대해서 제시하였음. 그 외에도 ‘벗짚환원사업’ 및 ‘논타작물재배지원사업’에 대한 대응 방안에 대하여 제시함.

○ 한우분뇨 고품질 자원화 정책 지원 방안
- 우상관리 및 환경개선제의 지원

- 자가 퇴비화 운영 지도 및 위탁관리 지원
- 친환경 퇴비사 설치 지원
- 퇴비품질인증제도 및 퇴비 살포 인센티브 제도 구축
- 자가 농지환원 강점 극대화 인센티브 정책 지원

○ 지역단위 한우분뇨의 경축순환농업 활성화 정책 지원 방안

- 지역단위 한우퇴비 품질 표준화 전략
- 한우퇴비의 부숙도 검사 면제를 위한 전문 위탁관리 전략
- 한우농가의 지역 조사료 생산 및 자급화 의무 전략
- 한우퇴비의 화학비료 대체, 토양 탄소저장 및 탄소격리 농법, 토양생태복원재 이용 등 기술전략 수립
- 한우분뇨 마을공동퇴비사 및 퇴비유통전문조직의 역할 강화
- 한우퇴비 기반 경축순환 시범사업 모형 개발(거버넌스·전문인력·교육 등 구축)
- 한우퇴비 기반 경종농가 중심의 경축순환 활성화
- 한우퇴비의 권역 외 유통 체계화

제2절 지속가능한 한우산업 발전을 위한 ‘한우분뇨 이용 분야’ 대응 전략 수립의 필요성

- 한국농촌경제연구원(2022)은 농업·농촌의 대내외적 여건과 주요 현안들을 고려하여 2023년에 추진해야 할 농정과제를 중심으로 10대 농정이슈를 다음과 같이 선정한 바 있음.⁵⁵⁾
 - 농가 경영 부담 완화를 위한 영농안정 대책 마련
 - 식량자급률 목표치 재설정과 달성 전략 수립
 - 다각적 농정 목표 달성을 위한 직불제 확대·개편 추진
 - ‘농촌공간 재구조화 및 재생 지원에 관한 법률’ 시행에 따른 농촌 정책의 혁신
 - 농산물 유통디지털화 진전
 - 청년농 육성과 농업노동력 공급 확대
 - 취약계층 식생활 보장을 위한 정부의 역할 확대
 - 스마트농업 인프라 강화
 - 2030 NDC 감축 로드맵 이행 조치 및 기후변화 적응 강화

- 상기 제시된 주요 농정 관련 이슈에 대해 최근의 한우산업과 연계하여 살펴 볼 때 사상 최대의 한우 사육 마릿수와 도축 마릿수가 예상되는 시점에서 우선적으로 한우가격 폭락을 대비한 정부의 대책(농가 경영 부담 및 영농안정 대책) 마련이 절실한 때임.
 - 한국농촌경제연구원(2022)⁵⁶⁾의 분석에 따르면, 한우 사육 마릿수 증가로 2024년까지 도축 마릿수는 100만 마리 수준까지 증가할 것으로 예측되며, 한우고기 도매가격 하락세도 지속될 것으로 전망하고 있음. 한편, 주요 사료곡물 생산국의 이상 기후 발생으로 옥수수, 콩 생산량이 감소하였고, 코로나 장기화로 인한 공급 차질로 국제 곡물 가격은 2021년 이후 상승하기 시작함. 또한 2022년 2월에 러시아-우크라이나 전쟁 발발로 상승추세가 지

55) 국승용 외(2022) “2023년 10대 농정이슈” KREI 농정포커스 제213호

56) 이형우 외(2022) “최근 한우 가격 하락 원인과 전망” KREI 현안분석 제96호

속됨. 대미환을 또한 강세가 이어지면서 배합사료 가격은 역대 최고가를 기록 중이며 한우 농가 경영에 부담인 상황임. 따라서 향후 2024년 한우산업은 국제 곡물시장의 불확실성(국제곡물 수급 불안 및 가격 급등)과 함께 공급과잉으로 도매가격 약세가 지속될 것으로 전망되어, 농가 경영의 어려움이 예상되고 있음.

- 더욱이 전 세계적인 기후·환경·에너지 위기 유래의 문제는 국내에서도 축산분야 환경여건 변화에 따라 축산시설에 대한 각종 규제가 강화되고 있음. 특히 한우농가의 분뇨처리 어려움이 가중되어 한우산업의 위축이 우려되고 있는 실정이며, 한우분뇨의 친환경적 자원화 및 활용에 대한 사회적 요구가 심화되고 있음. 즉, 지속가능한 한우산업을 위한 ‘2030 NDC 감축 로드맵 이행 조치 및 기후변화 적응 강화’ 전략 수립은 선택이 아닌 필수 조건임.
- 축산에서 환경과 직접적인 연관이 되어있는 부분은 가축분뇨, 온실가스, 토양 분야임. 가축분뇨는 육류소비량과 비례해 증가하고 있으며, 온실가스 배출도 마찬가지임. 국내 농경지의 부족으로 인한 토양의 양분과다 축적 또한 축산에서 해결해야 할 문제임.
- 본 과업의 선행연구⁵⁷⁾에서는 이와 같은 한우산업의 축산환경 여건변화에 대응하기 위하여 ‘한우분뇨 처리지원 사업’ 및 ‘한우농가 환경개선 사업’ 관련 정책 지원 방안에 대해 제시하였음. 또한 가축분뇨의 관리는 축산농가만의 문제를 넘어 지역 내 중간조직체, 경축순환의 농지환원 농가, 그리고 지역주민, 지자체가 모두 연계되어 있는 문제이므로 이를 해결하기 위한 정책 지원 방안인 “지역단위 한우분뇨 중심 경축순환 거버넌스 모델 수립 전략(환경4법 중심)”에 대해서도 제시한 바 있음.

57) (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구”

표VI-1 한우분뇨의 적정 처리를 위한 정책 지원 방안

한우분뇨 처리 관련 지원 정책		주요내용
한우분뇨 처리 지원 사업	<ul style="list-style-type: none"> • 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
	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴비유통전문조직 지원 	-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
	<ul style="list-style-type: none"> • 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
	<ul style="list-style-type: none"> • 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
	<ul style="list-style-type: none"> • 공동자원화시설 지원 	-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.
	<ul style="list-style-type: none"> • 한우분뇨의 처리기술 다각화 및 고품질 자원화 기술 개발 지원 	-한우 분뇨의 고품질 퇴비화, 고상 바이오가스 및 에너지 자원화 기술 개발을 통한 환경문제 개선 -고품질 자원화 기반의 한우분뇨 경축순환 시스템 구축 체계화 방안 마련
한우농가 환경개선 사업	<ul style="list-style-type: none"> • 우수 한우농가에 대한 환경개선 고도화 지원 	-공신력을 가진 친환경 축산 관련 인증 프로그램(HACCP, 깨끗한 농장 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
	<ul style="list-style-type: none"> • 지원 제한된 한우농가에 대한 환경개선 현실화 마련 	-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
	<ul style="list-style-type: none"> • 한우농가 전문 컨설턴트 육성 사업 지원 	-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

*자료: (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구”

표 VI-2 ‘환경4법’ 연계를 통한 한우분뇨 자원화 정책지원 방안(지역단위 경축순환 거버넌스)

환경4법	한우분뇨 자원화 정책지원 방안	
	한우분뇨 처리기술	한우분뇨 관리 제도·정책
[1] 가축분뇨법 (한우농가 환경규범)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한우농가 환경관리계획 수립·시행 <ul style="list-style-type: none"> • 친환경적 사양관리 및 환경기술 지원 개발 • 한우농가 축산환경지표 개발 ○ 한우농가의 우상 환경개선 및 악취발생 개선 관리 매뉴얼 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 한우농가 우상 수분 조절 방식의 관리 지침을 제시 • 한우시설 중 악취 발생원을 제시하고 관리를 위한 평가법개발 ○ 한우분뇨 퇴·액비부숙도관리기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 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 <ul style="list-style-type: none"> • 소규모 한우농가 바이오가스(고상형) 처리기술 개발 ○ 사료포·초지 보유 한우농가에 인센티브 지원 및 경축순환농법기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한우농가 환경관리계획 수립·시행 <ul style="list-style-type: none"> • 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 <ul style="list-style-type: none"> • 환경개선제 및 수분조절제 보급의 지원 ○ 한우분뇨 퇴·액비부숙도관리 매뉴얼 지원 <ul style="list-style-type: none"> • 한우분뇨의 혼합처리 및 부숙도향상 기술 지원 • 한우분뇨 전용 퇴비화처리설비 지원 • 한우분뇨를 이용한 소규모·분산형 바이오가스처리시설 지원 ○ 사료포·초지 보유 한우농가의 경축순환 활성화 및 인센티브 제도화
[2] 비료관리법 (경종농가 이용 활성화)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한우분뇨 퇴비 토양비옥도 관리기술 개발 입증 <ul style="list-style-type: none"> • 한우분뇨 퇴비의 토양비옥도 증진 효과 연구 ○ 한우분뇨 퇴비 농지환원 기술 개발 확립 <ul style="list-style-type: none"> • 한우분뇨 퇴비 및 기타 축종 액비 혼합처리(코포스트티) 및 농지환원 특성 연구 ○ 한우분뇨 전용 퇴비품질 강화 기술개발 및 품질관리 기준 표준화 <ul style="list-style-type: none"> • 한우분뇨의 비료공정 규격상 특성 품질 연구 • 퇴비품질(성분) 표시제 개발 • 한우분뇨를 이용한 기능성 퇴비이용기술 고도화 ○ 공공재로서 한우분뇨 양분관리기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 양분은행 활성화 및 세부 이용기술 개발 • 지역단위 한우분뇨 양분관리의 ICT기반 빅데이터 수집·모니터링 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한우분뇨 퇴비 토양비옥도 관리 및 증진 보상 제도 <ul style="list-style-type: none"> • 한우분뇨의 지역 토양비옥도증진 사업 자재 활성화 ○ 한우분뇨 퇴비 농지환원 시스템 및 지침 제도화 <ul style="list-style-type: none"> • 경종농가 중심의 한우분뇨 퇴비순환시스템 활성화 지원 • 퇴비품질(성분) 표시제를 통한 정보 강화 (인증 라벨링) ○ 한우분뇨 퇴비사용 경종농가 공익형 직불제지원 제도 <ul style="list-style-type: none"> • 경종농가에 화학비료 대체 한우분뇨 자원의 토양탄소저장, 탄소격리효과제시 • 대기 중 이산화탄소 저감형 공익성 제도화 ○ 퇴비 고품질화 한우농가에 공익형 직불제지원 제도 <ul style="list-style-type: none"> • 한우농가에 고부가가치형 지역자원의 활성화 기술개발에 대한 지원을 제도화

		<ul style="list-style-type: none"> '04~'05 친환경직불제프로그램 반영-조사료포확보(자가, 임대) 시 직불금지급 ○ 공공재로서 한우분뇨 양분은행 설립 지역 내 잉여양분의 선진적 양분이용 및 양분거래 인센티브 제도화 추진
<p>[3] 친환경농업 업법 (친환경농업 농산물의 생산과 유통 활성화)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한우분뇨 퇴비의 경종농가 수요 확대를 위한 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> 작물별 한우분뇨 퇴비의최적 유기 비료화 및 농지환원 기술 개발 장기저장 및 살포 편의성 확대를 위한 퇴비펠렛기술 고도화 한우분뇨의 고품펠렛화및 고품연료화 기술 개발 ○ 한우분뇨 퇴비의 친환경 농산물 생산 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> 한우분뇨 이용 친환경농산물 생산 및 상품의 품질, 저장성 등 특성 연구 한우분뇨 이용 조사료, 시설원에 및 분뇨 이용 미생물 생산 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한우분뇨 퇴비를 이용하는 경종농가에 이용 활성화(확대) 지원 제도 <ul style="list-style-type: none"> 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 <ul style="list-style-type: none"> 한우분뇨 등 지역자원 이용 농산물의 상품화(브랜드화) 지원 제도 조사료 생산능가 등 한우분뇨 이용 재배 농가 우선구매 지원 제도
<p>[4] 지방자치법 (행정 : 경축순환농업 추진계획 수립·실천)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지자체의 한우분뇨 유래 양분관리기술 정착 <ul style="list-style-type: none"> 배출계수 포함 양분 관리기술 확립 빅데이터 기반 ICT모니터링 체계 확립 ○ 한우분뇨 지역단위 자립형 경축순환 거버넌스 통합관리 <ul style="list-style-type: none"> 연계기술(협업체 기반 탄소중립, 고상 바이오가스 및 소화액 자원화 기술) 체계화 축산환경개선 지역협업체 구성 및 지역연구기관 리빙랩프로그램 개발 ○ 한우분뇨 관리 지역단위 경축순환 거버넌스 기술교육 <ul style="list-style-type: none"> 한우분뇨 이용 경종농가 교육 커리큘럼 개발 ○ 한우농가 기반 경축순환 모델개발 <ul style="list-style-type: none"> 지역 내 자원순환의 자립화(한우농가 및 지역주민의 자발적 참여 유도)를 위한 마일리지 제도화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 친환경적 한우분뇨 관리를 위한 지자체에 조례화 추진 <ul style="list-style-type: none"> 주민조례발안법기반 경축조화법 조례화 빅데이터 기반 ICT모니터링 제도화 ○ 한우분뇨 지역자립형 경축순환 거버넌스 통합관리 운영 <ul style="list-style-type: none"> 연계기술 (협업체 기반 탄소중립, 고상 바이오가스 및 소화액 자원화 기술) 활용 조례화 수립 축산환경개선 지역협업체 구성 및 지역연구기관 리빙랩운영 지원 (축산법 42조 13의 4항 3 근거) ○ 한우분뇨 퇴비의 지역단위 경축순환 기술 교육 체계화 조례화 지원 <ul style="list-style-type: none"> 한우분뇨 퇴비 이용하는 경종농가 교육 프로그램 지원 추진 ○ 한우농가의 친환경 경축순환 자원화 표준 모델 기준 제도화 <ul style="list-style-type: none"> 지역 내 자원순환의 자립화를 위한 한우

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 한우분뇨 관리 전문가 중장기 육성 체계화 • 한우분야 분뇨관리 전문인력 교육기관 프로그램 개발 • 학교 정규교육 강화 프로그램 마련 	<p>농가, 경종농미일리지제도조례화 (한우농가 및 지역 주민의 자발적 자립화 참여 유도)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 한우분뇨 관리 전문가(지역별 컨설턴트) 제도화 지원 • 축산환경관리원의 축종별교육 및 환경 산업육성 지원 • 한우분야 전문교육 기관 제도 추진 • 학교 정규교육 강화 제도화
--	---	---

*자료: (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구”

- 현재 농축산업은 “지역단위 환경·자원·에너지·식량의 자립화 사회”로의 급진적 전개가 예측되고 있음. 한우산업의 축산환경 분야에 있어서도 선제적인 전략을 수립하기 위해서는 지속가능한 한우산업 경축순환 거버넌스 모델의 제시가 필요함.
- 탄소중립형 축산분야 수익형 경제사업, 순환 경제사업의 기술 도입, 이에 대응하는 행정 제도 등 우리나라 현실에 맞는 순환형 사회의 운영체계 등이 연구될 필요가 있음.

제3절 한우농가 실정에 적합한 한우분뇨 고품질 자원화 정책 지원책 제안

- 한우분뇨를 고품질 자원(농지환원)으로 이용하기 위해서는 무엇보다 경종농가의 니즈를 충족하는 퇴비를 생산·제공해야 함. 이를 위해서는 한우농가의 자발적 노력뿐만 아니라 정부의 제도적 정책지원도 필수적임.

- 선행연구⁵⁸⁾에서는 한우농가에 대한 한우분뇨 자원화 정책 지원사항으로서 구체적으로는 ‘한우분뇨 처리지원 사업’에서 개별농가 처리시설 및 환경개선제 및 퇴비 품질관리 지원 등을 제시한 바 있음.
 - 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 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.

- 본 절에서는 이를 보완한 “한우농가 실정에 적합한 한우분뇨 고품질 자원화 정책 지원” 사항으로 다음을 종합적으로 제시함. 첫 번째로는 **“우상관리 및 환경개선제의 지원”** 분야임. 한우사에서의 환경관리 및 고품질 퇴비의 생산은 우상에서부터 시작된다고 할 수 있음. 즉, 우상에서의 약취관리와 함께 깔짚 자재 관리를 통한 ‘적정 우상 퇴비화 전처리 기술’의 지원이 필요함. 이에 해당하는 세부 지원 방안에는 깔짚우사의 수분조절재 및 교반

58) (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구”

장치의 지원, 적정 우상관리 매뉴얼(계절별 수분, 약취, 부숙도 연계 등), 우상 약취저감 지원사업(약취저감제, 약취저감설비, 우상관리 전문지도 등)이 있음.

- 적정 우상 퇴비화 전처리 기술의 지원
- 깔짚우사 수분조절제 및 교반장치 지원(구입 및 유지비용)
- 적정 우상관리 매뉴얼 지원(계절별 함수율 관리, 약취, 부숙도 연계 방안)
- 우상 약취저감 지원사업(환경개선제, 약취저감설비, 우상관리 전문지도 등)

○ 두 번째는, **‘자가 퇴비화 운영 지도 및 위탁관리 지원’** 분야임. 한우농가에서 자체적으로 운영하는 퇴비화에 대하여 전문적인 운영관리 프로그램(부숙도 관리, 퇴비화 시 냄새 관리 등)의 지원이 필요함. 한편, 자체 퇴비화를 운영하는 경우에도 농가의 환경에 따라 퇴비화를 전문기관(또는 업체)에 위탁하여 관리하는 방법이 효율적일 수 있으므로 이를 제도적으로 지원함.

- 퇴비화 시 부숙도 관리 대응 기술 지원(자가 퇴비품질 진단)
- 부숙을 위한 교반 등에 따른 냄새민원 대응 지원(행정처분 유예 등)
- 적정 퇴비화를 위한 전문기관(또는 업체) 위탁형 운영 지원

○ 세 번째는, **‘친환경 퇴비사 설치 지원’** 분야임. 이미 다양한 조사 및 연구 결과를 통하여 기존 한우농가 퇴비사에 대한 개조 및 개선방안의 필요성이 제시된 바 있음. 예로서 퇴비사의 추가설치를 위한 면적확보의 법률적 개선(건축법 시행령 개정을 통한 건폐율 적용제외), 농장 내 가설건축물 형태의 퇴비화시설 설치 방안 등임.⁵⁹⁾⁶⁰⁾ 이 외에도 현실적으로 퇴비사의 시설 면적 개선 및 비수기 저장시설의 지원, 퇴비화 장비 미보유 농가에 대한 임대지원 사업 지원 등이 필요함.

- 퇴비사 시설 면적 및 비수기 저장시설 관리 사업 지원
- 퇴비화 장비 미보유 농가 대응 설비 임대 지원

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

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

- 퇴비사 냄새저감 방법 및 설비 등 지원(암모니아 관리)
- 네 번째는, ‘퇴비품질인증제도 및 퇴비 살포 인센티브 제도 구축’ 분야임. 소비자인 경종농가 중심의 퇴비품질인증제의 제도화가 필요함. 즉, 경종농가의 신뢰를 기반으로 한 한우퇴비 유통활성화 접근이 바람직하며, 이를 전문적으로 지원할 수 있는 컨설턴트의 육성 및 지원이 필요함. 또한 퇴비를 경종에 살포할 때 현장에서 필수적인 수거·운반 차량, 퇴비살포기 등 현실적인 지원이 필요함.
- 한우퇴비품질인증제(안) 및 표시제 도입(소비자(경종농가) 중심)
 - 우수 한우퇴비 생산을 위한 전문컨설턴트 육성 및 정기적 관리 지원
 - 전문컨설턴트의 한우퇴비 환경문제 진단 및 솔루션 제공 등 지원책 마련
 - 농번기 퇴비살포에 필요한 장비와 운영인력 집중 지원
 - 지역 내 한우퇴비 우선 이용 경종농가에 인센티브 지원
- 다섯 번째는, ‘자가 농지환원 강점 극대화 인센티브 정책 지원’ 분야임. 축분에 대한 관리 및 처리가 어려운 이유는 지속적인 농경지의 감소뿐만 아니라 근본적인 경축분리의 산업구조 고착화 문제로부터 발생함. 농축순환 농업 즉, 가축분뇨의 농업적 이용과 사료작물의 생산 그리고 조사료의 가축 이용 등 선순환 구조는 축종 중에서도 한우와 젖소가 가장 이상적이며, 접근성이 용이함. 따라서 현실적인 어려움이 있음에도 불구하고 한우농가의 자가농지 면적 확보는 대단히 중요한 요소임.
- 한우농가의 자가농지 면적 확보 촉진 제도 지원
 - 한우농가의 사료작물 면적 확보 증대 인센티브의 제도화
 - 한우퇴비의 경사지 토양 침식방지 효과 증대 홍보 등
- 다음 표는 한우농가 실정에 적합한 한우분뇨 고품질 자원화 정책지원 제안에 대하여 단기 및 중장기 사업으로 구분하여 제시함.

표VI-3 한우농가 실정에 적합한 한우분뇨의 적정 처리를 위한 정책지원 방안

구분	단기사업(2023-2025(3년간))	중장기사업(2026-2030(5년간))
○ 우상관리 및 환경 개선 지원	<ul style="list-style-type: none"> • 깔짚우사 수분 조절재 및 교반 장치 구입/유지비용 지원 • 우상관리 매뉴얼(계절별 수분, 악취, 부숙도 연계 방안) 개발 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 축사 악취저감 지원사업(악취저감제, 우상관리 전문지도, 악취저감설비지원 등) 지원 • 체계적인 우상관리 통한 함수물 관리 지원 • 적정 우상 퇴비화 전처리기술지원
○ 자가 퇴비품질 진단법 지도 및 위탁 관리 지원	<ul style="list-style-type: none"> • 부숙도관리(염류) 대응 기술진단 지원 • 부숙을 위한 교반 시 발생하는 냄새 민원의 행정처분 유예 등 민원 대응지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 한우분뇨수분조절, 교반 및 송풍 등 퇴비화를 위한 위탁형 운영·작업지원 • 퇴비화 시 냄새저감 설비 설치 및 관리 지원 • 자가농지 환원형 무악취퇴비화 제어기술 지원
○ 친환경 퇴비사 설치 지원	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴비사시설 면적, 비수기 저장조 관리 지원 사업 	<ul style="list-style-type: none"> • 퇴비화 장비 미보유농가 대응 설비 임대 지원 • 퇴비사암모니아 악취관리 지원 사업
○ 퇴비품질인증제도 및 인센티브 제도 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 한우 퇴비품질인증체계 실시(염분, 발아지수 포함 하는 소비자 중심 기준) 	<ul style="list-style-type: none"> • 한우농가 우수 퇴비화 생산을 위한 전문컨설턴트의정기적 관리 지원 • 전문컨설턴트의 환경문제 진단, 솔루션 제공 역할 수행토록지원책 전략 마련
○ 자가 농지환원 강점 극대화 인센티브 정책지원	-	<ul style="list-style-type: none"> • 한우농가 자가농지 면적 확보 촉진 제도 • 한우농가의 사료작물 면적확보 증대 인센티브 제도화 • 한우분뇨의 경사지 토양침식방지 효과 증대 홍보

제4절 지역단위 한우분뇨의 경축순환농업 활성화 정책 지원책 제안

- 앞서 제2절 “한우농가 실정에 적합한 한우분뇨 고품질 자원화 정책 지원책 제안”에서는 한우분뇨를 고품질 자원(농지환원)으로 이용하기 위한 퇴비품질 관리의 중요성에 대하여 강조하였음. 한편, 한우분뇨의 경축순환농업 활성화를 위해서는 퇴비의 질적 관리뿐만 아니라 이를 선순환 구조 즉, 농업 전반의 시스템 내에서 효율적으로 활용할 수 있는 거버넌스에 대한 정책적 구축과 지원이 필요함.

- 한국농촌경제연구원(2022)⁶¹⁾에서 제시한 2023년 10대 농정이슈 중 ‘농촌 공간 재구조화 및 재생 지원에 관한 법률 시행에 따른 농촌 정책의 혁신’의 핵심 내용은 법률에 따라 중앙정부는 농촌 공간의 미래상과 기본전략(기본 방침)을 제시하고, 시군은 농촌 공간의 발전 방향을 제시하는 농촌공간기본 계획(10년 단위)과 공간정비·일자리 창출·정주여건 개선·공공서비스확충 등 삶터·일터·쉼터로서의 기능 재생 계획을 담은 농촌공간시행계획(5년 단위)을 수립하는 것임.
 - 농촌의 난개발과 지역소멸 위기 등에 대응하여 농촌공간의 재구조화와 재생 지원을 위한 ‘농촌공간 재구조화 및 재생 지원에 관한 법률(이하 농촌공간 계획법)’이 제정됨.
 - 농촌공간계획의 수립, 농촌재생 프로젝트 사업 추진 및 관계 기관·부서 간 협의 등을 총괄·관리할 기구로 전담조직을 설치함. 농식품부는 기본방침을 작성하고 농촌협약 시행 등을 지원하기 위한 농촌재생기획단을 설치하여 지원하고, 시군은 농촌공간 지표 조사 및 농촌재생 사업의 관리, 주민협정 지원을 위한 전담조직을 운영하여 촘촘한 거버넌스 체계를 구축함.
 - 농촌공간 재구조화 및 재생정책의 지원기관으로 농촌공간정책지원기관을 지정할 수 있음. 농식품부는 중앙지원기관을 지정하여 시책발굴, 전문인력 양

61) 국승용 외(2022) “2023년 10대 농정이슈” KREI 농정포커스 제213호

성, 농촌공간종합정보체계의 구축·운영 등에 관해 지원함. 시도와 시군은 자료조사, 지역협의체 운영, 현장 전문가 육성, 농촌공간계획 수립, 농촌재생 프로젝트 지원, 주민협정을 지원하기 위해 광역 및 기초지원기관을 지정할 수 있음.

○ ‘농촌공간계획법’은 핵심은 농촌 재생을 위한 새로운 거버넌스 체계의 구축임. 경축순환농업도 큰 틀에서는 ‘농촌공간계획법’의 핵심 개념인 거버넌스 체계에 포함된다고 할 수 있음. 이를테면, 선행연구⁶²⁾ 결과에서는 경축순환 분야에 핵심적으로 연계된 「가축분뇨법」, 「친환경농업육성법」, 「지방자치법」, 「비료관리법」은 소위 경축순환 관련 “환경 4법”으로서 지역단위 경축순환 거버넌스 구축의 중심이 되는 4가지 관련 법을 기반으로 지역자원의 친환경적 관리와 이용 활성화를 위하여 지역단위 경축순환 거버넌스 모델이 확립되어야 할 필요성 있다고 제시하였음. ‘농촌공간계획법’과 본 연구에서 강조되는 ‘경축순환 거버넌스’의 공통된 상위개념은 다음과 같이 정리될 수 있음.

- 기본전략(기본방침) 및 발전방향 제시
- 기본계획과 시행계획을 수립
- 총괄·관리할 기구로 전담조직을 설치
- 기획단을 설치하여 지원
- 전담조직을 운영하여 거버넌스 체계 구축
- 시책발굴, 전문인력 양성, 종합정보체계의 구축·운영 등에 관해 지원
- 자료조사, 지역협의체 운영, 현장 전문가 육성, 주민협정을 지원

○ 선행연구⁶³⁾에서 제시된 환경4법 중심의 지역단위 경축순환 거버넌스 모델 핵심 개요는 다음과 같음.

- 가축분뇨법: 축산농가의 사육/분뇨 등 환경 규범에 대한 환경기준을 제시함

62) (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구”

63) (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구”

- 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
- 지방자치법: 지자체 행정기관의 지역 내 자발적 경축순환농업 추진 계획 수립 및 실천(주민 조례 발안법 도입 포함)

○ 본 절에서는 이를 보완하여 “지역단위 한우분뇨의 경축순환농업 활성화 정책 지원” 사항으로 다음을 종합적으로 제시함. 첫 번째는 ‘지역단위 한우퇴비 품질 표준화 전략’ 분야임. 공공재로서 한우분뇨를 활성화하기 위해서는 한우퇴비의 비효성분 및 토양개선(비옥도 등) 효과의 특성을 과학적으로 분석하여 표준화 전략을 마련할 필요가 있음.

- 지역 내 한우퇴비 품질 고도화를 통한 경종농가의 이용 활성화
- 농업기술센터, 퇴비전문유통조직, 공동자원화센터 등에 퇴비 부숙도 판정기, 가스측정기 등 퇴비 품질관리에 필요한 장비와 운영 인력에 대한 지원
- 수요자(경종농가) 중심의 퇴비품질 개선 및 성분 표시제 도입

○ 두 번째는 ‘한우퇴비의 부숙도 검사 면제를 위한 전문 위탁관리 전략’ 분야임. 농촌지역의 고령화 및 축산환경 규제 강화로 인해 농가단위에서 현실적인 대응이 어려울 수 있음. 이러한 경우에는 전문 위탁관리를 도입하여 운영하는 방안이 제시될 수 있으며, 적정 퇴비화에 대한 전문적인 관리를 지속할 수 있음. 또한 이 자체로도 새로운 수익구조 및 일자리의 창출이 가능함.

- 한우농가 이상 및 퇴비화 운영에 대한 지역 내 전문 위탁관리 시스템 구축
- 지역 내 공동조직에 의한 체계적인 한우퇴비 부숙도 관리 시스템 구축
- 한우농가 이상 및 퇴비화 수분조절제 사용법 및 최적 유지비용 전략화

- 한우퇴비 기반 경축순환농업 수익 창출 전략 수립(시설·생산·유통)

- 세 번째는 **‘한우농가의 지역 조사료 생산 및 자급화 의무 전략’** 분야임. 제 1절에서도 언급한 바와 같이 경축순환 거버넌스 구축에 있어서 한우농가의 자가농지 면적 확보는 대단히 중요한 요소임. 이를 기반으로 연간 조사료 생산 및 농가 경영 전략 목표 또는 인센티브 제도화 등의 수립이 가능함.
 - 지역 내 한우퇴비 이용 조사료 생산 연계시설 공동관리 시스템 구축
 - 지역 내 연간 조사료 생산(자급률) 최적화 및 농가 경영전략 목표 수립
 - 지역 내 한우퇴비 기반 조사료 자급 의무화 인센티브 제도(공동 생산 및 유통 통합)

- 네 번째는 **‘한우퇴비의 화학비료 대체, 토양 탄소저장 및 탄소격리 농법, 토양생태복원재 이용 등 기술전략 수립’** 분야임. 한우퇴비 기반의 자립형 경축순환 거버넌스 구축을 위해서는 반드시 한우퇴비가 공공재 및 우수 재원으로서의 역할이 강조(또는 홍보)될 필요가 있음. 단, 관련 근거에 대한 과학적 연구자료의 수집은 중장기적 관점에서 지속적으로 병행되어야 함.
 - 한우퇴비의 농토양 유기물 증대 효과 홍보
 - 한우퇴비의 발토양 비옥도 증진 효과 홍보
 - 한우퇴비의 화학비료 대체 효과 및 완효성 비료 특성 홍보
 - 한우퇴비의 온실가스 저감 전략 우수소재 홍보(탄소격리 및 저장 등)
 - 한우퇴비의 토양환경개선제로서 복원 능력 홍보(산성토양, 경사토양 등)
 - 한우퇴비의 화학비료 대체 효과 홍보(완효성 비료)
 - 한우퇴비의 토양 물리성·화학성·생물성 개선 효과 홍보
 - 한우퇴비의 토양생태계 및 근권미생물 생태 개선 효과 홍보
 - 기타 한우분뇨의 새로운 액비화 및 퇴비차 생산 등 이용 효과 홍보

- 다섯 번째는 **‘한우분뇨 마을공동퇴비사 및 퇴비유통전문조직의 역할 강화’** 분야임. 마을공동퇴비사 및 퇴비유통전문조직은 경종과 축산을 연결하는

매우 중요한 역할을 담당함. 퇴비를 경종에 살포할 때 현장에서 필수적인 수거·운반차량, 퇴비살포기의 현실적인 지원 필요하며, 지역 내 우수 퇴비 자원화 모델 창출 및 성과의 확산 등이 강조됨.

- 한우분뇨의 신속 수거 및 위탁처리 시스템을 통한 한우농가 환경문제 개선
- 가축분뇨 중간자원화조직체 확충을 통한 한우퇴비의 유통 활성화
- 대가축 전용 가축분뇨처리지원사업 시설 및 예산 확대
- 한우협의회 기반 퇴비자원화센터 설치(지역별 경축순환 중심 양분환원 용량 설계)
- 농축협 연계형 한우퇴비 위탁처리 체계화(전량 위탁처리 및 고품질 퇴비화)
- 데이터 기반 고품질 한우퇴비 공동자원화 우수모델 창출 및 성과 확산
- 한우퇴비 수거·운반·살포 등 필수 장비의 임대 및 위탁처리 등 지원 강화

○ 여섯 번째는 **‘한우퇴비 기반 경축순환 시범사업 모형 개발(거버넌스·전문인력·교육 등 구축)’** 분야임. 거버넌스는 크게 기본전략(기본방침) 및 발전방향 제시, 기본계획과 시행계획의 수립, 총괄 전담조직 마련, 전담조직을 운영하여 거버넌스 체계 구축, 종합정보체계의 구축·운영, 전문인력 양성, 현장 전문가 육성, 교육 등이 추진되어야 함.

- 지역단위 한우퇴비 기반 경축순환 체계 시범사업 구축(소규모·중규모)
- 지역단위 가축분뇨자원화촉진 조례 규정의 현실화 및 평가 체계화
- 농가단위 환경의식 강화(저품질 퇴비의 경축순환체계 반입 거부 원칙 수립)
- 지역단위 경종농가 중심의 한우퇴비 규격화 추진(다양한 퇴비 품질평가 마련 및 홍보)
- 경종농가와 연계된 퇴비화 교육, 전문인력 배치 등 경축순환 체계 마련
- 지역단위 조사료 생산 작목반 연계 및 활성화 네트워크 지원사업 추진
- 한우퇴비의 공익형 직불제 지원을 위한 조례 수립 특별지원 제도 도입
- 지역단위 한우퇴비 기반 경축순환형 수익모델 개발 및 일자리 창출사업 연계

- 일곱 번째는 ‘한우퇴비 기반 경종농가 중심의 경축순환 활성화’ 분야임. 한우퇴비를 소비·이용하는 경종농가의 입장과 한우퇴비 이용에 따른 제도적 인센티브 지원 관점을 중심으로 경축순환의 활성화 방안에 대하여 제시함.
 - 지역단위 한우퇴비 우선 이용 경종농가에 대한 경축순환 인센티브 지원
 - 지역단위 한우퇴비 이용 농산물의 상품화(브랜드화) 제도 지원
 - 조사료 생산 농가 등 한우분뇨 이용 재배농가 우선구매 지원 제도
 - 한우농가에도 경축순환 활성화 지원 의무화 제도 인센티브 연계
 - 한우퇴비 이용 경종농가에 대한 이용 교육 의무화
 - 한우퇴비 이용 경종농가의 토양환경 평가 지원(토양비옥도 증진사업 지원)
 - 지역단위 경축순환 시스템 유래 로컬푸드 활성화 전략 마련
 - 경축순환 자립화를 위한 한우농가 및 경종농가 마일리지 지원 제도 조례화 (한우농가·경종농가·지역주민(소비자)의 자발적 참여 유도)

- 여덟 번째는 ‘한우퇴비의 권역 외 유통 체계화’ 분야임. 양분관리는 지역마다 환경과 조건이 상이함. 기본적으로 한우농가에 있어서는 한우분뇨 발생량, 처리량, 지역 내 처리 가능량 등 지역단위 양분통계 분석을 통해 지역별 양분관리 기준을 마련하여야 함. 지역단위에서 환경용량을 초과하는 잉여양분에 대해서는 권역 외 유통 전략이 마련되어야 함.
 - 농지부족 한우농가 대상의 광역이동 운반수단 참여 제도화(양분삭감 대책 일환)
 - 한우퇴비의 광역 이동을 위한 퇴비유통센터(지역맞춤형 펠릿화)지원 확충
 - 한우퇴비의 광역 이동을 위한 펠릿 등 제형화 기술 지원
 - 한우퇴비의 살포 시 미세먼지, 분진 및 악취 저감 기술 지원
 - 한우퇴비의 산림, 임야 등 살포대상 지역의 확대를 위한 자원순환정책 수립
 - 한우퇴비 관련 사업 종사자의 전문환경교육 제도화

- 다음 표는 지역단위 한우분뇨의 경축순환농업 활성화 정책 지원 제안에 대하여 단기 및 중장기 사업으로 구분하여 제시함.

표VI-4 지역단위 한우분뇨의 경축순환농업 활성화 정책지원 방안

구분	단기사업(2023-2025(3년간))	중장기사업(2026-2030(5년간))
○ 지역단위 한우퇴비 품질 표준화 전략	<ul style="list-style-type: none"> 지역 내 한우퇴비 품질 고도화를 통한 경종농가의 이용 활성화 농업기술센터, 퇴비전문유통조직, 공동자원화센터 등에 퇴비 부숙도 판정기, 가스측정기 등 퇴비 품질관리에 필요한 장비와 운영인력에 대한 지원 수요자(경종농가) 중심의 퇴비품질 개선 및 성분 표시제 도입 	-
○ 한우퇴비의 부숙도 검사 면제를 위한 전문위탁관리 전략	<ul style="list-style-type: none"> 한우농가 우상 및 퇴비화 운영에 대한 지역 내 전문 위탁관리 시스템 구축 지역 내 공동조직에 의한 체계적인 한우퇴비 부숙도 관리 시스템 구축 한우농가 우상 및 퇴비화 수분조절제 사용법 및 최적 유지비용 전략화 	<ul style="list-style-type: none"> 한우퇴비 기반 경축순환농업 수익 창출 전략 수립(시설·생산·유통)
○ 한우농가의 지역 조사료 생산 및 자급화 의무 전략	<ul style="list-style-type: none"> 지역 내 한우퇴비 이용 조사료 생산 연계시설 공동관리 시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> 지역 내 연간 조사료 생산(자급률) 최적화 및 농가 경영전략 목표 수립 지역 내 한우퇴비 기반 조사료 자급 의무화 인센티브 제도(공동생산 및 유통 통합)
○ 한우퇴비의 화학비료 대체, 토양 탄소저장 및 탄소격리 농법, 토양 생태복원재 이용 등 기술전략 수립	<ul style="list-style-type: none"> 한우퇴비의 농토양 유기물 증대 효과 홍보 한우퇴비의 발토양 비옥도 증진 효과 홍보 한우퇴비의 토양환경개선제로서 복원 능력 홍보(산성토양, 경사토양 등) 기타 한우분뇨의 새로운 액비화 및 퇴비차 생산 등 이용 효과 홍보 	<ul style="list-style-type: none"> 한우퇴비의 온실가스 저감 전략 우수소재 홍보(탄소격리 및 저장 등) 한우퇴비의 화학비료 대체 효과 및 완효성 비료 특성 홍보 한우퇴비의 토양 물리성·화학성·생물성 개선 효과 홍보 한우퇴비의 토양생태계 및 근권 미생물 생태 개선 효과 홍보
○ 한우분뇨 마을공동퇴비사 및 퇴비유통전문조직의 역할 강화	<ul style="list-style-type: none"> 가축분뇨 중간자원화조직체 확충을 통한 한우퇴비의 유통 활성화 대가축 전용 가축분뇨처리지원사업 시설 및 예산 확대 농축협 연계형 한우퇴비 위탁처리 체계화(전량 위탁처리 및 고 	<ul style="list-style-type: none"> 한우협의체 기반 퇴비자원화센터 설치(지역별 경축순환 중심 양분 환원 용량 설계) 데이터 기반 고품질 한우퇴비 공동자원화 우수모델 창출 및 성과 확산

	<p>품질 퇴비화)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 한우분뇨의 신속 수거 및 위탁처리 시스템을 통한 한우농가 환경문제 개선 	<ul style="list-style-type: none"> • 한우퇴비 수거·운반·살포 등 필수 장비의 임대 및 위탁처리 등 지원 강화
<p>○ 한우퇴비 기반 경축순환 시범사업 모형 개발(거버넌스·전문인력·교육 등 구축)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 지역단위 한우퇴비 기반 경축순환 체계 시범사업 구축(소규모·중규모) • 농가단위 환경의식 강화(저품질 퇴비의 경축순환체계 반입 거부 원칙 수립) • 지역단위 경종농가 중심의 한우퇴비 규격화 추진(다양한 퇴비 품질평가 마련 및 홍보) • 한우퇴비의 공익형 직불제 지원을 위한 조례 수립 특별지원 제도 도입 	<ul style="list-style-type: none"> • 지역단위 가축분뇨자원화촉진 조례 규정의 현실화 및 평가 체계화 • 경종농가와 연계된 퇴비화 교육, 전문인력 배치 등 경축순환 체계 마련 • 지역단위 경종농가 중심의 한우퇴비 규격화 추진(다양한 퇴비 품질평가 마련 및 홍보) • 지역단위 조사료 생산 작목반 연계 및 활성화 네트워크 지원사업 추진 • 지역단위 한우퇴비 기반 경축순환형 수익모델 개발 및 일자리 창출사업 연계
<p>○ 한우퇴비 기반 경종농가 중심의 경축순환 활성화</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 지역단위 한우퇴비 우선 이용 경종농가에 대한 경축순환 인센티브 지원 • 지역단위 한우퇴비 이용 농산물의 상품화(브랜드화) 제도 지원 • 조사료 생산 농가 등 한우분뇨 이용 재배농가 우선구매 지원 제도 • 한우농가에도 경축순환 활성화 지원 의무화 제도 인센티브 연계 • 경축순환 자립화를 위한 한우농가 및 경종농가 마일리지 지원제도 조례화(한우농가·경종농가·지역주민(소비자)의 자발적 참여 유도) 	<ul style="list-style-type: none"> • 한우퇴비 이용 경종농가에 대한 이용 교육 의무화 • 한우퇴비 이용 경종농가의 토양환경 평가 지원(토양비옥도 증진사업 지원) • 지역단위 경축순환 시스템 유래 로컬푸드 활성화 전략 마련
<p>○ 한우퇴비의 권역외 유통 체계화</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 한우퇴비의 광역 이동을 위한 펠릿 등 제형화 기술 지원 • 한우퇴비의 살포 시 미세먼지, 분진 및 악취 저감 기술 지원 • 한우퇴비의 산림, 임야 등 살포 대상 지역의 확대를 위한 자원순환정책 수립 	<ul style="list-style-type: none"> • 농지부족 한우농가 대상의 광역 이동 운반수단 참여 제도화(양분 삭감 대책 일환) • 한우퇴비의 광역 이동을 위한 퇴비유통센터(지역맞춤형 펠릿화)지원 확충 • 한우퇴비 관련 사업 종사자의 전문환경교육 제도화

참고문헌

【문헌자료】

- 대한민국 (2021) “2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안”
- 농림축산식품부 (2021) “2050 농식품 탄소중립 추진전략”
- 농촌진흥청 (2020) “가축분뇨 배출원단위 재산정 및 깔짚축사 유형별 분뇨 발생량 산정”
- 농림축산식품부, 축산환경관리원 (2022) “가축분뇨 이렇게도 활용할 수 있다.”
- 농림수산식품부, 환경부, 농협중앙회 (2009) “가축분뇨 자원화시설 표준설계도(해설서)”
- 농촌진흥청 (2010) “가축분뇨 퇴·액비 이용기술 매뉴얼”
- 농촌진흥청 (2021) “농업기술길잡이006 한우”
- 국립축산과학원 (2021) “축산형장 애로기술 해결을 위한 한우사육 100문 100답집”
- 국립축산과학원 (2019) “친환경 축산을 위한 올바른 깔짚우사 및 퇴비사관리기술”
- 강원대학교 산학협력단 (2019) “지속가능한 낙농산업 발전을 위한 퇴비부숙도 실태 조사” ((사)한국낙농육우협회 낙농정책연구소 용역보고서)
- 국승용 외(2022) “2023년 10대 농정이슈” (KREI 농정포커스 제213호)
- 김종덕(2022) “초지 기반 축산의 필요성” (2022년도 (사)한국초지조사료학회 심포지엄 주제발표 자료)
- 김현중 외(2020) “가축분뇨 자원화 여건 변화와 대응과제” (KREI현안분석 제80호)
- 농림축산식품부 보도자료(2020.02.27.) “2020년 논타작물재배지원사업(생산조정제) 추진”

- 농촌진흥청(2022) “조사료” (농업기술길잡이 91)
- 농협경제지주 친환경방역부(2022) “축산농가 국내산 조사료 생산기반 확충” (2022 축산포럼-국내산 조사료 생산·수급 안정을 위한 길 주제 발표 자료)
- 상지대학교 산학협력단(2022) “가축분뇨 액비 이용 다각화 연구” (제주특별자치도 용역보고서)
- 상지대학교 산학협력단(2022) “지역/국가단위 경축순환 모델개발” (농림축산식품부 단계보고서)
- 서울대학교 산학협력단(2021) “축산환경 개선 기본계획 수립을 위한 정책연구” (농림축산식품부 용역보고서)
- 이형우 외(2022) “최근 한우 가격 하락 원인과 전망” (KREI 현안분석 제 96호)
- 정민국 외(2021) “축산업 환경영향 분석과 정책과제” (한국농촌경제연구원 연구보고서)
- 정학균 외(2020) “경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안” (한국농촌경제연구원 연구보고서)
- 충남대학교 산학협력단 (2019) “한우퇴비 부숙도 검사 의무화 단기적 대응 방안 연구” (한우자조금관리위원회 용역보고서)
- 환경대학교 산학협력단(2019) “농업분야 양분수지 개선 방법론 및 정책 비교 평가” (농촌진흥청 연구보고서)
- (사)한국축산환경학회(2018) “가축분뇨 양분총량 관련 대응 연구” ((사)대한한돈협회 용역보고서)
- (사)한국축산환경학회(2021) “가축분뇨 자원화협의체 운영 활성화 방안 마련 연구” ((사)대한한돈협회 용역보고서)
- (사)한국축산환경학회(2021) “한우분뇨가 환경오염에 미치는 영향 연구”

- (한우자조금관리위원회 용역보고서)
- (사)한국축산환경학회(2022) “기후위기 대응 탄소중립형 축산분야 정책 방안” (대통령직속 농어업·농어촌특별위원회 용역보고서)
- 연병열 외(2007) "벗짚퇴비 50 년 연용에 따른 벼수량과 논토양 유기물 함량 변화" (한국토양비료학회지)
- 권순익 외(2022) "논토양에서 토양개량제 장기연용에 따른 벼의 생육 및 토양특성 평가." (유기물자원화)
- 이주삼(2009) "논 토양에서 조사료 생산을 위한 작부체계의 물질순환 시스템." (Proceedings of the Korean Society of Organic Agriculture Conference. Korean Association of Organic Agriculture)
- 진현주 외(1996) "전전환 논에서 우분시용이 토양화학적 및 Silage 옥수수의 수량과 품질에 미치는 영향" (한국초지조사료학회지)
- 권효숙 외(2022) “벼 재배 논토양에서 메탄의 생성 및 배출: 리뷰”
- Dubey S.(2005) “Microbial ecology of methane emission in rice agroecosystem: a review.” (Applied ecology and environmental research.)
- Rajkishore S, Vignesh N, Doraisamy P, Maheswari M. (2015) “Methane emission from rice ecosystems: 100years of research.”
- Gwon HS, Khan MI, Yoon YE, Lee YB, Kim PJ, Hwang HY. (2019) “Unexpected higher decomposition of soil organic matter during cold fallow season in temperate rice paddy.” (Soil and Tillage Research.)
- Lee JH, Lee JG, Jeong ST, Gwon HS, Kim PJ, Kim GW. (2020) “Straw recycling in rice paddy: Trade-off between greenhouse gas emission and soil carbon stock increase.” (Soil and Tillage Research.)

Yagi K, Minami K. (1990) “Effect of organic matter application on methane emission from some Japanese paddy fields.” (Soil Science and Plant Nutrition.)

Agnihotri S, Kulshreshtha K, Singh SN. (1999) “Mitigation Strategy to Contain Methane Emission from Rice-Fields.” (Environmental Monitoring and Assessment.)

RDA (Rural development administration) (2005) “Development of agricultural practices to mitigate greenhouse gases from agricultural sector.” (RDA.)

RDA (Rural development administration) (2012) “Development of emission factors and assessment of emisison for methane at cropland in Korea.” (RDA.)

이용환 외(2000) “유기조사료로 이용되고 있는 볏짚의 유기물을 가축분뇨로 대체하자”

농협경제지주 친환경방역부(2022) “축산농가 국내산 조사료 생산기반 확충” (2022 축산포럼-국내산 조사료 생산·수급 안정을 위한 길 주제 발표 자료)

농림축산식품부 보도자료(2020.02.27.) “2020년 논타작물재배지원사업 (생산조정제) 추진”

【인터넷·신문보도 자료】

강원도민일보(2022.11.14.) “조사료 가격 폭등과 물량 부족으로 축산농가 수급 비상” (검색일: 2022.11.30.)

농민신문(2022.11.07.) “내년부터 논 타작물재배 사업 재개될 듯” (검색일: 2022.11.30.)

농촌여성신문(2022.11.21.) “부활 논타작물재배지원 핵심은 ‘하계조사료’” (검색일: 2022.11.30.)

한국농어민신문(2022.20.18.) “비중 큰 벼짚 제외하면 ‘조사료 자급률 30%’수준...생산기반 안정 먼길”

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.
