

발간등록번호

11-1543000-002542-01

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( ) 발간등록번호(11-1543000-002542-01)  
첨단생산기술개발사업 제3차연도 최종 보고서

# 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축 최종보고서

2019. 02. 14.

주관연구기관 / 상지대학교 산학협력단  
협동연구기관 / (사)한국축산경제연구원

농림축산식품부  
농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “가축분뇨 통합 운영프로그램 구축”(개발기간 : 2016. 05. 19 ~2019 .12 .31)  
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019 . 02 . 14 .

주관연구기관명 : 상지대학교 산학협력단 (대표자) 차영환



협동연구기관명 : (사)한국축산경제연구원 (대표자) 석희진



주관연구책임자 : 이명규

협동연구책임자 : 이상철

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의  
합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

|                      |             |                      |                                |                        |   |
|----------------------|-------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|---|
| 과제고유번호               | 316024-3    | 해 당 단 계<br>연 구 기 간   | 2016.05.19.<br>~<br>2018.12.31 | 단 계 구 분                | 3차년도/<br>3차년도                             |
| 연구사업명                | 단 위 사 업     | 농식품기술개발사업            |                                |                        |   |
|                      | 사 업 명       | 첨단생산기술개발사업           |                                |                        |   |
| 연구과제명                | 대 과 제 명     | -                    |                                |                        |   |
|                      | 세 부 과 제 명   | 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축    |                                |                        |   |
| 연구책임자                | 이 명 규       | 해당단계<br>참여연구원<br>수   | 총: 29 명<br>내부: 6 명<br>외부: 23 명 | 해당단계<br>연구개발비          | 정부: 800,000 천원<br>민간: 천원<br>계: 800,000 천원 |
|                      |             | 총 연구기간<br>참여연구원<br>수 | 총: 29 명<br>내부: 6 명<br>외부: 23 명 | 총 연구개발비                | 정부: 800,000 천원<br>민간: 천원<br>계: 800,000 천원 |
| 연구기관명 및<br>소속부서명     | 상지대학교 산학협력단 |                      |                                | 협동기관명:<br>(사)한국축산경제연구원 |   |
| 국제공동연구               | 상대국명:       |                      |                                | 상대국 연구기관명:             |   |
| 위탁연구                 | 연구기관명:      |                      |                                | 연구책임자:                 |   |
| 연구개발성과의<br>보안등급 및 사유 | 일반과제        |                      |                                |                        |   |

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

9대 성과 등록·기탁번호

| 구분          | 논문 | 특허 | 보고서<br>원문 | 연구시설<br>·장비 | 기술요약<br>정보 | 소프트<br>웨어 | 화합물 | 생명자원     |          | 신품종 |    |
|-------------|----|----|-----------|-------------|------------|-----------|-----|----------|----------|-----|----|
|             |    |    |           |             |            |           |     | 생명정<br>보 | 생물자<br>원 | 정보  | 실물 |
| 등록·기탁<br>번호 | 7  | 4  | 1         |             |            |           |     |          |          |     |    |

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

| 구입기관 | 연구시설·장<br>비명 | 규격<br>(모델명) | 수량 | 구입연월일 | 구입가격<br>(천원) | 구입처<br>(전화) | 비고<br>(설치장소) | NTIS<br>등록번호 |
|------|--------------|-------------|----|-------|--------------|-------------|--------------|--------------|
|      |              |             |    |       |              |             |              |              |
|      |              |             |    |       |              |             |              |              |

- 가축분뇨 양분관리 통합시스템 구축
  - 농가단위 및 자원화조직체 가축분뇨 양분관리 프로그램 개발
  - 분뇨 및 양분관리, 분뇨유통, 토양 및 수계환경 정보 등 D/B연계화
  - WEB기반 가축분뇨 통합양분관리 시스템 개발 (130여개 파라미터 구축)
- 가축분뇨 잉여양분 관리 및 비즈니스모델 실증화 구축
  - 중간조직체의 잉여양분 관리 체계화 및 현장 수익성 향상을 위한 실증화
  - 고품질 액비화 및 클로렐라 미생물비료의 제조
- 가축분뇨 행정제도개발·중장기 로드맵 구축
  - 가축분뇨 통합관리를 위한 행정제도 개발
  - 지자체의 가축분뇨 관리모형 및 중장기 로드맵 개발
  - 중앙정부, 지자체 연계 신규 행정개발

보고서 면수: 266

<보고서 요약서>

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <p>연구의<br/>목적 및 내용</p>             | <p>&lt;연구목적&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 가축분뇨 양분관리 통합시스템 구축</li> <li>■ 가축분뇨 잉여양분 관리 및 비즈니스모델 실증화 구축</li> <li>■ 가축분뇨 행정제도 개발·중장기 로드맵 구축</li> </ul> <p>&lt;연구내용&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 가축분뇨 양분관리 통합시스템 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축종, 규모, 사육형태별 가축분뇨 양분이동 관리 프로그램 개발</li> <li>- 분뇨 및 양분관리, 분뇨유통, 토양 및 수계환경 정보 등 D/B연계화</li> </ul> </li> <li>■ 가축분뇨 잉여양분 관리 및 비즈니스모델 실증화 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 품질관리 및 유통활성화 통한 공동자원화센터의 자원은행 전환</li> <li>- 중간조직체의 잉여양분 관리체계화 및 현장 수익성 향상을 위한 실증화</li> </ul> </li> <li>■ 가축분뇨 행정제도개발·중장기 로드맵 구축             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨 통합관리를 위한 행정제도 개발</li> <li>- 지자체의 가축분뇨 관리모형 및 중장기 로드맵 개발</li> <li>- 중앙정부, 지자체 연계 신규 행정개발</li> </ul> </li> </ul> |
| <p>연구개발성과</p>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지자체의 종합 양분 관리 프로그램 개발</li> <li>- 가축분뇨 양분관리 통합프로그램 개발(개별농가, 중간조직, 지자체, 행정)</li> <li>- WEB기반 가축분뇨 양분관리 프로그램S/W 개발(130여개 파라미터 구축)</li> <li>- 가축분뇨 잉여양분 품질관리 프로그램 개발</li> <li>- 잉여양분 비즈니스모델 실증화 구축</li> <li>- 공동자원화 등 중간조직체의 잉여양분 관리 체계화</li> <li>- 현장 수익성 향상을 위한 실증화</li> <li>- 가축분뇨 종합관리 행정제도·중장기 로드맵 작성</li> </ul>  |
| <p>연구개발성과의<br/>활용계획<br/>(기대효과)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨 양분관리의 정책-현장-R&amp;D 연계</li> <li>- 가축분뇨 양분의 정책·제도 개선 방안을 도출</li> <li>- 실질적인 잉여양분의 비즈니스모델을 통해 양분오염문제의 해결</li> <li>- 개발된 가축분뇨관리 행정제도는 정부의 정책으로 활용</li> <li>- 관련 행정부서, 관련업체 및 기술자 등에 보급</li> <li>- 가축분뇨의 통합양분 관리를 통한 양분총량제 대안을 제시</li> <li>- 잉여 양분의 상품화 확산모델 도출</li> <li>- 가축분뇨 유통 중간조직체에 관련 기술이전 추진</li> <li>- 지역 내 가축분뇨 양분관리 종합체계를 구축</li> <li>- 친환경적인 가축분뇨 자원화 촉진</li> <li>- 공동자원화시설의 잉여양분 상품화</li> </ul>  |

|       |  |                         |                |         |                 |
|-------|--|-------------------------|----------------|---------|-----------------|
|       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지속가능한 가축분뇨 자원화정책사업 추진</li> <li>- 지자체별 양분관리 기술의 프로그램 개발로 환경과 ICT 연계방안 구축</li> <li>- 농가수준, 가축분뇨 공정수준, 상품화 수준에서의 품질관리 기술 확보</li> <li>- 가축분뇨 공동자원화의 새로운 수익 모델 실증화 구현</li> <li>- 잉여양분의 상품화로 친환경 자원화 순환체계 산업화 실현</li> <li>- 잉여양분의 상품화를 통한 통합유통체계 구축</li> <li>- 잉여양분의 고급상품화 기술로 화학비료 대체</li> <li>- 축산업과 타 산업간 융복합 산업분야 창출</li> <li>- 향후 실천적 양분관리 추진 대책 확립</li> </ul> |                         |                |         |                 |
| 국문핵심어 | 양분관리   | 자원화조직체                  | 비즈니스모델         | 로드맵     | 품질관리            |
| 영문핵심어 | Nutrient management  | Recycling organizations | Business Model | Roadmap | Quality Control |

<본문목차>

< 목 차 >

|   |     |
|---|-----|
| 제1장 연구개발과제의 개요 .....                        | 7   |
| 1절 연구개발 목적 .....                            | 7   |
| 2절 연구개발의 필요성 .....                          | 8   |
| 3절 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계 .....               | 11  |
| 제2장 연구수행 내용 및 결과 .....                      | 16  |
| 1절 가축분뇨 양분관리 및 비즈니스 모델 개발 .....             | 16  |
| 1. 국내외 가축분뇨 유래 양분관리 현황 조사 .....             | 16  |
| 2. 가축사료 양분급여 관리 프로그램 개발 .....               | 34  |
| 3. 개별축산농가 및 지자체(행정) 가축분뇨 양분관리 프로그램 개발 ..... | 71  |
| 4. 자원화조직체 가축분뇨 양분관리 프로그램 개발 .....           | 113 |
| 5. WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 개발 .....    | 134 |
| 6. 자원화조직체 양분관리 및 비즈니스 모델 개발 .....           | 165 |
| 2절 가축분뇨 행정제도 개발·중장기 로드맵 구축 .....            | 214 |
| 1. 국내 지자체별 가축분뇨 처리현황조사 .....                | 214 |
| 2. 지자체 양분관리 계획 모형 개발 .....                  | 225 |
| 3. 지자체 적정 양분관리를 위한 지자체 정책 및 개선방안 .....      | 237 |
| 4. 가축분뇨 통합관리 중장기 종합 로드맵 구축 .....            | 252 |
| 제3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 .....                | 255 |
| 제4장 연구결과의 활용 계획 등 .....                     | 261 |
| 붙임. 참고 문헌 .....                             | 263 |

<별첨> 주관연구기관의 자체평가의견서

# 제1장 연구개발과제의 개요

## 1절 연구개발 목적

### 1. 가축분뇨 양분관리 통합시스템 구축

- 축종, 규모, 사육형태별 가축분뇨 양분이동 관리 프로그램 개발
- 분뇨 및 양분관리, 분뇨유통, 토양 및 수계환경 정보 등 D/B 연계화
- 개별축산농가, 가축분뇨 중간유통 조직체, 지자체, 지역 환경시설, 지역 커뮤니티와의 양분수지 관리 프로그램 개발
- 처리방법, 처리공정, 고액분리, 물질수지, 시용량, 살포방법, 살포면적, 재배작물, 작물작부체계, 손실량 등 관리

### 2. 가축분뇨 잉여양분 관리 및 비즈니스모델 실증화 구축

- 품질관리 및 유통활성화를 통한 공동자원화센터의 자원은행 전환
- 중간조직체의 잉여양분 관리체계화 및 현장 수익성 향상을 위한 실증화
- 축산농가, 처리공정, 상품화 단계 품질관리, 가축분뇨 잉여양분 비즈니스모델 구축: 수익모델체계의 모형 개발
- 가축분뇨 통합관리시스템을 통해 양분총량제도에 대비하기 위한 사전 연구의 성격

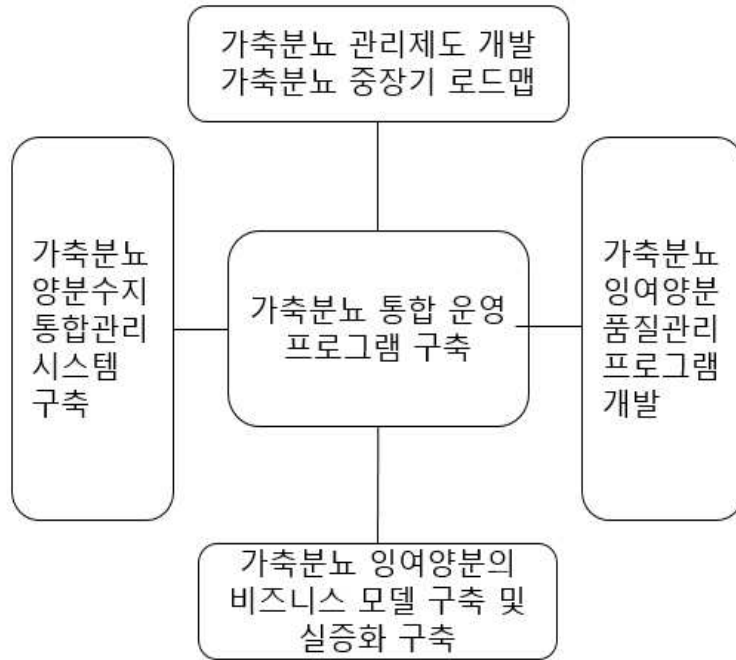
### 3. 가축분뇨 행정제도 개발·중장기 로드맵 구축

- 가축분뇨 통합관리를 위한 행정제도 개발
- 지자체의 가축분뇨 관리모형 및 중장기 로드맵 개발
- 중앙정부, 지자체 연계 신규 행정개발



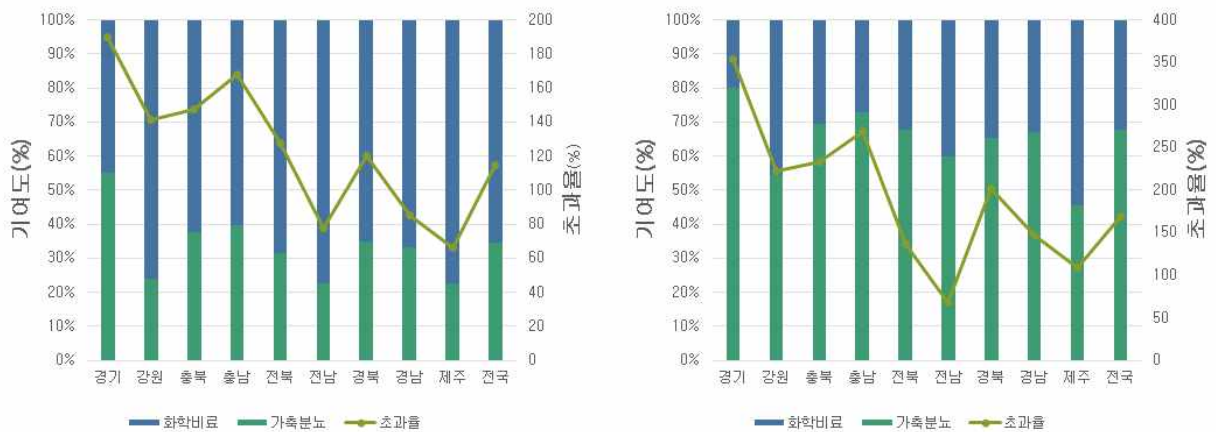
## 2절 연구개발의 필요성

- 정부는 “지속가능한 친환경축산종합대책(2014)”을 통해 분뇨악취, 환경부담 최소화, 친환경축산물 공급 활성화, 환경친화적 생산기반 조성 등 친환경축산업 육성을 지원하고 있다. 기존의 가축분뇨 대책은 정화처리, 퇴·액비화, 메탄가스화, 농경지 비료활용 등 단위 기술 중심으로 관리하고 있었으나 지속적인 농경지 과잉살포로 토양이나 수질오염의 원인이 제기되고 있다.
- 지금까지 가축분뇨 자원화는 농지환원 체계를 기반으로 가축분뇨 퇴·액비 이용이 주를 이루고 있어, 가축사육 밀집지역의 경우 농경지 양분요구량이 가축분뇨 유래 비료성분 발생량을 초과하는 경우 농업환경 오염의 우려가 있다. 따라서 가축분뇨 퇴·액비의 품질 향상 및 상품화 개발을 통해 가축분뇨 퇴·액비의 수요를 확대하는 동시에 양분총량 초과지역과 양분총량 비초과지역 간의 양분의 이동·분배 활성화를 위한 새로운 양분관리 통합시스템이 필요하다.
- 정부의 친환경적 축산업을 위해서는 종합적인 접근 즉 양분초과지역에서의 사육두수관리, 사전예방제도, 축산업 허가제도, 가축분뇨 잉여양분물질에 대한 회수, 가축분뇨의 에너지화 및 자원활용 지원제도 등 양분관리를 위한 지역협업체계 구축이 필요하다.
- 국내에서 가축분뇨의 양분관리는 행정조직을 통한 오염원조사 체계 및 조사기법이 발달하지 않아 아직은 양분총량관리계획을 시행하기에 미흡한 실정이다. 따라서 지역단위 양분관리에 필요한 가축별 사육두수 현황, 양분 총발생량, 가축분뇨 양분의 타 지역 이동량, 소비량 포함 양분관리 모니터링 기법의 개발이 필요하다.
- 가축분뇨의 양분통합관리를 위해서는 첫째, 가축분뇨의 행정관리제도, 중장기 로드맵 구축 등 행정제도 개발, 둘째, 가축분뇨 양분 통합관리 프로그램 개발, 셋째, 가축분뇨 잉여양분의 품질관리 및 비즈니스 모델 개발이 필요하다.
- 가축분뇨의 통합 운영프로그램 분야는 아직 시장으로 형성되어 있지 못하다. 주로 정부의 정책에 근거한 사업으로 정부의 제도 및 관련 로드맵이 작성되어 있지 않아 농림축산식품부의 향후 양분관리정책, 환경부의 유역별 양분관리정책에 기여할 것으로 사료된다. 최근 축산환경관리원의 설립으로 향후 가축분뇨 관련 정보서비스(분뇨발생량, 처리량, 지역 분포 통계현황, 위치정보)등이 새로운 환경서비스 산업으로 육성될 것으로 사료된다.



〈가축분뇨 통합 운영프로그램 구축을 위한 연구개발 분야〉

- 현재 축산분야의 전문화 및 대규모화로 인해 가축분뇨가 대량 발생하고 있으며, 발생되는 분뇨의 89.2%(42,129 천톤)이 퇴·액비로 자원화되고 있다. 가축분뇨의 퇴·액비화는 화학비료 대체원으로 활용이 가능하나, 현재 국내 토양에서 작물을 재배하는데 요구되는 양 이상으로 유입되고 있다. 2014년에는 토양에서 요구하는 질소와 인의 214%, 270%가 유입되었으며 이는 작물의 생육을 저해하거나 환경오염원으로 작용하기 때문에 농경지의 적절한 양분관리 대책 마련이 필요하다.



〈지역별 토양 내 질소(왼쪽)와 인(오른쪽)의 초과율과 기여도(2014)〉

\*자료) 강원대학교 (2016)

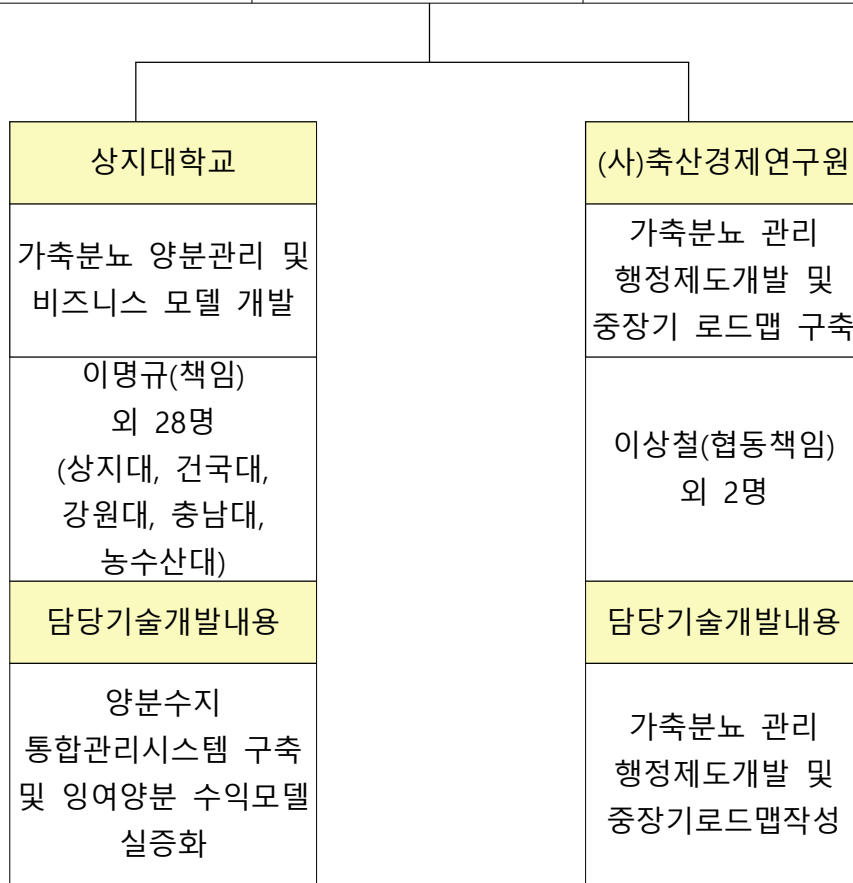
- 가축분뇨의 퇴·액비는 축종별로 성분이 각기 다르며, 자원화방법 별로 비료로의 양분 환원 계수가 달라지기 때문에 퇴·액비화 방법에 따라 양분의 함량 조절이 가능하다. 따라서 축종별 자원화 경로별 양분부하량 DB를 확보하고, 이를 통해 자원화 방법별로 분뇨의 양분을 관리 한다면, 지자체나 비료 소비자 혹은 국내 토양에서 요구되는 양분의 양에 맞춰 공급할 수 있을 것으로 판단된다. 더 나아가 토양 내 잉여양분으로 인한 환경문제 해결과 더불어 친환경 자원순환농업에 한걸음 더 다가갈 수 있을 것으로 사료된다.
- 최근까지 가축분뇨의 연구는 주로 악취, 정화, 퇴비, 액비, 병원균, 바이오가스, 농지환원 등 단위기술을 중심으로 연구되어 왔다. 2016 현재 허가·신고 축산농가의 약 90%가 퇴비·액비화 등으로 재활용하고, 4.7%만이 정화처리하고 있는 현실을 비추어 볼 때 상당량이 자원화 처리로 농경지에 살포되는데 이에 대한 적절한 양분관리가 미흡한 편이다.
- 가축분뇨는 점오염원의 약 30%를 차지하고 있어 수변구역에서의 축산이 제한되거나 전량 퇴비화 또는 공공처리장 유입 등 가축사육이 제한되고 있는 형편이다. 농식품부는 이러한 현황을 타개하기 위하여 지역단위 가축분뇨 자원화 연구를 진행하고 있으나 이러한 기술적 접근은 일부 중간자원화조직체를 대상으로 추진되고 있다.
- 가축분뇨의 지역 내 잉여양분 관리를 위해서는 “지역단위별 가축분뇨 양분의 통합적 관리” 측면에서의 연구 접근이 필요하다. 본 연구는 그 동안의 단위공정별 지역적 접근이 아닌 통합적 양분관리를 목적으로 이에 관련한 행정제도의 개발, 중장기로드맵의 개발, 가축사육 전 공정에 있어서의 양분수지 관리 프로그램, 잉여양분의 품질관리 및 새로운 비즈니스모델 구축 등 포괄적이며 통합적인 프로그램을 구축하는데 있다.

### 3절 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계

#### 1. 연구개발 추진체계

| 연구개발과제 |                   | 총 참여 연구원               |
|--------|-------------------|------------------------|
| 과제명    | 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축 | 주관연구책임자<br>이명규 외 총 31명 |

| 기관별 참여 현황        |       |        |
|------------------|-------|--------|
| 구분               | 연구기관수 | 참여연구원수 |
| 주관기관(상지대학교)      | 1     | 29명    |
| 협동기관((사)축산경제연구원) | 1     | 3명     |



## 2. 연구개발 추진방법

|                |   |   |  |  |   |   |   |
|----------------|---|---|--|--|---|---|---|
| 연구<br>목표       | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개별축산농가, 자원화조직체, 지자체 등의 지역단위 가축분뇨 양분관리프로그램 개발 및 중장기 종합로드맵 구축</li> <li>○ 가축분뇨 유통활성화를 위한 고품질 퇴·액비 품질관리 기준 프로그램 구축 및 잉여양분의 비즈니스 모델 창출</li> </ul>       |   |  |  |   |   |   |
| 주요<br>연구<br>내용 | 협동연구기관<br>((사)축산경제연구원)  | 주관기관<br>(상지대학교)   |  |  |   |   |   |
|                | 중장기 종합<br>로드맵   | 지역단위 양분수지 통합관리 시스템 구축   |  |  |   |   | 잉여양분 고품질화<br>및 비즈니스<br>모델창출 프로그램  |
| 연구<br>핵심<br>내용 | <ul style="list-style-type: none"> <li>-가축분뇨관리<br/>제도 개발</li> <li>-중장기종합로드맵<br/>구축</li> <li>-지자체 양분관리<br/>계획수립모형개발</li> </ul>   | <p>&lt;축산농가&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-가축사료<br/>양분급여<br/>관리<br/>프로그램<br/>개발</li> <li>-축종별조사<br/>-사육형태별<br/>조사</li> <li>-규모별조사</li> </ul> | <p>&lt;축산농가&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-가축분뇨<br/>양분관리<br/>프로그램<br/>개발</li> <li>-축종별조사<br/>-사육형태별<br/>조사</li> <li>-규모별조사</li> </ul> | <p>&lt;자원화<br/>조직체&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-가축분뇨<br/>양분관리<br/>프로그램<br/>개발</li> <li>-현지조사<br/>분석 및<br/>관리<br/>프로그램<br/>개발</li> <li>-주요<br/>환경시설과<br/>지자체와의<br/>상호 정보<br/>공유 관리<br/>시스템도출</li> <li>-지역<br/>민간인,<br/>이용자 연계<br/>프로그램<br/>개발</li> </ul> | <p>&lt;지자체&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-가축분뇨<br/>양분관리<br/>프로그램<br/>개발</li> <li>-축종별조사<br/>-사육형태별<br/>조사</li> <li>-규모별조사</li> </ul> | <p>가축분뇨의<br/>농지환원,<br/>양분이용,<br/>사료생산,<br/>자원순환<br/>시스템의<br/>프로그램<br/>개발</p> <p>문헌조사<br/>-농지환원<br/>양분총량<br/>조사<br/>-가축분뇨<br/>양분의<br/>사료작물<br/>이용률 조사<br/>-사료작물의<br/>가축사료<br/>이용량현황<br/>조사</p> | <p>&lt;자원화조직체&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-가축분뇨 자원화<br/>조직체(공공시설포<br/>함) 잉여양분의<br/>유통 활성화위한<br/>품질관리 프로그램<br/>개발</li> <li>-농장수준,<br/>처리공정수준,<br/>유통상품화수준별<br/>품질관리 요건<br/>평가 프로그램<br/>개발</li> </ul> <p>-----</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-가축분뇨 자원화<br/>조직체<br/>(공공시설포함)<br/>잉여양분의<br/>비즈니스 모델<br/>창출</li> <li>-공동자원화<br/>수익모델 향상<br/>위한 기술,인력,<br/>생산성, 수익성<br/>공정최적화 등<br/>수익모델 평가<br/>체계시스템 개발</li> </ul> |
| 핵심<br>연구원      | 이상철<br>((사)축산경제<br>연구원)   | 이경우<br>(건국대)  | 라창식<br>(강원대)   | 안희권<br>(충남대)   | 라창식<br>(강원대)  | 이경우<br>(건국대)  | 이명규(상지대)<br>신용광(농수산대)   |
| 공통             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미국, 일본, 유럽 등 선진국의 개별농가 양분수지 관리모델 조사 및 비교분석(1년)</li> <li>- 양분관리 프로그램 개발(홍유식, 상지대)</li> <li>- 지역단위 (양분수지/품질관리) 현장 접목을 통한 실증, 검증 및 보완책(3년)</li> </ul> |   |  |  |   |   |   |

### 3. 연구개발 추진 내용

| 구분       | 핵심 연구원        | 주요 연구내용  | 세부 연구내용  |
|----------|---------------|--|--|
| 협동 연구 기관 | 이상철 (축산경제연구원) | <ul style="list-style-type: none"> <li>-가축분뇨관리행정제도 개발</li> <li>-중장기종합로드맵구축</li> <li>-지자체양분관리계획 정책모형개발</li> </ul>   | <p>&lt;행정제도개발&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨 양분관리 분야 지자체 행정제도 개선 조사</li> <li>- 개별축산농가, 가축분뇨 중간유통조직, 경종농가의 양분관리제도 통합 로드맵의 도출</li> </ul> <p>&lt;중장기 로드맵&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부, 지자체의 수질오염 양분총량 환경관리 정책 조사</li> <li>- 지역 환경용량제, 환경목표설정 도입 조사</li> <li>- 국내의 양분관리 제도의 비교 조사</li> <li>- 농지양분 한계량 설정과 연계 조사</li> </ul> <p>&lt;지자체 양분관리계획 모형 개발&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지자체 가축분뇨 양분관리 자원 활성화를 위한 양분모니터링제도, 인센티브제도, 오염자부담 원칙 등 조사 및 검토</li> </ul>   |
| 주관 기관    | 이경우 (전국대)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축산농가 가축사료 양분급여 관리프로그램 개발 (축종별, 사육형태별 규모별)</li> <li>- 가축분뇨의 농지환원, 양분이용, 사료생산, 자원순환 시스템의 프로그램 개발</li> </ul>               | <p>&lt;개별축산농가, 농지환원&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축종별 사료 양분관리 모듈 개발: 소, 돼지, 닭 등 양분수지 평가</li> <li>- 한우, 젓소, 양돈, 산란계, 육계 등 축종별 사료 양분 모듈 개발</li> <li>- 개별 축산농가 별 양분관리 D/B 시스템 개발(반추,비반추)</li> <li>- 가축분뇨의 농지환원, 자원순환시스템 프로그램 개발 (문헌조사, 농지환원 양분총량 조사, 사료작물 이용률, 가축사료 이용량 현황)</li> </ul>   |
|          | 라창식 (강원대)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축산농가 가축분뇨 양분관리 프로그램 개발 (축종별, 사육형태별, 규모별)</li> <li>- 지자체 분뇨양분관리 프로그램 개발 (농가, 중간조직체, 농지 연계)</li> </ul>                    | <p>&lt;개별축산농가&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개별축산농가의 N, P, K 등 분뇨 발생량, 퇴·액비 성분량</li> <li>- 가축분뇨처리의 토양 양분부하, 환경영향평가, 가축분뇨 자원화 D/B화 모델</li> <li>- 개별 축산농가의 가축분뇨 자원화 현황 및 운영</li> <li>- 자원화 경로별 양분부하계수 조사, 축종별 자원화 경로별 양분부하량 DB 확보</li> </ul> <p>&lt;지자체&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 문헌조사를 통해 지자체별 작물재배량과 가축사육두수, 화학비료 사용량연계</li> <li>- 지역별 양분수지, 토양의 영양상태 연계</li> <li>- 지역별 토양의 양분수지 및 토양의 양분집적량, 양분부하량을 비교, 관리 연계</li> <li>- 지자체 가축분뇨 양분유통정보 Data Base화, 농지내 양분허용한계량 연계</li> <li>- 지자체 가축분뇨의 재배양식을 고려한 시기별 작물 생육량, 양분이동 평가모델 (작물/초지/채소/윤작/전작/피복작물 등 단계적 접근)</li> <li>- 가축분뇨 수거시스템, 운송시스템, 농지환원시스템통합관리 기술 체계화</li> <li>- 지자체 수질오염총량 관리 위한 목표수질 연계(지역별 오염 할당 부하량)</li> </ul> |
|          | 안희권 (충남대)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자원화(중간) 조직체 가축분뇨 양분관리 프로그램 개발</li> <li>- 주요 환경시설과 지자체와의 상호 정보 공유관리 시스템 도출</li> <li>- 민간인, 지역 커뮤니티 연계 프로그램 개발</li> </ul> | <p>&lt;자원화 중간 조직체&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 반입되는 분뇨 유형/처리량에 따른 퇴·액비 생산량, N,P,K 등 양분량 평가 프로그램</li> <li>- 자원화 조직체 공정별 양분수지평가 프로그램</li> <li>- 자원화 조직체(공동자원화, 액비유통센터, 가축분뇨 에너지화시설, 공공처리, 광역친환경 경축순환센터)의 양분수지관리 시스템</li> </ul> <p>&lt;지역 민간인, 이용자 커뮤니티&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 환경시설(자원화조직체)과 지역 커뮤니티(영농조합, 법인 등)와의 양분이용 연계 프로그램</li> <li>- 민간, 커뮤니티와 양분이용 연계를 통한 지역 내 배출 양분의 이용 활성화 프로그램</li> </ul>  |

|  |  |  |
|--|--|--|
| 이명규<br>(상지대)                                 | <p>-가축분뇨자원화조직체<br/>(공공시설포함)<br/>잉여양분의 유통<br/>활성화위한 품질관리<br/>프로그램 개발<br/>- 농장수준,<br/>처리공정수준,<br/>유통상품화 수준별<br/>품질관리 요건 평가<br/>프로그램 개발</p>   | <p>&lt;가축분뇨 자원화 조직체&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역 내 가축분뇨 초과양분의 유통활성화위한 품질관리 프로그램 조사</li> <li>- 지역 내 초과양분관리를 위한 선진기술 및 신제도 개선 프로그램 조사</li> <li>- 화학비료 및 퇴·액비 시용에 따른 양분 반출 특성 조사</li> <li>- 비 영농기 가축분뇨 양분 반출량 증진 방안 도출</li> <li>- 개별 축산농가, 공동자원화시설, 가축분뇨 액비저장조 등 중간 가축분뇨 관리조직의 초과양분 처리 및 품질 관리방안 모델 도출</li> <li>- 가축분뇨 양분관리 관련 가축분뇨 중간처리시설의 경제성 평가 조사</li> <li>- 개별농가에 있어서 액비 유통 상품화를 위한 품질 관리 프로그램 개발</li> </ul> <p>&lt;품질관리 평가 프로그램 개발&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축산농가 별 양분 배출특성 및 퇴·액비 품질 관리 현장 조사</li> <li>- 자원화조직체의 액비 유통 상품화를 위한 품질관리 프로그램 조사 및 개발</li> <li>- 가축분뇨 공동자원화 4단계 처리공정 관리의 평가 시스템 개발</li> </ul> |
| 신용광<br>(농수산<br>대)                            | <p>- 가축분뇨 자원화<br/>조직체 (공공시설포함)<br/>잉여양분의 비즈니스<br/>모델 창출<br/>- 공동자원화 수익모델<br/>향상 위한 기술, 인력,<br/>생산성, 수익성, 공정<br/>최적화 등 수익모델<br/>평가체계 개발</p> | <p>&lt;가축분뇨 자원화 조직체&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨 중간 조직체의 잉여양분 비즈니스 모델 개발</li> <li>- 양분투입/배출/이용/환원/ICT 유통정보 체계화 구축</li> <li>- 가축분뇨 잉여양분 비즈니스 상용화모델(양분관리/위생적 펠릿화 및 농축기술)</li> <li>- 잉여양분관리 프로그램, 경제성분석, 잉여양분 이용 수익성 모델 확립</li> </ul> <p>&lt;수익모델 평가체계 개발&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 잉여환경 양분자원 수익모델화를 위한 기술, 인력 생산성, 수익, 공정 최적화 등 수익모델 평가 체계 시스템 개발</li> <li>- 지자체 공동자원화센터 선정 및 잉여양분 비즈니스 모델 현장 실증파일럿 설치</li> <li>- 현장 파일럿 운영(양분관리 기술, 운영, 행정, 경영, 지역체계화)</li> <li>- 현장실증 수익모델 평가(기술, 운영, 행정, 경영, 지역평가 및 보완)</li> </ul>  |
| 연구<br>정보<br>공유<br>및<br>정례적<br>연구<br>진도<br>점검 | <p>연구원간 종합적인<br/>정보 공유 및 연구진도<br/>점검 위한 세미나 개최</p>   | <p>-연구팀 및 연구자문단 통합팀 구성</p> <p>&lt;자문단 구성&gt;</p> <p>: 세부 연구 분야별로 아래의 정책/현장/기술 자문단을 구성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농림축산식품부(축산환경담당)      - 환경부(유역관리담당)</li> <li>- 국립축산과학원(축산환경담당)      - (재)축산환경관리원(양분정보 관리담당)</li> <li>- 농촌경제연구원                              - 대한한돈협회(축산환경담당)</li> <li>- 지자체(실증화, 농협 포함)                - (사)한국축산환경학회(관련 대학)</li> <li>- 한국유기질비료협동조합                    - (사)친환경자연순환농업협회</li> <li>- (사)농정연구센터,                              - (사)메가팜협동조합</li> <li>- 국립농업과학원(토양환경담당)        - 국립환경과학원(유역총량과 양분총량담당)</li> </ul>  |

#### 4. 연구범위 및 연구수행 방법

| 연구범위  | 연구수행방법<br>(이론적·실험적 접근방법)  | 구체적인 내용  |
|---|---|--|
| ○축산농가 사료양분 관리, 가축분뇨의 농지환원, 양분이용, 사료생산, 자원순환프로그램 | - 양분의 input, output의 수치를 바탕으로 외부로 배출되는 양분의 양을 추정하는 방식 또는 1두(수)의 가축이 성장하면서 배출하는 양분을 바탕으로 전체 생산량을 추정하는 방식으로 계산함                             | - 축종별 생산기간동안 배출되는 양분(질소, 인산)별 계수를 도출   |
| ○축산농가 분뇨양분 관리, 지자체(행정)가축분뇨 양분 관리 프로그램           | - 지자체 가축분뇨 정책과 제도개선을 위한 전문가 회의 및 의견수렴<br>- 지자체 가축분뇨 운영프로그램 관련 현장조사(인터뷰포함)   | - 지자체 가축분뇨 행정관리 제도의 주요 문제점 분석 및 개선방안 제시<br>- 가축분뇨법의 주요 쟁점문제에 대한 개선 및 법률개정안 제시  |
| ○축산농가 분뇨양분 관리, 지자체(행정) 가축분뇨 양분 관리 프로그램 개발       | - 유럽의 양분관리프로그램 문헌조사<br>- 국내 개별농가 양분관리 프로그램 개발 및 현장적용<br>- 국내 지역단위 양분관리 프로그램 개념 수립 및 양분수지 모델 시험 구현   | - 유럽의 정책방향 및 각 국가(영국, 덴마크, 스웨덴)의 양분관리 프로그램 문헌조사 수행<br>- 개별농가단위 양분관리 프로그램을 확립하고 실제농가 대상으로 case study 진행<br>- 지역단위 양분관리 프로그램 개발을 위한 개념 수립 및 시범적 실시안 제시                                       |
| ○자원화조직체 잉여양분 품질관리 및 품질관리 평가 프로그램                | - 문헌조사와 시료분석을 병행하여 자원화(중간)조직체 분뇨 유형에 따른 퇴·액비의 N,P,K 양분변화 기초자료 조사/평가<br>- 자원화(중간)조직체 분뇨 처리량 및 퇴·액비 생산량 조사 (공동자원화, 액비유통센터, 광역친환경 경축순환센터 협조) | - 축종별 분뇨의 N,P,K 함량 평가<br>· 한우, 젓소, 돼지분뇨 및 계분<br>- 고액분리 시스템 유형별 양분 및 용적제거율 평가<br>· 원심분리데칸터, 스크류압착, 벨트프레스 등<br>- 퇴·액비화 공정에 따른 양분변화 문헌조사<br>- 자원화조직체 양분변화 기초자료 조사<br>- 자원화조직체 퇴·액비화 시 양분수지 평가 |
| ○ 자원화 조직체 잉여양분 비즈니스 모델 및 수익모델 실증화 프로그램          | - 축산농가단위 실제 양분밸런스 표본조사 평가<br>- 공동자원화시설 수익성 현장조사평가   | - 공동자원화시설 수익구조 및 평균손익 조사를 통한 공동자원화시설의 수입증대 방안 제시   |
| ○ 행정제도 개발, 중장기 종합 로드맵, 지자체 양분관리계획 모형개발          | - 국내 지자체 현지방문 및 양분관리 실태 시범지역 조사를 통한 가축분뇨 유래 양분수지 분석 구현  | - 국내 가축분뇨 행정제도의 개선 로드맵(안) 제시<br>(가축분뇨은행개념의 도입)   |



## 제2장 연구수행 내용 및 결과

### 1절 가축분뇨 양분관리 및 비즈니스 모델 개발 (주관기관: 상지대학교)

#### 1. 국내의 가축분뇨 유래 양분관리 현황 조사

##### 가. 국외 가축분뇨 유래 양분관리 프로그램

###### (1) EU

- EU는 유럽 국가 및 지역의 환경오염을 줄이기 위한 질소와 인의 지침 및 법안을 가지고 있으며 이는 각 회원국마다 구속력을 가진다.
- 1991년에 공포된 EU 양분관리의 핵심적인 가이드라인인 「질산염 지침 (91/676/EEC)」은 업에서 지하수와 지표수로 유입되는 질산염의 부하를 줄여 오염을 예방하는 목적을 가진 「물 기본 지침 (Water Framework Directive)」의 일부이다.
- 이 지침의 실행 목표는 농업 과정에서 유출되는 질소를 줄여 수질오염을 줄이고 지하수의 질산염 오염을 방지하는 것을 목적으로 하고 있다. 과잉된 양분, 특히 질소와 인의 환경적 영향에 초점을 맞추며, 동물 비료 및 화학 비료 사용에 대한 규칙이 포함되어 있다. 이 지침의 핵심은 농작물에 의한 양분의 수요와 공급의 균형을 이루기 위해 가축분뇨의 최대 투여량에 대한 표준을 지정한 것이다.
- 또한 농민들이 자발적으로 구현할 질소균형시비를 포함하여 바람직한 농업 관행 규정 수립하고, 질산염 취약지구 (NVZ; Nitrate Vulnerable Zones)로 지정하며, 질소시비 한도를 포함한 취약지구 내 의무적 수단 및 활동 프로그램 수립 등을 제시한다. 질산염 취약지구에는 오스트리아, 덴마크, 핀란드, 독일, 네덜란드의 국토 전체가 지정되어 있다.
- EU의 회원국은 수질오염 및 부영양화에 대한 정보를 기반으로 취약 지역을 지정하고 있으며, 이 지역의 약 38%가 벨기에, 프랑스, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 스페인, 포르투갈, 스웨덴 및 영국이다. 토지로의 양분 배출 허용 지역의 질소 최대 허용치는 경작지 기준 170 kg N/ha, 초지 기준 250kg N/ha 이다 (Bos 등, 2005).
- 질소와 인의 관리를 위해 일부 유럽 국가 및 지역에서 법규가 제정되었으며 개별 기준을

가지고 있지 않은 국가의 경우 「질산염 지침」을 활용하고 있다.

- 인의 경우 대부분의 국가에서 인 허용치를 제한하고 있으나 다량의 인이 집적되어 있는 영국, 웨일즈, 폴란드, 프랑스 등 일부 국가들은 인의 이용 제한을 설정하지 않았다 (Amery & Schoumans, 2014).

**<표1> 질소와 인에 관련된 EU의 지침**

| 지침                             | 법령 번호                           |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 수영유역 수질지침                      | 76/160/EEC amended by 2006/7/EC |
| 위험물질 지침                        | 76/464/EEC = 2006/11/EC         |
| 도시폐수 지침                        | 91/271/EEC                      |
| 질산염 지침                         | 91/676/EEC                      |
| 물 기본 지침                        | 2000/60/EC                      |
| 지하수 지침 (물 관리 기본지침의 하위 지침)      | 2006/118/EC                     |
| 해양 전략 기본 지침                    | 2008/56/EC                      |
| 폐기물 관리 기본 지침                   | 2008/98/EC                      |
| 산업 배출 지침 (IPPC 지침 96/61/EC 대체) | 2010/75/EU                      |

**<표2> 국가별 인 관련 법규 개요 (Amery & Schoumans, 2014)**

| 국가/지역                       | 인 적용 제한          | 규정 체제               | 규정된 인의 종류            | 제한 (kg/P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/year) | 제한 고려 사항                     |
|-----------------------------|------------------|---------------------|----------------------|--|------------------------------|
| Austria                     | No <sup>b</sup>  | -                   | -                    | -  | -                            |
| Belgium-Flanders            | Yes              | 최고 적용율              | Total P              | 40-95  | 작물종류, 인산염 포화 토양 여부           |
| Belgium-Wallonia            | No <sup>b</sup>  | -                   | -                    | -  | -                            |
| Czech Republic              | No <sup>bc</sup> | -                   | -                    | -  | -                            |
| Denmark                     | No <sup>bg</sup> | -                   | -                    | -  | -                            |
| England, Scotland and Wales | No               | -                   | -                    | -  | -                            |
| Estonia                     | Yes              | 최고 적용율              | Manure P             | 57   | -                            |
|                             |                  |                     | Extra chemical P     | 5-224  | 작물종류, 산출량과 토양 인              |
| Finland                     | AEP <sup>a</sup> | 최고 적용율 <sup>a</sup> | Total P <sup>a</sup> | 0-252 <sup>ad</sup>                            | 토양 인, 작물종류와 산출량 <sup>a</sup> |
| France-Brittany             | Yes              | 최고 적용율 또는 균형        | Total P              | 80-95 또는 수출 + 10%                              | 농장 형태와 수역, 또는 곡물 외부 유출량      |

|                  |                  |                     |                       |                     |                              |
|------------------|------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------|
| Germany          | Yes              | 균형                  | Total P               | 수출 + 20             | 균형(곡물 생산량과 외부 유출량)과 토양 인     |
| Greece           | No <sup>b</sup>  | -                   | -                     | -                   | -                            |
| Hungary          | No <sup>b</sup>  | -                   | -                     | -                   | -                            |
| Ireland          | Yes              | 최고 적용율              | Total P               | 0-286               | 작물종류와 토양 인 (그리고 곡물 산출량)      |
| Israel           | No               | -                   | -                     | -                   | -                            |
| Latvia           | No <sup>b</sup>  | -                   | -                     | -                   | -                            |
| Luxembourg       | AEP <sup>a</sup> | 최고 적용율 <sup>a</sup> | Total P <sup>af</sup> | 0-186 <sup>ad</sup> | 토양 인, 작물종류와 산출량 <sup>a</sup> |
| Northern Ireland | Yes              | 최고 적용율              | 화학비료 인 <sup>f</sup>   | 0-250 <sup>d</sup>  | 자문(토양 인, 곡물종류와 산출량)          |
| Norway           | Yes              | 최고 적용율              | 분뇨 인                  | 80                  | -                            |
| Poland           | No <sup>b</sup>  | -                   | -                     | -                   | -                            |
| Spain            | No <sup>be</sup> | -                   | -                     | -                   | -                            |
| Sweden           | Yes              | 최고 적용율              | 분뇨 인                  | 50                  | -                            |
| Netherlands      | Yes              | 최고 적용율              | Total P               | 55-120              | 토양 인(그리고 곡물 : 목초 또는 경작할 작물)  |

a AEP: 엄격한 규제는 아니지만 농업환경프로그램에서 요구함(Finland와 Luxembourg에서 95% 참여)

b 단지 질산염 취약 지역(또는 몇몇 국가에서는 전체 토지)에 적용되는 170kg N/ha/year를 이용해 분뇨의 인을 간접적으로 제한함(덴마크에서는 대부분 가축들에 대해 140 kg N/ha/year)

c 분뇨 인 잉여분에 대한 규제: 확장하거나 변경하기를 원하는 축산농가와 class 1, 2, 3에 해당되고 인이 과다인 Nature 2000 지역으로 배출하는 축산농장 대상(덴마크 참고)

d 평균 곡물 산출량보다 더 많은 산출을 보이는 작물에 더 높은 기준 적용 가능

e Extremadura 지역 제외: 올리브, 쌀, 담배와 낙엽과일 나무에는 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/year로 제한

f 분뇨 내 인(Luxembourg)과 유기 인 비료(Northern Ireland)는 화학 인 비료와 섞이면 제한됨.

g Scotland: 작물에게 필요한 양분이 과잉인 토양에는 비료를 적용할 수 없음.

## (2) 네덜란드

- 네덜란드는 유럽에서 가장 집약적인 농축산업 경영체계를 유지하고 있는 국가로서 농장 단위의 양분수지 분석을 통해 국가 양분수지 관리목표에 부합하도록 관리함으로써 양분 감축을 추진하였으며, 국내 양분유출을 EU의 「질산염지침(91/676/EEC)」에 부합하도록 하는 방안으로 양분관리시스템인 「무기물기장제(Mineral Accounting System, MINAS)」를 1998년에 도입하여 국가양분관리의 기술적 수단으로 활용되었다<표3>.
- 네덜란드는 다른 유럽 국가들과는 달리 좁은 경작지에서 집약적 영농방식을 채택하고 있어, 가축분뇨 환원을 위한 충분한 농경지를 확보에 어려움이 있었으며, 이러한 농업여건에서 MINAS는 네덜란드의 양분관리를 위한 독자적으로 강구한 수단이었다.
- 농가단위 양분수지 분석에 기초하는 MINAS는 네덜란드 특유의 양분관리 제도로서 다른 EU국가들이 가축분뇨 자원화를 위한 농경지를 의무적으로 확보하는 가축사육규제를 채

택하고 있는 상황에서 가축사육규제보다는 농장의 양분관리를 통해 양분의 수계유출을 저감하고자 하는 취지에서 도입되었다.

- 농가에서 정해진 기준보다 많은 양의 잉여양분이 발생하는 경우 과세하고 강력한 양분 삭감방안을 요구함으로써 농가의 자발적인 양분관리가 이루어지도록 유도하기 때문에 지역적·국가적 양분관리가 용이해졌으나 농장 내 양분관리 과정이 불투명하고 EU에서 채택한 「질산염지침」에 부합하지 않아 2006년 폐지되었다.
- MINAS는 농가에 대한 규제와 경제적 유인책이 결합된 양분관리 시스템으로 Farm budget 양분수지 모델을 기반으로 만들어졌으며 각 농장별로 양분의 유입량 (비료, 가축, 사료, 가축분뇨 등)과 유출량 (축산물, 생산작물, 가축분뇨 등)을 기록하여 농장단위의 양분수지를 관리하고 매년 해당기관에 제출해야 한다 (유입량 - 유출량 = 잉여량).
- MINAS는 타 EU 국가들에 비해 농경지가 부족해 가축분뇨를 자원화하는데 어려움을 겪는 네덜란드의 상황에서 양분관리를 위해 선택된 방법으로 양분수지를 이용한 농가단위 양분관리를 위한 효율적인 방안이다. 단, MINAS는 축산농가 양분관리 시 농장 내 가축분뇨의 자원화를 통한 양분부하량의 감소 등 양분저감 노력을 세부적으로 확인·반영하기 어려우며, 대기강하물, 생물학적 질소고정 등 자연적인 현상에서 기인하는 질소유입은 고려하지 않는다.
- MINAS에서의 양분수지 분석모델은 농장을 경계로 하여 농장내로 유입되는 화학비료와 유기질비료, 농후사료 및 조사료, 각종 잔물잔사 등에서 기인하는 질소와 인을 양분유입 인자로 고려하고 있으며, 농장 밖으로 유출되는 축산물(고기, 우유), 농산물, 가축분뇨 등에서 기인하는 질소와 인을 양분유출 인자로 고려한다.
- OECD의 농업환경지표는 농지 (단위지역)을 경계로 유입·유출되는 양분의 수지를 분석하는데 반하여 네덜란드의 MINAS는 농장을 경계로 하여 유입·유출되는 양분의 수지를 분석하고 있어, 두 양분수지 분석에서 모델의 경계조건에 차이가 있다. 이러한 경계조건의 차이는 양분수지의 분석모델에서 유입·유출의 고려 인자에 차이를 나타내게 되며, 최종적으로 분석된 양분수지의 의미에도 차이를 나타낸다.
- 이와 같이 양분수지분석을 통한 양분관리제도는 양분수지지표를 통한 합리적인 양분 관리 방안이라는 점에서 장점이 있으나 가축분뇨와 같은 비료 투입원의 농경지 이용 사항을 정량적으로 파악하는데 어려움이 있었다.
- 그럼에도 불구하고 MINAS는 농경지 양분부하 저감 및 농가단위 양분관리의 효율적인 수

단으로 인정되고 있으며, 양분관리를 위해 농장경영의 새로운 대안 발굴, 가축분뇨 비료 시장 창출 측면에서 장점이 있는 것으로 평가되고 있다. 이러한 이점으로 인하여 최근에는 인 수치 관리를 통한 양분관리제도의 새로운 도입을 추진하고 있는 상황이다.

〈표3〉 네덜란드 국가 양분수지 관리목표

| 년도        | 질소                   |                       | 인산 |
|-----------|----------------------|-----------------------|----|
|           | 일반경작지                | 초지                    |    |
| 1998-1999 | 175                  | 300                   | 40 |
| 2000-2001 | 125                  | 250                   | 35 |
| 2002-2004 | 110                  | 220                   | 30 |
| 2005-2007 | 100                  | 190                   | 25 |
| 2008 이후   | 100/60 <sup>1)</sup> | 180/140 <sup>1)</sup> | 20 |

\*자료) Manure policy and MINAS: Regulating nitrogen and phosphorus surpluses in agriculture of the Netherlands(Organisation for Economic Co-operation and Development, 2005)

\*1) 지하수 오염가능성이 큰 사질토양의 농경지에 해당

### (3) 벨기에

- 벨기에는 국가적인 양분관리 차원에서 가축분뇨를 효과적으로 관리하기 위해 가축분뇨은행(Manure Bank)을 설치하여 운영하고 있으며, 가축분뇨 은행의 주요한 업무는 양축농가의 신고 및 등록업무, 축분퇴비와 액비의 유통업무, 부과금 부과와 행정상 과태료 수금, 보상금 지불 업무, 통제와 감시업무, 허가권, 환경관리 업무 등을 담당하고 있다.
- 과잉 양분문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 가축분뇨처리 및 비료(화학비료, 유기질 비료 등)의 사용실태를 정확하게 파악하는 것이 필수적이므로, 매년 농가들의 관련정보(평균 가축사육두수, 농가 경작면적 및 위치, 작부체계, 화학비료 및 기타 비료 사용량, 창고 저장용량 및 연말 기준 저장된 가축분뇨량 등)를 상세하게 기록하고 관리한다.
- 기록된 자료를 기초로 관리영역에 따라서 조합단위, 지구단위(또는 지역단위) 및 도 단위 등 다양한 단위로 양분수지 산출과 과잉양분을 관리하며, 비료 유통경로를 추적할 수 있도록 모든 비료 이동 및 저장고에 대한 체계적인 도표 작성 및 당해년도 농가간 비료 판매 현황까지도 기록하여 관리하는 시스템이다.
- 가축분뇨 수요 촉진 및 생산자와 사용자 간의 비료판매 중계 업무도 수행하며, 비료 잉여

분에 대한 판로가 없는 업체에 대해서는 판로확보를 위한 역할도 수행한다.

- 과세 및 행정상 과태료 수금, 보상금 지불 업무도 담당하며, 이밖에도 행정상 점검 및 확인 업무로 각종 신고서 점검, 행정상 과태료와 관련된 서류점검, 비료판매 및 공식적으로 허가된 비료 수송업자에 대한 수송 규정점검 등의 업무도 담당한다. 농민 또는 영농단체를 대상으로 관련정보를 제공하는 업무와 경제적·과학적 연구에 대한 지원업무도 포함한다.<표4>

#### <표4> 벨기에 가축분뇨 은행의 운영 체계

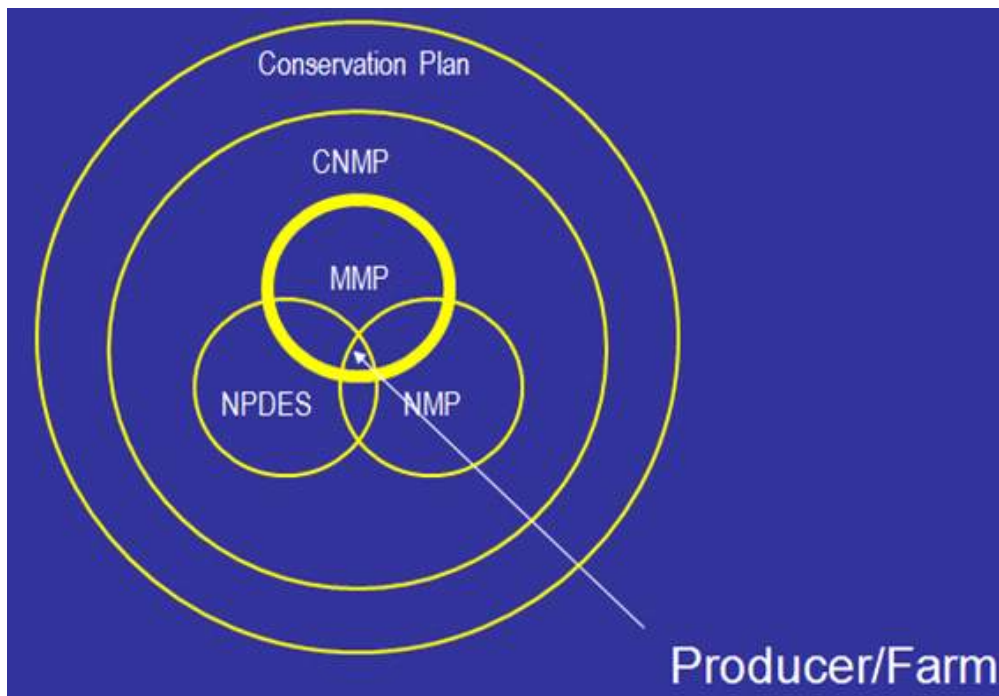
| 구분      | 운영 사항   |
|---------|---|
| 신고 및 등록 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농민들은 전년도에 농장(축산농가)운영 실태에 관해 상세한 연차 신고서를 제출</li> <li>- 분뇨은행은 농가들의 정보(예: 평균 가축 사육두수, 농가 경작면적 및 위치, 작부체계, 화학비료 및 기타 비료 사용량, 창고저장용량 및 연말 저장된 가축분뇨량 등)를 기록·관리(기타 비료(퇴비 등) 생산자, 저장고(depots), 비료 처리 및 제조 단위 등에 관한 정보도 요구)</li> <li>- 이들 정보를 이용하여 인산 및 질소의 총생산량과 지역내 분뇨판매량 등을 계산하며, 분뇨 잉여는 회사단위(company level), 지구(local)단위, 또는 지역(regional)단위 및 도(provincial)단위 등 다양한 단위로 고려 가능함</li> </ul> |
| 유통      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역에서의 가축분뇨 유통경로를 추적하며, 모든 가축분뇨 이동 및 저장고에 대한 체계적인 도표 작성 및 당해년도 농가 간 분뇨 판매 현황을 기록·관리</li> <li>- 가축분뇨 수요 촉진 및 생산자와 사용자 간의 분뇨 판매 중계 업무를 수행하며, 양분 잉여분에 대한 판로가 없는 업체에 대한 안전망(safety net) 역할을 수행</li> </ul>   |
| 제정      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과세 및 행정상 과태료 수금, 보상금 지불 업무 담당하며, 신고를 통해 농민들은 업체에서 사용하는 사료, 인공 비료 및 기타 비료에 포함된 무기물(질소, 인산)의 양을 추적하고, 이에 대해 세금 또는 기본 세금을 청구</li> <li>- 전년도에 분뇨은행에 양분 잉여분을 제공한 생산자들에 대한 공탁금(deposit levy)과 전년도 허용된 양을 초과하여 양분을 생산한 농민, 그리고 가축분뇨의 가공 및 반출과 관련한 요구조건을 충족하지 못한 농민에게 부과금(super levy)을 적용</li> </ul>   |
| 통제      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 행정상 통제 업무에는 신고서 점검, 행정상 과태료와 관련된 서류 점검, 가축분뇨 판매 및 공식적으로 허가된 분뇨 수송업자에 대한 수송 규정 점검 등 수행</li> </ul>   |
| 면허      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 특별 자치기구의 기관장과 지역 대표자는 영농업체에게 환경 면허를 수여하거나, 면허 양도 및 변경을 승인하기 전에 분뇨은행의 협조가 필요하며, 비료 수송업자와 저장소에 대한 모든 공식적인 인허가 신청 업무를 관장</li> </ul>   |
| 관리업무    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농민 또는 영농단체를 대상으로 정보제공 서비스, 서비스 및 통신 제공, 농업 및 원예 교육, 지역의회 등 개최</li> <li>- 또한 여행, 기자회견, 워크숍, 전시회 등의 서비스도 제공하며, 과학적 연구에 대한 지원(follow-up) 및 행정 당국에 권고 및 양분관리 정책 평가 업무 등 수행</li> </ul>  |

\*자료) 양분총량제 도입방안 연구(농촌경제연구원, 2015)

#### (4) 미국

##### (가) 미국의 양분관리 시스템

- 미국의 축산은 방목과 집약적인 축산이 함께 공존하는 형태이며 분뇨는 주로 라군이나 분뇨저장탱크에 단순저장하거나 축사 외부에 야적하여 처리하는 방법을 사용하고 있어 일반적으로 우리나라의 분뇨처리 방법과 상이한 특징을 지닌다.
- 미국의 양분관리는 농무부(United States Department of Agriculture, USDA)와 환경보전청(Environmental Protection Agency, EPA)에서 주관하고 가축사육시설 (Animal Feeding Operations, AFOs)을 사육두수 규모에 따라 나누어 관리하고 있으며, 집약가축사육시설 (Concentrated Animal Feeding Operations, CFOs)의 경우 양분관리 계획, 보고서 보관 및 의무사항을 이행해야 한다. 미국의 양분관리 시스템 개요를 <그림1>에 나타냈다.



<그림1> 미국의 양분관리 시스템

\*자료) J. Lally & J. Lawrence

- Conservation Plan (자연보존 계획)
- CNMP: Comprehensive Nutrient Management Plan (종합양분 관리 계획)
- MMP: Manure Management Plan (가축분뇨 관리 계획)
- NMP: Nutrient Management Plan (양분 관리 계획)
- NPDES: National Pollutant Discharge Elimination System (국가오염물질 삭감시스템)

### ① 종합양분 관리 계획 (Comprehensive Nutrient Management Plan, CNMP)

- CNMP는 AFOs 관리방법의 일부로, 농장주/농장 운영자가 환경적·경제적으로 가축과 작물을 사육·재배하기 위해 현재 사용하고 있고, 추후 사용(시행)할 계획인 생산 방법, 장비, 구조를 설명하며, 환경보존을 위한 농업 관행과 사료의 급여부터 가축분뇨와 부산물의 사용에 이르는 전체시스템의 관리 활동을 아우르는 계획이다. 자연보존 계획 (Conservation plan) 중 가축사육시설에 특화된 시스템으로 자연자원 보존에 기여할 목적으로 시행되고 있다.
- 계획도구일뿐만 아니라 지주, 농장운영자의 활동 내역 등 의사결정을 상세히 기록하는 도구로서 지주나 농장운영자가 소유하거나 결정권한을 가진 모든 토지(농경지, 시설 등) 내 가축분뇨와 유기 부산물 생산, 처리, 적용 등 상세한 활동내역을 문서화하며, 윈도우를 기반으로 한 농가단위 가축분뇨 및 가축폐기물 관리 소프트웨어를 개발하여 농민들이 이용할 수 있도록 지원하고 있다.
- 농장 운영자가 가축사육시설 내 분뇨관리, 사용, 장소선정, 냄새 관리에 대한 각주의 법령에 따라 일반적인 농업활동 및 관리활동을 하도록 도움을 주며, 농무부 자연자원보전청 (Natural Resources Conservation Service, NRCS)의 기술 지침을 준수한다.
- CNMP는 가축분뇨 관리를 위한 도구로써 각 주별로 지역의 특성에 따라 약간의 차이를 두고 적용된다. 주요 요소들은 「분뇨와 오수의 관리 및 저장」, 「토양 관리와 활용」, 「양분관리」, 「통계자료의 확보」, 「가축사료 관리」, 「대체 이용」과 같으며, 세부적으로는 각각 가축분뇨 및 축산폐기물의 적정 취급 및 저장계획(수거, 저장, 처리, 사육관리, 경관관리 등), 농가정보 및 농가의 영양물질 관리계획, 종합영양물질 관리계획 (CNMP) 시행사항 (시행내용별 계획표, 농경지별 관리내용, 시행 달력 등) 기록, Phase feed, 저단백질 Diet, 저 유기태인 곡물 및 효소 사용 등 사료관리 (선택사항)의 내용이 포함되어 있다.

### ② 가축분뇨 관리 계획 (Manure Management Plan, MMP)

- 퍼듀 대학에서 개발된 window 기반 소프트웨어인 MMP는 작물 생산과 가축의 사료 공급을 위한 분뇨관리 계획을 수립하는데 사용된다.
- 사용자는 토지의 운영·검정 정보( $\text{NO}_3\text{-N}$ , P, K, pH 등), 작물(종류, 면적 등), 가축분뇨의 저장 및 운용기기에 대한 정보를 입력하며, 가축분뇨의 총량, 토양, 해당 작물의 요구양



분과 유· 무기 양분 시비 요구량 등을 예측하여 사용자가 계획된 기간 (1년에서 10년) 동안 분뇨를 언제, 어디에, 얼마나 적용할지 계획한다. 또한 실제 양분시비량을 기록·보관하여 사용자가 농장의 양분관리 현황에 대해 정확히 알 수 있도록 지원한다.

- MMP는 각 주나 NRCS의 지침을 기반으로 하여 분뇨시비 할당량을 제시함으로써 미국 대부분의 주 내 농가의 현재 가축사육 규모, 작물 재배면적, 계절적 토지 이용도, 분뇨저장 능력, 응용 장비가 환경적으로 안정적인 작물 생산에 적합한지 판단하는데 도움을 주어, 지속가능한 축산이 가능하도록 한다.
- MMP는 일정규모 이상의 농가에게 의무적으로 적용되고 있는 가축분뇨 관리 시스템으로 미국 전역에서 대부분 시행하고 있으며, 500AU 이상 규모의 농가 또는 타주(Out of state)에서 분뇨를 반입해 살포하고자하는 사람 등이 적용대상이 된다.
- MMP에는 농가정보(사육규모, 농장/살포지 지리정보, 살포지 계약서 등), 가축분뇨 분석결과 및 농가의 가축분뇨 최대 허용 살포율, 가축분뇨 관리계획에 대한 지자체 담당자의 승인여부 등의 내용이 포함되어 있으며, 농장주 및 가축분뇨 살포업자는 MMP를 통하여 가축분뇨 및 영양물질 발생량, 필요한 살포지 면적 및 각 살포지 별 적정 살포량 등의 정보를 얻을 수 있다.

### ③ 양분 관리 계획 (Nutrient Management Plan, NMP)

- 자연보존 계획(Conservation plan)의 일환으로 가축분뇨에 함유된 영양물질을 살포할 수 있는 살포지 면적을 확인하는데 도움이 된다. NMP에 적용되는 대상은 USDA(미국 농무성)의 Environmental Quality Incentive Program에 참여하고자 하는 농가 또는 USDA(미국 농무성)의 기술지원을 받고자하는 농가이다.
- NMP에는 영양물질 관리계획 checklist 및 인증서, 가축분뇨 관리계획(MMP)에 포함된 토양지도, 침식제어 및 수질관리를 위한 활동, 수질오염 Risk assessment, 농장정보, 토양분석결과, 비료성분(N, P, K) 관련 예산, 작물에 필요한 총 비료 성분량, 영양물질 시비 계획 등이 중심으로 포함되어 있다.

#### ④ 국가오염물지 삭감시스템 (National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES)

- NPDES는 미국 연방 EPA(Environmental Protection Agency)의 위임을 받은 주정부에서 발행하는 허가시스템이다. NPDES의 적용대상로서 오염물질을 배출하거나 강우 시 오염물질을 수계에 배출할 가능성이 있는 가축분뇨관리 시설은 NPDES 허가를 득해야 하며, 주에서 자체적으로 운영하는 허가 시스템을 만족하더라도 농가에서는 NPDES 허가를 별도로 받드시 득해야 한다.
- NPDES 상 허가를 득하기 위한 조건 및 특이사항으로서 가축분뇨 관리 계획(MMP)를 수립하고 있어야 하며, NPDES 허가과 관련된 모든 규정은 USEPA guidelines에 부합되어야 한다.

#### (나) 미국의 양분크레딧 (Nutrient Credit Trading Program, NCTP) 제도

- 미국은 수질개선을 위한 시장지향적 양분관리 수단으로 환경보전처와 미국 농무부가 공동으로 양분크레딧 거래 프로그램(Nutrient Credit Trading Program, NCTP)을 수립하여 추진하고 있다. NPDES에서 제시한 허용 방출량 대비 감축량이 환경보전부(Department of Environment Protection)의 승인과 인정을 받아 크레딧이 되며, 크레딧 거래를 위해서는 각 주의 양분거래 경매 프로그램에 등록해야 하고, 이곳을 통해 경매가 이루어지게 된다.
- 양분크레딧 거래는 오염원들 간 오염물질 방출 할당량과 관련된 시장 지향적인 정책수단으로 농장에서 규정을 지킨다면 금전적인 보상을 받을 수 있는 수단으로 사용되며 전체적인 오염물질을 줄이는 데도 도움이 된다.
- 당초 양분크레딧 거래제는 수질 개선에 주요 목적을 두고 있어 수질 거래로 불렸다. 생산자들은 그들의 자연자원 보존 활동에 관한 대가를 받았으며, 오폐수를 처리하는 시설에서 생산자들이 자연자원 보존 활동을 통해 모아둔 크레딧을 구입하고, 이러한 시설에서는 NPDES에서 제한한 규정을 지켜야하기 때문에 새로운 오염물질 저감 장치를 설치하는 것보다 다른 사람으로부터 크레딧을 구입하는 것이 규정 준수에 도움이 된다.
- 이러한 방식을 최적관리기법(Best Management Practices, BMPs)으로 지칭하였다. 양분크레딧 거래는 자발적인 방식으로 이루어지며, 농업인들은 오염물질 저감 활동에 참여해야만 하는 의무는 없다. 법이나 규정은 없지만 오수 처리시설들은 토지소유주들이 참여하도록 하여 발생된 크레딧을 구입하고자 하며, 이러한 활동은 미국 농무부(US Department of Agriculture, USDA)나 미국 환경보전청(USEPA)의 지원을 받고 있다.

#### (4) 그 외 국가별 양분관리 프로그램

##### (가) 영국

- 영국의 양분관리는 환경식품농무부(Department for Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA)에서 관장하며 Tried & Tested와 PLANET을 보급하여 농장의 양분이용 계획을 세우고 및 실행 내역을 관리하고 있다.
- Tried & Tested는 농업환경을 보호하기 위해서 DEFRA에서 제시하고 있는 양분관리계획을 기록하는 관리서로 2010년 6월에 약 68,000 개의 농가에 배포되어 양분관리 내역을 기록하고 있다 (DEFRA, 2010). PLANET (효과적인 양분관리를 위한 토지이용 계획)은 질산염 취약지역 (Nitrate Vulnerable Zone, NVZ)에 대한 양분관리를 위해서 양분관리 계획 및 의사결정 내역을 기록을 지원 소프트웨어로 2004년 배포되어 운영되고 있다.

##### (나) 덴마크

- EU의 질산염 지침 (Nitrate Directive)에는 ha당 분뇨의 요구량 한도가 최대 170kg N/ha(1.7 LU/ha)로 발표되었으나 덴마크는 이 요구사항을 강화하여 2002년부터 2017년까지 140kg N/ha(1.4 LU/ha)로 조정하여 운영하였다.

##### (다) 스웨덴

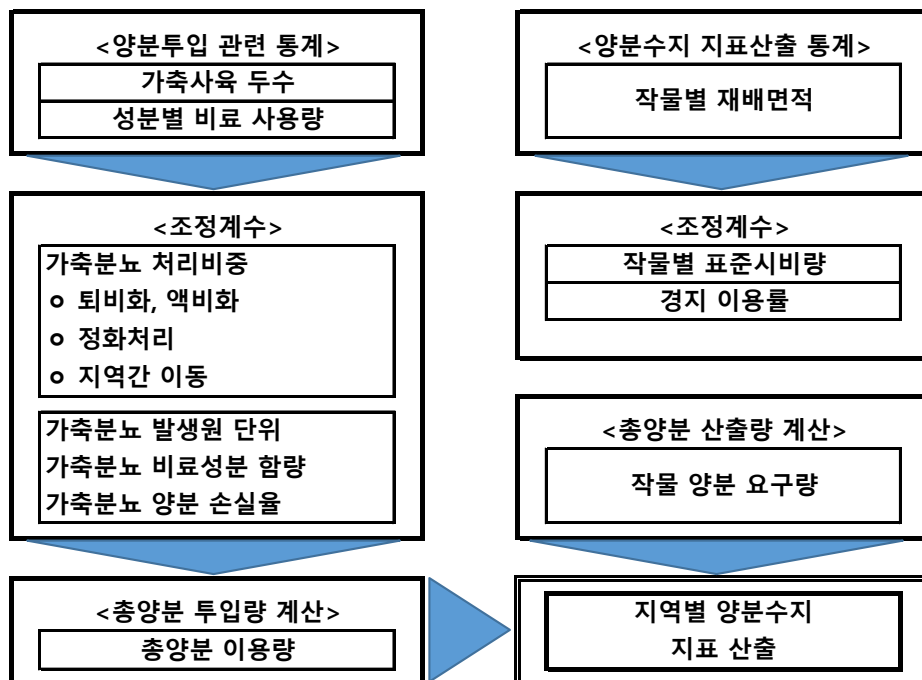
- 스웨덴의 농장 수준의 양분수지 계산은 STANK(STAllgodsel-Naring i Kretslopp)를 이용하고 있다. STANK는 농가 수준에서 양분의 입출력 및 계산에 대한 공식을 제공하는 프로그램으로 양분관리를 위한 정보를 제공하는 자문도구이다. 분뇨 발생량, 분뇨 양분함량 및 암모니아 손실 등 가축분뇨 관련 데이터와 작물의 양분 요구량, 회전수, 토양의 무기화 증가량, 잔류물 제거 및 작물 내 양분 수준 등 작물재배에 관련된 양분관리 정보를 제공한다 (Linder, 2001).
- 스웨덴은 “양분에 집중“이라는 프로젝트의 환경 목표를 달성하기 위해 양분수지를 사용하고 있다. 이 프로젝트의 세부적인 목표는 양분의 잉여량을 감축하고 농약의 사용을 관리하여 기후 및 환경에 미치는 영향을 줄이는 것이다.

<표5> 국가별 양분관리 기관 및 프로그램

| 국가   | 기관/정책   | 프로그램  | 시스템  | 설명   |
|------|---|---|--|--|
| 네덜란드 | Mineral Accounting System (MINAS)             | <ul style="list-style-type: none"> <li>행정적 제제</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>농가 규제와 경제적 장려책</li> <li>질소와 인 기준 시스템</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>잉여 영양분은 세금으로 부과</li> <li>농가당 최대 2.5 LU/ha (1LU=18 kg/P/ha)</li> </ul>   |
| 덴마크  | Danish Plant Directorate                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>연례 비료 계획 조정</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>매년 분뇨와 화학비료, 다른 유기물질의 예상 사용에 대한 계획을 수립</li> <li>최대 허용가능한 양의 질소를 계산</li> <li>분뇨 발생량 계산</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>분뇨 적용 기준 140-230 kg/N/ha</li> </ul>   |
| 벨기에  | Vlaamse Landmaatschappij (VLM)                | <ul style="list-style-type: none"> <li>고정된 시스템과 양분수지 시스템</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>분뇨은행 : 가축 운반 및 처리, 통계 서비스 (벌금의 부과 및 수납)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>최대 일년에 170 kg/ha의 가축분뇨를 토양에 이용</li> </ul>   |
| 스웨덴  | -   | <ul style="list-style-type: none"> <li>인기준 시스템</li> <li>STANK (computer program)</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>STANK는 농가수준에서 입출력 회계에 대한 공식 모델</li> <li>STANK 프로그램은 분뇨, 분뇨 계산량, 양분 함량 및 암모니아 손실을 관리하기 위한 포괄적인 도구를 포함</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>최대 22 kg의 분뇨 내 인 적용</li> <li>농가수준에서의 양분수지 계산</li> <li>농장의 입출력 회계</li> </ul>   |
| 영국   | Professional Nutrient Management (PNMG)       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tried and test 양분관리 계획</li> <li>PLANET (software)</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>농가와 경지에 대한 세부사항, 농가에 대한 의도 및 조치기록 기록</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tried &amp; Tested는 Defra에 명시된 NMP 요건을 충족하는 종이 기반의 영양 관리 계획</li> <li>PLANET은 영양 관련 의사 결정 및 기록을 위한 소프트웨어</li> </ul>  |
| 미국   | Comprehensive Nutrient Management Plan (CNMP) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Manure Management Plan (MMP)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>영양 정보에 대한 자료는 매년 갱신</li> <li>정보 내용을 기록</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>MMP는 생산자가 작물의 영양 요구량에 따라 분뇨 처리를 위한 적절한 토지를 확보하도록 도움</li> <li>분뇨생산량, 양분농도, 필요 토지량 등을 농부가 확인하도록 함.</li> </ul>   |
|      |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Nutrient Management Plan (NMP)</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>NRCS (Natural Resource Conservation Agency)는 농지의 영양 관리 가이드라인으로 영양 관리 표준을 수립하고 관리</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>NRCS에 기초한 영양소를 적용할 수 있는 충분한 토지자원 확보</li> </ul>  |
|      |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Animal Waste Management (AWM)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>기후 데이터 및 강수량을 기반으로 계산된 월별 평균 강수량 및 증발량 계산, 입력된 농장 정보 및 기후 데이터를 기반으로 한 유기량 계산</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>AWM은 예상되는 분뇨 발생량을 사용하여 분뇨 관리 시스템과 관련된 계산을 제공</li> </ul>   |
| 캐나다  | 4R  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Right Source</li> <li>Right Rate</li> <li>Right Time</li> <li>Right Place</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>양분 요구량에 근거한 양분 투입 (양분 균형 방정식 사용)</li> <li>4R에 대한 적절한 관리 지침</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>양분관리를 위한 최적관리기법(Best Management Practices, BMP)으로 4R 양분적정관리 (4R Nutrient Stewardship) 프로그램을 수립하여 추진하고 있음.</li> <li>4R은 적절한 비료원(Right source), 적절한 비율(Right rate), 적절한 시간(Right tim), 적절한 장소(Right place)로 구성됨.</li> </ul> |

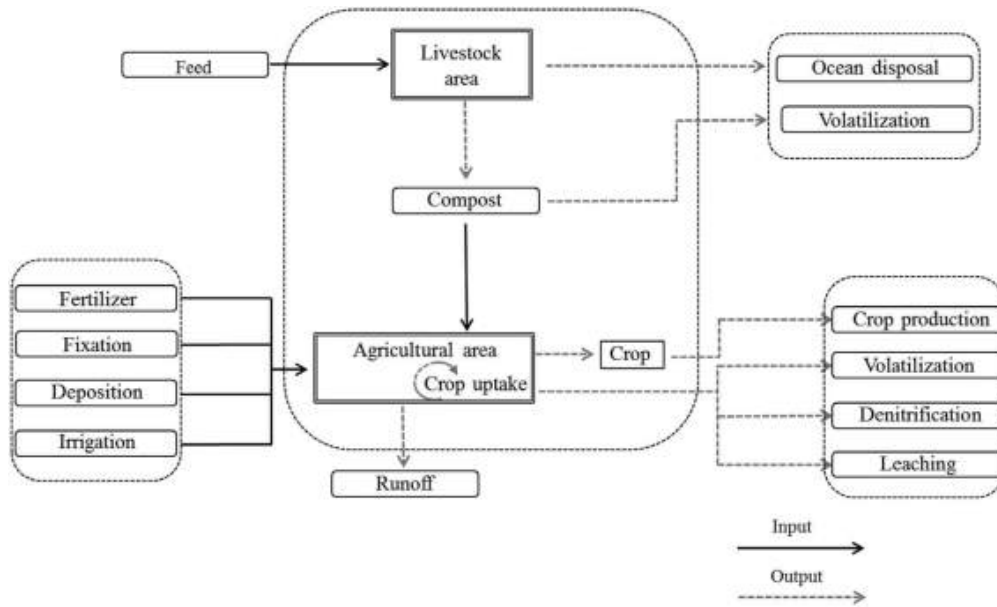
나. 국내 가축분뇨 유래 양분관리 현황

- 우리나라는 환경부와 농식품부가 「가축분뇨 관리·이용 대책」을 수립하여 가축분뇨의 자원화와 적정관리를 위한 제도를 마련하였으며, 지역단위 양분관리를 위해 <그림2>과 같이 양분부하 분석모델을 제시한 바도 있다.
- 양분관리 분석은 토양, 토지, 농가를 경계로 하여 유입되는 양분과 유출되는 양분의 수지를 산출하는 기법으로 투입양분의 총계와 유출양분의 총계를 일치(총투입양분량 = 총유출양분량) 시키는 양분수지 균형방식으로 단위지역에서의 양분 거동을 분석한다.
- 농촌경제연구원(2015)에서는 「양분총량제도 도입방안 연구」의 일환으로 지역 단위 양분부하를 산출하고, 양분부하에 따른 양분관리방안을 제시한 바 있다. 국립환경과학원의 「국가 질소 수지와 관리방안에 관한 연구」에서 <그림3>과 같이 질소 유입인자로 가축분뇨, 화학비료, 질소고정, 대기강하물, 관개수를 설정하고 유출원으로 작물생산, 탈질, 수계유출을 설정하여 우리나라 농경지에서의 질소 수지를 분석한 사례가 있다.



<그림2> 지역단위 양분부하 분석 모델

\*자료) 양분부하 분석모델. 환경부 (2015)



〈그림3〉 농경지 질소 수지 분석 모델

\*자료: 국가 질소수지와 관리방에 관한 연구. 국립환경과학원 (2012)

- 양분수지(Nutrient Budget)란 일정범위의 농경지에서 발생한 양분(질소, 인)의 유입량과 유출량의 차이를 계량화 하는 것이다. OECD 농업환경지표 중 하나이며 토양 및 수계 환경으로 배출될 수 있는 양분량의 파악이 목적이다. 따라서 양분수지 결과는 양분부족으로 토양비옥도 저하 또는 양분과잉으로 토양, 물 및 대기 오염을 초래하거나 잠재적인 환경오염 정도를 나타낸다.

$$\text{질소잔고} = \text{총 유입량} - \text{총 유출량}$$

$$\text{인 잔고} = \text{총 유입량} - \text{총 유출량}$$

- 최근 환경부(국립환경과학원)에서는 국내 가축분뇨 퇴비, 액비, 정화처리 등의 처리현황을 고려한 「양분수지 산정법 및 모델」을 개발하였는데, 이 모델은 국립환경과학원이 수행 중인 「가축분뇨 실태조사를 위한 양분수지 산정법 및 모델 개발」 연구사업의 일환으로 추진된 연구과제와 관련하여 2017년 12월 특허 등록을 마친 상태이다. 「양분수지 산정법 및 모델」은 다양한 양식의 자료 입력과 확인을 통해 관리 효율성을 높인 것으로 주요 방법으로는 가축분뇨 처리현황을 고려한 축종별 퇴비화 중량감소율(미생물 활동으로 인해 유기질 분해 등이 발생하여 감소된 원료의 중량 비율) 적용방법으로 질소 손실량을 계산하는 방식을 채택하고 있다.
- 「양분수지 산정법 및 모델」은 자료입력, 자료확인, 산정식, 계수산정, 계산, 출력 등 총 6

단계로 구성되며, 자료입력 단계에서 공공기관에서 제공하는 다양한 자료들을 양식에 따라 입력하도록 되어 있다. 경제협력개발기구(OECD)의 양분수지 산정법은 암모니아 배출계수를 이용해 질소대기 배출량을 산정했으나 「양분수지 산정법 및 모델」 경우 퇴비·액비화 시 가축분뇨의 중량감소 방법을 이용해 질소 대기 배출량을 산정할 수 있다고 설명하고 있다. 「양분수지 산정법 및 모델」은 「가축분뇨 실태조사」 사업에 활용되며, 2021년 도입 예정인 지역양분관리제(지역별 농경지 양분 투입과 처리를 파악해 환경용량 범위의 수준으로 관리하는 제도)의 기술 기반에도 적용할 예정이라 보도된 바 있다.

#### 다. 국내의 가축분뇨 유래 양분관리 프로그램에 대한 시사점

- OECD의 양분수지는 특정 범위를 기준으로 양분의 유입 및 유출을 파악해 잉여되는 양분을 나타내는 것으로 크게 3가지인 ① 「농가수지(Farm budget)산정법」, ② 「토지수지(Land budget)산정법」, ③ 「토양수지(Soil budget)산정법」이 있다<표6>.
- 「농가수지(Farm budget)산정법」은 농가단위의 양분수지를 관리하는 방법으로 농기를 기준으로 유·출입되는 모든 양분을 고려하여 산출하므로 가장 정확한 산정법으로 평가되고 있다. 이 산정법은 농업활동 전반의 질소·인의 영향을 나타내는 가장 통합적이고 유의미한 양분지표이나 농가마다 상이한 자료 등 데이터의 확보가 어려운 단점이 있다.
- 「토지수지(Land budget)산정법」은 일정한 공간의 토지에서 발생하는 모든 양분의 입출을 관리하는 방법으로 대기, 토양, 수계에 영향을 미칠 수 있는 모든 양분을 고려하기 때문에 지역단위의 양분수지 산정에 적합한 것으로 평가된다.
- 「토양수지(Soil budget)산정법」은 「토지수지(Land budget)산정법」과 대부분 비슷하지만 토양에 직접적으로 영향을 미치는 양분량만을 고려하므로 가축분뇨의 경우 가축분뇨의 배설량이 아니라 농지에 시비하기 전 휘발되거나 소실된 양분이 제거된 가축분퇴·액비 관련 자료가 요구된다. 따라서 수계로 용탈, 유출 위험이 높은 토양의 양분잔고를 파악하기에 용이한 것으로 평가되고 있다.

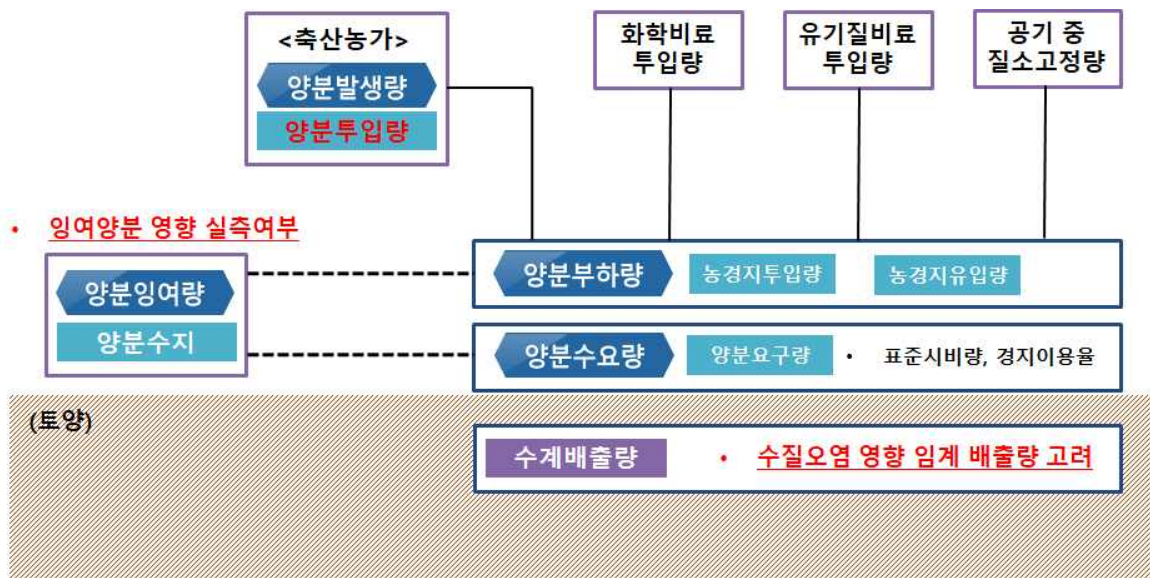
<표6> OECD 양분수지 산정법의 비교

| 양분수지산정법                  | 내용  |
|--------------------------|---|
| 농가수지산정법<br>(Farm budget) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 농가수준 양분관리에 적합</li> <li>- 가장 통합적이고 유의미한 지표</li> <li>- 사료 사용관련 데이터 (개별 사료종류, 사료반죽 등 농가급여 특징) 확보 어려움.</li> <li>- 외국의 복합(축산+경종)농가의 양분관리에 이용</li> </ul>   |
| 토지수지산정법<br>(Land budget) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역단위 양분관리에 적합 [유입, 유출, 잔고(대기, 수계)]</li> <li>- 온실가스(GHG) 및 암모니아 (NH<sub>3</sub>) 배출량 추산치와 통일</li> <li>- 토양이나 수계로 유입되기 전 자원화 및 정화처리 과정에서 소실된 양분 모두가 대기잔고로 과다 산정 (탈취탑, 바이오커튼에서 포집 제거되는 양분 반영 못함)</li> </ul> |
| 토양수지산정법<br>(Soil budget) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지역단위와 토양 양분관리에 적합 [유입, 유출, 잔고(대기, 수계)]</li> <li>- 농지에 뿌리기 전 휘발된 질소량을 제외</li> <li>- 환경에 용탈·유출될 위험이 있는 질소를 보다 정확히 산정 가능</li> </ul>   |

- 다만, 상기의 양분수지산정법 개념을 도입하여 국내 농축산 환경 내 정확한 양분수지를 산출하기 위해서는 국내 현실에 맞는 방법으로 적절한 산정식의 수정이 불가피한 것으로 판단된다. 그 이유는 넓은 국토면적으로 인해 충분한 방목지가 존재하는 북미나 또는 축산과 경종농가가 합쳐진 복합농가 중심의 유럽과 비교하였을 시 우리나라의 축산환경은 큰 차이가 있기 때문이다.
- 우리나라의 경우 대부분의 축산농가가 사육하는 가축이 생산하는 분뇨를 모두 수용할 수 있는 농경지를 확보하고 있지 못하기 때문에 단위 면적당 양분발생량이 높은 특징을 가지고 있다. 이에 정부는 주도적으로 가축분뇨 자원화 정책을 추진하고 있으며 그 성과로 현재 국내 90%이상의 가축분뇨는 퇴·액비화 처리되고 있다. 그 외에는 정화처리 및 에너지화로 처리되고 있으므로 가축분뇨 퇴·액비의 경우 직접 토양으로 유입되는 양분의 양은 발생 단계의 가축분뇨에 비해 현저히 낮을 것으로 사료된다.
- 한편, 정확한 양분수지를 계산하기 위해서는 양분의 발생과 토양으로의 유입, 유출에 관련된 상세항목들을 확보해야 한다. 축산분야에서 가장 작은 규모인 농장에서부터 지역·국가로 이어지는 양분수지관리를 위해서는 다양한 최소한의 필요 정보들이 있다.
- 양분관리를 위해서 「양분발생량」, 「양분부하량」, 「양분수요량」, 「양분잉여량」으로 프로그램을 구성할 수 있으며, 각 항목별로 ① 양분 발생량 (가축의 사육 시 배설되는 분뇨양분의 양으로 대기중으로의 휘발과 외부로의 유실이 고려되지 않은 양분의 양), ② 양분 부하량 (발생된 가축분뇨의 토양 적용을 위해 자원된 후의 최종 남아있는 양분의 양으로



국내 가축분뇨의 처리시설 및 환경을 고려하여 각 자원화방법에 따라 소실되어지는 양분의 양이 제외된 실제 토양으로 적용되어지는 양분의 양), ③ 양분 수요량 (경제작물 및 사료작물 재배시의 토양과 작물에 요구되어지는 양분의 합으로 토양의 개량을 위한 유기물 투입과 시비된 비료물질의 소실량도 고려하여 산정되는 양분의 양) ④ 양분 잉여량 (양분부하량에서 양분수요량을 뺀 후 남은 양분의 양으로 일정 토양 내 양분잔고를 확인할 수 있으며, 양분관리 방안 마련을 위한 기준으로써 양분수지표로 이용할 수 있음)을 고려해야 한다<그림4>.



<그림4> 양분수지 산정 시 필요한 양분관리 항목

- 양분관리 프로그램의 필요정보로서 국내 농가와 지역, 국가수준의 토양 내 양분관리를 위해서는 크게 축산부문 정보, 발생량 및 물질의 특성, 양분량 및 양분농도, 연구자료 및 기준으로 나누어 핵심정보들이 구성되어져야하며, 이를 체계화하기 위해서는 각 항목별 정보들의 정확한 계산식 확보와 연구 및 통계자료의 정리가 필요하다.
- 토양에 비료물질의 적용 시 발생하는 양분의 소실과 같은 토양정보 및 기후 등을 포함해 고려해야하는 정보들은 빅데이터화 및 통계분석을 통한 신뢰성 향상이 요구되어지며, 결과적으로는 지역별 국가별 계수의 확립이 필요하다. 또한 국가적 차원에서 가축분뇨 발생원단위 및 양분부하계수, 양분소실량 등 필수정보들은 주기적인 연구를 통해 개선되어져야한다.

- 예를 들어 우리나라의 경우 연간 강우에 의한 논의 물 공급량 및 인위적인 물대기 작업에 의한 논의 양분 배출량은 유럽의 토양 환경과는 전혀 다르기 때문에 이에 따른 양분 소실량의 자료가 필요한 것처럼, 우리나라 농축산 환경조건을 반영하여 현실적이고, 합리적인 양분관리 프로그램의 구축이 시급하다.
- 그중에서도 특히 퇴·액비화를 통한 양분(질소·인) 및 중량의 저감, 경지 종류 별 퇴·액비 시비 후 소실(휘발·탈질)되는 양분량 산정(화학비료와의 차이), 악취저감시설 등의 조건을 반영한 대기 유출량의 계수화, 정화처리 과정에서 소실되는 양분 잔고 분류 등을 정확하게 반영하여 축산분뇨 유래 양분부하의 과다 산출을 방지해야 한다.

## 2. 가축사료 양분급여 관리 프로그램 개발

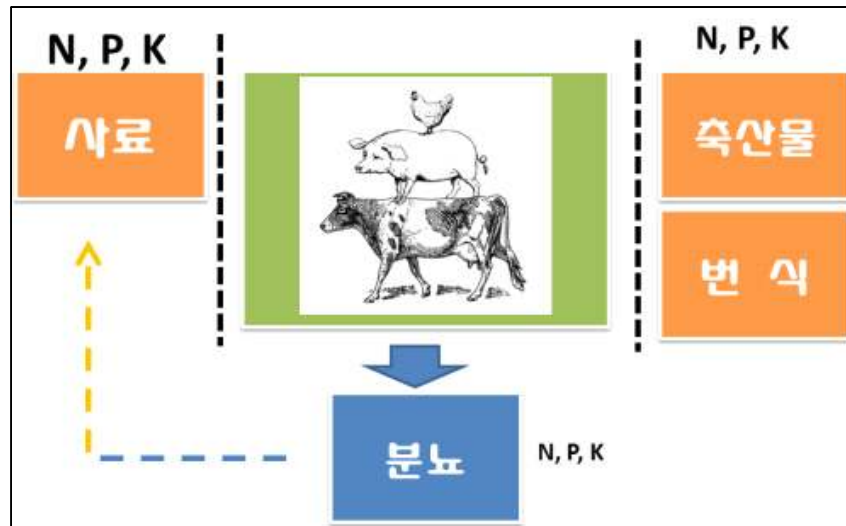
### 가. 사료 양분 추정 및 가축 사료 양분의 이용성

#### (1) 사료 양분 추정

- 사료에 포함된 양분(N, P, K)은 소화·흡수 과정을 거치면서 체내로 흡수되어 이용되고 일정 부분은 대사되어 오줌으로 배출되며, 소화되지 않은 영양분은 분으로 배출되는 과정을 거치게 된다.
- 양분급여 관리는 영양학적으로 소화·흡수·대사과정을 거치면서 체외로 배출되어 환경에 도달하는 양분의 총량이 얼마인지를 결정하는 것으로써, 이러한 전체적인 양분의 흐름에 영향을 미치는 요인은 유전, 환경, 사양, 영양, 질병, 사료 원료, 사료 내 항영양인자의 수준 및 함량 등 다양한 요인에 의해 영향을 받게 된다.
- 가축 영양학에서 정밀사양(precision feeding)은 가축이 필요로 하는 적정 영양소를 공급하여 환경으로 배출되는 양분량을 최소로 유지하는 것에 기초한다. 대부분의 나라에서는 사료 생산량, 도축량 등 통계정보를 발표하고 있으며, 아울러 개체단위의 생산성(사료섭취량, 사육 기간, 출하 일령, 출하 체중 등)과 사료 양분량 함량에 대한 정보를 제공하고 있다.
- 또한, 가축 사료는 가축이 필요로 하는 영양소 요구량에 근거하여 다양한 사료 원료의 영양 정보를 바탕으로 배합하고 있다. 사료에서 유래한 양분의 측정은 직접적인 사료 급여량과 배설량을 바탕으로 계산하거나 더불어 기존 논문이나 통계자료를 바탕으로 농가, 지역, 또는 국가단위에서 발생하는 양분량을 추정할 수도 있다. 직접 실험과 분석을 통한 양분량의 계산은 개체 또는 농가 단위에서 정확성이 높다는 장점이 있지만, 소규모 실험을 통한 수치가 지역 또는 국가 단위의 양분량 계산에 적용하기 때문에 그만큼 위험이 따를 수 있다.
- 최근에는 지역 또는 국가 단위에서 양분량을 계산하는 노력이 시도되고 있다. 즉, 가축사육 두수, 사료 생산량, 가축 생산성 등 자료에 기초하여 양분량을 추정하여 다시 개체단위를 계산하는 Top-down 방식과 이와는 별도로 개체단위의 양분량을 추정하여 이를 전체 사육 두수에 대입하여 추정하는 Bottom-up 방식도 있다. 두 방법 모두 정확한 통계 수치가 확보되어야 한다는 전제를 기본으로 하고 있다. 두 방법을 통하여 가축 1두(수)당

1일 또는 생산기간 동안 양분배출량을 추정하여 궁극적으로 지역별, 광역별, 국가별 양분 배출량을 도출할 수 있다.

- <그림5>은 사료에서 유래한 양분이 환경으로 배출되고 다시 비료로 토양에 시비 되어 다시 사료 작물로 환원되는 일련의 과정을 간략하게 나타내고 있다. 중요한 것은 사료 유래 양분이 다시 사료 작물로 환원될 수 있는 시스템이 구축되어야 한다는 것이다.



<그림5> 사료 양분 투입과 양분 배출 및 재활용되는 양분의 흐름도

## (2) 가축 사료 양분의 이용성

- 가축의 사료 양분의 이용량은 가축의 생리적인 상태, 환경 등 다양한 요인에 영향을 받으며, 양분량은 최종적으로 소화되지 않은 영양분은 분뇨로, 소화·흡수되어 체내에서 대사된 후 오줌으로 배설되는 양분이 전체 체외로 배설되는 양분의 총합으로 되어있다. 따라서 가축의 생리적인 상태 등 내·외부적인 요인과 더불어 사료 원료의 영양소 및 항영양인자 함량에도 영향을 받게 되기 때문에 사료 양분의 함량을 파악하는 것도 중요하다.
- 일반적으로 가축의 성장단계별 필요로 하는 영양소는 “영양소 요구량” 정보를 바탕으로, 다양한 사료 원료를 조합하여 요구량을 충족시키는 방향을 사료를 배합한다. 따라서 가축의 성장단계별 영양소 요구량 정보와 사료 원료의 영양소 함량은 사료 양분의 균형 및 배출량을 산출하는데 필수적인 정보라고 할 수 있다. <표7>, <표8>, <표9>은 닭의 생산단계별 영양소 요구량을 제시하고 있으며, <표10>는 닭에서 주로 사용하는 사료 원료에 포

함된 총 인과 유효 인의 함량을 제시하고 있다.

- 식물성 사료에 존재하는 인은 주로 피틴태의 형태로 존재하는데, 단위 가축에서는 피틴태 인을 분해할 수 있는 phytase라는 효소가 없어 식물유래 인의 이용률이 아주 낮은 편이다. 또한, 식물성 피틴태 인의 함량은 약 70%로 높게 존재하고 있다. 이를 토대로, 사료 양분의 이용성을 평가하는데 사료 내 피틴태인을 분해할 수 있는 phytase 효소를 첨가하면 인 이용성이 향상되어 효소첨가 여부에 따른 인의 이용성에 많은 차이가 발생하고 있다.
- 개체단위의 양분배출량을 계산하는데 어떤 수치를 사용하느냐에 따라서 인의 배출량 산정에 큰 차이가 발생할 수 있으며, 개체에서 도출된 양분량을 지역, 광역, 국가 단위의 양분량 산출에 사용하면 그 오차가 더 크게 발생할 수 있다.
- 일반적으로 가축의 영양소 요구량에는 에너지, 단백질, 미네랄, 비타민 등 가축이 필요로 하는 영양소 함량을 표시하고 있다. <표7>은 갈색종 육성계의 사육단계에 필요로 하는 영양소 요구량으로 주령이 올라갈수록 사료 내 영양소의 함량이 감소하는데 이는 섭취량을 고려하여 사료 내 양분량을 조절하고 있다.
- 인의 경우에는 총인 보다는 비피틴태인의 함량을 제시하고 있는데, 일반적으로 식물 원료에는 피틴태 형태의 인이 존재하기 때문에 무기태 형태의 인을 사료에 첨가해주고 있다.
- <표8>는 산란계의 영양소 요구량으로 계란 생산에 필요한 단백질, 칼슘 등 영양소 함량을 제시하고 있다. 이러한 영양소 요구량은 절대적인 것은 아니며, 사육환경, 온도, 질병 상태 등 다양한 외부 요인에 영향을 받는다.
- <표9>은 육계의 영양소 요구량을 초기, 전기, 후기 사육단계로 구분하여 제시하고 있다. 육계는 산란계와 다르게 30일 또는 35일 동안 단기간 사육하여 출하하기 때문에 단백질, 인 함량 등 사료 내 영양소 함량이 높게 설정된 것이 특징이다. 단백질 함량도 산란계와 비교해 높은 수준으로 초기에는 22%로 되어있지만, 생산성은 높이기 위해 일반적으로 요구량보다 더 높은 수준의 단백질을 공급하고 있다. 따라서, 고에너지, 고영양소 사료는 가축의 생산성을 높일 수 있지만, 동시에 분노로 배출되는 양분배출량도 함께 증가한다. 이러한 사양 방식은 향후 양분 총량제 도입 등 환경문제를 고려한다면 지양되어야 할 것으로, 어떻게 하면 저에너지, 저 영양소 사료를 공급하면서 동일한 생산성을 유지할 수 있는 영양학적 해결책을 찾으려 노력해야 한다.
- <표10>는 식물 사료 원료 내 포함된 항영양인자인 총인과 피틴태인의 함량을 제시하고 있다. 총인의 대부분이 피틴태 형태로 존재하고 있는 것이 특징이다. 또한, 식물 원료 내

인의 함량이 많은 차이가 발생하고 있음을 알 수 있다.

- 인은 가축에서 골격형성 및 지질과 탄수화물 대사에 필수적이다. 인은 세포막의 인지질과 근육 ATP와 핵산의 필수 구성성분이며, 인산염은 혈액 pH의 항상성 유지에도 관여한다. 인 결핍은 골격형성 이상과 구루병 및 식욕감소와 발육저하의 원인으로 심하면 폐사할 수 있다.
- 식물성 사료 함유 피틴태염은 인 이용성뿐만 아니라 칼슘, 아연, 철과 망간의 흡수를 방해한다. 따라서 비피틴태 인으로 요구량을 충족시키도록 사료를 설계하고 있다. 하지만, 이러한 무기태 인도 화합물 형태에 따라 이용률이 다르며, 현재 배합사료에 첨가하는 인산칼슘의 인 이용률은 100%로 간주하고 있다. <표10>에서 제시되었듯이 사료를 배합하는데 어떤 분석치를 사용하느냐에 따라서, 사료 내 총 인의 함량에서 차이가 발생할 수 있다.

**<표7> 갈색종 육성계의 영양소 요구량 (사료 kg 당 함량)**

| 구 분                             | 어린 병아리 (0~6주) | 중병아리 (6~12주) | 큰 병아리 (12~16주) | 산란 전 (16주~시산) |
|---------------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| 대사에너지(AMEn), kcal/kg            | 2,900         | 2,800        | 2,750          | 2,800         |
| 조단백질(crude protein), %          | 19.0          | 17.0         | 15.0           | 16.0          |
| 칼슘(calcium), %                  | 0.90          | 0.85         | 0.85           | 2.00          |
| 비피틴태인(nonphytate phosphorus), % | 0.40          | 0.35         | 0.30           | 0.32          |
| 칼륨(potassium), %                | 0.30          | 0.28         | 0.27           | 0.27          |
| 나트륨(sodium), %                  | 0.17          | 0.16         | 0.16           | 0.16          |
| 염소(chlorine), %                 | 0.15          | 0.14         | 0.14           | 0.14          |
| 마그네슘(magnesium), mg             | 600           | 500          | 400            | 400           |

\*자료) 한국가금사양표준 (2017)

<표8> 갈색종 산란계의 영양소 요구량 (사료 kg 당 함량)

| 구 분                             | 산란 초기<br>(1~32주) | 산란 중기<br>(32~45주) | 산란 후기<br>(45~55주) | 산란 말기<br>(55주 이후) |
|---------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 대사에너지(AMEn), kcal/kg            | 2,950            | 2,700             | 2,650             | 2,600             |
| 조단백질(crude protein), %          | 17.5             | 16.5              | 15.5              | 14.5              |
| 칼슘(calcium), %                  | 3.80             | 3.90              | 4.10              | 4.30              |
| 비피틴태인(nonphytate phosphorus), % | 0.32             | 0.31              | 0.30              | 0.28              |
| 칼륨(potassium), %                | 0.18             | 0.17              | 0.16              | 0.15              |
| 나트륨(sodium), %                  | 0.18             | 0.17              | 0.16              | 0.15              |
| 염소(chlorine), %                 | 0.16             | 0.15              | 0.14              | 0.13              |
| 마그네슘(magnesium), mg             | 580              | 550               | 520               | 500               |

\*자료) 한국가금사양표준 (2017)

<표9> 육계의 영양소 요구량(사료 kg 당 함량)

| 구 분                             | 초기<br>(0~1주령) | 전기<br>(1~3주령) | 후기<br>(3주령 이후) |
|---------------------------------|---------------|---------------|----------------|
| 대사에너지(AMEn), kcal/kg            | 3025          | 3100          | 3150           |
| 조단백질(crude protein), %          | 22            | 20            | 19             |
| 칼슘(calcium), %                  | 0.95          | 0.90          | 0.85           |
| 비피틴태인(nonphytate phosphorus), % | 0.45          | 0.40          | 0.35           |
| 칼륨(potassium), %                | 0.60          | 0.60          | 0.30           |
| 나트륨(sodium), %                  | 0.18          | 0.18          | 0.21           |
| 염소(chlorine), %                 | 0.21          | 0.23          | 0.21           |
| 마그네슘(magnesium), mg             | 600           | 600           | 600            |

\*자료) 한국가금사양표준 (2017)

<표10> 식물성 사료원료의 총인과 피틴태인의 함량

| 사료 원료  | 총 P. mg/100g | 피틴태-P, mg/100g |
|--------|--------------|----------------|
| 보리     | 225-300      | 105-225        |
| 수수     | 205-430      | 170-370        |
| 소맥     | 200-395      | 135-320        |
| 캐놀라 박  | 725-1050     | 520-880        |
| 면실박    | 960-1320     | 795-1050       |
| 대두박    | 570-770      | 400-540        |
| 미강     | 1340-2090    | 1260-1990      |
| 소맥 부산물 | 505-1194     | 435-1027       |

\*자료) Selle et al., 2003. Australian Journal of Experimental Agriculture 43(5) 475-479

- 체내에 축적되는 질소와 인의 함량은 연구에 따라서 많은 차이가 발생하고 있으므로 어떤 연구 결과를 사용하느냐에 따라서 양분 배출계수의 산정에 큰 오차를 발생시키게 된다.
- 실제로 육계(broiler)에서 평균 질소의 이용률은 60.2%이지만, 최소 44%에서 최대 73.5%로 약 30%p 차이가 발생하고 있는데, 이러한 질소 체내 축적효율의 차이는 배출량으로 반영되기 때문에 어떤 수치를 사용하는지에 따라서 양분량 산정에 오차가 발생할 수 있다 <표11>. 반면, 산란계에서 인의 이용률은 평균 29.1%를 나타내지만, 최소 13.6%, 최대 44%로 역시 큰 차이를 나타내고 있다. 이러한, 질소와 인의 이용률은 결과에서 나와 있듯이 평균적으로 섭취량을 기준으로 질소의 배출 비율보다는 인의 배출 비율이 더 큰 것으로 나와 있다.
- 결과적으로, 사료 양분에서 가장 많은 비중을 차지하는 질소와 인의 배출량을 감소시키기 위한 노력과 더불어, 정확한 배출량 산정을 위한 보정방법의 개발이 필요하다. 이를 위해서는 현재 양분 부하 계수를 사용하여 분 배출량을 산정하는 단순계산방법보다는 다양한 요인 (예를 들면, 사료효율, 증체량, 출하 일령, 음수량, 사육온도 등)을 계수에 포함하여 보정요인으로 사용한다면 보다 정확한 양분량을 산출할 수 있을 것으로 사료된다.

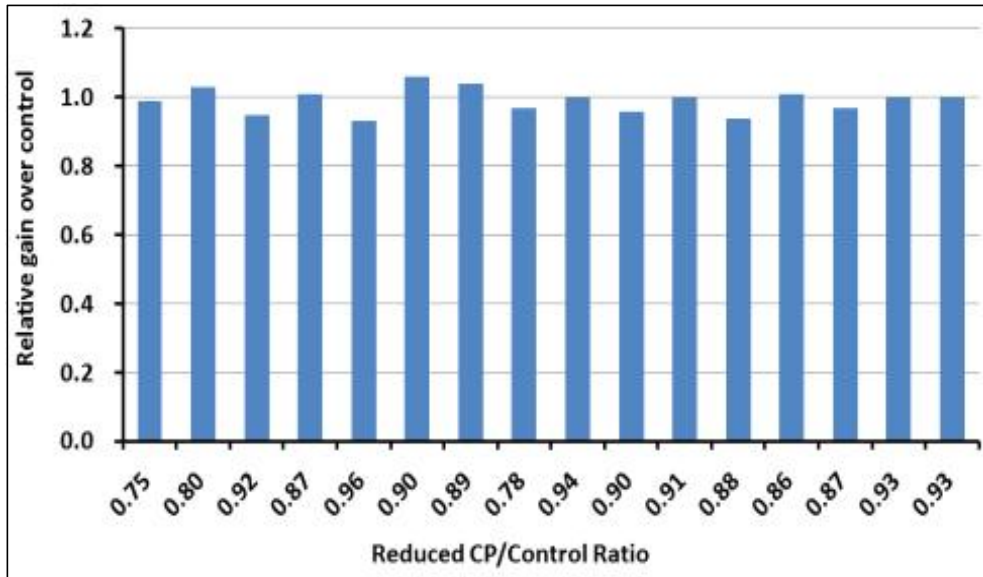


<표11> 닭의 품종에 따른 질소와 인의 잔량(%)

| 축종           | Ave. % N 잔량 | 최소   | 최대   |
|--------------|-------------|------|------|
| 육계           | 60.2        | 44.0 | 73.5 |
| 칠면조          | 56.8        | 47.8 | 75   |
| 오리           | 65.7        | 54.6 | 78.1 |
| 산란계          | 45.6        | 30   | 75.0 |
| 축종           | Ave. % P 잔량 | 최소   | 최대   |
| 육계, <32 days | 49.3        | 34   | 64.1 |
| 육계, >32 days | 41.0        | 36   | 51.0 |
| 칠면조          | 48.0        | 33.9 | 56   |
| 오리           | 46.4        | -    | -    |
| 산란계          | 29.1        | 13.6 | 44   |

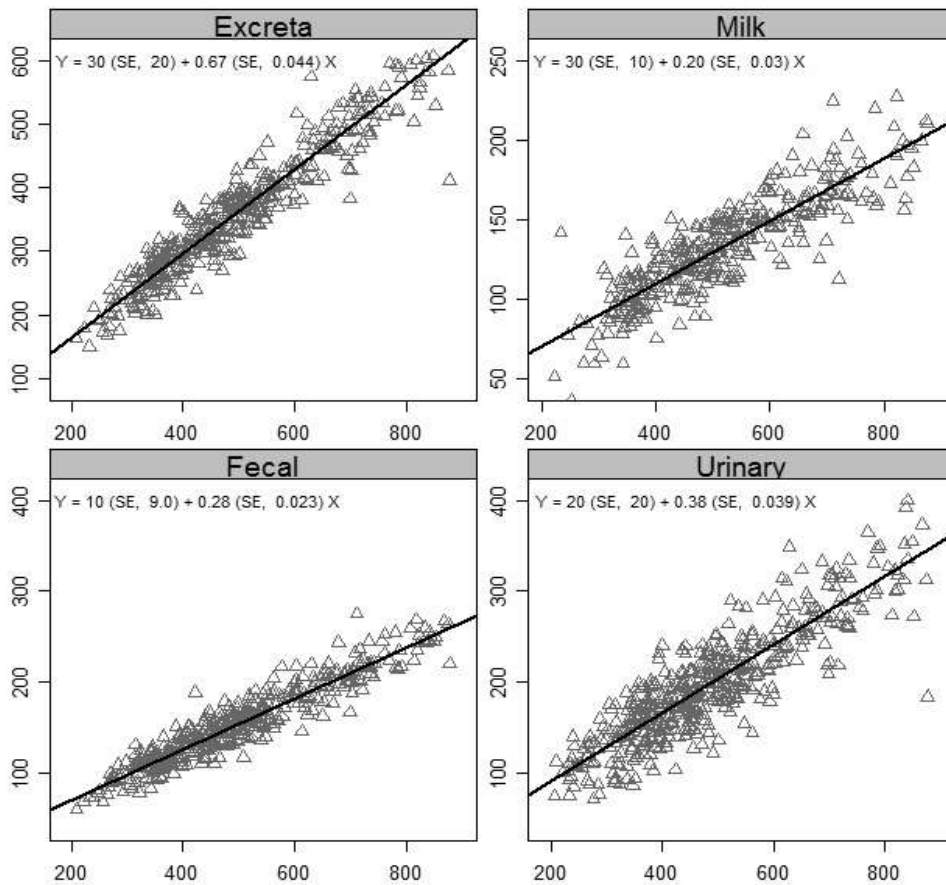
\*자료) Applegate et al., 2003. Intl. Symp. Animal, Ag. Food Proc. Wastes 9: 296-302

- 일반적으로 체외로 배설되는 양분의 양은 투입되는 양분의 양과 비례하는 것으로 알려져 있다. 이는 사료 내 단백질 또는 총 인의 함량이 증가할수록 배출되는 질소와 인의 총량도 함께 증가하기 때문이다. 가축의 사료에 양분의 함량을 높이면 생산성을 높여 출하 시점을 단축할 수 있지만, 환경 측면에서는 배출되는 양분도 함께 증가하여 환경부하가 증가하게 된다. 따라서 단백질의 함량을 낮추면서 생산성을 유지하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있으며 부분적으로 고단백질 사료에 비교하여 동등한 결과를 보여주는 결과가 있다.
- <그림6>은 사료 내 단백질 수준을 낮출 경우, 생산성에서 차이가 없음을 보여주는 결과로서 이러한 결과가 생산현장에 적용된다면 환경으로 배출되는 양분의 수준을 낮출 수 있으나 아직 보편화하여 있지는 않은 실정이다.
- <그림7>은 사료 내 질소함량이 분, 뇨 및 우유 내 질소함량의 상관성을 나타내는 그림으로 높은 상관성을 나타내고 있다. 즉, 사료 내 질소함량이 올라갈수록 직선적으로 질소 배설량이 증가하고 있다.



<그림6> 저 단백 사료가 육계의 생산성에 미치는 효과

\*자료) Aftab et al., 2006.



<그림7> 질소섭취량과 분, 뇨 및 우유 내 배출량의 상관성

\*자료) Kebreab et al., 2010.

## 나. 가축용 사료 생산량 및 가축 사육두수

### (1) 가축용 사료 생산량

- 국내에서 사용하는 농후사료는 대부분 수입에 의존하고 있으며, 반추가축에서 사용하는 풀사료는 대부분에 국내에서 생산하고 20%는 수입을 하고 있다. 축산물은 주로 국내에서 소비하기 때문에, 사료에서 유래한 양분의 흐름은 국내에 제한되고 있으며, 가축에서 유래한 양분이 국내 생산 조사료에 얼마나 이행되는지를 평가할 수 있다면 사료 양분 수지를 추정할 수 있을 것으로 사료된다.
- <표12>과 <표13>에는 각각 가축 사료 수급실적 및 배합사료 생산량을 나타냈으며, <표14>에는 조사료 생산량을 나타내었다. 이러한 통계가 의미하는 바는 대부분 양분이 외국에서 국내로 유입되고 있으나, 생산된 양분을 외국으로 배출되지 않고 국내에 머물고 있다는 것이다. 즉, 양분이 환경으로 계속해서 투입되고 있으며, 국내에서 양분을 활용한 조사료 생산실적이 미미하다면 환경부담이 가중될 수밖에 없다.
- 따라서, 현재 양분을 채소 등 분야에서 사료 작물에도 폭넓게 활용될 수 있도록 유도해야만 양분의 순환이 가능할 것이다. 외국에서는 초지 조성을 통하여 양분을 시비하고 있지만, 국내에서는 초지 조성이 많지 않아 이에 대한 전략적인 접근이 필요하다.
- 농림축산식품부에서 제공하는 사료 생산량, 배합사료 생산량, 및 조사료 생산량 통계를 바탕으로 연간 가축의 사료로 투입되는 전체 양분량을 추정할 수 있다. 물론, 사료 원료에 따른 영양소 함량에 차이가 발생하여 정확한 양분량을 추정할 수는 없지만, 국가 단위에서의 양분 투입량은 어느 정도 추정이 가능할 것이다.
- 사료에 포함된 양분량은 축산과학원에서 발표하고 있는 사료 원료 영양소 함량 등 자료를 이용할 수 있다. 이러한 자료는 오랜 기간 분석치의 평균값이기에 전체적인 양분 투입량을 산출하는 데 큰 어려움은 없을 것으로 사료된다.

<표12> 국내 가축 사료 수급실적

[단위: 천 톤]

| 연도   | 합계     | 농후사료   |        |       |        |        | 조사료   |
|------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
|      |        | 소계     | 배합사료   |       |        | 농가자급사료 |       |
|      |        |        | 소계     | 국내산   | 수입     |        |       |
| 2013 | 27,365 | 21,635 | 19,086 | 4,407 | 14,529 | 2,549  | 5,731 |
| 2014 | 26,874 | 21,297 | 18,868 | 4,353 | 14,366 | 2,429  | 5,577 |
| 2015 | 27,426 | 21,900 | 19,295 | 4,510 | 14,628 | 2,608  | 5,526 |
| 2016 | 28,595 | 23,167 | 19,593 | 4,824 | 14,594 | 3,574  | 5,428 |
| 2017 | 27,752 | 21,987 | 19,204 | 5,403 | 13,546 | 2,783  | 5,765 |

\*자료) 농림축산식품부 농업통계 (2013-2017)

<표13> 국내 배합사료 생산량

[단위: 천 톤]

| 연도      | 합계     | 양계    | 양돈    | 젖소    | 비육우   | 기타    |
|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2013    | 19,086 | 4,790 | 6,136 | 1,332 | 5,213 | 1,615 |
| 2014    | 18,868 | 5,172 | 5,963 | 1,340 | 4,951 | 1,442 |
| 2015    | 19,295 | 5,671 | 6,094 | 1,330 | 4,567 | 1,633 |
| 2016    | 19,593 | 5,813 | 6,256 | 1,252 | 4,543 | 1,728 |
| 2017    | 19,204 | 5,432 | 6,365 | 1,192 | 4,567 | 1,648 |
| 2018.11 | 18,122 | 5,454 | 5,971 | 1,096 | 4,232 | 1,369 |

\*자료) 농림축산식품부 농업통계 (2013-2017)

<표14> 국내 조사료 생산량

[단위: 천 톤]

| 년도   | 국내 조사료 |     |       |       | 수입조사료 |
|------|--------|-----|-------|-------|-------|
|      | 소계     | 목초  | 사료작물  | 벼짚 등  |       |
| 2012 | 4,543  | 266 | 2,237 | 2,040 | 1,120 |
| 2013 | 4,672  | 277 | 2,413 | 1,982 | 1,059 |
| 2014 | 4,598  | 268 | 2,494 | 1,836 | 979   |
| 2015 | 4,476  | 246 | 1,999 | 2,231 | 1,050 |
| 2016 | 4,344  | 241 | 2,318 | 1,785 | 1,084 |
| 2017 | 4,727  | 238 | 2,022 | 2,467 | 1,038 |

\*자료) 농림축산식품부 농업통계 (2012-2017)

- 사료 작물이란 가축의 사료를 생산할 목적으로 재배되는 모든 작물을 지칭하며, 화분과 (옥수수, 귀리, 티머시, 오차드그라스, 라이그라스 등), 콩과(알팔파, 화이트크로바, 레드크로바, 스위트크로바, 동부 등), 기타(순무, 비이트, 해바라기 등)로 구분한다.
- 조사료는 농후사료에 대비하는 단어로 “지방, 단백질, 전분 등의 함량이 적고 섬유질이 18% 이상인 사료” 로 정의되며, 동물의 사료 중 일반적으로 부피보다 가소화영양소(TDN) 함량이 낮고 섬유질이 많은 사료의 총칭을 말한다.
- 조사료에는 좁은 의미의 단년생 작물인 사료작물(옥수수, 수단, 귀리, 유채, 이탈리아인 라이그라스, 호밀 등)과 초지로 불리는 다년생작물인 목초(화분과 목초, 두과 목초)로 나눌 수 있으며, <표15>에는 사료작물의 종류별 사료가치 비교를 나타내었다.
- 사료 작물에 따른 영양소 함량에 차이가 발생하고 있으며, 수확 시기도 영양소 함량에 차이가 발생한다.

<표15> 사료작물의 종류 별 사료가치 비교(%)

| 구분            | 수확기  | 조단백질 | 조지방 | 가용<br>무질소물 | 조섬유  | 조회분  | 가소화<br>양분총량 |
|---------------|------|------|-----|------------|------|------|-------------|
| 벼짚            | 건조벼짚 | 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        |
| 이탈리안<br>라이그라스 | 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        |
| 총체 벼          | 호숙기  | 7.5  | 2.4 | 56.3       | 24.5 | 9.2  | 57.9        |

\*자료) 한국표준사료성분표 (2007)

## (2) 가축 사육두수

- 시·도 또는 전국단위로 가축의 양분배출량을 계산하기 위해서는 종종 가축의 사육두수에 일일 양분배출량과 조사 기간(보통 1년)을 고려하여 연간 양분배출량을 계산하고 있다.
- 국내에서 조사하는 가축의 사육두수는 분기별로 진행되고 있으나, 단순하게 현재의 사육

두수를 고려하여 1년간 양분배출량을 계산하는 것은 오차가 발생할 소지가 있어서 주의를 기울여야 한다. 예를 들면 육계는 출하 일령이 30일 내외로, 보통 1년에 5~7회전으로 생산하고 있어, 전국단위로 육계의 양분배출량을 위와 같은 방식을 계산한다면 양분배출량은 과도하게 높게 추정된다.

- 또한, 사육두수의 정확성 문제이다. 개체단위의 양분량을 바탕으로 사육두수에 365일을 고려하여 연간 양분배출량을 계산할 수 있는데, 사육두수가 정확하지 않다면 국가단위의 양분배출량 추정이 어렵게 되기에 주의가 필요하다. <표16>과 <표17>은 가축의 사육두수와 사육 농가 호수를 제시하고 있다.

<표16> 축종별 사육두수 및 호수 (2011.12 - 2014.12)

| 구 분     | '11.12  | '12.12  | 2013    |         | 2014    |         |         |         | 증 감     |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|         |         |         | 9       | 12      | 3       | 6       | 9       | 12      | 전분기     | 전년동기    |         |
| 소       | 총 마릿수   | 3,354   | 3,479   | 3,465   | 3,342   | 3,239   | 3,302   | 3,249   | 3,190   | -59     | -152    |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-1.8)  | (-4.5)  |
|         | - 한우    | 2,820   | 2,933   | 2,931   | 2,810   | 2,711   | 2,787   | 2,732   | 2,670   | -62     | -140    |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-2.3)  | (-5.0)  |
|         | - 젖소    | 404     | 420     | 422     | 424     | 428     | 424     | 429     | 431     | 2       | 7       |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (0.5)   | (1.7)   |
|         | 사육 가구 수 | 168,997 | 152,937 | 137,548 | 130,048 | 124,451 | 119,896 | 115,537 | 109,530 | -6,007  | -20,518 |
|         | (천호)    | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-5.2)  | (-15.8) |
|         | - 한우    | 157,559 | 141,495 | 126,608 | 119,056 | 113,713 | 109,578 | 105,314 | 99,285  | -6,029  | -19,771 |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-5.7)  | (-16.6) |
| - 젖소    | 6,068   | 6,007   | 5,863   | 5,830   | 5,867   | 5,768   | 5,717   | 5,693   | -24     | -137    |         |
|         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-0.4)  | (-2.3)  |         |
| 돼       | 총 마릿수   | 8,171   | 9,916   | 10,188  | 9,912   | 9,698   | 9,680   | 9,966   | 10,090  | 124     | 178     |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (1.2)   | (1.8)   |
|         | - 모 돈   | 903     | 962     | 897     | 895     | 910     | 925     | 925     | 937     | 12      | 42      |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (1.3)   | (4.7)   |
|         | 사육 가구 수 | 6,347   | 6,040   | 5,918   | 5,636   | 5,441   | 5,315   | 5,174   | 5,177   | 3       | -459    |
| (천호)    | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (0.1)   | (-8.1)  |         |
| 닭       | 총 마릿수   | 149,511 | 146,836 | 136,721 | 151,337 | 151,838 | 176,064 | 151,635 | 156,410 | 4,775   | 5,073   |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (3.1)   | (3.4)   |
|         | - 산란계   | 62,425  | 61,344  | 62,674  | 64,824  | 64,572  | 62,851  | 65,263  | 67,674  | 2,411   | 2,850   |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (3.7)   | (4.4)   |
|         | - 육계    | 76,435  | 76,130  | 64,505  | 76,487  | 77,879  | 103,593 | 75,846  | 77,746  | 1,900   | 1,259   |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (2.5)   | (1.6)   |
|         | - 종계    | 10,652  | 9,362   | 9,542   | 10,026  | 9,386   | 9,620   | 10,526  | 10,990  | 464     | 964     |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (4.4)   | (9.6)   |
| 사육 가구 수 | 3,403   | 3,144   | 2,958   | 3,087   | 3,044   | 3,434   | 3,043   | 2,989   | -54     | -98     |         |
| (호)     | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-1.8)  | (-3.2)  |         |
| 오리      | 총 마릿수   | 12,735  | 11,161  | 12,246  | 10,899  | 6,577   | 6,089   | 8,197   | 7,539   | -658    | -3,360  |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-8.0)  | (-30.8) |
|         | - 종 오리  | 1,527   | 1,231   | 1,143   | 1,064   | 692     | 709     | 810     | 804     | -6      | -260    |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-0.7)  | (-24.4) |
|         | - 육용오리  | 11,209  | 9,930   | 11,103  | 9,835   | 5,885   | 5,380   | 7,387   | 6,735   | -652    | -3,100  |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-8.8)  | (-31.5) |
|         | 사육 가구 수 | 981     | 852     | 929     | 866     | 515     | 549     | 693     | 605     | -88     | -261    |
| (호)     | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-12.7) | (-30.1) |         |

\*자료) 통계청 (2011-2014)

<표17> 축종별 사육두수 및 호수 (2015.12 - 2018.12)

| 구 분     | '15.12  | '16.12  | 2017    |         |         |         | 2018    |         | 증 감     |        |        |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
|         |         |         | 3       | 6       | 9       | 12      | 9       | 12      | 전분기     | 전년동기   |        |
| 소       | 총 마릿수   | 2,972   | 2,989   | 2,911   | 3,057   | 3,375   | 3,280   | 3,427   | 3,349   | -78    | 69     |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-2.3) | (2.1)  |
|         | - 한우    | 2,561   | 2,585   | 2,511   | 2,655   | 2,964   | 2,871   | 3,020   | 2,941   | -79    | 70     |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-2.6) | (2.4)  |
|         | - 젖소    | 411     | 404     | 400     | 402     | 411     | 409     | 407     | 408     | 1      | -1     |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (0.2)  | (-0.2) |
|         | 사육 가구 수 | 94,901  | 90,394  | 89,500  | 88,735  | 101,595 | 100,610 | 99,038  | 98,635  | -403   | -1,975 |
|         | (천호)    | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-0.4) | (-2.0) |
|         | - 한우    | 89,403  | 85,040  | 84,262  | 83,479  | 95,017  | 94,107  | 92,608  | 92,184  | -424   | -1,923 |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-0.5) | (-2.0) |
| - 젖소    | 5,498   | 5,354   | 5,238   | 5,256   | 6,578   | 6,503   | 6,430   | 6,451   | 21      | -52    |        |
|         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (0.3)   | (-0.8) |        |
| 돼       | 총 마릿수   | 10,187  | 10,367  | 10,328  | 10,432  | 10,782  | 10,514  | 11,641  | 11,333  | -308   | 819    |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-2.6) | (7.8)  |
|         | - 모 돈   | 967     | 986     | 996     | 1,016   | 1,016   | 1,009   | 1,072   | 1,073   | 1      | 64     |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (0.1)  | (6.3)  |
| 지       | 사육 가구 수 | 4,909   | 4,574   | 4,585   | 4,537   | 4,545   | 4,406   | 6,196   | 6,188   | -8     | 1,782  |
|         | (천호)    | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-0.1) | (4.0)  |
| 닭       | 총 마릿수   | 164,130 | 170,146 | 141,382 | 172,743 | 160,154 | 170,551 | 165,815 | 172,993 | 7,178  | 2,442  |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (4.3)  | (1.4)  |
|         | - 산란계   | 71,877  | 71,043  | 51,608  | 57,383  | 67,833  | 72,710  | 71,227  | 74,741  | 3,514  | 2,031  |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (4.9)  | (2.8)  |
|         | - 육계    | 81,851  | 87,830  | 79,331  | 104,205 | 80,546  | 85,436  | 83,278  | 85,915  | 2,637  | 479    |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (3.2)  | (0.6)  |
|         | - 종계    | 10,402  | 11,273  | 10,443  | 11,155  | 11,775  | 12,405  | 11,310  | 12,337  | 1,027  | -68    |
|         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (9.1)   | (-0.5) |        |
| 사육 가구 수 | 3,004   | 2,993   | 2,575   | 3,205   | 2,957   | 2,969   | 2,879   | 2,827   | -52     | -142   |        |
| (호)     | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-1.8)  | (-4.8) |        |
| 오리      | 총 마릿수   | 9,772   | 8,109   | 5,570   | 6,460   | 6,987   | 7,530   | 10,086  | 8,997   | -1,089 | 1,467  |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-1.1) | (19.5) |
|         | - 종 오리  | 960     | 712     | 512     | 590     | 768     | 823     | 727     | 876     | 149    | 53     |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (2.0)  | (6.4)  |
|         | - 육용오리  | 8,811   | 7,397   | 5,058   | 5,870   | 6,219   | 6,708   | 9,359   | 8,120   | -1,239 | 1,412  |
|         |         | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-1.3) | (21.0) |
| 사육 가구 수 | 722     | 566     | 390     | 469     | 508     | 497     | 640     | 527     | -113    | 30     |        |
| (호)     | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | -       | (-1.8)  | (6.0)  |        |

\*자료) 통계청 (2015-2018)



## 다. 축종별 양분 배출 계수

### (1) 육계의 양분 배출 계수

- 문헌조사를 통하여 국내(축산과학원) 및 국외 자료를 바탕으로 육계 일당 1수당 양분 배출계수를 <표18>에 요약하여 제시하였다. 축산과학원에서 보고한 양분 배출계수는 환경부에서 제시한 "가축별 배출원 단위"에 분뇨에 포함된 양분량을 고려한 계산한 추정치이다.
- 질소 배출계수는 평균 1수당 1일 1.31g 질소를 배출하는 것으로 추정되었으며, 나라별로 최소 0.82g, 최대 2.11g으로 약 1.73g의 차이가 있었다. 즉 육계의 사육수수 75백만 수로 기준할 때, 0.82g으로 계산하면 연간 질소배출량은 약 22,448톤이며, 2.11g으로 계산하면 연간 질소배출량은 약 57,761톤으로 약 2.5배의 차이가 발생하게 되는데, 양분 배출계수를 선정하는 데 중요한 요인이 여기에 있다고 할 수 있다. 현재 축산과학원에서는 양분계수를 다시 재산정하기 위한 연구를 진행하고 있기에 국내·외 양분계수와 비교를 통하여 적절한 계수 산정이 가능할 것으로 사료된다.

<표18> 육계의 양분 배출계수

| N (g/d/head) | P (g/d/head) | K (g/d/head) | Mg (g/d/head) | 출처          |
|--------------|--------------|--------------|---------------|-------------|
| 1.02         | 0.25         | 0.43         | 0.03          | 축산과학원 2009  |
| 1.87         | 0.50         | 0.77         | 0.18          | Japan 2016  |
| 1.40         | 0.36         | 0.54         | 0.13          |             |
| 1.42         | 0.31         | -            | -             | Brazil 2013 |
| 1.24         | 0.30         | -            | -             |             |
| 1.34         | 0.20         | -            | -             |             |
| 1.23         | 0.18         | -            | -             |             |
| 0.82         | 0.11         | 0.41         | -             | UK 2003     |
| 1.10         | 0.25         | 0.36         | -             |             |
| 2.11         | 0.30         | 0.47         | -             |             |
| 1.10         | 0.33         | 0.65         | -             | ASAE 2005   |
| 0.99         | -            | -            | -             | EU 2015     |
| 1.31         | 0.28         | 0.52         | 0.11          | 평균          |

\*자료)

- 축산과학원 2009 (환경부 배출원단위)
- Japan 2016 : Ogino et al., 2016. Animal Science Journal doi:10.1111/asj.12674
- Brazil 2013 : Grana et al., 2013. Brazillian Journal of Poultry Science 15:161-168
- UK 2003 : Sheldrick et al., 2003. Nutrient cycling in Agroecosystems 66: 119-131,2003.
- ASAE 2005 : American Society of Agricultural Engineers (ASAE) 2005
- EU 2015 : Velthof et al., 2015. J Sci Food Agric 95:3004-3014

- 국내 육계의 생산성, 사료섭취량, 출하일령, 질소섭취량 등 자료를 바탕으로 수수 당 일일 질소배출량을 Bottom-up 방식으로 추정하였다. 국내 육계의 평균 출하 일령은 30~35일령이며, 사료 회사 또는 자체 사양 성적에서 도출된 사육단계 사료섭취량과 증체량에 대한 자료를 사용하였다. 사료에 포함된 양분은 닭의 영양소 요구량과 산업체 사료배합 자료를 바탕으로 산정하여 육계 수당 질소섭취량을 계산하였다. 국내 육계 출하 체중을 평균 1.54kg, 부화 시 병아리 체중은 40g, 도체 내 질소함량을 3.07%, 출하 일령을 32.7일로 가정한다면 육계 1수당 1일 질소배출량은 1.12g으로 계산되었다<표19>. 같은 방식으로 전체 질소섭취량을 83.9g/수 가정하고, 섭취대비 질소 배출률(100% - 질소 이용률)을 56%로 가정한다면, 1수당 1일 질소배출량은 1.34g으로 추정되었다.

<표19> 육계의 생산성과 질소 생산량 추정

| 육성단계                     | 일/령   | 식이, g/bird | 체중, g/bird                             | 식이 중 N<br>잔량, g/kg | N 섭취, g/bird |
|--------------------------|-------|------------|--|--------------------|--------------|
| 육성초기                     | 0-7   | 135        | 137                                    | 35.2               | 4.8          |
| 육성기                      | 7-21  | 870        | 687                                    | 32.0               | 27.8         |
| 육성후기                     | 21-35 | 1,689      | 1,583                                  | 30.4               | 51.3         |
| 총 합산                     | -     | 2,690      | 1,580                                  | 31.2               | -            |
| 총 N 섭취                   | -     | -          | -                                      | -                  | 83.9         |
| 추정 1: N 배출비율: 56%        |       |            | 추정 2: Bottom-up approach               |                    |              |
| N 배설량 추정: 1.34g/day/bird |       |            | 생체중 증가: 1.54 (if considered 40g chick) |                    |              |
|                          |       |            | N in 육계 도체: 3.07%                      |                    |              |
|                          |       |            | 출하 일: 32.7                             |                    |              |
|                          |       |            | N 배설량 추정: 1.12g/day/bird               |                    |              |

- 위의 두 가지 방법 (질소 이용률 또는 Bottom-up)으로 추정된 질소배출량은 모두 국내·외에서 보고된 질소의 배출계수 범위 내에 포함되고 있어 추정치의 적정성을 확보하였다. 하지만, 이러한 결과는 기존 생산성과 사료 내 영양소 함량, 가축의 생리 상태 등 다양한 환경요인에 영향을 받기 때문에 지속적인 보정작업이 필요할 것으로 사료된다.
- <표20>는 Top-down 방식으로 질소 배출량을 추정하였다. 이를 위해서 국내 육계의 사육두수, 육계 사료 생산량, 도계 수수, 출하 일령, 생산횟수, 사료 내 질소함량, 도체 내 질

소합량 추정치를 바탕으로 연간 배설되는 질소배출량을 추정하였다. Top-down 방식으로 1일 1수당 질소배출량을 추정하면 약 0.94g으로 계산이 되며, 이러한 수치는 국내·외 논문에서 보고된 수치의 범위 내에는 포함되나, Bottom-up 방식으로 1일 1수당 질소배출량을 추정하면 약 1.26g으로 Top-down 방식과 차이가 발생하므로 향후 통계 수치에 대한 정확성 검토가 필요하다.

- 따라서, Top-down 방식에서는 전체 육계 사육 수, 사료 생산량과 생산성의 정확한 통계가 중요하며, 아래 <표20>의 2014~2016년도 자료는 농식품부에서 제공하는 통계자료를 바탕으로 계산하였다. 이러한 통계를 바탕으로 사료요구율을 계산하였는데 평균 2.39로 추정되었다. 일반적으로 육계의 사료 요구율은 1.6~1.8 범위에 있는 것을 고려하면 국내에서 제시하고 있는 가축사육 두수와 사료 생산량에 불일치가 있는 것을 알 수 있다. 즉, 통계청에 등록된 가축 사육수수가 적게 산정될 수 있다는 것으로 추정할 수 있다.
- Bottom-up 방식은 1수 기준으로 사료 섭취량, 분 배출량, 도체 내 N 함량, 출하 일령 등 통계를 바탕으로 연간 배설되는 N 함량을 추정하는 방식으로 계산하였다. 이러한 Top-down 또는 Bottom-up 추정방법은 Ogino et al. (2016) 등 다양한 논문에서 보고되고 있다. 본 추정에서 사용한 방식을 간략하게 요약하면 「연간 육계 사료 생산량 내 N 함량 - 연간 육계 도체 생산량 내 N 함량 = 양분 내 N 함량」으로 표현할 수 있다. Bottom-up 방식으로 추정한 1일 1수 기준으로 N 배출량은 1.29g 추정되었다. Top-down 방법과 비교하여 비교적 높게 추정되었는데 이러한 차이를 극복하기 위하여 다양한 보정계수의 확립이 필요하다.

<표20> 육계의 Top-down 방식을 통한 질소 배출계수 (배출량)

|                               |       |        |        |
|-------------------------------|-------|--------|--------|
| Top-down approach             | 2014  | 2015   | 2016   |
| 사료 생산량, 1000 tonnes/year      | 2316  | 2495   | 2570   |
| 식이 중 N 함량, %                  | 3.18  | 3.18   | 3.18   |
| 육계 개체 수, millions head        | 125.8 | 136    | 140.5  |
| 횃수, per year                  | 5.5   | 5.5    | 5.5    |
| 육계 생산, million head/year (도살) | 692   | 748    | 773    |
| 육계 생산, 1000 tonnes/year       | 996.5 | 1077.1 | 1113.1 |
| 최종 무게, g                      | 1,440 | 1,440  | 1,440  |
| 생체중, 1000 tonnes/year         | 968.8 | 1047.2 | 1082.2 |
| 사료요구율, g/g                    | 2.39  | 2.38   | -      |
| 계란에 함유된 N 함량, %               | 1.92  | 1.92   | 1.92   |
| 육계의 N 함량, %                   | 3.07  | 3.07   | 3.07   |
| 총 사료 N 섭취량, ton/year          | 73.6  | 79.3   | 81.7   |
| 전체 시체 N 함량, ton/year          | 30.6  | 33.1   | 34.2   |
| N 배설량, 1000 tonnes/year       | 43.1  | 46.3   | 47.6   |
| N 배설량 비율, %                   | 58.5  | 58.3   | 58.2   |
| N 배출량, g/day/head             | 0.94  | 0.93   | 0.93   |

\*자료) Ogino et al., 2016. Animal Science Journal doi:10.1111/asj.12674

<표21> 육계의 Bottom-up 방식을 통한 질소 배출계수 (배출량)

| 항목                     | 5회전    | 6회전    | 7회전    | 8회전    |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 어린 병아리 무게, g           | 42     | 42     | 42     | 42     |
| 도계 시 체중, g             | 1,700  | 1,700  | 1,700  | 1,700  |
| 사료요구율, g/g             | 1.750  | 1.750  | 1.750  | 1.750  |
| 사육 기간, days            | 32     | 32     | 32     | 32     |
| N 함량 (생체중), g/kg       | 30.7   | 30.7   | 30.7   | 30.7   |
| N 함량 (사료), g per kg    | 31.8   | 31.8   | 31.8   | 31.8   |
| 총 사료 소비량, g            | 2,900  | 2,900  | 2,900  | 2,900  |
| 총 사료 N 소비량, g          | 90     | 90     | 90     | 90     |
| 총 N 잔량, g              | 5      | 5      | 5      | 5      |
| N 배설량, g per bird      | 40     | 40     | 40     | 40     |
| N 배설량, g/day/bird      | 1.29   | 1.29   | 1.29   | 1.29   |
| 생산 주기, number per year | 5      | 6      | 7      | 8      |
| 총 사료 섭취량, g per year   | 14,510 | 17,410 | 20,310 | 23,210 |
| 총 N 섭취량, g per year    | 460    | 550    | 650    | 740    |
| 총 N 잔량, g per year     | 250    | 310    | 360    | 410    |
| 총 N 배설량, g per year    | 210    | 250    | 290    | 330    |

\*자료) Ogino et al., 2016. Animal Science Journal doi:10.1111/asj.12674

## (2) 산란계의 양분 배출 계수

- 산란계는 18주령에 성 성숙에 도달하여 산란을 시작하고 보통 64주령까지 계란을 생산하게 되며 상황에 따라서 80주령, 120주령까지 계란을 생산한다. 국외 자료에 따르면 육성계 1수가 18주령까지 질소 100g, 인 30g을 배출하는 것으로 보고된 바 있으며, 1일 1수당 질소배출량은 약 0.79g으로 계산된다.
- 산란계의 양분 배출량을 추정하기 위해 육계에서와 마찬가지로 사료 생산량, 생산성 등 기초 통계자료를 바탕으로 시도하였다. <표22>은 산란계의 영양소 요구량을 나타내었다. 산란계 영양소 요구량은 주령에 따라 다르며, 평균적으로 주령이 높아질수록 요구량 값이 점차 낮아지는 것을 볼 수 있다. 산란계의 영양소 요구량으로 실제 사료배합에 적용한다기보다는 참고자료로 활용하고 있어, 실제 사료에는 더 많거나 낮은 양분 함량이 포함될 수 있다.

<표22> 산란계 영양소 요구량

| 구분                     | 어린 병아리 | 중 병아리 | 큰 병아리 | 산란 전   | 산란 초기 | 산란 중기 | 산란 후기 | 산란 말기  |
|------------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 주령                     | 0-6    | 6-12  | 12-16 | 16주 시산 | 18-32 | 32-45 | 45-55 | 55주 이후 |
| 대사에너지(AMEn), Kcal/Kg   | 2,950  | 2,850 | 2,800 | 2,850  | 2,950 | 2,700 | 2,650 | 2,600  |
| 조단백질(crude protein), % | 20.0   | 18.0  | 16.0  | 17.0   | 17.5  | 16.5  | 15.5  | 14.5   |
| 아르지닌(Arginine)         | 1.17   | 0.95  | 0.80  | 0.85   | 0.84  | 0.78  | 0.72  | 0.66   |
| 라이신(Lysine)            | 0.99   | 0.74  | 0.54  | 0.59   | 0.86  | 0.78  | 0.71  | 0.65   |
| 메티오닌(Methionine)       | 0.36   | 0.30  | 0.26  | 0.28   | 0.35  | 0.33  | 0.31  | 0.29   |
| 트레오닌(Threonine)        | 0.79   | 0.66  | 0.47  | 0.50   | 0.54  | 0.52  | 0.49  | 0.46   |
| 칼슘(Calcium)            | 1.00   | 0.95  | 0.95  | 2.20   | 3.80  | 3.90  | 4.00  | 4.10   |
| 비피테이트인(Non-phytate P)  | 0.44   | 0.39  | 0.34  | 0.35   | 0.32  | 0.31  | 0.30  | 0.28   |

\*자료) 한국가금사양표준 (2017)

- <표23>은 산란계 사료 프로그램으로 주령별 사료 섭취량과 사료 내 양분 함량을 제시하고 있다. 이러한 수치는 산란계 육종회사 또는 사료 회사에서 도출한 자료로서 농가 단위에서 적용할 때 차이가 발생할 수 있다. 하지만, 이러한 자료들은 개체 또는 지역 단위 양분배출량을 추정하는데 사용할 수 있기에 중요한 참고자료가 될 수 있다.

<표23> 산란계 사료 급여 프로그램

| 주 령    | 체중 (g)      | 사료 섭취량 (g/d/bird) | 조단백질 (%) | 총 인 (%) |
|--------|-------------|-------------------|----------|---------|
| 1      | 68-72       | 14-15             | 19.00    | 0.63    |
| 2      | 121-129     | 17-21             |          |         |
| 3      | 184-196     | 23-25             |          |         |
| 4      | 257-273     | 27-29             |          |         |
| 5      | 349-371     | 34-36             |          |         |
| 6      | 446-474     | 38-40             |          |         |
| 7      | 543-577     | 41-43             | 17.00    | 0.62    |
| 8      | 650-690     | 45-47             |          |         |
| 9      | 757-803     | 49-53             |          |         |
| 10     | 863-917     | 52-56             |          |         |
| 11     | 960-1020    | 58-62             |          |         |
| 12     | 1,048-1,112 | 62-66             |          |         |
| 13     | 1,125-1,195 | 67-71             | 15.00    | 0.58    |
| 14     | 1,193-1,267 | 70-74             |          |         |
| 15     | 1,261-1,339 | 72-76             |          |         |
| 16     | 1,329-1,411 | 75-79             |          |         |
| 17     | 1,397-1,483 | 78-82             | 16.00    | 0.58    |
| 18-32  | 1,750       | 105               | 16.50    | 0.56    |
| 32-45  | 1,920       | 113               | 15.23    | 0.55    |
| 45-55  | 1,960       | 113               | 14.55    | 0.54    |
| 55주 이후 | 2,000       | 114               | 14.22    | 0.52    |

\*자료) 한국가금사양표준 (2017)

- 국내·외에서 보고된 산란계의 양분 배출계수는 아래 <표24>에 정리하였다. 질소배출량의 평균은 1.64g이며, 최소치는 0.96g, 최대치는 2.20g으로 2.3배의 차이가 발생하였다. 다음으로, 인 배출량의 평균은 0.50g이며, 최소치는 0.30g, 최대치는 0.77g으로 2배 이상 차이가 발생하였다. 나라별 N 배출량에 차이가 발생하는 것은 사육환경, 사료 등 다양한 요인에 기인한 것으로 추정할 수 있다. 따라서, 이러한 추정치는 항상 실측치와의 비교를 통하여 진행하는 것이 적절할 것이다.

<표24> 산란계의 양분 배출 계수

| N (g/d/head) | P (g/d/head) | K (g/d/head) | Mg (g/d/head) | 출처         |
|--------------|--------------|--------------|---------------|------------|
| 1.73         | 0.77         | 0.85         | 0.11          | 축산과학원 2009 |
| 2.20         | 0.55         | 0.68         | 0.23          | Japan 2016 |
| 1.92         | 0.49         | 0.41         | -             | UK 2003    |
| 1.32         | 0.49         | 0.58         | -             | UK 2003    |
| 0.96         | 0.30         | 0.47         | -             | UK 2003    |
| 1.60         | 0.48         | 0.58         | -             | ASAE 2005  |
| 1.73         | -            | -            | -             | EU 2015    |
| 1.69         | 0.43         | 0.7          | -             | USA 2016   |
| 1.64         | 0.50         | 0.61         | 0.17          | 평균         |

\*자료)

- 축산과학원 2009 (환경부 배출원단위)
- Japan 2016 : Ogino et al., 2016. Animal Science Journal doi:10.1111/asj.12674
- UK 2003 : Sheldrick et al., 2003. Nutrient cycling in Agroecosystems 66: 119-131,2003.
- ASAE 2005 : American Society of Agricultural Agroecosystems., 2005
- EU 2015 : Velthof et al., 2015. J Sci Food Agric 95:3004-3014
- USA 2016 : Xing Jun Lin et al., 2016. Poultry Science 95:213-224

- <표25>와 <표26>은 육성계 및 산란계에서 N 배출량 추정치를 나타내었다. 육계에서와 마찬가지로 산란계 개체단위의 생산성 또는 전체 생산량을 기반으로 하여 추정하였다. 먼저, 산란계 생산성에 기반한 Bottom-up 방식으로 추정한 결과는 <표25>에 제시하였다. 이러한 방식은 Ogino et al. (2016)에서 시도된 바 있다. 산란 전 육성계의 N 배출량 계산에 필요한 자료는 사료 회사, 자체 사양 결과 등 자료를 바탕으로 진행하였다. 산란 전 육성계의 1일 1수 N 배출량은 0.89g으로 계산되었다. 산란계의 N 배출량은 0.53g으로 낮게 추정되었다.
- 사료 생산량, 계란 생산통계를 바탕으로 한 Top-down 방식으로 추정한 N 배설량은 <표 26>에 제시하였다. 연도별로 차이가 발생하고 있으며, 1.57~1.80g의 질소 배출량이 추정되었다. 이를 바탕으로 연간 N 배출량은 2014년도 산란계 사육 수수를 고려하면 약 33만 톤인 것으로 추정되었다. 연도별로 차이가 발생하는 것은 사료생산실적, 계란 생산량 등 차이로 발생하였다. 육계와 다르게 산란계에서는 추정방식에 따라 큰 차이가 발생하였다. 이러한 차이를 극복하기 위해서는 통계의 정확성과 더불어 개체단위 표준 생산성에 대한 자료 확보가 필요할 것으로 사료된다.

<표25> 산란계의 생산성 및 N 배출량 추정

| Bottom up approach     | 산란계   | 산란 전  |
|------------------------|-------|-------|
| 0 or 17 주 무게, kg       | 1.35  | 0.04  |
| 17 or 72 주 무게, kg      | 2.0   | 1.35  |
| 계란 수                   | 282.0 | -     |
| 난중, g                  | 60    | -     |
| 계란 생산량, kg per bird    | 16.92 | -     |
| 사료 섭취량, kg per bird    | 37.9  | 5.6   |
| 계란에 함유된 N 함량, g per kg | 18.5  | -     |
| N 함량 (생체중), g/kg       | 28.5  | 28.5  |
| N 함량 (사료), g per kg    | 23.50 | 25.60 |
| 사료요구율, g/g             | 2,240 | -     |
| 총 사료 N 소비량, g per bird | 891   | 143   |
| N 보유량, g per bird      | 332   | 37    |
| N 배설량, g per bird      | 560   | 110   |
| 산란 기간, days            | 385   | 119   |
| 주기 계수                  | 0.95  | 3.0   |
| N 배설량, g/bird/year     | 530   | 320   |
| N 배설량, g/day/bird      | 0.53  | 0.89  |

\*자료) Ogino et al., 2016. Animal Science Journal doi:10.1111/asj.12674



<표26> 산란계의 생산성 및 질소 배출량 추정 (연도별)

| Top-down approach            | 2014        | 2015        | 2016        |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 산란계 사료 생산량, 1000 tonnes/year | 2154        | 2389        | 2459        |
| 산란계 식이 N 함량, %               | 2.35        | 2.35        | 2.35        |
| 산란계 수, millions head         | 57.9        | 60.0        | 59.0        |
| 계란 생산, 1000/day              | 40292       | 42704       | 42521       |
| 계란 생산, 1000/year             | 14,706,580  | 15,586,960  | 15,520,165  |
| 계란 생산, kg (60 g/egg)         | 882,394,800 | 935,217,600 | 931,209,900 |
| 계란 생산, 1000 ton              | 882.4       | 935.2       | 931.2       |
| 최종 무게, kg                    | 2           | 2           | 2           |
| 생체중, 1000 tonnes/year        | 37.05       | 39          | 38.35       |
| 사료요구율, g/g                   | 2.44        | 2.55        | 2.64        |
| 계란에 함유 된 N 함량, %             | 1.92        | 1.92        | 1.92        |
| 산란계의 N 함량, %                 | 2.85        | 2.85        | 2.85        |
| 총 사료 N 섭취량, ton/year         | 50.6        | 56.1        | 57.8        |
| 도계 시 N 잔량, ton/year          | 1.1         | 1.1         | 1.1         |
| 총 계란 N 잔량, ton/year          | 16.9        | 18.0        | 17.9        |
| N 배설량, 1000 tones/year       | 32.6        | 37.1        | 38.8        |
| N 배설 비율, %                   | 64.4        | 66.0        | 67.2        |
| N 배설, g/day/head             | 1.57        | 1.69        | 1.80        |

\*자료) Ogino et al., 2016. Animal Science Journal doi:10.1111/asj.12674

### (3) 돼지의 양분 배출 계수

- 돼지의 사료 급여단계와 사료 양분의 질소와 인의 함유량은 <표27>로 정리를 하였다. 출하 일령은 평균 200일령으로 가정하였으며, 모든 사료 급여 기간은 연간 기준으로 하였다. 본 자료에서 사용한 수치는 사료 회사 및 자체 성적에서 도출된 돼지의 사육단계별 평균 사료섭취량과 사료의 평균 양분 함량을 바탕으로 계산하였다.
- 국내·외 논문에서 보고된 양분의 배출량은 <표28>로 정리하였다. 이유자돈, 비육돈, 육성돈, 모돈 등 구분하여 배출량을 제시하였다. 축산과학원 자료는 사육단계 구분 없이 일괄적으로 돼지 1두당 1일 질소 22.27g, 인 8.79g으로 제시하고 있다. 육성돈의 경우, 최소

24.1~39.2g N 배출량을 나타내고 있다. 임신돈은 차이가 더욱 크게 보고되고 있다. 미국 ASAE (2005) 자료에는 N 배출량이 32g이었으며, Velthof et al. (2015)는 82.2g이라고 보고 하였다.

- 프랑스에서는 2010년도에 이유 자돈, 육성 비육돈, 임신돈, 포유돈의 두당 양분배출량을 제시하고 있다 <표29>. 이유 자돈과 육성 비육돈의 질소배출량은 총 4388.3g으로 출하 일령을 200일로 가정하면 1두당 1수 21.94g으로 추정되며 이 수치는 축산과학원에서 제시한 22.27g과 다소 비슷한 결과를 나타내고 있다. 하지만 <표28>에 제시되었듯이 N 배출량에 차이가 발생하고 있기에 돼지 1두당 1일 배출량을 추가로 발굴하여 수치의 정확성을 높이도록 해야 할 것으로 사료된다.

<표27> 돼지의 사료 급여 프로그램

| 사료급여단계 | 사료섭취량/두 (kg) | 급여기간 (일령) | 사료양분  |       |
|--------|--------------|-----------|-------|-------|
|        |              |           | N (%) | P (%) |
| 갓난돼지   | 0.1          | 28        | 3.2   | 0.7   |
| 이유전기   | 0.4          | 21        | 3.2   | 0.6   |
| 이유후기   | 0.6          | 21        | 3.2   | 0.6   |
| 육성전기   | 1.3          | 50        | 2.8   | 0.5   |
| 육성후기   | 2.2          | 59        | 2.6   | 0.4   |
| 비육돈    | 3.0          | 21        | 2.4   | 0.3   |
| 임신돈    | 2.5          | 250       | 2.3   | 0.6   |
| 포유돈    | 4.5          | 115       | 2.8   | 0.6   |

\*자료) 국내 C 사료회사

<표28> 돼지의 양분 배출 계수(배출량)

| 축종            | N (g/d/head) | P (g/d/head) | K (g/d/head) | Mg (g/d/head) | 출처           |
|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| 돼지            | 22.27        | 8.79         | 12.88        | 2.26          | 축산과학원 2009   |
| 갓난 돼지         | 1.0          | -            | -            | -             | France 1992  |
| 이유자돈          | 11.0         | -            | -            | -             | France 1992  |
|               | 11.4         | 1.89         | 4.44         | -             | ASAE 2005    |
| 육성돈<br>(전-후기) | 27.8         | 4.56         | -            | -             | Denmark 2013 |
|               | 24.1         | 5.29         | -            | -             | Denmark 2013 |
|               | 27.1         | 4.02         | -            | -             | Denmark 2013 |
|               | 35.2         | 7.35         | -            | -             | Denmark 2013 |
|               | 38.0         | -            | -            | -             | France 1992  |
|               | 39.2         | 6.33         | 16.7         | -             | ASAE 2005    |
|               | 25.5         | -            | -            | -             | EU 2015      |
| 미경산돈          | 51.0         | -            | -            | -             | France 1992  |
| 임신돈           | 40.0         | -            | -            | -             | France 1992  |
|               | 32.0         | 9.0          | 22.0         | -             | ASAE 2005    |
|               | 82.2         | -            | -            | -             | EU 2015      |
| 자돈분만          | 79.0         | -            | -            | -             | France 1992  |
|               | 85.0         | 25.0         | 53.0         | -             | ASAE 2005    |

\*자료)

- 축산과학원 2009 (환경부 배출원단위)
- France 1992 : Dourman et al., 1992. Livestock Production Science 311:95-107
- ASAE 2005 : American Society of Agricultural Agroecosystems., 2005
- France 2010 : C.Rigolot et al., 2010. Animal, 4:8,pp 1401-1412
- Denmark 2013 : Jorgenset et al., 2013. Journal of Animal Science and Biotechnology, 4:42
- EU 2015 : Velthof et al., 2015. J Sci Food Agric 95:3004-3014

<표29> 돼지 두당 양분 배출량(프랑스, 2010)

| 구분    | N 배출 인자 (g/head) | P 배출 인자 (g/head) | K 배출 인자 (g/head) |
|-------|------------------|------------------|------------------|
| 이유자돈  | 556.5            | 122.5            | 301              |
| 육성비육돈 | 3831.8           | 579.6            | 1674.4           |
| 임신돈   | 5274             | 1289.2           | 2344             |
| 포유돈   | 2390.2           | 646              | 904.4            |

\*자료) Rigolot et al. (2010)

- 양분배출량을 추정하는 방식에는 사료 원료의 소화율에 바탕을 두고 계산할 수 있으며, 다양한 추정공식을 제공하고 있다. 예를 들어 덴마크에서는 사료 내 섬유소, 질소섭취량, 건물섭취량 등 자료를 바탕으로 분뇨에 포함된 질소배출량을 추정하는 공식을 제공하고 있다. 이를 토대로, 돼지 개체별 생산성과 사료 내 영양분 함량 등 자료를 바탕으로 질소 배출량을 추정할 수 있다 (Jorgensen et al. 2013).
- 축산과학원에서는 사료 원료의 영양소 함량을 제시하고 있기에 이러한 회귀공식을 바탕으로 사료배합성분에 기초한 양분배출량을 추정할 수 있도록 정책적인 접근이 필요할 것이다. 하지만, 국내에서 이러한 시도는 아직 미진한 상태이며, 지속적인 연구결과를 통하여 정확한 회귀공식을 산출할 수 있도록 노력해야 할 것이다.

$$\therefore \text{Feces N (g/d)} = 0.685 + 0.0260 \times \text{DF (g/kg DM)} + 0.0855 \times \text{N intake (g/d)}$$

where DF = dietary fiber

$$\therefore \text{Urine N (g/d)} = -28.50 + 0.143 \times \text{CP (g/kg DM)} + 13.23 \times \text{DM intake (kg/d)}$$

- 육성 비육돈의 생산성 및 통계자료를 바탕으로 Bottom-up 방식으로 N 배출량을 추정하면 1두당 1일 약 33.4g의 질소를 배출하는 것으로 나타난다<표30>. 이러한 수치는 축산과학원이 제시한 22.3g보다 높은 수치이다.
- Bottom-up 방식은 다양한 나라에서 양분배출량을 추정하는데 적용하여 진행하고 있다. 본 연구에서는 덴마크에서 보고한 자료를 바탕으로 진행하였다. <표30>에서 제시한 수치는 실증 실험이 아니라, 사료섭취량, 사료 내 양분 함량, 질소 이용률 등 평균 수치를 바탕으로 진행하였기 때문에 발생한 것으로 추측되었다. 향후 자료의 정확도를 높이기 위한 다양한 사양실험을 통한 검증작업이 필요할 것으로 사료된다.
- 육성 비육돈과 마찬가지로 모든의 연간 질소배출량을 추정하면 모든 1두당 연간 약 23.7g을 배출하는 것으로 계산되었다 <표31>. 이러한 결과는 향후 축산과학원에서 진행하는 양분계수의 수치와 비교작업이 필요할 것으로 사료된다.

<표30> 육성비육돈의 생산성과 질소 배출량 추정

| 항목                      | 이유자돈   | 육성돈    | 육성후기I  | 육성후기II  | 합계      |
|-------------------------|--|--------|--------|---------|---------|
| 최초 무게 (g)               | 7,000  | 25,000 | 50,000 | 80,000  | 7,000   |
| 최종 무게 (g)               | 25,000   | 50,000 | 80,000 | 110,000 | 110,000 |
| 체중 증가 (g)               | 18,000   | 25,000 | 30,000 | 30,000  | 103,000 |
| 사료 섭취 (g)               | 39,000   | 76,000 | 85,000 | 101,000 | 301,000 |
| FCR                     | 2.17   | 3.04   | 2.83   | 3.37    | 2.92    |
| 순환 주기 당 일 수             | 42   | 42     | 35     | 35      | 154     |
| 일 당 체중 증가 (g/day)       | 429  | 595    | 857    | 857     | 669     |
| 사료 섭취 (g/day)           | 930  | 1,810  | 2,430  | 2,890   | 1,950   |
| 식이 N 함량 (g/kg)          | 32.0   | 28.8   | 25.6   | 20.8    | 25.6    |
| N 섭취량 (g/pig)           | 1,250  | 2,190  | 2,180  | 2,100   | 7,710   |
| 생체중 N 함량 (g/kg)         | 25   | 25     | 25     | 25      | -       |
| N 잔량 (g)                | 450  | 630    | 750    | 750     | 2,580   |
| 순환 주기 당 일 수             | 42   | 42     | 35     | 35      | 154     |
| 총 N 배설량 (g/pig)         | 800  | 1,560  | 1,430  | 1,350   | 5,140   |
| N 이용률 (%)               | 36.0   | 28.8   | 34.4   | 35.7    | 33.4    |
| 점유율 (%)                 | 90   | 90     | 90     | 90      | 90      |
| 생산 주기 (×)               | 7.8  | 7.8    | 9.4    | 9.4     | 2.1     |
| N 배설량, g/pig place/year | 6,200  | 12,200 | 13,400 | 12,700  | 11,000  |
|                         | N 배설량 (g/day/head) 추정: 33.4g<br>5.14kg N/154 = 33g N/d/pig |        |        |         |         |

\*자료) Defra project WT0715NVZ, (2016)

<표31> 모든의 생산성 및 질소 배출량 추정

| 항목                             | 갓난돼지  | 임신돈  | 포유돈<br>(자돈분만) | 합계          |
|--------------------------------|-------|------|---------------|-------------|
| 이유시 체중 (갓난돼지), kg              | 7     | -    | -             | -           |
| 이유 초기 (갓난돼지), per sow per year | 19.2  | -    | -             | -           |
| 사료 섭취량, kg                     | -     | 625  | 518           | -           |
| 식이 N 함량, g/kg                  | -     | 23.0 | 28.0          | -           |
| N 섭취 종자, kg/sow/year           | -     | 14.4 | 14.5          | 28.9        |
| 생체중 생산 (갓난돼지), kg              | 134.4 | -    | -             | -           |
| 생체중 N 함량, g/kg                 | 30.4  | 25.6 |               | -           |
| N 유지량, kg/year                 | 4.09  | 1.10 |               | -           |
| 총 N 잔량, kg/year                | -     | -    | -             | 5.19        |
| N 배설량, kg/sow/year             | -     | -    | -             | <u>23.7</u> |

\*자료) Defra project WT0715NVZ, (2016)

#### (4) 육우의 양분 배출 계수

- 육우의 사료 급여단계와 사료 양분의 질소와 인의 함유량은 <표32>에 정리하였으며, 번식우는 경산우를 기준으로 하였다. 출하 일령은 평균 30개월령으로 가정하였으며, 모든 사료 급여 기간과 사료 내 양분 함량은 사료 회사별 홈페이지를 활용하였다.
- 국내·외 보고된 육우의 양분 배출 계수는 <표33>에 정리하였으며, 국내 축산과학원에서 제시하는 양분계수는 1두당 1일 약 78.76g 질소, 51.99g의 인 배출량을 제시하고 있다. 특히 영국에서 보고된 육우의 양분배출량은 체중별에 따른 배출량을 제시하고 있으며, 체중이 증가할수록 양분배출량 역시 함께 증가하는 것으로 나타난다.

<표32> 육우의 사료 급여 프로그램

| 사료급여단계     | 사료섭취량 (kg/head) |     | 급여기간<br>(개월) | 사료양분 (%DM) |       |
|------------|-----------------|-----|--------------|------------|-------|
|            | 배합사료            | 조사료 |              | N (%)      | P (%) |
| 송아지        | 1.1             | 0.8 | 6            | 3.1        | 0.5   |
| 육성우 (거세)   | 4.0             | 4.2 | 7            | 2.3        | 0.4   |
| 전기비육우 (거세) | 9.2             | 1.8 | 9            | 2.4        | 0.5   |
| 후기비육우 (거세) | 9.0             | 1.1 | 8            | 2.3        | 0.5   |
| 번식우        | 3.3             | 5.8 | 12           | 1.5        | 0.3   |

\*자료) 국내 C 사료회사

<표33> 육우의 양분 배출 계수(배출량)

| 구분 | N<br>(g/d/head) | P<br>(g/d/head) | K<br>(g/d/head) | Mg<br>(g/d/head) | 출처            |             |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------|-------------|
| 한우 | 78.76           | 51.99           | 48.60           | 78.76            | 축산과학원<br>2009 | 연령          |
| 육우 | 95.9            | 16.4            | 65.8            | -                | UK 2003       | < 1 year    |
|    | 76.7            | 24.7            | 54.8            | -                | UK 2003       | < 1 year    |
|    | 90.4            | 13.7            | 84.9            | -                | UK 2003       | < 1 year    |
|    | 126.0           | 24.7            | 147.9           | -                | UK 2003       | 1-2 year    |
|    | 153.4           | 49.3            | 109.6           | -                | UK 2003       | 1-2 year    |
|    | 208.2           | 32.9            | 216.4           | -                | UK 2003       | 1-2 year    |
|    | 161.6           | 30.1            | 180.8           | -                | UK 2003       | Over 2years |
|    | 194.5           | 63.0            | 169.9           | -                | UK 2003       | Over 2years |
|    | 276.7           | 43.8            | 287.7           | -                | UK 2003       | Over 2years |
|    | 163.4           | 21.6            | 111.1           | -                | ASAE 2005     | 338-554kg   |

\*자료)

- 축산과학원 2009 (환경부 배출원단위)
- UK 2003 : Sheldrick et al.,2003. Nutrient cycling in Agroecosystems 66: 119-131,2003.
- ASAE 2005 : American Society of Agricultural Agroecosystems., 2005

- 한우와 홀스타인의 생산성 및 통계자료를 바탕으로 Bottom-up 접근방식으로 양분배출량 산정을 진행하였다. 품종별 육성 기간, 사료섭취량, 사료 내 N 함량은 사료 회사 홈페이지, 자체 자료 등을 활용하여 N 배출량을 추정하였다.
- 한우는 1일 N 배출량은 두당 약 153g으로 국내 축산과학원에서 보고된 78.8g보다 높게 추정되었다<표34>. 이러한 차이는 실측치와 추정치의 차이로 발생한 것으로 예측되며, 지속적인 수치의 보정이 필요할 것으로 사료된다. 또한, 홀스타인과 한우와는 차이가 발견되지 않았는데, 이는 홀스타인의 증체 효율이 우수하고 출하 일령 등 차이로 발생한 것으로 추정하였다.

<표34> 육우의 질소 배출량 추정

| 항목           | 단위           | 한우     | 홀스타인   |
|--------------|--------------|--------|--------|
| 초기 체중        | kg           | 163    | 90     |
| 최종 체중        | kg           | 723    | 721    |
| 급이 기간        | days         | 736    | 618    |
| 농후사료 소비량     | kg (DM)      | 5,484  | 4,629  |
| 조사료 소비량      | kg (DM)      | 1,632  | 609    |
| 농후사료 N 함량    | g/kg DM      | 23     | 24     |
| 조사료 N 함량     | g/kg DM      | 1.1    | 1.1    |
| 사료 N 소비량     | kg/head      | 127.9  | 111.8  |
| 생체중 증가       | kg           | 560    | 631    |
| 생체중 증가의 N 함량 | g/Kg         | 27     | 27     |
| 생체중의 N       | kg           | 15.1   | 17.0   |
| N 배설량        | kg/head      | 113    | 95     |
| N 배설량        | kg/head/year | 55.9   | 55.9   |
| N 배설량        | kg/day/head  | 0.1533 | 0.1533 |

\*자료) 국내 C 사료회사



### (5) 젖소의 양분 배출 계수

- 젖소의 사료 급여단계와 사료 양분의 질소와 인의 함유량은 <표35>에 정리를 하였다. 출하 일령은 평균 18개월령으로 가정하여 계산하였으며, 모든 사료 급여 기간은 연간 기준으로 하였다.
- 국내·외 연구결과에서 보고된 젖소의 양분 배출계수는 <표36>에 제시하였으며, 국내 축산과학원의 자료를 바탕으로 추정된 젖소의 양분배출량은 1두 1일당 174.54g 질소, 12.51g 인으로 보고되었다. 국내에서 발표한 N 배출량은 미국, 영국 등에서 발표한 N 배출량 상당한 차이를 나타내고 있었다. 하지만, P 배출량은 외국보다 국내 배출량이 훨씬 높게 보고되었다.
- 젖소에서는 사료 내 양분섭취량과 사료 내 단백질 함량, 건물섭취량 수치를 바탕으로, 분뇨로 배출되는 양분의 배출량을 추정할 수 있는 추정식이 보고되어 있다<표37>. 향후 추정식과 직접 분석결과와 비교작업을 통하여 추정식의 적정성이 확인된다면 양분배출량의 산정이 다소 쉽게 진행될 것으로 사료되었다. 국내에서는 양분배출량을 추정할 수 있는 회귀식의 개발이 활발하지 않기에 향후 지속적인 연구개발이 필요한 부분으로 사료된다.

<표35> 젖소의 사료 급여 프로그램

| 사료<br>급여단계 | 사료섭취량 (kg/head) |     |           | 급여기간<br>(개월) | 사료양분 (%DM) |       |
|------------|-----------------|-----|-----------|--------------|------------|-------|
|            | 배합사료            | 조사료 | TMR(배합사료) |              | N (%)      | P (%) |
| 송아지        | 2.3             | 0.3 | -         | 3            | 2.7        | 0.5   |
| 육성우        | 2.7             | 7.2 | -         | 8            | 2.4        | 0.4   |
| 착유우        | -               | -   | 33.0      | 10           | 2.6        | 0.4   |
| 건유우        | -               | -   | 20.0      | 2            | 2.1        | 0.4   |

\*출처) 국내 C 사료회사 홈페이지

<표36> 젖소의 양분 배설 계수 (배설량)

| 축종      | N 배설 인자<br>(g/day/head) | P 배설 인자<br>(g/day/head) | K 배설 인자<br>(g/day/head) | Mg 배설 인자<br>(g/day/head) | 참고문헌          |
|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------|
| 젖소      | 174.54                  | 123.51                  | 150.67                  | 132.48                   | 축산과학원<br>2009 |
|         | 290                     | -                       | -                       | -                        | USA,2014      |
|         | 491                     | 74                      | 223                     | -                        | USA,2005      |
|         | 269                     | 35.6                    | 317.8                   | -                        | UK,2003       |
|         | 260                     | 43.8                    | 172.6                   | -                        | UK,2003       |
|         | 450                     | 78                      | 103                     | -                        | ASAE,2005     |
|         | 228                     | -                       | -                       | -                        | EU,2015       |
| 젖소 (건유) | 228                     | -                       | -                       | -                        | USA,2005      |
|         | 230                     | 30                      | 148                     | -                        | ASAE,2005     |
| 미경산우    | 117                     | 20                      | -                       | -                        | USA,2005      |
|         | 120                     | 20                      | -                       | -                        | ASAE,2005     |
| 송아지     | 63                      | 8.0                     | -                       | -                        | USA,2005      |
|         | 63                      | -                       | -                       | -                        | ASAE,2005     |

\*출처)

- 축산과학원 2009 (환경부 배출원단위)
- USA, 2014 : Ranga Niroshan Appuhamy et al., 2014. Animal Production Science 54:1927-1938
- USA, 2005 : Nennich et al., 2005. Journa of Dairy Science 88:3721-3733
- UK 2003 : Sheldrick et al., 2003. Nutrient cycling in Agroecosystems 66: 119-131,2003.
- ASAE 2005 : American Society of Agricultural Agroecosystems., 2005
- EU 2015 : Velthof et al., 2015. J Sci Food Agric 95:3004-3014

<표37> 젖소의 양분 배출량 추정식

| 축종   | N 배출 계수<br>(g/day/head)  | P 배출 계수<br>(g/day/head)  | K 배출 계수<br>(g/day/head)   | 출처          |
|------|--|--|---|-------------|
| 젖소   | $N(\text{urine, g/day}) = 0.003 \cdot N(\text{intake, g/day})^{1.8}$<br>$N(\text{feces, g/day}) = 0.16 \cdot N(\text{intake, g/day}) + 76.7$ | -  | -   | France 2001 |
| 젖소   | $Y = 30 + 0.67X$<br>$X = \text{nitrogen intake (g/day)}$<br>$Y = \text{nitrogen output (g/day)}$   | $Y = 0.68 \cdot (PI) - 8.3$<br>$PI(P \text{ intake}) = \text{mg}/(\text{day/kg BW})$<br>$Y(\text{fecal P}) = \text{mg}/(\text{d/kg BW})$ | -   | USA 2010    |
| 젖소   | $N(\text{g/day}) = \text{DMI} \cdot \text{dietary CP (g/g of DM)} \cdot 84.1 + (\text{BW} \cdot 0.196)$<br>DMI=dry matter intake             | $P(\text{g/day}) = \text{DMI} \cdot \text{dietary CP (g/g of DM)} \cdot 560.7 + 21.1$  | $K(\text{g/day}) = \text{DMI} \cdot 7.2 + (\text{dietary K (g/g of DM)} \cdot 15944) - 164.5$ | USA 2005    |
| 젖소   | $N(\text{g/d}) = 0.82X(N \text{ intake, g/d}) - 42.15$   | -  | -   | UK 2003     |
| 미경산우 | $N(\text{g/day}) = \text{DMI} \cdot \text{dietary CP (g/g of DM)} \cdot 78.39 + 51.4$  | -  | -   | USA 2005    |
| 송아지  | $N(\text{g/day}) = \text{DMI} \cdot \text{dietary CP (g/g of DM)} \cdot 112.55$  | $P(\text{g/day}) = \text{DMI} \cdot \text{dietary P (g/g of DM)} \cdot 622.03$   | -   | USA 2005    |

\*자료)

- France, 2001 : Kebreab et al., 2001. Agroecosystems 60:275-285
- USA, 2010 : Kebreab et al., 2010. Revista Brasileira de Zootenia 39:458-464
- USA, 2005 : Nennich et al., 2005. Journa of Dairy Science 88:3721-3733
- UK 2003 : Sheldrick et al., 2003. Nutrient cycling in Agroecosystems 66: 119-131,2003.

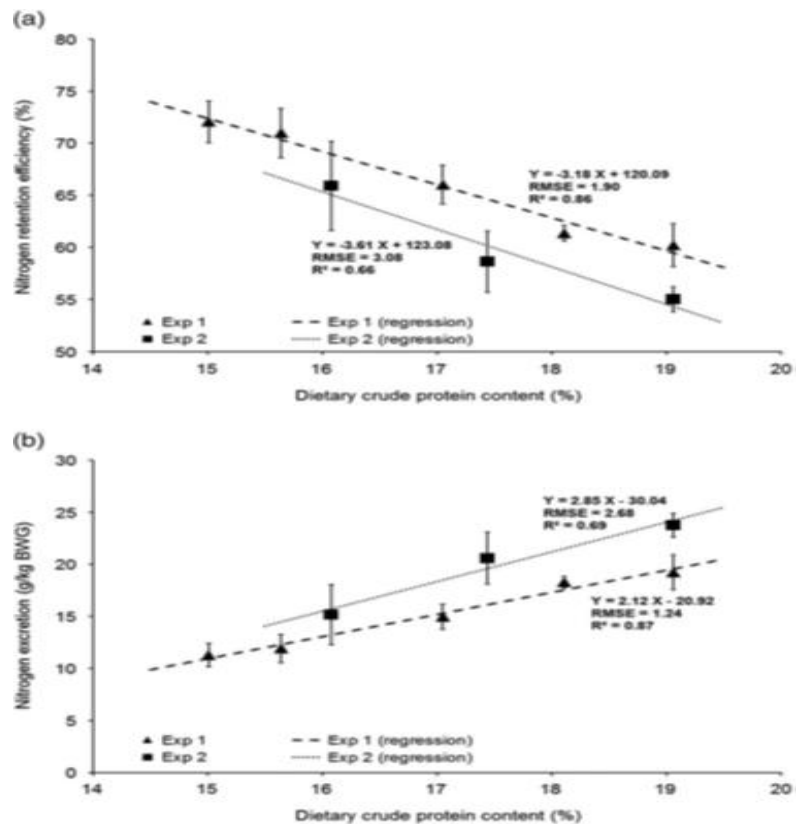
- 젖소의 사육단계, 우유 생산량, 사료 내 양분 함량, 우유 내 양분 함량 등 기초 자료를 바탕으로 Bottom-up 방식으로 젖소의 질소배출량을 추정하였다<표38>. 젖소의 1일 N 배출량은 약 332g으로 축산과학원에서 보고한 174.5g보다 높게 산정되었다. 본 추정치는 섭취한 N가 질소 증체와 우유에 생산된 나머지는 모두 배출되었다는 가정으로 계산하였기에 발생하였을 것으로 추정된다.

- 젖소에서 N 이용률과 배출량은 <그림8>에 제시하였다. 사료 내 N 함량이 증가할수록 N 이용률은 감소하지만, N 배출량은 증가하는 것으로 알려졌다. 이러한 결과는 모든 축종에서 관찰되는 결과로서 사료 내 양분 함량 조정 필요성을 나타내는 결과라 할 수 있다. 따라서, 사료 내 양분 함량을 낮추면서 생산량을 높이고 환경 오염을 방지할 수 있는 영양학적 전략의 수립이 필요할 것으로 사료된다.

<표38> 젖소의 질소 배출량 추정

| 항목            | 단위          | 젖소    |
|---------------|-------------|-------|
| 착유 + 건조 기간    | days        | 365   |
| 우유 생산량        | kg          | 9,100 |
| 배합사료(착유)      | kg          | 6,039 |
| 배합사료(건조)      | kg          | 720   |
| 배합사료 N 잔량(착유) | %           | 2.6   |
| 배합사료 N 잔량(건조) | %           | 2.1   |
| 우유 속 N 함량     | %           | 0.56  |
| 사료 N 소비량      | kg/head     | 172.1 |
| 우유 속 N 함량     | kg          | 51.0  |
| N 배설량         | kg/head     | 121   |
| N 배설량         | kg/day/head | 0.332 |

\*자료) Defra project WT0715NVZ, (2016)



<그림8> 젖소의 질소 배출량의 상관성

\*자료) Belloir et al., Animal (2017)

## 라. 토양 양분의 사료 작물 내 흡수량

- 자원의 재순환 측면에서 가축분뇨를 다양한 방식으로 처리한 다음, 최종적으로 토양에 환원을 통하여 환경오염을 낮출 수 있는데, 토양으로 시비한 분뇨 유래 양분이 얼마나 식물로 이행되는가에 대한 문제가 대두되고 있다.
- 국내에서 초지에 시비 되는 분뇨량에 대한 통계와 더불어 해당 지역에 목초, 사료 작물 정보를 통하여 토양에 시비 된 분뇨 유래 양분이 사료 작물로의 이행률을 추정할 수 있을 것으로 사료된다. 이를 위해서는 사료 작물의 영양소 함량과 원래 토양의 포함된 양분의 함량, 그리고 분뇨 및 비료 유래 양분 정보를 통하여 이행효율을 계산할 수 있을 것으로 보인다. 하지만, 사료 작물과 토양에 대한 정확한 통계정보가 부족한 실정이다. 또한, 조사료 생산실적도 추정에 근거하고 있기에 이에 대한 통계 보완이 필요한 부분이다.
- <표39>는 국내 쌀 재배면적, 벳짚 및 쌀 생산량을 바탕으로 생산된 쌀과 벳짚에 포함된 양분의 함량을 추정하였다. 경작 정보는 통계청에서 확보하였으며, 쌀 또는 벳짚의 양분 함량은 축산과학원 사료 성분표를 활용하였다. 이를 바탕으로 전체 배출량 또는 경작 면적당 양분 함량으로도 계산할 수 있다. 이러한 추정치를 바탕으로 토양에 시비한 양분량이 얼마만큼 사료 작물로 이행될 수 있는지 추정할 수 있는 근거자료가 될 것이다.
- <표40>는 국내에서 경작되는 조사료의 양분 함량을 정리한 자료이다. 이러한 기초 자료는 국내 조사료가 경작되는 초지에서 환원 가능한 양분량을 계산하는데 사용될 수 있다.
- Chikowo et al. (2010)에 따르면 질소와 인의 식물 내 이행효율은 질소  $0.10 \sim 0.74\text{kg/kg}$ , 인  $0.09 \sim 0.74\text{kg/kg}$ 로 보고 자료에 따라서 상당한 변이를 나타내고 있다. 즉 토양에 시비한 질소량(토양에 포함된 양분 포함)의 이행효율은 10%에서 많게는 74%까지 이행되는 것으로 보고되고 있어 국내 환경에 맞는 이행효율 결과의 도출이 필요할 것으로 사료되었다. 마찬가지로 인산의 이행효율 역시 최소 9%에서 많게는 74%까지 차이가 발생하기 때문에 적절한 이행효율 수치의 계산이 필요하다.
- 가축의 양분배출량과 마찬가지로 사료 작물의 재배면적과 사료 작물의 양분 함량 그리고 토양에서 사료의 양분 이행률 정보를 구축한다면 쉽게 얼마만큼의 양분이 사료 작물로 환원되는지 계산이 가능할 것이다. 하지만 사료 작물별 토양이 필요로 하는 양분량에 대한 정보가 부족한 실정이다.
- 가축에서 분뇨배출량에 대한 추정치의 개발이 필요하며, 이를 바탕으로 사료 작물로의 이행률 계수 개발도 필요하다. 아직 완벽하게 추정치에 대한 설정은 되지 않았기에 본 연구

에서는 기존에 발표된 통계자료를 바탕으로 양분배출량의 추정치를 계산하였다. 향후 실증 실험을 통한 추정치의 검증이 시급하며, 아울러 사료 원료 내 양분량을 바탕으로 한 「양분배출량 추정 회귀식」이 개발된다면 정책적 파급력과 현장에서의 이활용이 크게 기대된다.

<표39> 국내 쌀 재배면적 및 양분 함량

| 구분               | 재배면적 <sup>1</sup> (ha) | N <sup>2</sup> (%) | P <sup>2</sup> (%) | K <sup>2</sup> (%) |
|------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 재배면적, ha         | 777,872                | -                  | -                  | -                  |
| 생산량 (톤)          | 5,621,661              | -                  | -                  | -                  |
| 벼짚생산량 (톤)        | 6,222,976              | -                  | -                  | -                  |
| 쌀 생산량, kg/ha     | 7,230                  | 1.17               | 0.26               | 0.25               |
| 벼짚생산량, kg/ha     | 8,000                  | 0.87               | 0.094              | 1.800              |
| 쌀 N, kg/ha (A)   | -                      | 84.6               | 18.8               | 18.1               |
| 벼짚 N, kg/ha (B)  | -                      | 69.6               | 7.5                | 144.0              |
| 벼 N, kg/ha (A+B) | -                      | 154.2              | 26.3               | 162.1              |
| 총 쌀 N, 천 톤       | -                      | 65.8               | 14.6               | 14.1               |
| 총 벼짚 N, 천 톤      | -                      | 54.1               | 5.8                | 112.0              |
| 총 벼 N, 천 톤       | -                      | 119.0              | 20.5               | 126.1              |

\*자료) 1) 통계청 (2016년 생산량 기준치), 2) 한국가축사양표준 사료성분표 (2017)

<표40> 조사료의 영양성분

| 구분    | 국문명               | 수분 (%) | N (%) | P (%) | K (%) |
|-------|-------------------|--------|-------|-------|-------|
| 목초    | 레드클로버             | 74.70  | 0.83  | 0.096 | 0.765 |
|       | 버뮤다그라스            | 7.70   | 1.03  | 0.173 | 1.339 |
|       | 알파파               | 10.89  | 2.57  | 0.247 | 1.790 |
|       | 오차드그라스            | 86.19  | 0.31  | 0.036 | 0.359 |
|       | 티모시               | 12.20  | 1.32  | 0.162 | 1.682 |
| 고간류   | 밀짚                | 8.97   | 0.62  | 0.070 | 2.826 |
|       | 벼짚                | 14.47  | 0.87  | 0.094 | 1.800 |
|       | 보리짚               | 12.40  | 0.82  | 0.096 | 0.270 |
| 청예조사료 | 청예보리(호숙기)         | 74.30  | 0.40  | 0.091 | 0.814 |
|       | 청예보리(황숙기)         | 57.23  | 0.66  | 0.168 | 2.142 |
|       | 청예수단그라스(개화기)      | 73.97  | 0.30  | 0.084 | 1.188 |
|       | 청예수단그라스(출수기)      | 83.77  | 0.22  | 0.038 | 0.894 |
|       | 청예옥수수(유숙기)        | 81.73  | 0.27  | 0.065 | 0.524 |
|       | 청예옥수수(출사기)        | 80.70  | 0.33  | 0.069 | 0.552 |
|       | 청예옥수수(호숙기)        | 67.47  | 0.39  | 0.085 | 0.626 |
|       | 청예옥수수(황숙기)        | 64.03  | 0.36  | 0.094 | 0.692 |
|       | 청예이탈리안라이그라스(개화후기) | 76.90  | 0.34  | 0.062 | 0.455 |
|       | 청예이탈리안라이그라스(출수기)  | 80.53  | 0.37  | 0.201 | 2.024 |
|       | 청예호밀(개화기)         | 71.03  | 0.44  | 0.057 | 0.470 |
|       | 청예호밀(출수기)         | 79.33  | 0.45  | 0.050 | 0.249 |
|       | 총채벼(호숙기)          | 60.00  | 0.59  | 0.076 | 0.059 |
|       | 총채벼(완숙기)          | 60.67  | 0.44  | 0.074 | 0.058 |

\* 자료) 한국가축사양표준 사료성분표 (2017)

### 3. 개별축산농가 및 지자체(행정) 가축분뇨 양분관리 프로그램 개발

#### 가. 개별축산농가 및 지자체(행정) 가축분뇨 양분관리 프로그램 개발의 필요성

- OECD의 가축분뇨 정책에 의하면 ① “과량의 가축분뇨를 수용·가공·수출할 수 있는 농장으로 보내야 한다.” ② “가축분뇨를 수용하는 농장의 질소와 인은 환경적으로 수용 가능한 수준 이상으로 증가해서는 안된다.” ③ “질소와 인의 소실은 환경적으로 수용 가능한 수준으로 감소되어야 한다.” 와 같은 세 가지의 공통 목표를 동시에 달성해야한다.
- 가축분뇨에서 발생한 양분 중 질소와 인은 토양에 다량으로 집적되어 토양 내 영양염류 증가로 인한 식물 생산성 감소, 토양의 수계 유실로 인한 부영양화 유발, 녹·적조 발생 등 환경적 문제를 야기하기 때문에 전 세계적으로 토양 내 질소와 인의 수치분석 및 투입 기준을 설정 등의 방법을 이용하여 관리되고 있다.
- 가축분뇨 유래 질소는 체외 배출과 동시에 일부가 공기 중으로 휘산되며 ( $\text{NH}_3$  형태), 가축분뇨의 자원화과정에서의  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  배출, 유거 및 용탈로 인한 수계로의  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_x$  유출, 식물의  $\text{NO}_x$  흡수 등 다양한 방식으로 소실·이용된다. 이 중 실제적으로 토양 환경 내 유입·유출·잔존되는 가축분뇨 유래 질소의 양 파악이 중요하다.
- 가축분뇨 유래 인은 배출되어 공기 중으로 유실되지 않는 특징을 지니고 있어 일반적으로 사라지지 않고 최종 시비지인 토양에 축적된다고 알려져 있다. 그러나 여러 선행연구에 따르면 가축분뇨의 저장, 이동시 관리시설의 미비 및 노후화로 인한 자연소실, 액비 자원화 및 정화처리 시 폭기조 내 Ca, Mg, Fe 등 기타 양이온과의 결합으로 인한 struvite 결정화, 슬러지 폐기로 인한 인 제거 등 토양 환경으로 유입되는 인의 양은 발생된 양에 비해 감소하기 때문에 정밀한 양분관리를 위해서 인의 양분변화량도 면밀히 관찰해야한다.
- 양분수지를 관리하는 기본 방법은 특정 범위 내 양분의 입·출을 분석해 양분의 균형을 유지하는 것이다. 농업분야 특히 축산분야 내 이상적인 양분관리를 위해서는 축산농가에서부터의 양분 발생량과 농경지로의 양분부하량이 정확히 산정되어야 하며 양분수요량과의 비교를 통한 잉여양분량 산출이 우선시되어야 한다.
- 효율적인 양분관리를 위해서 축산농가에서 발생하는 양분을 최대한 삭감해 최소한의 잉여양분을 도출하기 위한 방안을 농민 스스로 선택할 수 있게 도와주는 빅데이터 기반 개별축산농가 및 자원화조직체의 가축분뇨 양분관리 프로그램 마련 및 보급이 필요한 실정이다.



- 국내 가축분뇨의 처리는 퇴·액비 자원화 처리가 주를 이루고 있으며, 외국과 달리 방목지의 확보가 용이하지 않아 대부분 축사 내에서 사육되고 있다. 가축분뇨의 발생장소와 살포장소가 분리되어있기 때문에 저장 및 퇴비화 과정 중 감소된 양분의 양을 제외한 실질적으로 계산된 양분부하량을 적용하는 것이 적합한 것으로 사료된다.
- 북미 및 유럽의 양분관리 방법은 자원화를 통해 양분의 삭감이 요구되는 우리나라에 부적합하나 해외 양분관리 시스템의 기본 골격에 국내 가축분뇨 사육환경 및 처리환경을 고려하는 세부항목을 구성한다면 국내 농업환경 맞춤형 양분관리 프로그램의 개발이 가능할 것으로 판단되며, 이는 국가적 양분관리 시스템 구축의 토대가 될 것으로 예상된다.

## 나. 개별축산농가 가축분뇨 양분관리 프로그램 구축

### (1) 이상적인 양분관리

- 개별축산농가 단위 양분관리에서 이상적인 양분관리는 농가단위의 양분이 발생했을 시 자원화되어 농경지에 시비되어지는 양분부하량이 해당 농가의 토지의 작물에 따른 양분 수요량과 동일하여 잉여되거나 부족함이 없도록 하는 것이다.
- 대부분의 축산농가의 경우 양분부하량이 양분수요량에 비해 높으며 이 때 위탁관리나 처리방법의 전환, 사육두수의 감축을 통해서 양분부하량을 감축할 수 있다. 또한 양분수요량은 화학비료의 사용 감축, 농경지의 추가 확보, 재배작물 및 작부체계의 변경을 통해서 도출할 수 있기 때문에 농가수준의 양분관리를 위해서 농가의 특징에 따른 적절한 보완 방법을 강구해야 한다.
- 특히 무엇보다 농가수준에서의 양분발생량·양분부하량·양분수요량을 정확히 산출하는 것이 중요하며, 농가수준의 양분관리 프로그램 구축을 위해서는 ① 농가정보 확보 (축종, 사육두수, 자원화방법, 재배작물, 농경지면적, 화학비료 종류, 비료사용량 등), ② 국가 표준 계수와 농업환경 내 양분 거동 관련 계수 (가축분뇨 발생원단위, 축종별 자원화방법별 양분부하계수, 기타 요인으로 인한 양분 유입 및 유출, 양분소실 계수 등), ③ 지역별 토양정보 및 기후정보 (토질, 농경지 화학성, 강수량 등)와 같은 사항이 요구된다.

<표41> 국내 가축분뇨 양분관리를 위한 필수정보

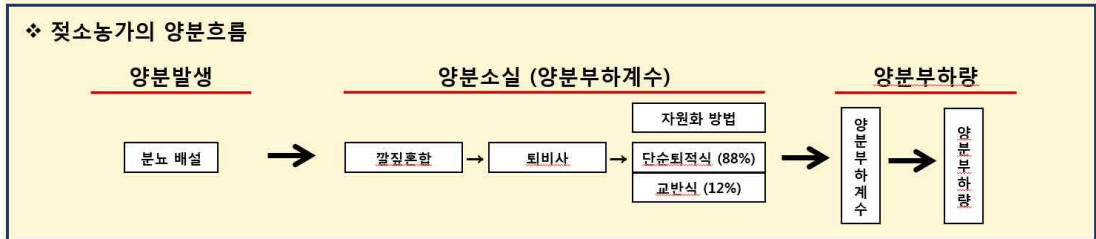
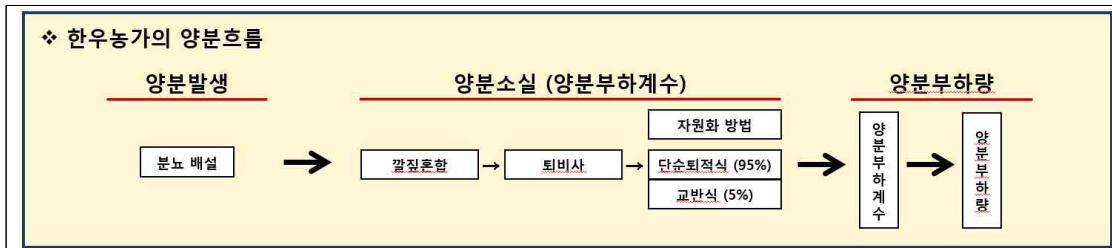
| 농가정보<br>(농가 입력항목)    |        | 필요정보                           |                         | 산출<br>정보  |
|----------------------|--------|--------------------------------|-------------------------|-----------|
|                      |        | 연구자료                           | 자료 개발 및 확보              |           |
| 축종                   |        | 축종별 · 사육단계별<br>가축분뇨 발생원단위      | -                       | 양분<br>발생량 |
| 사육두수<br>(사육단계별 사육두수) |        | 축종별 · 사육단계별 분뇨<br>내 양분(N, P)농도 |                         |           |
| 자원화<br>경로            | 퇴비화방법  | 자원화 방법별 양분소실율                  | 자원화 경로별 · 방법별<br>양분부하계수 | 양분<br>부하량 |
|                      | 액비화방법  |                                | 고액분리 효율                 |           |
|                      | 고액분리방법 |                                |                         |           |
|                      | 수분조절재  |                                |                         |           |
| 재배작물                 |        | -                              | 작물별 양분 요구량              | 양분<br>수요량 |
| 농경지 면적               |        |                                | 강수량                     |           |
| 농경지 토질               |        |                                | 휘발량                     |           |
| 재배횟수/년               |        |                                | 탈질량                     |           |
|                      |        |                                | 유거량                     |           |
|                      |        |                                | 용탈량                     |           |
| 비료<br>사용량            | 화학비료   | 기<br>타<br>환<br>경<br>영<br>향     | 토양 양분집적량                |           |
|                      | 유기비료   |                                | 대기중 암모니아 강하             |           |
|                      | 부산물    |                                | 질소 생물고정                 |           |
|                      |        | 농업용수 내 양분농도                    |                         |           |

<표42> 활용 가능한 연구자료 및 출처

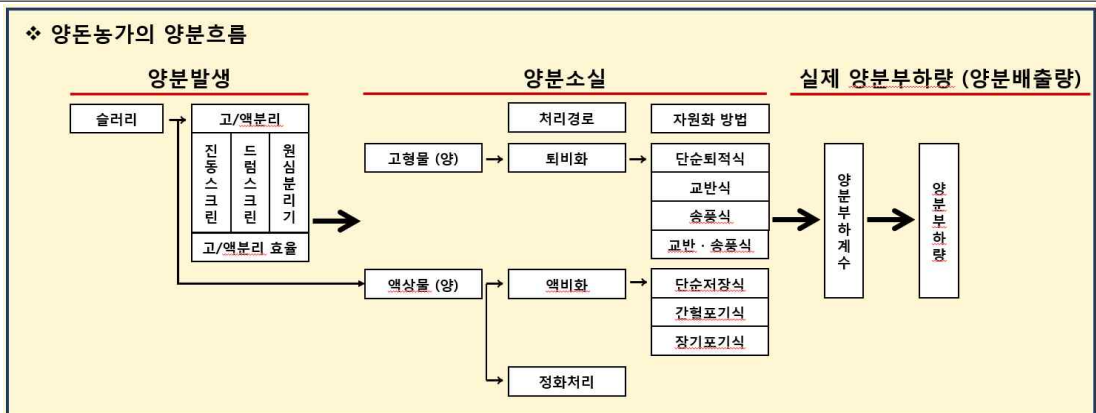
| 필요정보              |                      | 자료   |
|-------------------|----------------------|--|
| 연구자료              | 축종별 가축분뇨 발생원단위       | 환경부 고시(2008)   |
|                   | 축종별 분뇨 내 양분(N, P)농도  | 국립축산과학원 (2009)   |
| 자료<br>develop     | 자원화 경로별 · 방법별 양분부하계수 | 강원대학교(2015)  |
|                   | 자원화 방법별 양분소실율        | 강원대학교(2015)  |
|                   | 고액분리 효율              | 연구 자료의 정리 필요   |
|                   | 작물별 양분 요구량           | 농촌진흥청(2010)  |
|                   | 강수량                  | 양분소실 관련 연구 자료의 정리 필요   |
|                   | 휘발량                  |  |
|                   | 탈질량                  |  |
|                   | 유거량                  |  |
|                   | 용탈량                  |  |
|                   | 토양 양분 집적량            | ○ 양분 집적량의 경우, 작물별 양분요<br>구량에 필요한 작물별 시비처방기준<br>(농진청, 2010)에 포함<br>○ 환경영향의 경우 농가마다 상이하<br>여<br>관련자료의 정리가 필요 |
|                   | 대기중 암모니아 강하          |  |
|                   | 질소 생물고정              |  |
| 농업용수 내 양분(N, P)농도 |                      |  |

## (2) 양분관리 핵심 데이터 도출방법

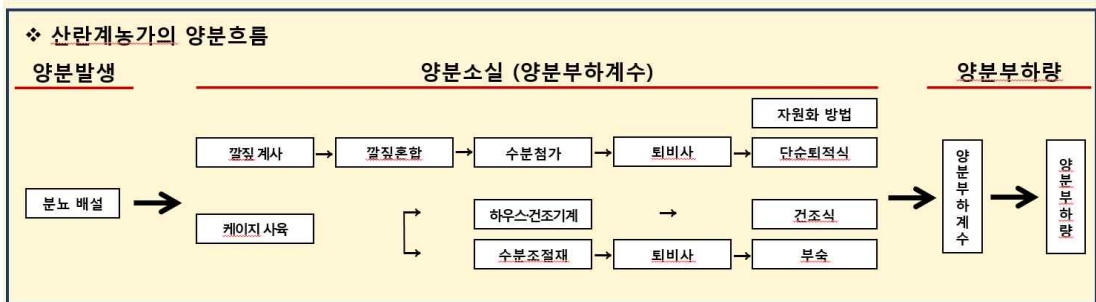
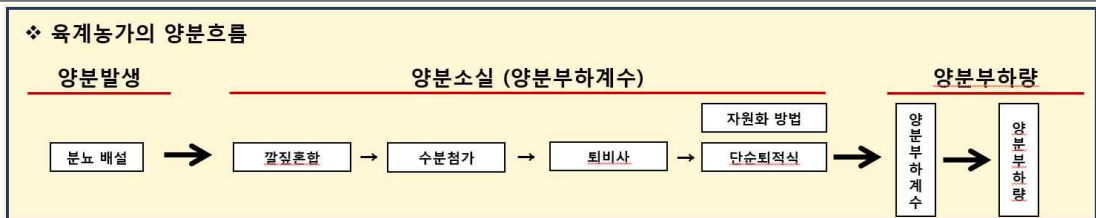
- 농가단위 양분관리를 위해서 양분관리의 절차에 따른 항목의 핵심데이터를 산출해야하며 이를 간소화하고 이해를 돕기 위해 <표43>와 같이 각 항목들을 기호화 하였다. 필수항목들의 기호화는 양분관리 프로그램의 소프트웨어화나 교육 목적 시 프로그램을 사용하는 이들의 이해도를 높일 수 있을 것으로 기대된다.
- 기호화된 각 항목들은 크게 ① 농가정보 (농가에서 제공하는 정보 기호화), ② 발생량 및 물질의 특성 (계산식에 의해 도출된 물질의 발생량과 물질의 특성을 나타내는 항목을 종합하여 기호화), ③ 양분량 및 양분 농도 (발생량과 연계하여 산출되는 양분과 관련된 항목 기호화), ④ 연구자료 및 기준 (국가연구기관과 대학, 선행연구에서 도출된 항목 기호화)으로 나누어 제시되었으며, 각 항목을 이용하여 핵심데이터를 산출하기 위한 계산식을 도출하였다.
- 경제가축 중 분뇨의 처리가 어렵고 다양한 방법의 자원화 형태를 가지는 돼지를 기준으로 기본 프로그램을 구축하였으며, 각 양돈농가의 특징을 고려하여 축종별 양분관리 프로그램을 설계하였다.



(한우·젖소농가 내 양분흐름도)



(돼지농가 내 양분흐름도)



(가금농가 내 양분흐름도)

<그림9> 국내 축종별 농가 내 자원화경로

<표43> 핵심 데이터 도출을 위한 각 항목의 기호화

|                       |                 |                    |                 |
|-----------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| <b>① 농가정보</b>         |                 | 퇴·액비 유래 양분량        | C <sub>9</sub>  |
| 항목                    | 기호              | 퇴·액비 유래 양분소실량      | C <sub>10</sub> |
| 사육두수                  | A <sub>1</sub>  | 토양 개량용 퇴비 내 양분량    | C <sub>11</sub> |
| 수분조절재 사용량             | A <sub>2</sub>  | 퇴비 내 양분부하량         | C <sub>12</sub> |
| 액비화조 표면적              | A <sub>3</sub>  | 화학비료 유래 양분소실량      | C <sub>13</sub> |
| 액비화조 개수               | A <sub>4</sub>  | 작물별 양분요구량          | C <sub>14</sub> |
| 농경지 면적                | A <sub>5</sub>  | 화학비료 유래 양분량        | C <sub>15</sub> |
| 화학비료 사용량              | A <sub>6</sub>  | 양분 소실량             | C <sub>16</sub> |
| <b>② 발생량 및 물질의 특성</b> |                 | 양분 수요량             | C <sub>17</sub> |
| 항목                    | 기호              | 양분 부하량             | C <sub>18</sub> |
| 분뇨 발생량                | B <sub>1</sub>  | 양분 잉여량             | C <sub>19</sub> |
| 고형물 발생량               | B <sub>2</sub>  | <b>④ 연구자료 및 기준</b> |                 |
| 고형분 발생량               | B <sub>3</sub>  | 항목                 | 기호              |
| 액상물 발생량               | B <sub>4</sub>  | 발생원단위 (분뇨)         | D <sub>1</sub>  |
| 분뇨 내 수분함량             | B <sub>5</sub>  | 발생원단위 (분)          | D <sub>2</sub>  |
| 고액분리 후 고형물 함수율        | B <sub>6</sub>  | 발생원단위 (뇨)          | D <sub>3</sub>  |
| 퇴비 발생량                | B <sub>7</sub>  | 분뇨 내 양분농도 (분뇨)     | D <sub>4</sub>  |
| 액상물 증발량               | B <sub>8</sub>  | 분뇨 내 양분농도 (분)      | D <sub>5</sub>  |
| 토양 개량용 퇴비량            | B <sub>9</sub>  | 분뇨 내 양분농도 (뇨, 폐수)  | D <sub>6</sub>  |
| 퇴비의 사용비율 (토양 개량용)     | B <sub>10</sub> | 수분조절재 내 양분농도       | D <sub>7</sub>  |
| 퇴비 발생량                | B <sub>11</sub> | 양분부하계수 (퇴비화)       | D <sub>8</sub>  |
| 액비 발생량                | B <sub>12</sub> | 양분부하계수 (액비화)       | D <sub>9</sub>  |
| <b>③ 양분량 및 양분 농도</b>  |                 | 중량감소율              | D <sub>10</sub> |
| 항목                    | 기호              | 퇴비화 후 중량감소율        | D <sub>11</sub> |
| 양분 발생량                | C <sub>1</sub>  | 액비화방법별 증발량         | D <sub>12</sub> |
| 고형분 내 양분발생량           | C <sub>2</sub>  | 작물별 표준시비량          | D <sub>13</sub> |
| 수분조절재 내 양분발생량         | C <sub>3</sub>  | 작물별 퇴구비 (퇴비)시비량    | D <sub>14</sub> |
| 고형물 내 양분발생량           | C <sub>4</sub>  | 화학비료 내 양분농도        | D <sub>15</sub> |
| 액상물 내 양분발생량           | C <sub>5</sub>  | 퇴·액비 양분소실율         | D <sub>16</sub> |
| 퇴비 내 양분부하량            | C <sub>6</sub>  | 화학비료 양분소실율         | D <sub>17</sub> |
| 액비 내 양분부하량            | C <sub>7</sub>  | 고액분리 효율            | D <sub>18</sub> |
| 양분 요구량                | C <sub>8</sub>  | -                  | -               |

### (가) 양분발생량

- 축종별 가축분뇨 발생원단위를 적용하여 계산되어지는 분뇨발생량을 시작으로 각각의 필요 정보 및 농가정보의 결합을 통해 각 핵심 데이터를 산출하였다.
- 분뇨 발생량 및 양분발생량은 가축에서 분뇨의 배출 후 나타나는 최초의 총 분뇨량과 양분량으로 후단의 자원화 방법 및 운전 방식에 따라서 점차 감소하게 되며 추후 양분잉여량 관리를 위해서 자원화 되기 전 위탁관리가 이루어지는 지점이다. 주로 축종과 사육두수에 의해서 영향을 받는다.
- 발생한 가축분뇨는 처리되기 전 고액분리되며 이때 퇴·액비화를 하기 위한 고형물 발생량과 액상물 발생량으로 나뉘어 산출되어진다. 퇴·액비화가 진행되기 전 고형물과 액상물의 농도를 나타내는 고형물 내 양분발생량과 액상물 내 양분발생량이 연속적으로 계산되어지며 농가의 자원화 방법과 운전 방식에 따라서 양분량이 감소된다.
- 한우, 젖소, 육계 및 산란계의 경우 대부분 고액분리 및 액비화를 하지 않으며, 이에 따라 양분발생량 프로그램이 간소화된다. 특히 육계의 경우 성장시간 및 각 농가의 운영방법에 따라 입추-출하 cycle이 상이하기 때문에 농가 정보에 추가하여 프로그램을 구성하였다.

### (나) 양분부하량

- 양분부하량은 발생한 가축분뇨의 자원화후 농경지에 시비 시 유입되는 양분의 양을 의미하며, 농경지의 양분수요량과 비교하여 양분잉여량을 산출하는 핵심 데이터이다. 북미나 유럽 등 방목을 하거나 발생한 분뇨가 직접 토양으로 유입되는 해외의 양분관리 방법과 대비되는 우리나라의 양분관리 방법을 반영할 수 있는 항목이다.
- 양분발생량 프로그램에서 도출된 자원화 전 물질의 발생량 및 양분량에 중량감소율과 양분부하계수를 적용하여 자원화 물질의 발생량과 양분부하량을 산출하였다.
- 양분부하량 산출에 가장 중요한 데이터는 축종별 자원화방법별 양분부하계수이며, 변화하는 사양환경 및 분뇨처리기술에 대처하기 위해 국내 축산농가의 빅데이터를 수집하고 주기적으로 갱신해 계수의 신뢰성을 꾸준히 향상시켜야한다.

<표44> 핵심 데이터 도출을 위한 각 항목의 기호화 (양분발생량)

| 양분발생량                                |       |   | 필요정보  |
|--------------------------------------|-------|---|---|
| 분뇨발생량 (t/y) (B <sub>1</sub> )        | 도출식   | $A_1 \times D_1 \times (365d/y) \times 1/(1000kg/t)$  | 축종별 가축분뇨 발생원단위 (환경부, 2008)                                    |
|                                      | 기호 정보 | A <sub>1</sub> , 사육두수 (head)<br>D <sub>1</sub> , 발생원단위 (분뇨)(L/head/d)   |   |
| 양분발생량 (t/y) (C <sub>1</sub> )        | 도출식   | $B_1 \times D_4 \times 1/(1000g/kg)$  | 축종별 분뇨 내 N&P 농도 (농촌진흥청, 2009)                                 |
|                                      | 기호 정보 | B <sub>1</sub> , 분뇨발생량(t/y);<br>D <sub>4</sub> , 분뇨 내 양분농도(분뇨)(g/kg)  |   |
| 고형물 발생량 (t/y) (B <sub>2</sub> )      | 도출식   | $B_3 [B_1 \times (1-B_5/100) \times (D_{18}/100) \times 1/(B_6/100)] + A_2$   | 분뇨 내 수분함량<br><br>고액분리 후 고형물 함수율 (대한한돈협회, 2007; 국립축산과학원, 2014) |
|                                      | 기호 정보 | B <sub>3</sub> , 고형분 발생량(t/y);<br>B <sub>1</sub> , 분뇨발생량(t/y);<br>B <sub>5</sub> , 분뇨 내 수분함량(%);<br>D <sub>18</sub> , 고액분리 효율(%);<br>B <sub>6</sub> , 고액분리 후 고형물 함수율(%);<br>A <sub>2</sub> , 수분조절재 사용량(t/y)                     |   |
| 고형물 내 양분 발생량 (t/y) (C <sub>4</sub> ) | 도출식   | $C_2 [B_3 \times D_5 \times 1 / (1000g/kg)] + C_3 [A_2 + D_7]$  | 축종별 분뇨 내 N&P 농도 (농촌진흥청, 2009)                                 |
|                                      | 기호 정보 | C <sub>2</sub> , 고형분 내 양분발생량(t/y);<br>B <sub>3</sub> , 고형분 발생량(t/y);<br>D <sub>5</sub> , 분뇨 내 양분농도(분)(g/kg);<br>C <sub>3</sub> , 수분조절재 내 양분발생량(t/y),<br>A <sub>2</sub> , 수분조절재 사용량(t/y);<br>D <sub>7</sub> , 수분조절재 내 양분농도(g/kg) |   |
| 액상물 발생량 (t/y) (B <sub>4</sub> )      | 도출식   | $B_1 - B_3$   | 축종별 분뇨 내 N&P 농도 (농촌진흥청, 2009)                                 |
|                                      | 기호 정보 | B <sub>1</sub> , 분뇨발생량(t/y);<br>B <sub>3</sub> , 고형분 발생량(t/y)   |   |
| 액상물 내 양분 발생량 (t/y) (C <sub>5</sub> ) | 도출식   | $B_4 \times D_6 \times 1/(1000g/kg)$  |   |
|                                      | 기호 정보 | B <sub>4</sub> , 액상물 발생량(t/y);<br>D <sub>6</sub> , 분뇨 내 양분농도(노, 폐수)(g/kg)   |   |

<표45> 핵심 데이터 도출을 위한 각 항목의 기호화 (양분부하량)

| 양분부하량                                     |          |   | 필요정보  |
|---|----------|---|---|
| 퇴비발생량<br>(t/y) (B <sub>7</sub> )          | 도출식      | $B_2 \times D_{11} [(1 - D_{10}/100)]$  | 중량감소율<br>(강원대, 2015)<br><br>양분부하계수<br>(강원대, 2015) |
|   | 기호<br>정보 | B <sub>2</sub> , 고형물 발생량(t/y);<br>D <sub>11</sub> , 퇴비화 후 중량감소율(%);<br>D <sub>10</sub> , 중량감소율(퇴비화 방법)  |   |
| 퇴비 내 양분<br>부하량 (t/y)<br>(C <sub>6</sub> ) | 도출식      | $C_4 \times D_8$  |   |
|   | 기호<br>정보 | C <sub>4</sub> , 고형물 내 양분발생량(t/y);<br>D <sub>8</sub> , 자원화방법별 양분부하계수 (퇴비화방법)  |   |
| 액비발생량<br>(t/y) (B <sub>12</sub> )         | 도출식      | $B_4 - B_8 [A_3 \times A_4 \times D_{12} \times (365d/y) \times 1/(1000kg/t)]$  |   |
|   | 기호<br>정보 | B <sub>4</sub> , 액상물 발생량(t/y);<br>B <sub>8</sub> , 액상물 증발량(t/y);<br>A <sub>3</sub> , 액비화조 표면적(m <sup>2</sup> );<br>A <sub>4</sub> , 액비화조 개수(개);<br>D <sub>12</sub> , 액비화방법별 증발량(kg/m <sup>2</sup> ) |   |
| 액비 내 양분<br>부하량 (t/y)<br>(C <sub>7</sub> ) | 도출식      | $C_5 \times D_9$  |   |
|   | 기호<br>정보 | C <sub>5</sub> , 액상물 내 양분발생량(t/y);<br>D <sub>9</sub> , 자원화방법별 양분부하계수 (액비화방법)  |   |

(다) 양분수요량

- 가축분뇨로부터 유래된 양분은 농경지에 시비되어 작물이 이용하게 되는데 이 때 작물 및 농경지에서 필요로 하는 양분의 양을 양분수요량이라고 한다.
- 양분수요량을 산출하기 위해 농가의 농경지 면적, 재배작물, 화학비료 사용량 등의 정보가 필요하며 작물에 의한 양분요구량은 작물별 표준시비량 또는 작물별 시비추천식, 작물별 생산량을 이용하여 산출할 수 있다.
- 토양의 정밀한 양분관리를 위해서 토양을 검정했을 시 작물별 표준시비량에서 제시된 시비추천식을 이용하여 각 양분의 적정 투입량을 산출하는 것이 바람직하며 이는 토양 검정정보를 제공하는 관련 프로그램과의 연계를 통해 가능할 것으로 기대된다.
- 토양으로 유입된 양분 중 작물이 실제로 이용한 양분의 양과 토양 내 잔존하는 양분의 양을 정확히 파악하기 위해서 OECD 및 여러 연구에서 개발된 양분수지 산정식에 따르면 작물의



생산량과 작물잔재 내 양분량을 이용하여 산출하나 농가단위에서 양분관리 시 정확한 생산량 계량이 어렵다. 따라서 작물생산량을 이용한 양분수요량은 더 넓은 범위의 양분관리 시 지역·국가 내 작물별 생산량 통계를 이용하여 산출하는 것이 더 용이할 것으로 판단된다.

- 토양으로 투입되어지는 양분은 투입 형태나 투입된 양분의 종류, 토양의 종류 및 형태, 강수량 등 기후조건, 농가의 관례적인 요인 등에 의해서 휘산, 유거, 용탈의 형태로 소실되기 때문에 국내외 다수의 연구팀의 결과를 종합하고 국내 전문가들의 토의를 통해 국내 농가의 양분관리에 적합한 소실계수를 선정·이용하는 것이 바람직하다. 특히 국내 기후 및 토양 조건, 시비되는 자원화물질 등 상세한 조건에서의 연구로 토양에서 소실되어지는 양분에 관한 연구는 꾸준히 진행되어야 한다. 본 연구에서는 선행연구를 통해 자원화물질 별 토양 시비 시 양분의 소실 유형에 따른 계수를 선정하여 양분잉여량 산출에 이용하였다.
- N, P, K 외 토양의 개량을 목적으로 유기물을 보충해주기 위해 작물마다 퇴구비나 양돈똥밥 퇴비, 계분똥밥퇴비의 표준시비량이 산정되어 있으며, 축산농가의 경우 농가에서 생산되어지는 퇴비를 통해서 제공할 수 있다. 이 때 투입되어지는 퇴비의 양분은 고려되어지지 않으며, 양분의 소실량 산정 시에도 제외하였다.

#### (라) 양분잉여량

- 농가 내 양분수지를 나타내는 데이터로 앞선 프로그램에서 산출된 양분부하량과 양분수요량의 차이이다.
- 농가의 양분관리 방향을 재점검할 수 있는 지표로 국내의 경우 대부분의 축산농가에서 발생한 분뇨를 자원화하여 전량 시비할 수 있는 농경지를 가지고 있지 않은 실정이므로 각 농가의 운영 조건에 적합한 가축분뇨 처리 방법의 전환이나 외부로의 위탁처리가 제시되어진다.

<표46> 핵심 데이터 도출을 위한 각 항목의 기호화 (양분수요량)

|   |          | 양분수요량  | 필요정보                       |  |   |
|---|----------|--|----------------------------|--|---|
| 양분 요구량<br>(t/y) (C <sub>8</sub> )                 | 도출식      | $D_{13} / (10) / (1000\text{kg/t}) \times A_5$   | 작물별 표준시비량<br>(농촌진흥청, 2010) |  |   |
|   | 기호<br>정보 | D <sub>13</sub> , 작물별 표준시비량(kg/10a);<br>A <sub>5</sub> , 농경지 면적(a)   |                            |  |   |
| 토양 개량용<br>퇴비량 (t/y)<br>(B <sub>9</sub> )          | 도출식      | $D_{14} / (10) / (1000\text{kg/t}) \times A_5$   |                            |  |   |
|   | 기호<br>정보 | D <sub>14</sub> , 작물별 퇴구비(퇴비)시비량(kg/10a);<br>A <sub>5</sub> , 농경지 면적(a)  |                            |  |   |
| 토양 개량용<br>퇴비 내<br>양분량 (t/y)<br>(C <sub>11</sub> ) | 도출식      | $C_{12} \times B_{10} [B_9 / B_{11}]$  |                            |  |   |
|   | 기호<br>정보 | C <sub>12</sub> , 퇴비 내 양분부하량(t/y);<br>B <sub>10</sub> , 퇴비의 사용비율(토양개량용);<br>B <sub>9</sub> , 토양 개량용 퇴비량(t/y);<br>B <sub>11</sub> , 퇴비발생량(t/y)  |                            |  |   |
| 화학비료 유래<br>양분량 (t/y)<br>(C <sub>15</sub> )        | 도출식      | $A_6 \times D_{15} / 100 / (1000\text{kg/t})$  | 화학비료 성분<br>(농촌진흥청, 2010)   |  |   |
|   | 기호<br>정보 | A <sub>6</sub> , 화학비료 사용량(t/y);<br>D <sub>15</sub> , 화학비료 내 양분농도(%)  |                            |  |   |
| 양분소실량<br>(t/y) (C <sub>16</sub> )                 | 도출식      | $C_{10} [C_9 (C_{14} - C_{15})(t/y) \times D_{16} / 100] + C_{13} [C_{15} \times D_{17} / 100]$  |                            | 비료종류별 질소 소<br>실율<br>(Bouwman et al., 2002;<br>Bashkin et al., 2002;<br>Cao et al., 2006) |   |
|   | 기호<br>정보 | C <sub>10</sub> , 퇴액비 유래 양분소실량(t/y);<br>C <sub>9</sub> , 퇴액비 유래 양분량(t/y);<br>C <sub>14</sub> , 작물별 양분요구량(t/y);<br>C <sub>15</sub> , 화학비료 유래 양분량(t/y);<br>D <sub>16</sub> , 퇴액비 양분소실율(%)<br>C <sub>13</sub> , 화학비료 유래 양분소실량(t/y);<br>C <sub>15</sub> , 화학비료 유래 양분량(t/y);<br>D <sub>17</sub> , 화학비료 양분소실율(%) |                            |  |   |
| 양분수요량<br>(t/y) (C <sub>17</sub> )                 | 도출식      | $C_{14} + C_{11} - C_{15} + C_{16}$  |                            |  | - |
|   | 기호<br>정보 | C <sub>14</sub> , 작물별 양분요구량(t/y);<br>C <sub>11</sub> , 토양 개량용 퇴비 내 양분량(t/y);<br>C <sub>15</sub> , 화학비료 유래 양분량(t/y);<br>C <sub>16</sub> , 양분소실량(t/y)  |                            |  |   |

<표47> 핵심 데이터 도출을 위한 각 항목의 기호화 (양분잉여량)

|                                   |  | 양분잉여량   | 필요정보 |
|-----------------------------------|--|---|------|
| 양분잉여량<br>(t/y) (C <sub>18</sub> ) | 도출식  | $C_{18} - C_{19}$   | -    |
|                                   | 기호<br>정보   | C <sub>18</sub> , 양분부하량(t/y);<br>C <sub>19</sub> , 양분수요량(t/y) |      |
| 추가 도출<br>항목                       | 잉여 양분 >> 잉여 가축분뇨량 산출 >> 위탁처리 비용 산출<br>잉여 양분 >> 필요농경지 면적 산출<br>화학비료 감축 시 양분잉여량<br>농가별 양분잉여량 감축 전략 |   |      |

### (3) 농가단위 양분관리를 위한 잉여양분 삭감방법

- 이상적인 양분관리를 실현하기 위해 농가단위에서 발생하는 양분잉여량을 감축시켜야 하며 이를 위한 삭감방법에는 다음 방법이 있다.

#### (가) 농가 내 양분 삭감방법

##### ① 자원화방법의 전환

- 농가에서 실시하는 자원화방법을 전환하며, 농가 내 설비된 자원화시설의 수준과 자원화방법 전환에서 요구되어지는 경제적비용을 고려하여 전환한다.

##### ② 화학비료 사용량의 감축

- 작물의 양분요구량을 자원화물질(퇴·액비)로 충족시켜주고 부족한 양분을 화학비료로 제공함으로써 농경지에 시비하는 화학비료 사용량을 감축한다.

##### ③ 재배작물과 작부체계의 전환

- 작물의 경제적 가치를 고려하여 양분요구량이 높은 작물로 전환하거나 휴경기간 중 작물의 추가로 작부체계를 전환하여 토양 내 양분이용률을 높인다.

##### ④ 사육두수 감축

- 자원화되는 분뇨 및 양분의 양을 삭감할 수 있으나 축산농가의 주된 소득원인 가축의 수를 줄이는 것은 농민의 생존권과 연결되므로 최후의 수단으로 고려해야한다.

#### (나) 농가 외 양분 삭감방법

##### ① 경종농가와의 연계

- 토양의 개량 및 양분을 공급하기 위해 퇴·액비를 원하는 경종농가에 제공함으로써 양분잉여량을 삭감한다.

## ② 위탁처리

- 가축분뇨를 전문적으로 자원화하는 공동자원화시설이나 액비유통센터에 발생된 가축분뇨를 공급함으로써 농가단위에서 양분을 제거할 수 있다. 자원화과정에서 발생하는 사회적·경제적 비용(전기세, 노동력, 소음, 냄새 등)이 위탁처리비용에 비해 높을 시 적용하는 것이 적절하다.

## (4) 농가단위 양분관리 프로그램의 적용 (Case study)

- 개발된 농가단위 양분관리 프로그램을 이용하여 홍천의 J농가와 화천의 O농가의 양분발생량, 양분부하량, 양분수요량 및 양분잉여량을 확인하였고, 현 상황에 따른 개선사항을 도출하였다.

### (가) 홍천 J (Case study 1)

#### ① 농가의 정보 및 가축분뇨 처리 현황

- 강원도 홍천에 위치한 J농가는 1,800마리 규모의 돼지농장으로 슬러리 형태의 배분구조를 가지고 있다. 돼지 사육으로 인해 발생하는 분뇨를 처리하고자 퇴·액비로 자원화 하고 있으며 액비화조의 후단에 정화처리조를 설비하여 농경지 시비 후 남은 액비는 정화처리하여 방류하고 있다.
- 퇴비화 방법으로는 교반/송풍을 이용하고 있었으며 30 t/년의 왕겨를 수분조절재로 사용하여 부숙된 퇴비는 농가에서 가지고 있는 농경지에 시비하였다. 액비화 방법으로는 간헐포기 방식을 이용하고 있었으며 200 t의 액비조 1개를 가지고 운전하였다.
- 본 농가의 경우 10,000평 수준(1,653 a)인 노지 형태의 농경지를 가지고 있어 대략 절반 정도로 나누어 옥수수과 잎들깨를 재배하였으며 1년에 작물별 1회 수확하였다. 작물에 양분을 공급하기 위한 화학비료 및 유기비료, 부산물은 사용하지 않았다.<표48>

#### ② 농가의 양분 정보

- 홍천 J농가의 양분수지를 분석한 결과 연간 발생하는 가축분뇨의 양은 3,350.70t/년이었으며 양분발생량은 T-N 18.19 t/년, T-P 8.01 t/년으로 나타났다.

- 가축분뇨의 효율적 자원화를 위한 고액분리시 고형물은 295.96 t/년, 액상물은 3,084.74 t/년 발생하였다. 송풍/교반 방식으로 운전되는 퇴비화와 간헐포기 방식의 액비화 결과 연간 발생하는 양분부하량은 퇴비 T-N 1.96 t/년, T-P 2.61 t/년, 액비 T-N 5.65 t/년, T-P 0.36 t/년으로 예상되었다. <표49>
- J 농가의 옥수수과 잎들깨 수확으로 인해 제거되어지는 양분량은 T-N 0.83 t/년, T-P 0.36 t/년으로 산출되었다. 양분의 소실량은 투입되어지는 퇴·액비를 대상으로 계산되어 0.13 t/년으로 나타났으며 최종 산출된 농경지의 양분수요량은 T-N 0.96 t/년, T-P 0.36 t/년으로 확인되었다.

### ③ 농가의 양분수지 및 잉여양분 저감방안

- 홍천 J농가의 양분부하량과 양분수요량을 이용하여 양분잉여량을 분석한 결과 현재의 자원화방법을 이용하면 총 T-N 7.61 t/년, T-P 2.97 t/년의 양분이 농경지로 유입되었으며 작물요구량을 포함한 양분수요량을 적용하면 양분잉여량은 T-N 6.65 t/년, T-P 2.61 t/년로 나타나 질소와 인이 토양으로 과유입될 것으로 예상되었다.
- 현재의 자원화방법에서 액비의 운전방식을 간헐포기에서 장기포기로 변경하였을 시 액비 유래 양분량이 대폭감소하여 양분잉여량은 T-N 3.82 t/년, T-P 2.44 t/년로 산출되었으며 이는 현재의 방법에 비해서 T-N 42.6 %, T-P 6.5 % 저감된 것이다.<표50>
- J농가의 경우 액비조 후단에 정화처리 설비를 가지고 있으며 이를 활용할 시 액비로부터 부하되는 양분의 양을 전량 저감할 수 있을 것으로 예상됨에 따라 퇴비 유래 양분부하량만을 이용하여 양분잉여량을 확인한 결과 T-N 1.00 t/년, T-P 2.25 t/년으로 나타나 질소의 양분량이 대폭 감소하였다.
- 농가 내 양분저감 이외에 현재 수준의 양분잉여량을 농가 외에서 처리하는데 가장 많이 이용되는 것은 위탁관리로 현재의 농장 운영으로 예상되는 양분잉여량을 저감한다고 할 시 총 위탁비용은 44,871 천원/년 수준의 비용이 소모될 것으로 예상된다.
- 따라서 본 농가의 경우 처리방법의 전환 후 후단의 정화처리공정을 운전하여 정화·방류하는 것이 위탁처리보다 유리하며, 처리방법의 전환 시 정화처리공정으로 유입되는 오염부하량의 감소로 인해 정화처리효율이 상승할 것으로 예상된다.

<표48> 홍천 J농가의 농가정보

| 농가정보          |                           |        |               |
|---------------|---------------------------|--------|---------------|
| 사육 현황         | 축종                        |        | 돼지            |
|               | 사육두수(두)                   |        | 1800          |
| 분뇨 처리<br>현황   | 배분구조                      |        | 슬러리           |
|               | 고액분리 방법                   |        | 벨트프레스         |
|               | 분리 후 고형물 수분함량(%)          |        | 85            |
|               | 고액분리 효율(%)                |        | 85            |
|               | 자원화 경로                    |        | 퇴·액비화         |
|               | 자원화방법                     | 퇴비화    | 교반송풍식         |
|               |                           | 액비화    | 간헐포기          |
| 수분조절제, 사용량(t) |                           | 왕겨, 30 |               |
| 작물 재배<br>현황   | 재배작물                      |        | 보통옥수수   잎들깨   |
|               | 토질                        |        | 사질   노지       |
|               | 재배횟수/년                    |        | 1   1         |
|               | 농경지 면적(10a)               |        | 165.3   165.3 |
|               | 화학비료 시비량(kg)              | -      | -             |
|               | 유기비료 시비량(kg)              | -      | -             |
|               | 부산물                       |        | -             |
| 농가 특징         | 액비조 후단에 정화처리조 → 잉여양분 정화방류 |        |               |
|               | 화학비료를 사용하지 않음             |        |               |

<표49> 홍천 J농가의 양분관리 프로그램 적용을 통해 확인된 양분 정보

| 분류           | 필수정보             |                 |  |                |                               | 산출량       |           |           |
|--------------|------------------|-----------------|--|----------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|              | 분뇨발생량            |                 | 분뇨 내 N, P 농도                           |                |                               | T-N (t/년) | T-P (t/년) |           |
| 양분 발생량       | 사육두수 (두)         | 발생원단위 (kg/두·일)  | T-N (g/kg)                             | T-P (g/kg)     |                               | 18.19     | 8.01      |           |
|              | 1800             | 5.10            | 5.43                                   | 2.39           |                               |           |           |           |
| 양분 부하량       | 자원화 경로별 양분량      |                 |  | 양분부하계수         |                               | T-N (t/년) | T-P (t/년) |           |
|              | 자원화 경로별 처리량(t/년) | 자원화 경로별 N, P 농도 |  | T-N            | T-P                           |           |           |           |
|              |                  | T-N (g/kg)      | T-P (g/kg)                             |                |                               |           |           |           |
| 퇴비 (교반/송풍)   | 295.96           | 14.71           | 10.23                                  | 0.48           | 0.96                          | 1.96      | 2.61      |           |
| 액비 (간헐포기)    | 3,084.74         | 3.52            | 0.78                                   | 0.52           | 0.15                          | 5.65      | 0.36      |           |
| 작물별 양분 요구량   | 재배작물 및 면적        | 작물별 표준시비량       |  | 토양 개량용 퇴비      |                               |           | T-N (t/년) | T-P (t/년) |
|              |                  | T-N (kg/10a)    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/10a) | 시비량(t/년)       | 퇴비 양분량(톤)                     |           |           |           |
|              |                  |                 | 퇴비                                     | T-N            | T-P                           |           |           |           |
|              | 보통 옥수수 (165.3a)  | 15.80           | 3.00                                   | 7.27           | 0.13                          | 0.18      |           |           |
| 잎들깨 (165.3a) | 20.00            | 4.30            | 5.45                                   | 0.10           | 0.13                          | 0.83      | 0.36      |           |
| 비료 유래 양분량    | 비료 사용량(kg)       |                 |  | 비료 성분(%)       |                               |           | T-N (t/년) | T-P (t/년) |
|              |                  |                 |  | T-N            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |           |           |           |
|              |                  | -               | -                                      | -              | -                             |           | -         | -         |
| 양분 소실량       | 비료 유래 양분량(톤/년)   |                 |  | 비료원별 질소 소실율(%) |                               |           | T-N (t/년) | T-P (t/년) |
|              | T-N              |                 | T-P                                    | 화학비료           |                               | 퇴·액비      |           |           |
|              | 0.59             |                 | 0.05                                   | -              |                               | 21.91     |           |           |
| 양분 수요량       | 작물별 양분요구량(t)     |                 | 비료유래 양분량(kg)                           |                | 양분 소실량 (t/년)                  |           | T-N (t/년) | T-P (t/년) |
|              | T-N              | T-P             | T-N                                    | T-P            | T-N                           | T-P       |           |           |
|              | 0.83             | 0.36            | -                                      | -              | 0.13                          | 0         |           |           |

<표50> 홍천 J농가의 양분수지

| 자원화 방법          |           | 양분부하량 (t/년) |      | 양분수요량 (t/년) |      | 양분잉여량 (t/년) |      |
|-----------------|-----------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
|                 |           | T-N         | T-P  | T-N         | T-P  | T-N         | T-P  |
| 현재              | 퇴비(교반송풍식) | 1.96        | 2.61 | 0.96        | 0.36 | 6.65        | 2.61 |
|                 | 액비(간헐포기)  | 5.65        | 0.36 |             |      |             |      |
|                 | 합계        | 7.61        | 2.97 |             |      |             |      |
| 삭감 (자원화방법 전환 1) | 퇴비(교반송풍식) | 1.96        | 2.61 | 0.96        | 0.36 | 3.82        | 2.44 |
|                 | 액비(장기포기)  | 2.82        | 0.19 |             |      |             |      |
|                 | 합계        | 4.78        | 2.80 |             |      |             |      |
| 삭감 (자원화방법 전환 2) | 퇴비(교반송풍식) | 1.96        | 2.61 | 0.96        | 0.36 | 1.00        | 2.25 |
|                 | 액비(정화처리)  | 0.0         | 0.0  |             |      |             |      |
|                 | 합계        | 1.96        | 2.61 |             |      |             |      |

## (나) 화천 O (Case study 2)

### ① 농가의 정보 및 가축분뇨 처리 현황

- 강원도 화천에 위치한 O농가는 돼지 1,500마리를 사육하고 있으며 돈사의 배분구조는 2가지로 구분하여 육성·비육돈사는 슬러리 형식, 자돈·임신·모돈사는 스크레퍼형식을 이용하고 있다.
- 본 농가에서는 자원화를 위해서 고액분리를 수행하지 않으며 슬러리 돈사의 분뇨와 스크레퍼 돈사의 액상물을 혼합하여 장기포기 방식으로 액비화를 진행하고 있다. 액비화조는 200 t으로 3기 운전하고 있으며, 스크레퍼 돈사의 고형물은 송풍 없는 교반방식으로 연간 150 t의 왕겨를 이용하여 퇴비화를 하고 있다.
- 본 농가는 총 7,000평의 농경지를 가지고 있으며, 옥수수는 약 2,800평, 잎들깨는 4,200평을 재배하고, 작물에 양분을 공급하기 위해서 화학비료를 옥수수는 120 kg/년, 잎들깨는 80 kg/년 시비하고 있다<표51>.
- 화천 O농가의 경우 생산된 퇴·액비를 전량 소비한다고 조사되었으며, 특히 액비의 경우 주변의 경종농가에 보급하여 소비함에 따라 본 농가의 농경지로 유입되는 액비의 양분량이 없어 양분잉여량은 퇴비의 양분량을 이용하여 산출하였다.

### ② 농가의 양분 정보

- 농가단위 양분관리 프로그램을 통해 도출된 화천 O농가의 양분발생량은 T-N 15.16 t/년, T-P 6.67 t/년을 나타냈다.
- O농가의 분뇨 분류방식 및 자원화 방법에 따라 스크레퍼 돈사의 고형물은 퇴비화하였으며 그 외 모든 분뇨는 액비화하여 양분부하량을 산출한 결과 퇴비양분 부하량은 T-N 1.25 t/년, T-P 1.19 t/년으로 나타났으며, 액비양분 부하량은 T-N 3.62 t/년, T-P 0.47 t/년으로 확인되었다.
- 농경지 내 재배되는 작물별 양분 요구량은 옥수수가 T-N 0.18 t/년, T-P 0.06 t/년이었으며, 잎들깨가 T-N 0.32 t/년, T-P 0.08 t/년으로 나타나 화학비료 시비로 인해서 총 0.02 t/톤의 T-N이 토양으로 유입되는 것을 확인할 수 있었다. 시비한 퇴비 및 화학비료의 소실량은 T-N 0.10 t/년으로 화천 O 농가의 농경지에서는 총 T-N 0.58 t/년, T-P 0.14 t/년의 양분수요량이 발생하는 것으로 산출되었다<표52>.



### ③ 농가의 양분수지 및 잉여양분 저감방안

- 화천 O농가의 양분부하량과 양분수요량을 이용하여 양분잉여량을 분석한 결과 현재의 자원화방법을 이용하면 총 T-N 4.87 t/년, T-P 1.66 t/년의 양분이 농가 내 농경지로 유입될 것으로 예측되며 작물의 양분수요량은 T-N 0.58 t/년, T-P 0.14 t/년으로 나타났으므로 총 양분잉여량은 T-N 4.29 t/년, T-P 1.55 t/년인 것으로 파악되었다.
- 다량의 질소와 인이 농경지로 유입되어 토양 내 양분집적이 우려되나 본 농가의 경우 생산된 액비는 전량 주변 경종농가에 보급하므로 실제 양분의 부하량은 퇴비 내 T-N 1.25 t/년, T-P 1.19 t/톤이며 양분잉여량도 T-N 0.67 t/년, T-P 1.05 t/톤으로 예상되었다<표53>.
- 농장 내에서 양분을 삭감하기 위해서 전량 소비되는 액비를 제외하고, 퇴비의 자원화방법 변경을 통해서 양분잉여량을 감축할 수 있다. 퇴비를 교반에서 송풍/교반으로 변경하여 퇴비 내 양분부하량의 감소가 가능하며 이에 따른 양분잉여량은 T-N 0.29 t/년, T-P 1.07 t/톤으로 확인되었다. 자원화방법을 변경하여 T-N 56.7%, T-P -0.02% 수준으로 질소가 주로 감소하였으나 인의 경우 오히려 소폭 상승한 결과를 나타내었다.
- 농가 내 양분저감 이외에 위탁관리를 통해서 양분을 저감할 시 발생된 분뇨 236.41 t을 처리하는데 3,546 천원/년 수준의 비용이 소요될 것으로 예상되며, 이는 농장 내 삭감을 위해 퇴비사에 송풍장치를 설비하는 비용보다 저렴할 것으로 판단된다. 따라서 O농가에서는 잉여되는 양분량을 감소시키기 위해 위탁처리 하는 것이 더 효율적일 것으로 판단된다.

<표51> 화천 O농가의 농가정보

| 농가정보        |  |          |         |
|-------------|--|----------|---------|
| 사육 현황       | 축종                                     |          | 돼지      |
|             | 사육두수(두)                                |          | 1500    |
| 분뇨 처리<br>현황 | 배분구조                                   | 육성·비육    | 슬러리     |
|             |  | 자돈·임신·모돈 | 스크레퍼    |
|             | 고액분리 방법                                |          | -       |
|             | 분리 후 고형물 수분함량(%)                       |          | 85      |
|             | 고액분리 효율(%)                             |          | -       |
|             | 자원화 경로                                 | 고상       | 퇴비화     |
|             |  | 액상       | 액비화     |
|             | 자원화방법                                  | 퇴비화      | 교반식     |
|             |  | 액비화      | 장기포기    |
|             | 수분조절재, 사용량(t)                          |          | 왕겨, 150 |
| 작물 재배<br>현황 | 재배작물                                   |          | 보통옥수수   |
|             | 토질                                     |          | 사질      |
|             | 재배횟수/년                                 |          | 1       |
|             | 농경지 면적(10a)                            |          | 92.6    |
|             | 화학비료<br>시비량(kg)                        | 8-8-9    | 120     |
|             | 유기비료<br>시비량(kg)                        | -        | -       |
|             | 부산물                                    |          | -       |
| 농가 특징       | 슬러리 돈사(육성, 비육)와 스크레퍼 돈사(자돈, 임신, 모돈) 분리 |          |         |
|             | 슬러리는 고액분리 없이 액비화                       |          |         |
|             | 생산된 액비는 전량 주변 경종농가에 제공                 |          |         |
|             | 퇴비는 보유한 농경지에 시비                        |          |         |

<표52> 화천 O농가의 양분관리 프로그램 적용을 통해 확인된 양분 정보

| 분류           | 필수정보             |                 |  |                               |              | 산출량       |           |           |
|--------------|------------------|-----------------|--|-------------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
|              | 분뇨발생량            |                 | 분뇨 내 N, P 농도                           |                               |              | T-N (t/년) | T-P (t/년) |           |
| 양분 발생량       | 사육두수 (두)         | 발생원단위 (kg/두·일)  | T-N (g/kg)                             | T-P (g/kg)                    |              | 15.16     | 6.67      |           |
|              | 1500             | 5.10            | 5.43                                   | 2.39                          |              |           |           |           |
| 양분 부하량       | 자원화 경로별 양분량      |                 |  | 양분부하계수                        |              | T-N (t/년) | T-P (t/년) |           |
|              | 자원화 경로별 처리량(t/년) | 자원화 경로별 N, P 농도 |  | T-N                           | T-P          |           |           |           |
|              |                  | T-N (g/kg)      | T-P (g/kg)                             |                               |              |           |           |           |
| 퇴비 (교반)      | 273.39           | 14.71           | 10.23                                  | 0.69                          | 0.91         | 1.25      | 1.19      |           |
| 액비 (장기포기)    | 2,668.86         | 3.52            | 0.78                                   | 0.26                          | 0.08         | 3.62      | 0.47      |           |
| 작물별 양분 요구량   | 재배작물 및 면적        | 작물별 표준시비량       |  | 토양 개량용 퇴비                     |              |           | T-N (t/년) | T-P (t/년) |
|              |                  | T-N (kg/10a)    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/10a) | 시비량(t/년)                      | 퇴비 양분량(톤)    |           |           |           |
|              |                  |                 | 비료                                     | T-N                           | T-P          |           |           |           |
|              | 보통옥수수 (92.6a)    | 15.80           | 3.00                                   | 4.07                          | 0.03         | 0.03      |           |           |
| 잎들깨 (138.8a) | 20.00            | 4.30            | 4.58                                   | 0.03                          | 0.03         | 0.32      | 0.08      |           |
| 비료 유래 양분량    | 비료 사용량(kg)       |                 | 비료 성분(%)                               |                               |              | T-N (t/년) | T-P (t/년) |           |
|              |                  |                 | T-N                                    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |              |           |           |           |
|              | 8-8-9 (옥수수)      | 120             | 8.0                                    | 8.0                           |              |           |           | 0.01      |
|              | 8-8-9 (잎들깨)      | 80              | 8.0                                    | 8.0                           |              | 0.01      | 0.00      |           |
| 양분 소실량       | 비료 유래 양분량 (톤/년)  |                 | 비료원별 질소 소실율(%)                         |                               |              | T-N (t/년) | T-P (t/년) |           |
|              | T-N              | T-P             | 화학비료                                   |                               | 퇴비           |           |           |           |
|              | 0.42             | 0.04            | 45.06                                  |                               | 17.96        |           |           | 0.10      |
| 양분 수요량       | 작물별 양분요구량(t)     |                 | 비료유래 양분량(kg)                           |                               | 양분 소실량 (t/년) |           | T-N (t/년) | T-P (t/년) |
|              | T-N              | T-P             | T-N                                    | T-P                           | T-N          | T-P       |           |           |
|              | 0.50             | 0.14            | 0.02                                   | 0.00                          | 0.10         | 0         |           |           |

<표53> 화천 O농가의 양분수지

| 자원화 방법       |           | 양분부하량 (t/년) |      | 양분수요량 (t/년) |      | 양분잉여량 (t/년) |      |
|--------------|-----------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
|              |           | T-N         | T-P  | T-N         | T-P  | T-N         | T-P  |
| 현재           | 퇴비(교반)    | 1.25        | 1.19 | 0.58        | 0.14 | 4.29        | 1.52 |
|              | 액비(장기포기)  | 3.62        | 0.47 |             |      |             |      |
|              | 합계        | 4.87        | 1.66 |             |      |             |      |
| 삭감(액비 전량 소비) | 퇴비(교반)    | 1.25        | 1.19 | 0.58        | 0.14 | 0.67        | 1.05 |
| 삭감(자원화방법 전환) | 퇴비(교반/송풍) | 0.87        | 1.21 | 0.58        | 0.14 | 3.91        | 1.55 |
|              | 액비(장기포기)  | 3.62        | 0.47 |             |      |             |      |
|              | 합계        | 4.49        | 1.68 |             |      |             |      |
| 삭감(액비 전량 소비) | 퇴비(교반/송풍) | 0.87        | 1.21 | 0.58        | 0.14 | 0.29        | 1.07 |

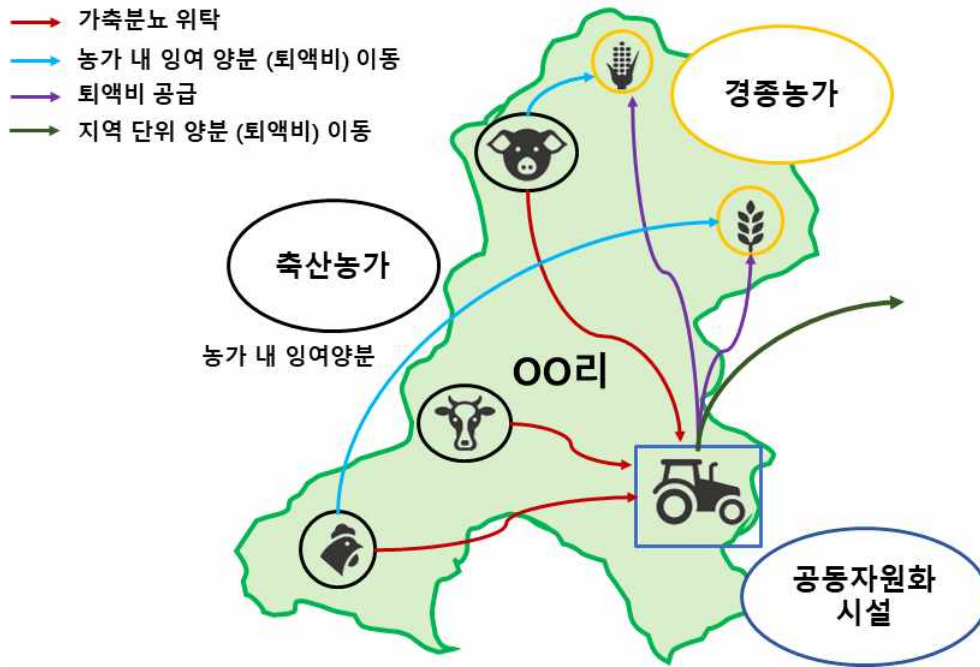
## 다. 지역단위 양분관리 프로그램 구축

### (1) 지역단위 양분관리를 위한 선행조건

- 지역단위 양분관리는 다수의 축산농가 및 경종농가, 공동자원화시설에 의해서 토양으로 유입·유출되어지는 양분의 양을 확인하고 적절한 처리방안의 적용을 통해 양분 균형을 유지할 목적으로 이루어지며 이를 위해서는 농가수준에서의 정확한 양분수지 산정이 필수적이다.
- 앞서 개발된 농가단위의 양분관리 프로그램은 지역 내 각 농가들의 양분수지를 확인하고 감축시키는 역할을 하며, 이 프로그램을 변형하여 공동자원화시설과 경종농가 대상 양분관리 프로그램의 개발이 요구된다.
- 지역단위 양분관리 프로그램은 축산농가와 공동자원화시설, 경종농가의 각 양분수지를 추합해 지역 단위의 양분수지를 산출하며, 지역단위 나아가 국가단위 양분 저감 정책의 기반자료로 이용될 수 있다.

### (2) 지역 내 가축분뇨 유래 양분의 흐름

- 일반적으로 양분의 발생은 축산농가에서 이루어지며, 공동자원화시설은 축산농가에서 해결하지 못한 가축분뇨를 가져가 자원화함으로써 양분의 총량을 저감하고 축산농가에서 경종농가로 양분을 이동시키는 역할을 한다. 경종농가는 축산농가와 공동자원화시설에서 생산된 양분을 공급받아 농산물을 생산하므로 축산농가와 공동자원화시설 유래 양분을 경종농가에서 모두 수용하는 것이 지역단위 양분관리의 이상적인 방향이다.
- 그러나 현실적으로 지역에서 발생한 후 토양으로 유입되어지는 양분부하량과 작물과 토양에 의해 요구되어지는 양분수용량의 균형 유지는 매우 어려우며, 지역단위 양분관리 프로그램의 도입을 통해 지역단위 양분수지를 확인하고 지역 내 혹은 지역 간 양분 저감 및 양분이동을 통해 양분수지를 조절해야 한다.

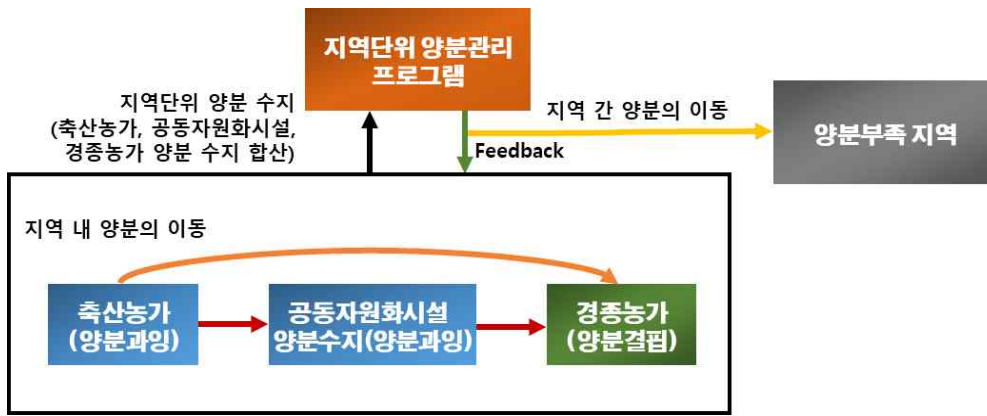


<그림10> 지역 내 가축분뇨 유래 양분의 흐름

### (3) 지역단위 양분관리 프로그램의 개발

#### (가) 지역단위 양분관리 프로그램의 구성

- 지역단위 양분관리 프로그램의 개발을 위해서 축산농가와 공동자원화시설, 경종농가의 양분 수지를 확인해야한다.
- 축산농가는 기개발된 축산농가 양분관리 프로그램을 적용하여 축산농가의 농지에 시비 후 남은 양분잉여량을 확인하고, 공동자원화시설은 축산농가로부터 유입된 가축분뇨에 자원화 방법에 따라 배출되어지는 자원화물질의 양분량인 양분부하량을 산출해야하며, 경종농가는 농경지 면적과 토양 검정데이터, 재배작물, 작부체계 등을 고려하여 농경지에 유입되어야 하는 양분량인 양분수요량을 도출해야 한다.
- 산출된 세 핵심데이터는 지역단위 양분수지를 계산하는데 사용되어지며, 지역의 여건에 따라 양분수지에 따른 지역 내 양분의 저감 및 지역 간 양분의 이동을 추진함으로써 지역 내 양분의 균형을 맞출 수 있다.



〈그림11〉 지역단위 양분관리 프로그램의 개념 모식도

① 공동자원화시설 양분관리 프로그램 개발

- 공동자원화시설은 축산농가로부터 수거한 가축분뇨를 자원화하므로 양분발생량의 산정 시 수거된 가축분뇨의 양과 축종별 분뇨 내 양분농도를 이용하여 산출할 수 있다.
- 양분부하량의 경우 농가단위 양분관리 프로그램과 유사하게 자원화방법 별 양분부하계수를 이용하여 산출한다.
- 양분수요량 항목 대신 양분제공량 항목이 구성되며 자원화된 물질은 경종농가의 농경지로 시비되기 때문에 경종농가의 양분관리와 연계할 수 있도록 자원화물질의 시비량과 시비면적, 주소지 등의 정보를 입력하도록 구성한다. 또한 지역 내·외 자원화물질의 판매를 통한 양분의 이동도 양분제공량 항목에서 고려되어야 한다.

〈표54〉 공동자원화시설의 양분관리를 위한 필수정보

| 공동자원화시설 정보<br>(시설 입력항목) | 필수정보                    |               | 산출<br>정보  |
|-------------------------|-------------------------|---------------|-----------|
|                         | 연구자료                    | 자료 개발 및 확보    |           |
| 축종<br>축종별 유입<br>가축분뇨량   | 축종별 분뇨 내 양분(N, P)<br>농도 |               | 양분<br>발생량 |
| 자원화<br>경로               | 퇴비화방법                   | 자원화 방법별 양분소실율 | 양분<br>부하량 |
|                         | 액비화방법                   |               |           |
|                         | 정화처리                    | 분뇨 내 고/액비     | 고액분리 효율   |
|                         | 고액분리방법                  |               |           |
| 수분조절재                   |                         |               |           |
| 액비 시비량                  | 자원화 물질별 양분부하량           |               | 양분<br>제공량 |
| 액비 시비 농경지 주소<br>및 면적    |                         |               |           |
| 퇴비 제공·판매량               |                         |               |           |

② 경종농가 양분관리 프로그램 개발

- 경종농가는 양분발생량과 양분부하량 항목이 존재하지 않으며, 작물의 요구량과 비료 시비량 등을 고려하여 양분수요량만 도출한다.
- 농가의 정보입력 시 농가의 주소지를 입력하도록 하며 이 때 국립농업과학원에서 운영하는 ‘흙토람’이나 각 지역별 ‘농업기술센터’의 내부자료에 연동하여 주소지에 해당하는 토양 검정데이터를 받아오도록 한다. 토양 검정데이터의 확보를 통해서 작물 별 시비추천식의 적용이 가능하여 토지의 화학성에 따른 정확한 작물요구량을 확인할 수 있다.
- 그러나 국립농업과학원의 자료에는 지역 내 모든 토양의 검정데이터가 분석·제시되어있지 않으며, 제시된 데이터도 매년 갱신되는 자료가 아니기 때문에 현재의 토양의 화학성을 대표한다고 하기 어려운 측면이 있다. 현실적으로 매년 모든 토양의 화학성을 분석하기는 어려우므로 작물을 기준으로 비료시비량을 결정하는 것이 바람직하다. 작물의 표준시비량, 작물의 생산량과 양분 함량을 이용하여 양분수요량을 산출할 수 있다.
- 지역 내 토지구획별 양분관리를 위해서 한국토지정보시스템(Korea Land Information System, KLIS)과 같은 지적정보 제공 데이터원과의 연동이 요구되어지며 주소지를 선택하면 해당 주소지의 면적 정보도 함께 입력되도록 구성한다. 지역 내 공동자원화시설에서 시비한 액비의 경우 주소지와 연동하여 해당 토지의 비료사용량에 포함되도록 하며 양분소실량을 고려하여 경종농가의 양분수지를 계산한다.

〈표55〉 경종농가의 양분관리를 위한 필수정보

| 농가 및 연계기관 정보<br>(농가 입력항목) |                 | 필수정보                       |   |             | 산출<br>정보 |           |
|---------------------------|-----------------|----------------------------|---|-------------|----------|-----------|
|                           |                 | 연구자료                       | 자료 개발 및 확보                              |             |          |           |
| 재배작물                      |                 |                            | 작물별 표준<br>시비처방 기준<br>(토양검정에 의한<br>시비추천) | 작물별 양분 요구량  |          | 양분<br>수요량 |
| 농경지 면적                    |                 | 강수량                        |   |             |          |           |
| 농경지 토질                    |                 | 취발량                        |   |             |          |           |
| 토양 화학성                    |                 | 탈질량                        |   |             |          |           |
| 재배횟수/년                    |                 | 유거량                        |   |             |          |           |
| 화학비료                      |                 | 용탈량                        |   |             |          |           |
| 비료<br>사용량                 | 유기비료            | 기<br>타<br>환<br>경<br>영<br>향 |   | 토양 양분집적량    |          |           |
|                           | 부산물             |                            |   | 대기중 암모니아 강하 |          |           |
|                           | 공동자원화시설<br>퇴·액비 |                            |   | 질소 생물고정     |          |           |
|                           |                 |                            |   | 농업용수 내 양분농도 |          |           |

| 경 작 지      |          | 강원도 춘천시 동면 장학리 322 |              |                    |         |         |              |              |
|------------|----------|--------------------|--------------|--------------------|---------|---------|--------------|--------------|
| 도양의 일반적 성질 |          |                    |              |                    |         |         |              |              |
| 토양통명       | 상주       |                    |              | 토양부호               | SuB     |         |              |              |
| 표토의 특성     | 사양토 2-7% |                    |              | 경적지 구분             | 밭       |         |              |              |
| 배수등급       | 유효토심     |                    | 심토의 주도색      | 심토의 토성             |         |         |              |              |
| 양호         | 깊음       |                    | 갈색계          | 사력질                |         |         |              |              |
| 토지이용추천     | 적성등급     |                    |              |                    |         | 토양유형    |              |              |
|            | 논        | 밭                  | 과수 및 산경      | 초지                 | 임지      |         |              |              |
| 밭          | 4        | 2                  | 1            | 1                  | 1       | 보통전     |              |              |
| 토양의 속성     |          |                    |              | 형태적 분류             |         |         |              |              |
| 모재         | 지형       | 퇴적양식               | 목            | 아목                 |         |         |              |              |
| 산성암        | 선상지/폭간지  | 충적봉적층              | Inceptisols  | Udepts             |         |         |              |              |
| 도양의 화학적 성질 |          |                    |              |                    |         |         |              |              |
| 구분         | pH (1:5) | 유기물 (g/kg)         | 유효인산 (mg/kg) | 저관성 양이온 (cmol+/kg) |         |         | 전기전도도 (dS/m) | 유효규산 (mg/kg) |
|            |          |                    |              | 칼륨                 | 칼슘      | 마그네슘    |              |              |
| 토양분석결과     | 6.0      | 13                 | 538          | 0.11               | 2.6     | 0.5     | 0.1          |              |
| 적정범위(논)    | 5.5-6.5  | 20-30              | 80-120       | 0.20-0.30          | 5.0-6.0 | 1.5-2.0 | 2이하          | 157이상        |
| 적정범위(밭)    | 6.0-7.0  | 20-30              | 300-550      | 0.50-0.80          | 5.0-6.0 | 1.5-2.0 | 2이하          | -            |
| 적정범위(과수)   | 6.0-7.0  | 20-30              | 300-550      | 0.50-0.80          | 5.0-6.0 | 1.5-2.0 | 2이하          | -            |
| 적정범위(시설)   | 6.0-7.0  | 25-35              | 300-550      | 0.50-0.80          | 5.0-6.0 | 1.5-2.5 | 2이하          | -            |

(국립농업과학원의 ‘흙토람’ 내 토양검정정보)

부동산정보 통합 열람

지번입력조회 | 도로명주소입력조회

주소: 강원도 춘천시 동면 장학리 일반 322

기본정보 | 토지정보 | 건축물정보 | 토지이용계획 | 개발공시지가

|      |  |     |     |        |        |                         |
|------|--|-----|-----|--------|--------|-------------------------|
| 면적   | 지목   | 간   | 번지  | 1353-1 | 개발공시지가 | 2017/01/01 - 68,000 원/㎡ |
| 주용도  | 대지면적   | ㎡   | 연면적 | ㎡      | 건축물수   | 종                       |
| 건축면적 | ㎡  | 건폐율 | %   | 용적률    | %      |                         |
| 용이사항 | 토지이용계획: 도시지역, 자연농지지역, 산대보호구역(고유환경 보호에 관한 법률) |     |     |        |        |                         |

본 부동산정보 자료는 공적정보의 정확이 담보되지 않습니다.

(‘한국토지정보시스템(KLIS)’ 내 주소지별 토지 정보)

<그림12> 지역단위 양분관리 프로그램과 연동가능한 흙토람과 한국토지정보시스템의 토지정보 제공 모습

- 지역단위 양분관리 프로그램의 최소 단위는 축산 및 경종농가 공동체의 최소단위인 ‘리(里)’ 단위를 기본으로 하는 것이 바람직하다. 리는 국내 주소 체계에서 읍(읍)과 면(面)의 하부 행정 구역으로 최소 단위인 번지의 상위개념으로 백 가구 이상의 농가들이 포함이 되어있으며, 관리가 가능한 인적자원(이장)이 존재하므로 지역단위 양분관리 시 용이할 것으로 판단된다.



## (나) 지역단위 양분관리 프로그램 적용(Case study 1)

- 개발된 지역단위 양분관리 프로그램을 적용해보기위해서 시범지역을 설정하고, 선정된 지역의 통계자료를 적용하여 양분수지를 확인했으며 양분저감 방안을 모색하였다.

### ① 양분관리 프로그램 적용 지역의 정보

- 선정된 지역은 강원도 C시에 위한 A리로 중·소규모의 축산농가들과 다수의 소규모 경종농가들이 분포하고 있는 지역이다.
- 축종별로 한우농가는 4호 - 95두, 돼지농가는 2호-2,180두, 닭(토종닭) 농가들이 있었으며 토종닭 농가의 경우 20수 이상의 닭을 사육하는 농가 5호-133수만 포함하여 양분수지를 계산하였다.
- 현재 C시에는 가축분뇨 공동자원화시설이 설비되지 않았으며, 위탁관리를 위해서는 주변 지역의 가축분뇨 공동자원화시설이나 공공처리시설에 요청을 해야 하는 상황이다.
- 현재 모든 토양의 토양검정데이터가 확보되지는 않았으나 본 case study에서는 시범적으로 A리의 토양검정 데이터를 기반으로 하여 양분수요량을 산출하였다. A리는 축산업보다 일반 경종농가의 수가 많으며 흙토람 기준 농지별로 1개 농가를 가정하여 총 137호의 농가를 대상으로 양분수요량을 산출하였고 총 경지의 면적은 30.37 ha였다.
- 각 경종농가별 재배작물과 화학비료의 경우 C시의 통계자료에 의해 C시 농지면적과 A리 농지면적, 생산되어지고 있는 작물과 재배 비율을 활용하여 배정·계산하였다.

### ② 양분관리 프로그램 적용 지역의 양분수지 및 관리방안

- 축산농가 중 한우농가 4곳은 모두 퇴적방식의 퇴비화 방법을 가지고 있었으며 평균 13.5 a의 농경지를 보유하고 있어 가축분뇨와 화학비료를 시비하여 작물을 재배하고 있다.
- 돼지농가의 경우 한우나 토종닭 농가에 비해 규모가 커 지역에 기여하는 양분부하량이 상대적으로 매우 높을 것으로 예상되며 직접 퇴비화와 액비화를 농장 내에서 운영하여 양분을 삭감하였다.
- 토종닭농가의 경우 전업농이 아니라 주로 경종농가에서 부수적으로 닭을 사육하는 형태이었으며 닭의 수도 일반 육계농장에 비해 매우 소수였다. 자원화방법으로는 육계농가와 유사하

계 닭 스스로 이동하면서 사육장 바닥의 깔짚과 분뇨를 혼합해 주는 단순교반방식을 이용하였으며, 토종닭의 수명이 육계보다 상대적으로 길기 때문에 깔짚의 교환 주기는 1년에 1회로 설정하여 ‘육계의 양분관리 프로그램’을 이용하여 양분수지를 계산하였다.

- A리의 축산농가 유래 양분잉여량을 산출한 결과, 질소를 기준으로 양분이 부족한 농가가 4곳, 적절한 농가 2곳, 과다한 농가 5곳으로 나타났다.
- 그러나 양분이 과다한 농가의 양분잉여량은 타 농가의 양분부족량 보다 매우 높았는데 이는 대규모 사육을 실시하는 두 곳의 돼지농가에서 발생하는 양분잉여량이 매우 높았기 때문이다.
- A리의 축산농가 유래 지역 농경지로의 양분부하량은 T-N 9.75 t/년, T-P 3.54 t/년으로 계산되었다.
- 전체의 양분잉여량에서 돼지 농가에서 유래된 양분잉여량이 T-N 88.6%, T-P 84.1%에 이르기 때문에 A리의 축산농가 유래 양분잉여량을 저감하기 위해서는 돼지농가 내 양분 삭감이 필요할 것으로 판단된다.
- 흙토람 내 주소지별 토양 검정데이터와 한국토지정보시스템 내 면적데이터를 사용하여 A리의 양분수요량을 도출한 결과 총 137농가의 양분수요량은 T-N 4.89 t/년, T-P 4.25 t/년으로 나타났다.
- 화학비료 유래 양분량은 C시의 화학비료 사용량과 농경지 면적비를 이용하여 계산하였으며, 총 양분부하량은 T-N 7.43 t/년, T-P 0.79 t/년으로 질소성분이 포함된 비료의 소비가 인 성분을 가진 비료에 비해 높은 것으로 판단된다.
- A리의 축산농가에서 배출되는 양분부하량과 경종농가의 양분수요량을 종합한 결과 현재의 자원화방법을 이용할 시 산출되는 양분잉여량은 T-N 12.282 t/년, T-P 0.081 t/년으로 질소의 토양 부하가 심할 것으로 예상된다.
- 경종농가의 주요 양분부하는 화학비료에 의해서 이뤄지며 특히 질소성분 비료의 과다로 인해 퇴·액비의 시비 없이도 농경지 내 양분수요량을 초과하는 것으로 확인되었다. 이에 농경지로의 질소 부하량을 줄이기 위해서는 축산농가와 경종농가 수준에서의 양분관리가 선행되어야 한다.
- 축산농가 유래 양분부하량의 대부분은 돼지농가에서 발생하는 것으로 퇴·액비화의 자원화 방법 전환을 통해서 양분저감이 가능하다. 두 농가 모두 액비화방식을 간헐포기에서 장기포기로 전환할 시 축산농가 유래 양분부하량은 T-N 6.328 t/년, T-P 3.339 t/년으로 감소하며

이는 현재 자원화방법의 양분부하량에 비해 T-N 35.1%, T-P 5.7% 삭감된 수준인 것으로 나타났다. 삭감된 축산농가의 양분부하량을 A리에 적용시 A리의 양분수지는 T-N 8.865 t/년, T-P -0.122 t/년으로 T-N은 27.8% 삭감되고 T-P는 오히려 양분이 부족해질 것으로 예상된다.

- 결과적으로 A리는 T-P보다 T-N이 압도적으로 많이 토양으로 유입되어지며 이를 완화하기 위해 다음과 같은 방법이 적용되어야 한다.
- ①양분부하량이 높은 돼지농가의 자원화방식 변경으로 양분을 저감함으로써 토양으로 유입되는 양분 자체를 저감시킨다. ②작물 생산을 위한 양분의 공급원을 기존 화학비료 중심에서 가축분 퇴·액비 중심으로 변경하고 화학비료는 퇴·액비 시비 후 부족한 양분을 보강해주는 용도로 사용함으로써 화학비료 사용량을 줄이고 농경지의 양분수지를 조절한다. ③ 지역단위 양분수지 산출을 통해 자원화된 퇴·액비를 양분이 부족한 지역에 제공하여 지역 내 양분 이동 모델을 구축하고 양분수지 균형을 유지한다.

〈표56〉 A리의 기본정보

| 대상<br>호 수 | 축산농가<br>11호   | 공동자원화시설<br>없음 | 경종농가<br>137호  |
|-----------|---|---------------|---|
| 세부사항      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한우: 4호 (95두)</li> <li>- 돼지: 2호 (2,180두)</li> <li>- 토종닭: 5호 (133수)</li> </ul> | -             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 총 경지면적: 30.37 ha</li> <li>- 재배작물 및 면적               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 보통옥수수 - 9.71 ha</li> <li>· 벼 - 4.05 ha</li> <li>· 콩 - 3.77 ha</li> <li>· 감자 - 3.42 ha</li> <li>· 들깨 - 2.13 ha</li> <li>· 고구마 - 1.71 ha</li> <li>· 오이 - 1.12 ha</li> <li>· 무 - 0.97 ha</li> <li>· 배추 - 0.85 ha</li> <li>· 복숭아 - 0.79 ha</li> <li>· 고추 - 0.73 ha</li> <li>· 방울토마토 - 0.68 ha</li> <li>· 참외 - 0.28 ha</li> <li>· 보리 - 0.22 ha</li> <li>· 마늘 - 0.16 ha</li> <li>· 멜론 - 0.13 ha</li> </ul> </li> <li>- 화학비료 사용량: 28.13 t</li> </ul> |

<표57> A리의 축산농가 정보

| 농가 | 축종 | 사육두수 (두 ) | 자원화방법  |      | 농경지 면적 (10a) | 재배작물 | 화학비료    |          |
|----|----|-----------|--------|------|--------------|------|---------|----------|
|    |    |           | 퇴비     | 액비   |              |      | 종류      | 시비량 (kg) |
| A  | 소  | 7         | 퇴적     |      | 2.509        | 옥수수  | 8-8-9   | 200      |
| B  | 소  | 26        | 퇴적     |      | 0.493        | 감자   | 유안      | 50       |
| C  | 소  | 59        | 퇴적     |      | 1.081        | 감자   | 8-8-9   | 100      |
| D  | 소  | 3         | 퇴적     |      | 1.336        | 벼    | 18-0-16 | 120      |
| E  | 돼지 | 1,630     | 교반 /송풍 | 간헐포기 | 4.509        | 고구마  | 8-8-9   | 200      |
| F  | 돼지 | 550       | 위탁     | 간헐포기 | 1.149        | 콩    | -       | 0        |
| G  | 닭  | 20        | 단순교반   |      | 0            | -    | -       | 0        |
| H  | 닭  | 20        | 단순교반   |      | 3.624        | 콩    | 유안      | 200      |
| I  | 닭  | 23        | 단순교반   |      | 1.786        | 감자   | 유안      | 80       |
| J  | 닭  | 40        | 단순교반   |      | 1.765        | 콩    | -       | 0        |
| K  | 닭  | 30        | 단순교반   |      | 3.213        | 옥수수  | 8-8-9   | 300      |

<표58> A리 내 축산농가 유래 양분 잉여량

| 농가                   | 양분발생량 (t/년 ) |       | 양분부하량 (t/년 ) |       | 양분수요량 (t/년 ) |       | 양분잉여량 (t/년 ) |        | 비고               |
|----------------------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|--------|------------------|
|                      | T-N          | T-P   | T-N          | T-P   | T-N          | T-P   | T-N          | T-P    |                  |
| A                    | 0.300        | 0.090 | 0.090        | 0.060 | 0.111        | 0.086 | -0.021       | -0.026 | 양분 부족            |
| B                    | 1.109        | 0.343 | 0.345        | 0.208 | -0.084       | 0.009 | 0.429        | 0.199  | 화학비료 과다로 퇴비시비 불가 |
| C                    | 2.517        | 0.779 | 0.782        | 0.470 | 0.023        | 0.005 | 0.759        | 0.464  | 퇴비 생산량 과다        |
| D                    | 0.128        | 0.040 | 0.040        | 0.024 | 0.003        | 0.005 | 0.037        | 0.020  | 화학비료 과다          |
| E                    | 16.476       | 7.252 | 6.964        | 2.902 | 0.047        | 0.034 | 6.917        | 2.868  | 퇴 • 액비 생산량 과다    |
| F                    | 3.318        | 0.735 | 1.725        | 0.110 | 0.008        | 0.000 | 1.718        | 0.110  | 액비 생산량 과다        |
| G                    | 0.002        | 0.003 | 0.001        | 0.001 | 0.000        | 0.000 | 0.001        | 0.001  | 적절               |
| H                    | 0.002        | 0.003 | 0.001        | 0.001 | -0.002       | 0.010 | 0.002        | -0.010 | 질소 과다 , 인산 부족    |
| I                    | 0.002        | 0.003 | 0.001        | 0.001 | 0.030        | 0.029 | -0.029       | -0.029 | 양분 부족            |
| J                    | 0.004        | 0.006 | 0.002        | 0.001 | 0.014        | 0.003 | -0.012       | -0.002 | 양분 부족            |
| K                    | 0.003        | 0.004 | 0.001        | 0.001 | 0.057        | 0.055 | -0.056       | -0.054 | 양분 부족            |
| 지역 농경지로 유입되는 총 양분부하량 |              |       |              |       |              |       | 9.745        | 3.542  |                  |

<표59> A리 내 경종농가의 정보 및 양분수요량

| 농가      | 토지종류 | 농경지<br>면적 (10a) | 작물        | 토지 검정데이터      |                 |           |                 | 농경지별 양분요구량 (t/년 ) |         |
|---------|------|-----------------|-----------|---------------|-----------------|-----------|-----------------|-------------------|---------|
|         |      |                 |           | 유기물<br>(g/kg) | 유효인산<br>(mg/kg) | EC (dS/m) | 유효규산<br>(mg/kg) | T-N               | T-P     |
| 1       | 밭    | 0.120           | 콩         | 19            | 240             | -         | -               | 0.0013            | 0.0004  |
| 2       | 밭    | 0.609           | 보리        | 18            | 237             | -         | -               | 0.0086            | 0.0050  |
| 3       | 시설   | 3.580           | 방울토마토     | 15            | 124             | 0.9       | -               | 0.1032            | -0.0758 |
| 4       | 논    | 1.782           | 벼         | 23            | 227             | -         | 114             | 0.0195            | 0.0053  |
| 5       | 밭    | 1.154           | 감자        | 6             | 340             | -         | -               | 0.0233            | 0.0133  |
| 6       | 논    | 2.945           | 벼         | 8             | 59              | -         | 20              | 0.0312            | 0.0121  |
| 7       | 밭    | 3.957           | 고구마       | 19            | 1,156           | -         | -               | 0.0218            | 0.0228  |
| 8       | 밭    | 2.483           | 오이        | 9             | 108             | -         | -               | 0.0715            | 0.0553  |
| 9       | 밭    | 1.289           | 배추        | 11            | 60              | -         | -               | 0.0485            | 0.0638  |
| 10      | 밭    | 4.145           | 고추        | 8             | 59              | -         | -               | 0.1028            | 0.1083  |
| 11      | 밭    | 1.864           | 콩         | 6             | 23              | -         | -               | 0.0126            | 0.0420  |
| 12      | 밭    | 0.594           | 콩         | 19            | 240             | -         | -               | 0.0022            | 0.0006  |
| 13      | 밭    | 0.504           | 마늘        | 34            | 1214            | -         | -               | 0.0084            | -0.0030 |
| 14      | 밭    | 3.184           | 마늘        | 9             | 328             | -         | -               | 0.0631            | 0.0375  |
| 15      | 밭    | 1.548           | 마늘        | 24            | 1505            | -         | -               | 0.0278            | -0.0182 |
| 16      | 밭    | 0.331           | 감자        | 11            | 522             | -         | -               | 0.0065            | 0.0026  |
| 17      | 밭    | 4.658           | 감자        | 7             | 56              | -         | -               | 0.0934            | 0.0802  |
| 18      | 논    | 0.945           | 벼         | 12            | 91              | -         | 18              | 0.0095            | 0.0028  |
| 19      | 논    | 1.636           | 벼         | 23            | 227             | -         | 114             | 0.0179            | 0.0049  |
| 20      | 시설   | 3.201           | 방울토마토     | 20            | 1335            | 0.9       | -               | 0.0922            | 0.0407  |
| 21      | 밭    | 2.975           | 고구마       | 25            | 855             | -         | -               | 0.0164            | -0.0071 |
| 22      | 밭    | 3.028           | 고구마       | 19            | 1156            | -         | -               | 0.0167            | 0.0174  |
| 23      | 밭    | 0.813           | 오이        | 17            | 836             | -         | -               | 0.0195            | 0.0010  |
| 24      | 밭    | 0.288           | 오이        | 5             | 163             | -         | -               | 0.0083            | 0.0060  |
| 25      | 밭    | 0.456           | 배추        | 19            | 837             | -         | -               | 0.0150            | -0.0018 |
| 26      | 밭    | 0.473           | 배추        | 19            | 837             | -         | -               | 0.0156            | -0.0018 |
| 27      | 밭    | 0.638           | 들깨        | 21            | 356             | -         | -               | 0.0100            | 0.0035  |
| 28      | 밭    | 0.374           | 들깨        | 5             | 31              | -         | -               | 0.0070            | 0.0097  |
| 29      | 밭    | 2.516           | 무         | 21            | 97              | -         | -               | 0.0704            | 0.0529  |
| 30      | 밭    | 1.247           | 무         | 13            | 463             | -         | -               | 0.0419            | 0.0089  |
| 31      | 밭    | 0.684           | 옥수수       | 9             | 61              | -         | -               | 0.0134            | 0.0144  |
| 32      | 과수   | 7.868           | 복숭아(5-10) | 14            | 1161            | -         | -               | 0.0865            | 0.0236  |
| ∴       | ∴    | ∴               | ∴         | ∴             | ∴               | ∴         | ∴               | ∴                 | ∴       |
| 137     | 밭    | 2.123           | 옥수수       | 21            | 176             | -         | -               | 0.0368            | 0.0160  |
| 총 양분수요량 |      |                 |           |               |                 |           |                 | 4.8925            | 3.7158  |

〈표60〉 A리의 양분수지

| 지역단위 양분관리 프로그램 주요 항목          |         | 양분부하량 (t/년) |       | 양분수요량 (t/년) |       | 양분잉여량 (t/년) |        |
|-------------------------------|---------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|--------|
|                               |         | T-N         | T-P   | T-N         | T-P   | T-N         | T-P    |
| 현재                            | 축산농가    | 9.745       | 3.542 | -           | -     | 12.282      | 0.081  |
|                               | 공동자원화시설 | -           | -     | -           | -     |             |        |
|                               | 경종농가    | 7.430       | 0.790 | 4.893       | 4.251 |             |        |
| 축산농가 양분 삭감<br>(돼지농가 자원화방법 전환) | 축산농가    | 6.328       | 3.339 | -           | -     | 8.865       | -0.122 |
|                               | 공동자원화시설 | -           | -     | -           | -     |             |        |
|                               | 경종농가    | 7.430       | 0.790 | 4.893       | 4.251 |             |        |

(다) 지역단위 양분관리 프로그램 적용(Case study 2)

- ‘리’ 단위 수준에서 진행된 case study 1을 확장하여 C시를 대상으로 지역단위 양분수지 (양분부하량 - 양분수요량 = 양분잉여량)을 산출하였으며, 시 수준에서의 양분저감 방안 및 실현 가능성을 분석하였다.

① 양분관리 프로그램 적용 지역의 정보

- Case study 1에서는 농가단위 양분관리 프로그램을 리 단위에 적용하여 세부 축산농가의 축종별 자원화방법의 변경을 통한 양분부하량 저감 효과를 확인하고, 토양 검정데이터를 적용하여 정확한 리 단위 양분수지를 확인하였으나, 시 단위의 경우 1,000호 이상의 축산농가와 4,000 ha 이상의 농경지 존재하여 세부적인 자원화방법 정보 및 토양 화학성 데이터를 확보하기 어려웠다.
- 따라서 시 단위 양분수지 산출을 위해서 C 시를 대상으로 주기적으로 산정되어지는 통계자료를 이용하여 양분수지를 산출하였으며, 농가수준의 양분저감 방법보다는 시 규모의 저감 방안을 비교하였다.

② 양분부하량 산출

- 가축분뇨 유래 양분부하량을 산출하기 위해서 C시의 축산농가 정보 및 가축사육두수 통계

를 검토하였으며, 가축사육두수 관련 지역별 통계는 크게 시·군 지역통계, 방역두수, 농림사업정보시스템(Agrix)에서 확인할 수 있다.

- 각 통계자료마다 자료수집 및 정리방법, 시기 등에 따라 약간의 차이를 나타냈으며, 본 연구에서는 C시 내 세부지역별 가축사육두수가 충실히 제시되어있는 방역두수를 이용하여 산출하였다.
- 가축분뇨의 처리비율은 지역단위로 제시된 자료가 부족하여 국가 기준 자원화, 정화처리 비율을 이용하였으며, 축종별 가축분뇨 배출원단위, 양분농도, 자원화방법에 따른 양분부하계수를 적용하여 C시의 질소·인 부하량을 산출하였다.

### ③ 양분수요량 산출

- 작물의 양분요구량 산출을 위해 C시의 작물별 재배면적(2016)을 확보하였으며, 작물별 표준 시비량(국립농업과학원, 2010)을 이용하였다.
- 토양으로 유입되는 화학비료 공급량은 농림축산식품통계연보(농림축산식품부, 2017), 유기질 비료 공급량은 비료사업통계요람(농협중앙회 (2018)에서 확보하였으며, 위 두 통계 모두 C시 전체의 공급량만 확보할 수 있었기 때문에 지역 내 동/면의 농경지 면적 비율로 나눠 제시하였다.

### ④ C시의 양분수지

- C시의 양분수지 산출결과 가축분뇨에서 유래된 질소와 인 발생량은 각각 807.5 ton N/년, 193.6 ton P/년으로 나타났으며 질소와 인 부하량은 각각 335.3 ton N/년, 119.8 ton P/년으로 나타나 C 시의 농경지로 유입되는 것으로 산출되었다. 따라서 가축분뇨 내 양분은 자원화과정을 거쳐 질소 58.5%, 인 38.1%가 감소하는 것으로 확인되었다.
- C시의 경우 양분수요량이 질소, 인 각각 -704.8 ton N/년, -112.8 ton P/년으로 음의 값을 나타내었는데 이는 가축분뇨 자원화물질이 토양으로 시비되기 전 화학비료와 유기질 비료만으로도 작물의 양분요구량을 초과하기 때문인 것으로 판단된다. 이를 통해 현재의 비료사용량이 유지된다면 가축분뇨 자원화물질의 시비가 적절하지 않은 것으로 나타났다.
- 그러나 현실적으로 가축분뇨의 경우 국내 축산물 자급력 유지와 축산농가의 경제적 상황 때문에 일정량 이상 삭감하기 어려운 상태이기 때문에 작물의 양분요구량을 충족시키기 위해

가축분뇨 자원화물질을 우선적으로 이용하고, 부족분을 화학비료와 유기질비료로 충당하는 방안이 검토되어야 한다. 질소의 경우 부하량이 작물요구량에 비해 206.3 ton N/년 정도 적으므로 부족한 만큼 화학비료를 사용하여 채워주는 것이 바람직하다.

- C시의 양분수지는 질소, 인 각각 1,040.0 ton N/년, 232.7 ton P/년으로 나타나 과량의 양분이 농경지로 유입되고 있는 것으로 나타났으며, 농경지 면적당 양분 잉여량도 질소 249.3 kg N/ha/년, 인 55.8 kg P/ha/년으로 산출되었다. 토질 및 화학성이 상이하여 직접적으로 비교하기는 어려우나 EU의 잉여 양분 제제기준은 질소 170 kg N/ha, 인 22 kg P/ha로 C시의 양분 잉여량에 비해 현저히 낮아 C시 토양의 양분집적은 상당히 심각한 수준일 것으로 예상된다.
- 각 요인별 양분수지에 미치는 영향을 비교해보면, 질소 수지와 인 수지 모두에서 화학비료가 가장 많은 영향을 미치고 있었으며 농경지로 유입되는 전체 질소량의 62.4%, 전체 인량의 46.1%에 해당하여 가장 우선적으로 감축 정책이 시행되어야 하는 요인으로 판단된다.

#### ⑤ C시 내 각 동/면별 양분수지

- C시의 ‘동/면’ 단위를 기준으로 하여 세부지역의 양분수지를 산출한 결과 각 동/면별 양분수지는 편차가 심하게 나타났으나 모든 지역에서 양분이 잉여되고 있는 것으로 나타났다.
- 특히 C-13, 6, 3 순으로 질소와 인의 잉여량이 높았는데 이 면들의 경우 가축분뇨 양분부하량도 높게 나타남에 따라 타 지역에 비해 가축사육두수가 많은 것으로 판단되며, 특히 C시에서 높은 가축사육밀도를 나타내고 있는 돼지 농가들이 위치해 있는 것으로 나타났다.
- 행정구역별 질소 수지에 따르면 C-6는 농경지 면적 당 질소 잉여량이 평균보다 2.29배 높게 나타났으며(571.6 kg N/ha/년), C-6을 제외하고 작물 재배 시 양분요구량은 가축분뇨 부하량보다 높게 산출되었다. 또한 인 수지에서도 질소 수지와 마찬가지로 C-6의 농경지 면적 당 인 잉여량이 평균의 4.60배로 가장 높게 나타나 C-6의 가축분뇨 부하량은 C시 내 기타 면 혹은 기타 지역으로 이동해야할 것으로 판단된다.

#### ⑥ 지역단위 양분관리 시 저감방안

- 토양에서 집적되는 양분 저감방법의 기본원리는 유입량의 감축과 수요량의 증가이다.



### ㉠ 화학비료 사용량 감축

- 현재 지역에서 작물 재배를 위해 사용되는 화학비료를 가축분뇨 퇴·액비로 대체함으로써 사용량을 감축할 수 있다. 작물 재배를 위해 작물생산성에 영향을 미치지 않는 수준에서 퇴·액비를 우선적으로 전량 혹은 일정량 시비하고, 화학비료는 부족분을 보충해주는 정도로 사용하는 방안이다.
- 경축순환단지나 조사료단지, 유기농산물 재배 단지 등의 지원사업을 통해 퇴·액비 사용량을 권장하고 사료작물과 유기농자재를 생산하는 정책의 운영도 지역 내 화학비료 사용량을 감축하는 방법이다.
- 그러나 퇴·액비에 대한 농민들의 정보 부족, 미숙 퇴·액비의 냄새 및 독성, 양분농도 미보충 등 상품성 저하로 인한 비효성 저하와 환경오염 문제 등으로 경종농가 농민들이 퇴·액비를 꺼리는 경향이 있고, 퇴·액비의 형태 상 추비로 사용하기 어렵고, 지역 간 이동에 제약이 있으므로 향후 연구를 통해 양분 농축, 형태 가공, 균질한 품질 확보 등 상품성의 향상이 요구된다.

### ㉡ 작부체계 전환 및 품종 개량으로 인한 작물생산량 증대

- 작물생산량의 증대로 양분수요량을 확대하는 방향이 제시된다. 농경지의 휴경기를 줄이고 유용작물을 생산하는 작부체계의 전환을 통해 토양 내 양분을 최대한 이용함으로써 환경오염 문제를 해결하고 경종농가의 경제적 이윤도 향상시킬 수 있다. 또한 작물의 품종 개량 연구를 통해 토양 내 양분이용률과 생산량이 높은 작물을 보급해 양분수요량을 증가시킬 수 있다.

### ㉢ 퇴·액비의 수출

- 국내 대부분의 지역에서 양분이 잉여될 것으로 예측됨에 따라 생산된 퇴·액비를 해외로 수출하여 양분의 유입량을 제거하는 방법이다.

### ㉣ 정화처리 시설 확충

- 국내 대부분의 지역에서 양분이 잉여될 것으로 예측됨에 따라 지역에 정화처리 시설을 확보하여 토지로의 양분 유입량을 저감시키는 방법이다.

<표61> C시의 가축분뇨 발생량

| 양분부하량  | 통계 및 연구자료    |                               |
|--------|--------------|-------------------------------|
|        | 자료           | 출처                            |
| ○ 가축분뇨 | 가축사육두수       | 방역두수 (2017)                   |
|        | 가축분뇨 배출원단위   | 환경부 고시 (2008)                 |
|        | 가축분뇨 내 질소 농도 | 농촌진흥청 (2009)                  |
|        | 가축분뇨 처리 비율   | 축산환경 개선 종합 대책 (관계부처 합동, 2018) |
|        | 양분부하계수       | 축종별 자원화방법별 양분부하계수 (강원대, 2015) |

<표62> C시의 가축사육두수

| 구분 | 가축사육두수  |        |       |         |
|----|---------|--------|-------|---------|
|    | 계       | 소      | 돼지    | 가금      |
|    | 두       |        |       |         |
| C시 | 489,162 | 16,565 | 9,948 | 462,649 |

\*자료: 가축사육두수 (방역두수, 2017)

<표63> C시의 가축분뇨 발생량

| 지명   |      | 가축분뇨 발생량 |        |       |       |        |
|------|------|----------|--------|-------|-------|--------|
|      |      | 계        | 한육우    | 젖소    | 돼지    | 가금     |
|      |      |          | ton/년  |       |       |        |
| C시   | 계    | 113,732  | 79,764 | 6,743 | 9,477 | 17,748 |
|      | C- 1 | 0        | 0      | 0     | 0     | 0      |
|      | C- 2 | 7,167    | 6,573  | 556   | 0     | 39     |
|      | C- 3 | 12,718   | 7,016  | 593   | 0     | 5,109  |
|      | C- 4 | 5,263    | 4,820  | 407   | 0     | 36     |
|      | C- 5 | 3,593    | 3,231  | 273   | 6     | 83     |
|      | C- 6 | 25,216   | 13,950 | 1,179 | 5,432 | 4,655  |
|      | C- 7 | 2,399    | 173    | 15    | 0     | 2,211  |
|      | C- 8 | 2,608    | 2,398  | 203   | 4     | 3      |
|      | C- 9 | 5,801    | 3,034  | 256   | 2,477 | 34     |
|      | C-10 | 831      | 756    | 640   | 0     | 11     |
|      | C-11 | 8,182    | 7,454  | 630   | 6     | 93     |
|      | C-12 | 10,194   | 7,791  | 659   | 1,553 | 192    |
|      | C-13 | 29,682   | 22,516 | 1,903 | 0     | 5,263  |
| C-14 | 75   | 53       | 4      | 0     | 18    |        |

\*가축분뇨 발생량 = 가축사육두수(방역두수, 2017) x 가축분뇨 배출원단위(환경부고시, 2008)

〈표64〉 개선된 질소 수지 산정법의 유출 항목별 필요 자료

| 양분수요량      | 통계 및 연구자료   |                             |
|------------|-------------|-----------------------------|
|            | 자료          | 출처                          |
| ○ 작물재배     | 작물 재배면적     | 시/군 지역통계 (2016)             |
|            | 작물별 표준시비량   | 국립농업과학원 (2010)              |
| ○ 화학비료 공급량 | 화학비료 공급량    | 통계청 (2017)                  |
| ○ 유기질 비료   | 유기질비료 판매량   | 시/군 유기질비료 공급량 (농협중앙회, 2018) |
|            | 유기질비료원 양분함량 | 사료성분표 (국립축산과학원, 2017)       |

〈표65〉 C시의 비료물질 공급량

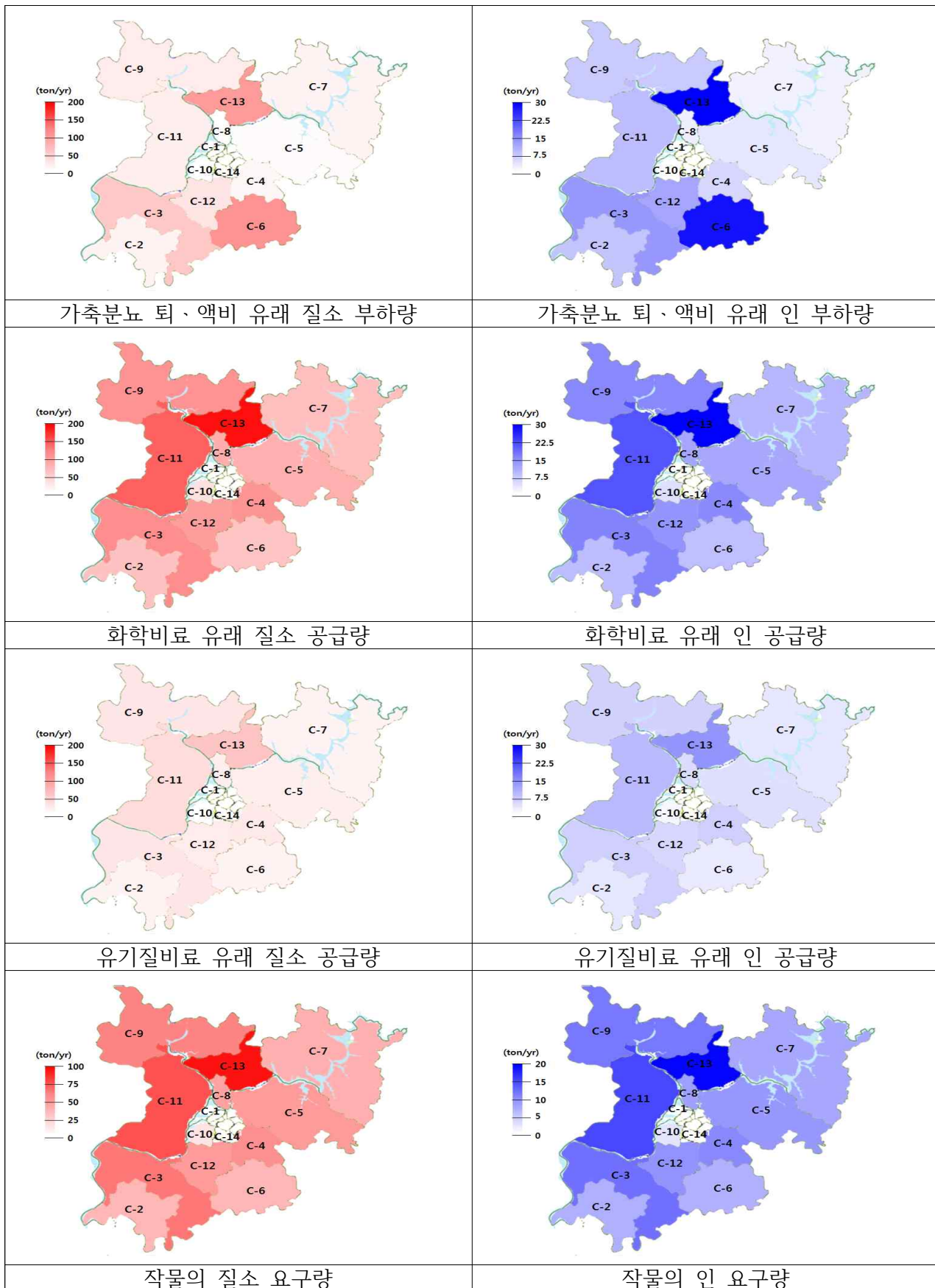
| 구분 | 화학비료 공급량 (성분별) |     |     | 유기질비료 공급량 |         |         |
|----|----------------|-----|-----|-----------|---------|---------|
|    | 계              | 질소질 | 인산질 | 판매량       | 질소      | 인       |
|    | ton/년          |     |     | ton/년     | ton N/년 | ton P/년 |
| C시 | 1,358          | 990 | 368 | 24,814    | 259     | 68      |

\*자료) 화학비료 공급량 성분별 (통계청, 2016); 유기질비료 공급량 (농협중앙회, 2017)

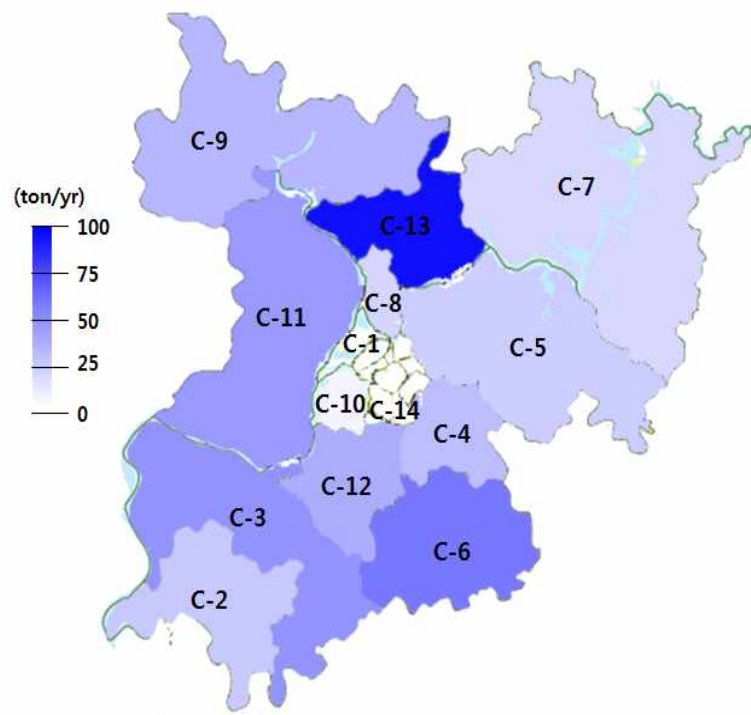
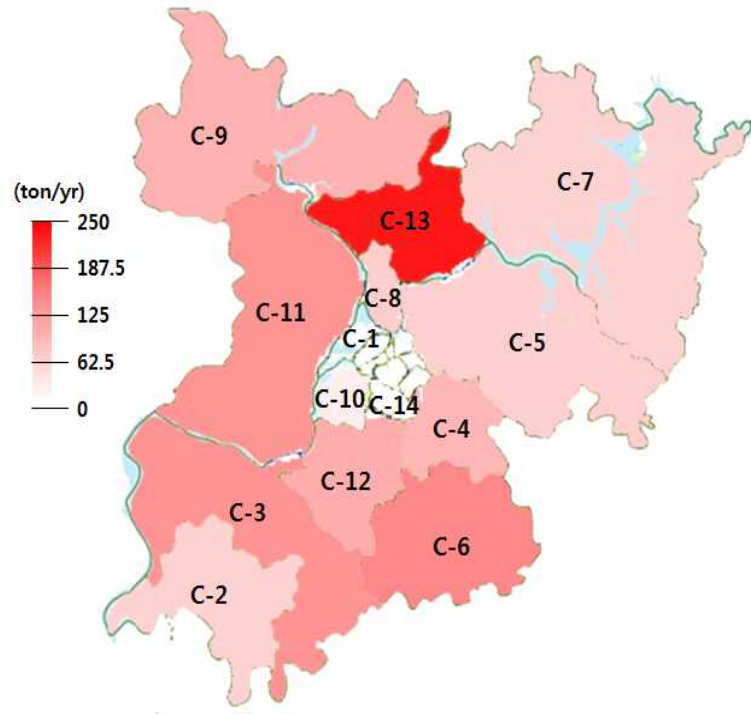
〈표66〉 C시의 작물별 재배면적 및 생산량

| 구분       | 재배면적  |
|----------|-------|
|          | ha    |
| 벼        | 1,445 |
| 보리(맥류)   | 8     |
| 두류       | 250   |
| 잡곡       | 469   |
| 서류       | 532   |
| 채소(과채류)  | 1,048 |
| 채소(엽채류)  |       |
| 채소(근채류)  |       |
| 채소(조미채소) |       |
| 특용약용작물   | 102   |
| 과수       | 332   |

\*자료) 작물별 재배면적 (시/군 통계, 2016)



<그림13> C시의 유입원별 양분부하 지도



<그림14> C시의 양분수지 지도

<표67> C시의 질소 수지

| 지역 |      | 질소 수지       |              |              |             |               |                 |                   |                       |
|----|------|-------------|--------------|--------------|-------------|---------------|-----------------|-------------------|-----------------------|
|    |      | 양분 발생량      | 양분 부하량       | 양분 수요량       |             |               |                 | 양분 잉여량            |                       |
|    |      | 가축분뇨<br>(A) | 가축분뇨<br>(B)  | 작물요구량<br>(C) | 화학비료<br>(D) | 유기질 비료<br>(E) | 소계<br>(F=C-D-E) | 질소 잉여량<br>(G=B-F) | 농경지 면적<br>당 질소<br>잉여량 |
|    |      | ton N/년     |              |              |             |               |                 | ton N/년           | kg N/ha/년             |
| C시 | 총합   | 807.5       | <b>335.3</b> | 541.6        | 987.3       | 259.0         | <b>-704.8</b>   | <b>1,040.0</b>    | <b>249.3</b>          |
|    | C-1  | 0.0         | 0.0          | 3.6          | 4.6         | 1.2           | -11.1           | 2.3               | 115.9                 |
|    | C-2  | 41.5        | 14.8         | 29.5         | 51.5        | 13.5          | -58.7           | 50.3              | 231.2                 |
|    | C-3  | 109.7       | 47.1         | 53.9         | 92.4        | 24.3          | -85.0           | 109.9             | 281.2                 |
|    | C-4  | 30.5        | 10.9         | 44.6         | 86.8        | 22.8          | -46.3           | 75.9              | 206.9                 |
|    | C-5  | 21.3        | 7.7          | 40.8         | 66.9        | 17.5          | -74.5           | 51.4              | 181.8                 |
|    | C-6  | 193.4       | 87.6         | 30.2         | 49.8        | 13.1          | -65.4           | 120.2             | 571.6                 |
|    | C-7  | 29.6        | 14.0         | 33.2         | 54.6        | 14.3          | -60.3           | 49.8              | 215.6                 |
|    | C-8  | 15.0        | 5.4          | 38.0         | 68.8        | 18.1          | -18.4           | 54.2              | 186.5                 |
|    | C-9  | 40.5        | 19.7         | 50.0         | 88.4        | 23.2          | -93.8           | 81.2              | 217.4                 |
|    | C-10 | 4.9         | 1.8          | 12.6         | 27.1        | 7.1           | -6.2            | 23.3              | 203.8                 |
|    | C-11 | 47.8        | 17.2         | 69.5         | 125.7       | 33.0          | -89.4           | 106.4             | 200.2                 |
|    | C-12 | 64.3        | 26.5         | 41.4         | 79.1        | 20.7          | -33.8           | 84.9              | 254.1                 |
|    | C-13 | 208.4       | 82.5         | 92.9         | 188.9       | 49.6          | -60.0           | 228.0             | 285.6                 |
|    | C-14 | 0.6         | 0.2          | 1.5          | 2.8         | 0.7           | -1.8            | 2.3               | 194.2                 |

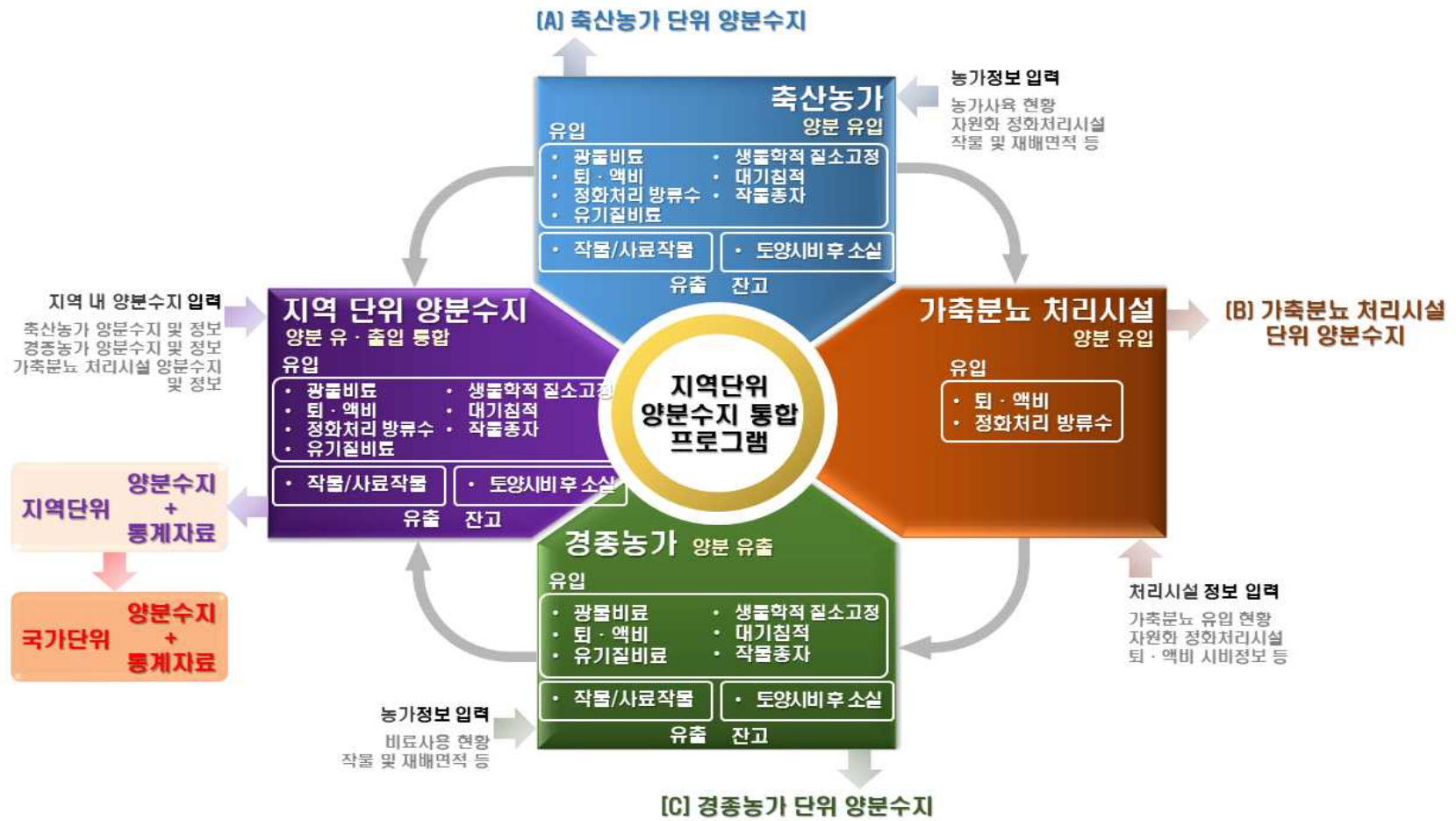
<표68> C시의 인 수치

| 지역   |      | 인 수치        |              |              |             |               |                 |                  |                   |
|------|------|-------------|--------------|--------------|-------------|---------------|-----------------|------------------|-------------------|
|      |      | 양분 발생량      | 양분 부하량       | 양분 수요량       |             |               |                 | 양분 잉여량           |                   |
|      |      | 가축분뇨<br>(A) | 가축분뇨<br>(B)  | 작물요구량<br>(C) | 화학비료<br>(D) | 유기질 비료<br>(E) | 소계<br>(F=C-D-E) | 인 잉여량<br>(G=B-F) | 농경지 면적<br>당 인 잉여량 |
|      |      | ton P/년     |              |              |             |               |                 | ton P/년          | kg P/ha/년         |
| C시   | 총합   | 193.6       | <b>119.8</b> | 114.9        | 160.2       | 67.6          | <b>-112.8</b>   | <b>232.7</b>     | <b>55.8</b>       |
|      | C-1  | 0.0         | 0.0          | 0.7          | 0.7         | 0.3           | -0.4            | 1.4              | 73.8              |
|      | C-2  | 12.0        | 7.4          | 6.5          | 8.4         | 3.5           | -5.4            | 23.9             | 109.8             |
|      | C-3  | 22.9        | 12.7         | 11.3         | 15.0        | 6.3           | -10.0           | 44.0             | 112.7             |
|      | C-4  | 8.8         | 5.4          | 9.6          | 14.1        | 5.9           | -10.4           | 27.7             | 75.5              |
|      | C-5  | 6.0         | 3.7          | 8.5          | 10.9        | 4.6           | -6.9            | 22.0             | 77.7              |
|      | C-6  | 42.5        | 27.8         | 6.4          | 8.1         | 3.4           | -5.1            | 54.0             | 256.8             |
|      | C-7  | 4.7         | 2.3          | 7.1          | 8.9         | 3.7           | -5.5            | 18.4             | 79.5              |
|      | C-8  | 4.3         | 2.7          | 7.8          | 11.2        | 4.7           | -8.1            | 18.6             | 63.8              |
|      | C-9  | 9.2         | 6.9          | 10.9         | 14.3        | 6.0           | -9.5            | 29.9             | 80.0              |
|      | C-10 | 1.4         | 0.9          | 2.7          | 4.4         | 1.9           | -3.5            | 7.2              | 63.2              |
|      | C-11 | 13.7        | 8.5          | 14.6         | 20.4        | 8.6           | -14.4           | 41.3             | 77.8              |
|      | C-12 | 16.7        | 11.1         | 8.8          | 12.8        | 5.4           | -9.4            | 34.0             | 101.7             |
|      | C-13 | 51.2        | 30.3         | 19.6         | 30.6        | 12.9          | -24.0           | 93.7             | 117.4             |
| C-14 | 0.1  | 0.1         | 0.3          | 0.5          | 0.2         | -0.3          | 0.7             | 61.5             |                   |

### (라) 농가·지역·국가단위 양분관리 체계의 구축 방안

- 개발된 지역단위 양분관리 프로그램을 이용하여 지역 내 양분수지를 확인하고 지역 내 양분의 이동 및 삭감으로 각 농경지별 양분수지 균형을 유지함으로써 경제적·환경적 이득을 얻을 수 있다.
- 또한 제시된 지역단위 양분관리 프로그램은 확장성과 결합성이 용이하여 리 - 동·면 - 시·군·구 - 도 - 전국 단위 양분관리가 가능해져 농가 → 지역 → 국가로 이어지는 상향식 양분수지 산정 시스템으로 정착할 것으로 기대된다. 프로그램 적용 시 지자체에서 우선적으로 운영하며 세부 정책 마련, 교육 및 홍보 등 농민의 적응과정을 거쳐 농가 주도 양분관리를 실시하는 단계적 접근이 필요하다고 판단된다.
- 그러나 안정적인 양분관리 프로그램의 활용을 위해서는 「양분관리 프로그램에 활용되는 통계자료의 세밀화 및 통일」, 「양분부하계수, 소실계수 등 계수의 통일 및 주기적인 재산정을 통한 환경변화 반영」, 「양분관리 프로그램의 주기적인 개선」 등과 같은 사항들이 보완되어야 할 것으로 판단된다.
- 지역 간 양분이동 모델을 구축함으로써 지역 간 양분 불균형을 해소하고 국가 수준·지방자치단체 수준의 양분저감 대책을 수립·이행·검증하는데 효과적인 양분관리 수단으로 자리잡을 것으로 예상된다.





A + B + C 확보 → 지역단위 양분관리 → 국가단위 양분관리

<그림15> 상향식 양분수지 산정 시스템 구성

\*자료) 강원대학교(2018)

#### 4. 자원화조직체 가축분뇨 양분관리 프로그램 개발

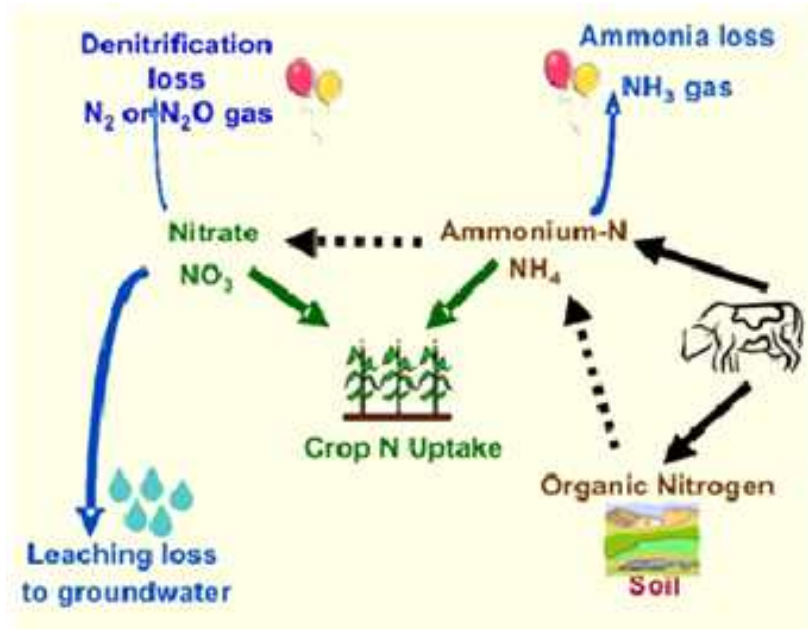
##### 가. 자원화조직체 퇴·액비화 시 양분수지 평가를 위한 문헌 및 선행연구 조사

- 자원화조직체(가축분뇨공동자원화시설) 양분관리 프로그램 개발을 위해서는 분뇨 처리시설 유형별 양분수지 분석을 통해 자원화조직체에서 체계적으로 양분을 관리할 수 있는 기술을 구축해야하며, 지역 내 양분연계관리 프로그램 개발을 위한 기초자료의 확보가 선행되어야 한다.
- 가축분뇨공동자원화시설은 축산농가로부터 수거한 가축분뇨를 자원화한다. 따라서 양분발생량의 산정 시 수거된 가축분뇨의 양과 축종별 분뇨 내 양분농도를 이용하여 산출해야하며, 양분부하량의 경우도 농가단위 양분관리 프로그램과 유사하게 자원화방법 별 양분부하계수를 이용한 산출방법으로 접근해야 할 것으로 사료된다.
- 양분수요량의 경우 자원화된 물질(퇴·액비)은 경종농가의 농경지로 시비되기 때문에 경종농가의 양분관리와 연계할 수 있도록 자원화물질의 시비량과 시비면적, 주소지 등의 정보를 확보해야 한다. 또한 지역 내·외 자원화물질의 판매를 통한 양분의 이동도 양분수요량 항목에서 고려되어야 항목 중 하나이다.

##### (1) 가축분뇨 처리과정 유형별 양분수지 변화

###### (가) 가축분뇨 양분(N, 질소) 손실 및 이용 경로

- 가축분뇨의 양분관리 프로그램 개발을 위해서는 특히 질소의 경우 발생(사료)단계부터 이동 단계 중 손실 및 토양환원단계에서의 이용 등이 고려되어야 하는데, 즉 「소화과정 중 체내 흡수 가능한 질소 및 분뇨로 배설되는 질소」, 「배설된 분뇨가 축사 체류 중 손실되는 질소」, 「배설된 분뇨의 저장·저류 과정 중 손실되는 질소」, 「분뇨 처리과정 중 손실되는 질소」, 「토양 시비 과정 중 손실되는 질소」, 「작물이 이용 가능한 질소」 등이 세부적으로 검토해야 할 필요성이 있다<그림16>.



<그림16> 가축분뇨 질소의 손실 및 이용 경로

\*자료) Oregon State University Extension Service (2008)

① 가축의 질소 이용률(섭취률)

- 가축이 섭취한 사료에 포함된 질소 중 체내 흡수 가능한 질소는 축종별 소화기관의 특성에 따라 차이를 보인다. Rotz(2004)의 연구 결과에 의하면 섭취한 사료에 함유된 질소 중 유우는 20-30%, 육우는 10%, 돼지와 닭은 30-40%만 체내에 흡수하고 나머지는 배설한다고 보고하고 있다.

② 배설된 분뇨가 축사 체류 중 손실되는 질소

- 배설된 분뇨가 축사 내에 체류하는 과정에서의 질소는 기본적으로 암모니아 휘산에 의한 손실이 일어나므로 양분관리 시에는 이를 고려해야 하며, 축종별로 그 특성을 검토해야 할 필요성이 있다.
- 돼지의 경우 돈사 및 분뇨수거 형태에 따라 돈사 내에서 손실되는 질소는 차이를 보인다. 슬러리 돈사에서 분뇨가 체류하는 과정에서 약 25%의 질소가 손실되고, 깔짚을 이용해 분뇨를 수거하는 돈사는 약 50%의 질소가 손실된다 (Rotz, 2004).
- 소의 경우 우사 내에서 손실되는 질소 또한 우분 수거 방법에 따라 매우 큰 차이를 보인다. 계류식 우사의 경우 배설된 분뇨의 약 8%가 우사 내에서 암모니아 형태로 손실되며, Free

stall 우사의 경우 약 16%가 손실된다. 국내에서 가장 널리 이용되고 있는 깔짚우사는 배설된 분뇨 중 질소의 약 35%가 우장에서 손실되는 것으로 나타났다 (Rotz, 2004).

- 계사에서 손실되는 질소 또한 분뇨 수거방법에 따라 큰 차이를 보이는 것으로 보고된 바 있다. Aviary의 경우 30%, Belt conveyer 식 Cage는 10%, 깔짚을 이용한 육계 사육시설은 40%, 고상식 계사는 50%의 질소가 계사 내에서 손실된다 (Rotz, 2004; Mahimairaja et al., 1994)

### ③ 배설된 분뇨의 저장/저류 과정 중 손실되는 질소

- 배설된 가축분뇨가 축사 외부의 분뇨 저장 또는 저류시설에서 체류하는 동안 손실되는 질소는 분뇨 성상 (고상, 액상, 슬러리 등) 및 저장시설 유형에 따라 차이를 보인다.
- 우분 및 돈분의 경우 저장 과정에서 약 15~20%의 질소가 손실되며, 계분은 20~40%, 퇴비는 약 40%의 질소가 손실된다 (Rotz, 2004; Petersen and Sorensen, 2008; Kirchmann and Witter. 1989). 또한 슬러리 형태의 분뇨는 저류과정에서 약 10%의 질소가 손실되며 혐기 Lagoon에서 저류할 경우 약 5%의 질소가 손실된다 (Rotz, 2004).

### ④ 가축분뇨 처리과정 중 손실되는 질소 및 인

- 가축분뇨 처리과정 중 손실되는 양분을 질소와 인을 중심으로 조사한 결과 퇴비화의 경우 돈분뇨는 37~60%의 질소가 손실되고, 우분은 25~35%의 질소와 11~28%의 인이 손실되며, 계분은 44~59%의 질소가 손실된다 (Tiquia et al., 2002; Parkinson et al., 2004; Kirchmann and Witter. 1989; Mahimairaja et al., 1994; Tiquia and Tam, 2000).
- 가축분뇨를 혐기소화 할 경우에는 질소는 약 1% 손실되며, 인은 손실되지 않는 것으로 보고된 바 있다 (Kirchmann and Witter. 1989; Lorimor, J. 2000).

### ⑤ 토양 시비과정 중 손실되는 질소

- 가축분뇨에 함유된  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 은 수분, 온도, pH 등의 영향을 받아  $\text{NH}_3$ 로 전환돼 대기 중으로 손실된다. 가축분뇨 유형에 따라 총질소(TN)에 함유된  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 의 비율은 차이를 보이는데, 돈슬러리의 경우에는 TN의 39%, 고액분리된 돈분은 TN의 42%, 퇴비화 과정을 거친 돈분은 TN의 3%를  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  차지하고 있다 (Sommer and Hutchings. 2001; Huang et al., 2004).

- 슬러리 형태의 우분에 함유된  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 은 TN의 41%를 차지하며, 고형물 형태의 우분에는 TN의 약 27%가  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  형태로 존재한다 (Sommer and Hutchings. 2001).
- 고형물 형태의 계분에는 TN의 약 19%가  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  형태로 존재하며 슬러리 형태의 계분에는 약 49%가  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  형태로 존재한다.
- 가축분뇨 액비를 토양에 시비할 경우 기후 및 토양상태에 따라 손실되는 질소는 <표69>와 같다. Atia(2008)의 연구에 의하면 25°C 이상의 건조한 조건에서 액비 살포 후 경운을 하지 않을 경우 액비 중의  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 는 1주일 경과 후 전량이  $\text{NH}_3$  형태로 손실된다고 보고하고 있다.

<표69> 기후 및 토양 상태에 따른 토양에 살포한 액비에 함유된  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 의 손실

| Day after application      | Average | Cool (<10°C) |     | Warm (>25°C) |     |
|----------------------------|---------|--------------|-----|--------------|-----|
|                            |         | wet          | dry | wet          | dry |
| Spring                     |         |              |     |              |     |
| Incorporated within 1 day  | 25      | 10           | 15  | 25           | 50  |
| Incorporated within 2 days | 30      | 13           | 19  | 31           | 57  |
| Incorporated within 3 days | 35      | 15           | 22  | 38           | 65  |
| Incorporated within 4 days | 40      | 17           | 26  | 44           | 73  |
| Incorporated within 5 days | 45      | 20           | 30  | 50           | 80  |
| Not incorporated           | 66      | 40           | 50  | 75           | 100 |
| Injected                   | 0       | 0            | 0   | 0            | 0   |
| Fall                       |         |              |     |              |     |
| Early fall applied         | 66      | 40           | 50  | 75           | 100 |
| Late fall applied          | 25      | 25           | 25  | N/A          | N/A |
| Cover crop                 | 35      | 25           | 25  | 40           | 40  |

\* 자료) Atia, 2008

- 따라서, 자원화조직체에서 양질의 가축분뇨 액비를 생산하였다고 하더라도 토양에 적절하게 시비하지 않을 경우 다량의 질소 손실이 발생되므로 액비 시비 시 주의를 기할 필요가 있다. 즉 토양 시비 시 암모니아 휘산을 줄여주기 위해서는 비온 직후, 야간, 기온이 높은 봄이나 여름은 피하는 것이 좋으며, 바람이 많이 불지 않을 때, 시비 후 바로 경운해야 한다. 또한 Injection이나 Band spreading 등과 같은 시비방법을 사용하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

⑥ 작물이 이용 가능한 질소

- 화학비료 및 가축분뇨 퇴·액비에 함유된 질소는 토양에 시비된 후 전량 작물에 의해 이용되지 못한다. 토양 시비 첫해 작물의 N 이용률은 젖소분뇨의 경우 고액분리된 고상물은 20%, 깔짚과 함께 혼합된 분뇨는 12~63%에 불과하다 (Bary et al., 2000; Gale et al., 2006; Munoz et al., 2004). 토양 시비 첫해 작물의 N 이용률은 돈슬러리의 경우 42~46%, 육우분의 경우 20~40%, 계분의 경우 40~70%라고 보고된 바 있는데 (Bary et al., 2000; Sorensen and Thomsen, 2005), 화학비료를 토양에 시비하였다고 하더라도 시비 첫해 작물이 이용할 수 N 은 57~78%에 불과하다 (Sorensen and Thomsen, 2005).
- 가축분뇨 토양 환원 시 2년간 N 작물 이용률은 돈슬러리인 경우 75 ~87%이며, 화학비료의 N 시비 후 2년 작물 이용률은 86~95%이다 (Sorensen and Thomsen, 2005). 작물 유형에 따른 가축분뇨에 함유된 N 이용률은 옥수수의 경우 젖소분뇨 시비 시 10~40%이며, 다년생 초지의 경우 젖소분뇨 시비 후 3년간 이용률은 20~50%이다. 또한 Orchard grass와 Tall fescue의 경우 젖소분뇨 시비 후 3년간 이용률은 27~70%인 것으로 보고된 바 있다 (Cherney et al., 2002). 또한 가축분뇨의 P, K는 화학비료의 작물 이용률과 비슷한 수준을 유지한다 (90% 이상-시비 첫해).

⑦ 돈분뇨의 슬러리 형태 또는 퇴비화에 따른 토양환원 시 작물이 실제 이용 가능한 질소

- 돈슬러리 퇴비 토양 시비 첫해에 작물에 의해 이용되는 질소는 표면살포 시 사료기준으로 10%, 분뇨기준으로 15%이며, 시비 2년 후 작물에 의해 이용되는 질소의 경우에는 표면살포 시 사료기준으로 17%, 분뇨기준 27%인 것으로 조사되었다.

<표70> 돈슬러리 퇴비화 후 토양 표면살포 시 작물이 실제 이용 가능한 질소

| 구분              | 내용              | 손실/이용률(%)        | 질소(kg)               |
|-----------------|-----------------|------------------|----------------------|
| 사료              | 섭취한 질소          | -                | 100                  |
| 가축에 의한 흡수       | 흡수한 질소          | 35               | 65                   |
| 축사내 손실          | Slatted floor   | 25               | 49                   |
| 분뇨 저장/저류과정 중 손실 | 슬러리             | 10               | 44                   |
| 분뇨 처리과정 중 손실    | 퇴비화             | 50               | 22                   |
| 토양 시비과정 중 손실    | 표면살포(warm, dry) | 66 <sup>1)</sup> | 21.5 <sup>2)</sup>   |
| 작물의 질소 이용률      | 시비 1년 후         | 45               | 10(15) <sup>3)</sup> |
|                 | 시비 2년 후         | 80               | 17(27) <sup>3)</sup> |

1) % of total ammonium nitrogen

2) 돈분뇨+톱밥 혼합물 퇴비 내 암모니아성 질소(% of TN) 3% (22-22\*0.03\*0.66)

3) 분뇨기준 이용률

⑧ 돈분뇨의 혐기소화에 따른 토양환원 시 작물이 실제 이용 가능한 질소

- 돈슬러리 소화폐액 토양 시비 첫해에 작물에 의해 이용되는 질소는 표면살포 시 사료기준으로 11%, 분뇨기준으로 16%, 지중살포 시 사료기준으로 20%, 분뇨기준으로 30%인 것으로 조사되었으며, 2년 후에는 각각 표면살포 시 사료기준으로 19%, 분뇨기준으로 29%, 지중살포 시 사료기준으로 35%, 분뇨기준으로 54%인 것으로 조사되었다.

<표71> 돈슬러리 혐기소화 후 토양 표면살포 시 작물이 실제 이용 가능한 질소

| 구분              | 내용              | 손실/이용률(%)        | 질소(kg)               |
|-----------------|-----------------|------------------|----------------------|
| 사료              | 섭취한 질소          | -                | 100                  |
| 가축에 의한 흡수       | 흡수한 질소          | 35               | 65                   |
| 축사내 손실          | Slatted floor   | 25               | 49                   |
| 분뇨 저장/저류과정 중 손실 | 슬러리             | 10               | 44                   |
| 분뇨 처리과정 중 손실    | 혐기소화            | 1                | 43.5                 |
| 토양 시비과정 중 손실    | 표면살포(warm, dry) | 66 <sup>1)</sup> | 23.5 <sup>2)</sup>   |
| 작물의 질소 이용률      | 시비 1년 후         | 45               | 11(16) <sup>3)</sup> |
|                 | 시비 2년 후         | 80               | 19(29) <sup>3)</sup> |

1) % of total ammonium nitrogen

2) 혐기소화 폐액 암모니아성 질소(% of TN) 70% (43.5-43.5\*0.7\*0.66)

3) 분뇨기준 이용률

<표72> 돈슬러리 혐기소화 후 지중살포 시 작물이 실제 이용 가능한 질소

| 구분              | 내용              | 손실/이용률(%) | 질소(kg)               |
|-----------------|-----------------|-----------|----------------------|
| 사료              | 섭취한 질소          | -         | 100                  |
| 가축에 의한 흡수       | 흡수한 질소          | 35        | 65                   |
| 축사내 손실          | Slatted floor   | 25        | 49                   |
| 분뇨 저장/저류과정 중 손실 | 슬러리             | 10        | 44                   |
| 분뇨 처리과정 중 손실    | 혐기소화            | 1         | 43.5                 |
| 토양 시비과정 중 손실    | 토양주입(Injection) | 0         | 43.5                 |
| 작물의 질소 이용률      | 시비 1년 후         | 45        | 20(30) <sup>1)</sup> |
|                 | 시비 2년 후         | 80        | 35(54) <sup>1)</sup> |

1) 분뇨기준 이용률

## (나) 축종별 분뇨 발생량 및 N, P, K 함량

### ① 한우분뇨 발생량 및 N, P, K 함량

- 한우 두당 사육단계별 일일 분뇨 배설량은 송아지 8.5kg, 미경산 암소 18.2kg, 거세한우(비육우) 17.8kg이며 한우의 평균 일일 분뇨 배설량은 13.7kg으로 보고된 바 있다. 한우가 배설한 13.7kg의 분뇨에는 질소가 0.57%, 인산이 0.38%, 칼리가 0.35% 함유되어 있다<표73>.

### ② 젖소분뇨 발생량 및 N, P, K 함량

- 젖소 두당 사육단계별 일일 분뇨 배설량은 육성우(6-7개월령) 20.8kg, 처녀우(15-16개월령) 29.5kg, 건유우(41-47개월령) 38.4kg, 착유우(5474개월령) 76.3kg이며 젖소의 평균 일일 분뇨 배설량은 30.1kg으로 보고된 바 있다. 젖소가 배설한 30.1kg의 분뇨에는 질소가 0.58%, 인산이 0.41%, 칼리가 0.41% 함유되어 있다<표74>.

### ③ 돼지분뇨 발생량 및 N, P, K 함량

- 돼지 두당 사육단계별 일일 분뇨 배설량은 육성돈(58.6kg 체중) 2.75kg, 비육전기(83.2kg 체중) 2.96kg, 비육말기(111.4kg 체중) 3.37kg, 임신돈 4.54kg, 포유돈 5.81kg이며 돼지의 평균 일일 분뇨 배설량은 2.61kg으로 보고된 바 있다. 돼지의 경우 분뇨 배설량 2.61kg에 세정수 2.49kg을 합산해 평균 분뇨 배설량을 5.1kg으로 보고 있으며, 돼지분뇨 5.1kg에는 질소가 0.44%, 인산이 0.17%, 칼리가 0.25% 함유되어 있다<표75>.

### ④ 육계/산란계 분 발생량 및 N, P, K 함량

- 육계의 수당 평균 일일 분뇨 배설량은 85.45g이며 질소는 1.19%, 인산은 0.23%, 칼리는 0.5% 함유되어 있으며, 산란계의 수당 평균 일일 분뇨 배설량은 124.7g이며 질소는 1.39%, 인산은 0.62%, 칼리는 0.68% 함유되어 있다<표76>.



<표73> 한우 사육단계별 분뇨 배설량 및 질소, 인산, 칼리 함량

| 구분            |   | 송아지       | 미경산 암소    | 비육기(거세한우) | 평균   | 분뇨혼합 |
|---------------|---|-----------|-----------|-----------|------|------|
| 배설량<br>(kg/일) | 분 | 5.2±2.1   | 10.9±3.4  | 10.2±1.8  | 8    | 13.7 |
|               | 뇨 | 3.3±0.7   | 7.3±0.2   | 7.6±1.7   | 5.7  |      |
| 질소(%)         | 분 | 0.47±0.08 | 0.56±0.03 | 0.47±0.04 | 0.5  | 0.57 |
|               | 뇨 | 0.51±0.24 | 1.10±0.09 | 0.42±0.03 | 0.68 |      |
| 인산(%)         | 분 | 0.31±0.06 | 0.85±0.05 | 0.63±0.09 | 0.6  | 0.38 |
|               | 뇨 | 0.08±0.01 | 0.11±0.06 | 0.02±0.01 | 0.07 |      |
| 칼리(%)         | 분 | 0.11±0.02 | 0.27±0.04 | 0.15±0.03 | 0.18 | 0.35 |
|               | 뇨 | 0.07±0.05 | 0.77±0.21 | 0.42±0.05 | 0.6  |      |

\*자료) 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정 연구 (농촌진흥청, 2008)

<표74> 젖소 사육단계별 분뇨 배설량 및 질소, 인산, 칼리 함량

| 구분            |   | 육성우(6~7)  | 처녀우(15~16) | 건유우(41~47) | 착유우(54~74) | 평균   | 분뇨혼합 |
|---------------|---|-----------|------------|------------|------------|------|------|
| 배설량<br>(kg/일) | 분 | 12.0±2.7  | 11.9±2.6   | 25.7±6.9   | 44.0±5.4   | 19.2 | 31.1 |
|               | 뇨 | 8.8±4.1   | 11.6±3.1   | 12.7±3.4   | 21.3±6.1   | 10.9 |      |
| 질소(%)         | 분 | 0.34±0.02 | 0.34±0.04  | 0.25±0.01  | 0.37±0.01  | 0.33 | 0.58 |
|               | 뇨 | 1.00±0.58 | 0.56±0.30  | 0.63±0.55  | 1.88±0.11  | 1.02 |      |
| 인산(%)         | 분 | 0.30±0.03 | 0.51±0.06  | 0.46±0.06  | 0.68±0.05  | 0.49 | 0.41 |
|               | 뇨 | 0.21±0.22 | 0.03±0.04  | 0.03±0.04  | 0.76±1.08  | 0.27 |      |
| 칼리(%)         | 분 | 0.11±0.04 | 0.25±0.04  | 0.20±0.01  | 0.24±0.04  | 0.49 | 0.41 |
|               | 뇨 | 0.99±0.30 | 0.37±0.73  | 1.18±1.44  | 1.28±0.58  | 0.37 |      |

\*자료) 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정 연구 (농촌진흥청, 2008)

<표75> 돼지 사육단계별 분뇨 배설량 및 질소, 인산, 칼리 함량

| 구분            | 자돈 | 육성돈 및 비육돈(체중) |           |           | 임신돈       | 포유돈       | 평균        | 분뇨혼합 |      |
|---------------|----|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|------|
|               |    | 58.6kg        | 83.2kg    | 11.4kg    |           |           |           |      |      |
| 배설량<br>(kg/일) | 분  | 0.49±0.10     | 0.90±0.14 | 1.07±0.14 | 1.35±0.16 | 0.62±0.15 | 1.97±0.42 | 0.87 | 5.1  |
|               | 뇨  | 0.83±0.33     | 1.85±0.35 | 1.89±0.37 | 2.02±0.30 | 3.92±1.27 | 3.84±0.82 | 1.74 |      |
| 질소(%)         | 분  | 1.02±0.12     | 1.16±0    | 0.82±0.08 | 0.77±0.14 | 1.06±0.18 | 0.90±0.09 | 0.96 | 0.44 |
|               | 뇨  | 0.31±0.27     | 1.19±0.54 | 1.45±0.29 | 1.11±0.60 | 0.37±0.18 | 0.37±0.08 | 0.8  |      |
| 인산(%)         | 분  | 0.67±0.09     | 0.49±0.12 | 0.59±0.11 | 0.61±0.12 | 1.64±0.38 | 0.82±0.20 | 0.83 | 0.17 |
|               | 뇨  | 0.08±0.03     | 0.12±0.03 | 0.13±0.05 | 0.15±0.04 | 0.01±0.01 | 0.02±0.02 | 0.09 |      |
| 칼리(%)         | 분  | 0.30.10       | 0.52±0.09 | 0.26±0.08 | 0.41±0.06 | 0.53±0.17 | 0.45±0.08 | 0.42 | 0.25 |
|               | 뇨  | 0.54±0.16     | 0.70±0.10 | 0.45±0.11 | 0.65±0.11 | 0.29±0.08 | 0.53±0.12 | 0.53 |      |

\*자료) 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정 연구 (농촌진흥청, 2008)

<표76> 육계/산란계 분뇨 배설량 및 질소, 인산, 칼리 함량

| 구분         | 육계   |      |       | 산란계   | 분(육계) | 분(산란계) |
|------------|------|------|-------|-------|-------|--------|
|            | 우    | 송    | 평균    |       |       |        |
| 배설량(g/일/수) | 83.6 | 87.3 | 85.45 | 124.7 | 85.45 | 124.7  |
| 질소(%)      | 1.14 | 1.23 | 1.185 | 1.39  | 1.19  | 1.39   |
| 인산(%)      | 0.28 | 0.3  | 0.29  | 0.62  | 0.23  | 0.62   |
| 칼리(%)      | 0.45 | 0.54 | 0.495 | 0.68  | 0.50  | 0.68   |

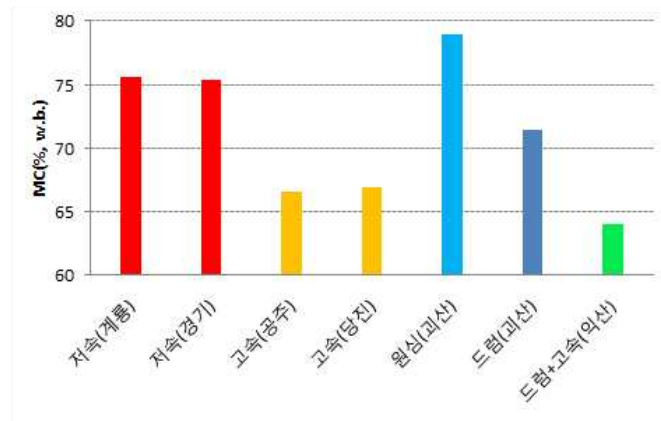
\*자료) 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정 연구 (농촌진흥청, 2008)

**(다) 고액분리시스템의 양분 및 용적제거율**

- 일반적으로 고액분리라 함은 폐수 내에 여러 형태로 존재하고 있는 고형물을 액체로부터 분리 하는 것을 말한다. 정화처리 및 퇴·액비화 등 자원화를 포함한 양돈분뇨의 처리는 사전 단계에서 고형물과 액상물을 물리적으로 최대한 분리함으로써 분리된 고형물과 분리된 액상물의 처리로 나누어 후단의 처리비용 및 효율성 측면을 고려해야 하는 것이 기본이다.
- 가축분뇨를 처리함에 있어 가장 기초적인 설비인 고액분리기는 분뇨 내 다량의 부유물질과(SS)과 다양한 혐잡물을 제거하여 후속공정을 원활히 하는 것에 그 목적이 있다. 또한 고액분리기의 탈수능력에 따른 고형분의 함수율은 퇴비화시 톱밥 및 왕겨 등 수분조절재의 사용량을 결정하며, 균질한 처리수를 배출함으로써 액비화 및 정화처리의 유입부하(농도)를 설계하는 주요 척도가 될 수 있다.
- 농가단위 자가처리 (퇴·액비화 및 정화방류)에서 뿐만 아니라 위탁처리 (자원화조직체 또는 공공처리장) 등 각 용도별로 이를 고려해야 한다. 우리나라 양돈농가의 경우 사육관리 편의상 대부분 분뇨 미분리형인 슬러리돈사를 선호하고 있는 실정이므로 개별농가에서 분뇨 수급 후 자원화조직체에서 처리 시 고액분리기의 선정에 있어서는 주요 사용(처리)방식에 대한 차이를 고려하여 한다. 특히 양분관리라는 측면에서는 고액분리시스템 별 양분 및 용적제거율에 대한 자료(빅데이터) 확보가 필수적이다.
- 국내에서는 가축분뇨 내의 고체와 액체를 분리하기 위한 방법으로 스크린류(진동스크린, 경사스크린, 드럼스크린), 진공여과, 벨트프레스, 스크류프레스, 원심분리기 및 상기 중 2가지 이상의 기술이 결합된 형태로서 기계적인 고액분리 방법을 많이 사용하고 있다.

① 고액분리기 유형별 분리 고상물의 함수율

- 원심분리기 유형 고액분리기의 경우 고액분리 된 고상물의 함수율은 79%로 저속 및 고속 데칸터나 드럼스크린에 비해 높은 함수율을 보이며, 고속 데칸터를 이용해 분리된 고상물의 함수율은 67%로 저속 데칸터를 이용해 분리된 고상물의 함수율(75%)에 비해 고상물의 탈수 효과는 높은 것으로 조사된 바 있다.



<그림17> 자원화조직체에 설치된 고액분리기 유형별 분리된 고상물의 함수율

\*자료) 고농도 고형물 혐기소화를 통한 고액분리된 돈분뇨 고형물 바이오가스 생산기술 개발. (농촌진흥청, 2015)

② 고액분리기 유형별 양분 및 용적 제거율

- 고액분리 시스템 유형별 양분 및 용적제거율 평가 관련 문헌조사에 따르면 가축분뇨의 퇴·액비 자원화를 위한 전처리인 고액분리 단계에서는 고액분리기의 형태, 종류 및 약주여부에 따라 비효성분(N, P, K) 및 용적 감소량 등은 매우 다양한 것으로 조사되었다<표77><표78>.

<표77> 고액분리 시스템 유형별 양분 및 용적 제거율

| 구분                                | 벨트프레스 | 원통체   | 스크류압착 | 원심분리체   | 원심분리데칸터 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|---------|---------|
| 처리량(m <sup>3</sup> /hr)           | 3.3   | 8-20  | 4-18  | 1.9-5.5 | 5-15    |
| 건물(%)                             | 56    | 20-62 | 20-65 | 13-52   | 54-68   |
| N(%)                              | 32    | 10-25 | 5-28  | 6-30    | 20-48   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%) | 29    | 10-26 | 7-33  | 6-24    | 52-78   |
| K <sub>2</sub> O(%)               | 27    | 17    | 5-18  | 7-26    | 5-20    |
| 용적감소(%)                           | 29    | 10-25 | 5-25  | 7-26    | 13-29   |

\*자료) 가축분뇨 액비 사용기술. (농림부, 2002)

주1) 원재료 액비 중 함량: 건물 8.5%, 총질소 0.386%, 인산 0.204%, 칼리 0.374%

〈표78〉 돼지분뇨의 고액분리에 따른 농도 저감율 및 분리고형물의 함수율

| 구분                | 농도 저감율 (%) |       |       |       |                   |                   |                   |
|-------------------|------------|-------|-------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                   | 벨트프레스      | 원심분리기 |       | 스크류압착 | 드럼스크린<br>(+스크류압착) | 경사스크린<br>(+스크류압착) | 진동스크린<br>(+스크류압착) |
|                   | (약주)       | (약주)  | (무약주) | (무약주) | (무약주)             | (무약주)             | (무약주)             |
| BOD <sub>5</sub>  | 66         | 53~55 | 2~8   | 4     | 4~9               | 5~14              | 15                |
| TS                | 79         | 71~73 | 8~35  | 12~17 | 12~16             | 1~28              | 23                |
| SS                | 97         | 87~96 | 17~50 | 7~10  | 12~17             | 3~18              | 24                |
| TN                | 41         | 29~43 | 4~10  | 2~4   | 3~12              | 7~13              | 13                |
| TP                | 91         | 92~97 | 57~63 | 3~16  | 2~24              | 4~37              | 9                 |
| 함수율 <sup>1)</sup> | 76         | 72~76 | 68~69 | 65~67 | 65~72             | 71~76             | 73                |

\*자료) 가축분뇨 고액분리기 검증사업. (대한한돈협회, 2018)

1) 함수율: 고액분리 처리 후 분리 고형물의 함수율을 의미

- 조사대상 고액분리기는 7개 업체, 고액분리기 형식 6종류(10개 제품), 12형태 (약주/무약주)고액분리기 성능검증.
- 조사대상 농가 원수의 분석항목 별 농도 평균(10개 농가, 사육두수 평균 3,000두) : BOD<sub>5</sub> 34,700 mg/L, TS 72,920 mg/L, SS 51,542 mg/L, TN 7,372 mg/L, TP 1,616 mg/L

(2) 자원화조직체 퇴·액비화 공정에 따른 양분의 변화

- 퇴비화공정에 따른 양분변화의 경우 문헌에 따르면 퇴비화의 유형 및 형식에 따라 Dry matter 39~50 %, N 30~52 %, P 16~31 %, K 35 % 등 퇴비화 과정 중 양분 손실이 매우 다양하게 나타나며 〈표79〉〈표80〉, 국내 16개소의 자원화조직체에서 생산하는 퇴비의 양분 분석결과 각 성분별로 다양한 농도범위 분포를 가지고 있는 것으로 조사되었다.
- 액비화 과정에서도 퇴비화와 마찬가지로 고액분리에 따른 투입원수 농도 및 액비화 방법에 따라 생산되는 액비의 양분변화가 매우 다양하게 나타났다. 국내의 가축분뇨공동자원화시설 및 액비유통센터 등 가축분뇨 자원화 조직체에서 생산되는 액비 성분분석 사례를 〈표82〉〈표83〉〈표84〉〈그림18〉에 나타냈다.

<표79> 가축분뇨의 퇴비화 시 N, P, K 변화

| Hoop # | Window # | Treatments | Mass loss | C loss | N loss | P loss | K loss | Ca loss | Mg loss | Na loss |
|--------|----------|------------|-----------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
|        |          |            |           |        |        |        |        |         |         |         |
| A      | 1        | T-MS       | 51        | 68     | 59     | 28     | 27     | (50)    | (14)    | 47      |
| A      | 2        | U-MS       | 34        | 48     | 40     | 31     | 31     | 2       | 10      | 36      |
| A      | 3        | T-TL       | 47        | 67     | 52     | 28     | 52     | (37)    | (11)    | 51      |
| A      | 4        | U-TL       | 43        | 54     | 60     | 33     | 22     | (34)    | 13      | 33      |
| B      | 5        | T-MS       | 55        | 63     | 48     | 32     | 43     | (49)    | 20      | 52      |
| B      | 6        | U-MS       | 37        | 54     | 59     | 38     | 37     | (13)    | 24      | 43      |
| B      | 7        | T-TL       | 57        | 63     | 37     | 23     | 37     | (37)    | 11      | 53      |
| B      | 8        | U-TL       | 27        | 42     | 52     | 20     | 20     | (67)    | (36)    | 32      |
| C      | 9        | T-MS       | 53        | 60     | 51     | 39     | 42     | (25)    | 19      | 43      |
| C      | 10       | U-MS       | 41        | 50     | 55     | 33     | 36     | (24)    | 23      | 41      |
| C      | 11       | T-TL       | 49        | 63     | 52     | 42     | 35     | (61)    | 7       | 35      |
| C      | 12       | U-TL       | 40        | 53     | 57     | 23     | 32     | (4)     | 8       | 34      |

\*자료) Carbon, nutrient, and mass loss during composting, Nutrient cycling in Agroecosystems 62:15-24, 2002

a) T-MS=turned-manure spreader, U-MS=untreated-manure spreader, T-TL=turned-tractor loader, U-TL=untreated-tractor loader, NA=no data available; values in parentheses are gained values

<표80> 젖소분뇨 퇴비화 시 Dry matter, N, P, K 변화

| Sampling occasion | Treatment  | Amount, t | Composition, g/kg |           |                    |                |                 |                |               |                 |
|-------------------|------------|-----------|-------------------|-----------|--------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|-----------------|
|                   |            |           | DM                | Ash       | N <sub>total</sub> | TAN            | NO <sub>3</sub> | P              | K             | C               |
| Initial           | Untreated  | 0-720     | 422<br>(1)        | 61<br>(1) | 8-4<br>(0-3)       | 0-54<br>(0.03) | 0-20<br>(0-00)  | 1-43<br>(0-03) | 13-5<br>(0-1) | 177-9<br>(0-9)  |
|                   | Compressed | 0-980     | 379<br>(50)       | 52<br>(6) | 7-5<br>(1-1)       | 0-63<br>(0-04) | 0-13<br>(0-04)  | 1-21<br>(0-20) | 12-0<br>(1-3) | 160-3<br>(24-2) |
|                   | Mixed      | 0-660     | 409<br>(11)       | 59<br>(2) | 8-3<br>(0-1)       | 0-60<br>(0-04) | 0-25<br>(0-04)  | 1-40<br>(0-02) | 13-7<br>(0-5) | 177-9<br>(0-9)  |
| End               | Untreated  | 0-810     | 214<br>(9)        | 46<br>(2) | 6-0<br>(0-2)       | 0-21<br>(0.02) | 0-00<br>(0-00)  | 1-16<br>(0-04) | N.D.          | 85-98<br>(6-1)  |
|                   | Compressed | 0-990     | 229<br>(5)        | 55<br>(4) | 6-5<br>(0-3)       | 0-26<br>(0-02) | 0-00<br>(0-00)  | 1-31<br>(0-07) | N.D.          | 91-65<br>(4-3)  |
|                   | Mixed      | 0-810     | 202<br>(3)        | 46<br>(3) | 6-4<br>(0-4)       | 0-23<br>(0-02) | 0-00<br>(0-00)  | 1-17<br>(0-05) | N.D.          | 79-20<br>(3-0)  |

\*자료) Nutrient and carbon balance during the composting of deep litter, J. agric. Engng Res. 74: 145-153, 1999

• DM, dry matter; TAN, total ammoniacal nitrogen

<표81> 국내 자원화조직체에서 생산되는 퇴비의 양분조성

| 자원화조직체 | 수분(%) | 회분(%w.b.) | N(%w.b.) | P(%w.b.) | K(%w.b.) |
|--------|-------|-----------|----------|----------|----------|
| 1      | 20.46 | 38.21     | 2.00     | 3.28     | 2.57     |
| 2      | 40.58 | 19.49     | 1.47     | 1.98     | 1.88     |
| 3      | 44.73 | 22.70     | 1.63     | 2.19     | 2.48     |
| 4      | 32.5  | 24.42     | 1.72     | 2.28     | 2.23     |
| 5      | 35.66 | 21.52     | 1.87     | 2.95     | 2.08     |
| 6      | 44.86 | 13.71     | 1.53     | 1.27     | 1.59     |
| 7      | 44.59 | 13.20     | 1.24     | 1.17     | 1.56     |
| 8      | 40.93 | 17.86     | 1.50     | 2.67     | 1.96     |
| 9      | 30.66 | 24.06     | 2.27     | 2.41     | 2.02     |
| 10     | 46.89 | 13.18     | 1.35     | 1.64     | 1.57     |
| 11     | 38.81 | 19.08     | 1.44     | 1.69     | 2.25     |
| 12     | 46.96 | 14.32     | 1.75     | 1.92     | 1.30     |
| 13     | 39.50 | 19.81     | 1.35     | 1.55     | 1.87     |
| 14     | 42.36 | 22.33     | 1.52     | 2.12     | 1.41     |
| 15     | 55.77 | 15.08     | 0.90     | 1.44     | 1.64     |
| 16     | 36.62 | 13.79     | 1.86     | 2.78     | 0.76     |
| 평균     | 40.10 | 19.50     | 1.60     | 2.10     | 1.8      |
| SD     | 8.10  | 6.40      | 0.30     | 0.6      | 0.50     |

\*자료) 국내 공동자원화시설 16개소에서 생산되는 퇴비의 양분조성. (충남대학교, 2017)

<표82> 국내 유통액비에 함유된 영양성분 농도

| 항목            | S사 액비 <sup>a)</sup> | 철원군 시범포 액비 2종 평균 <sup>b)</sup> | 양돈분뇨 액비 7종 평균 <sup>c)</sup> |
|---------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 질소, 인산, 칼리 합계 | 0.94%               | 0.85%                          | 0.63%                       |
| 질소전량          | 0.57%               | 0.43%                          | 0.34%                       |
| 인산전량          | 0.13%               | 0.05%                          | 0.06%                       |
| 칼리전량          | 0.24%               | 0.37%                          | 0.23%                       |
| pH            | 자료없음                | 7.9                            | 자료없음                        |

- a) S사 액비(삼락액비) 성분분석자료(2009),
- b) 가축분뇨액비 자원화. (철원군농업기술센터, 2003)
- c) 양돈분뇨 액비의 성분조사와 논토양 시용효과조사. (국립축산과학원, 2008)

<표83> 국내 자원화조직체에서 생산되는 액비의 양분조성

| 시료 | N(% w.b.) | P(% w.b.) | K(% w.b.) | 시료 | N(% w.b.) | P(% w.b.) | K(% w.b.) |
|----|-----------|-----------|-----------|----|-----------|-----------|-----------|
| 1  | 0.136     | 0.080     | 0.311     | 10 | 0.270     | 0.045     | 0.224     |
| 2  | 0.146     | 0.070     | 0.179     | 11 | 0.305     | 0.076     | 0.360     |
| 3  | 0.244     | 0.083     | 0.261     | 12 | 0.298     | 0.076     | 0.320     |
| 4  | 0.293     | 0.072     | 0.290     | 13 | 0.287     | 0.077     | 0.310     |
| 5  | 0.271     | 0.076     | 0.290     | 14 | 0.059     | 0.012     | 0.053     |
| 6  | 0.252     | 0.077     | 0.359     | 15 | 0.293     | 0.072     | 0.290     |
| 7  | 0.323     | 0.055     | 0.286     | 16 | 0.271     | 0.076     | 0.290     |
| 8  | 0.092     | 0.019     | 0.096     | 17 | 0.265     | 0.054     | 0.264     |
| 9  | 0.246     | 0.070     | 0.279     | 18 | 0.255     | 0.073     | 0.291     |
| 평균 |           |           |           |    | 0.250     | 0.06      | 0.26      |
| SD |           |           |           |    | 0.070     | 0.02      | 0.08      |

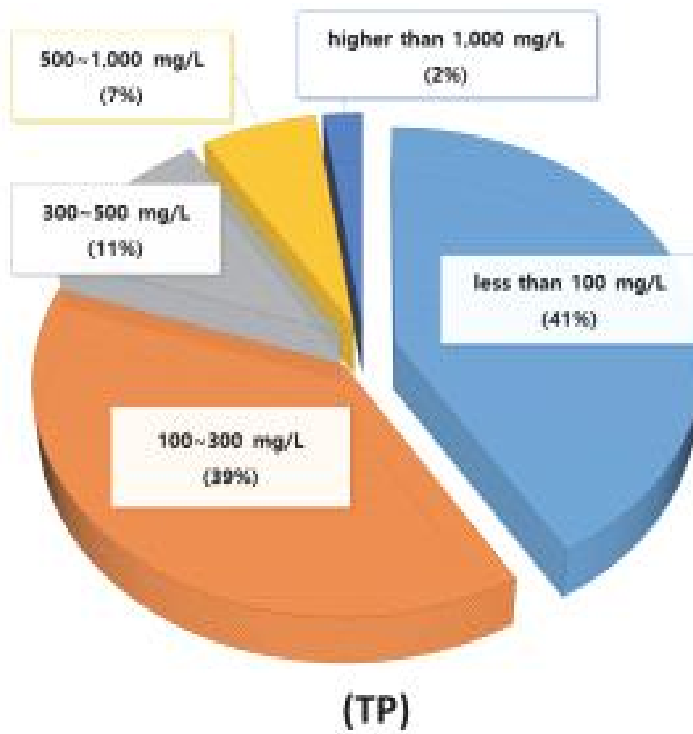
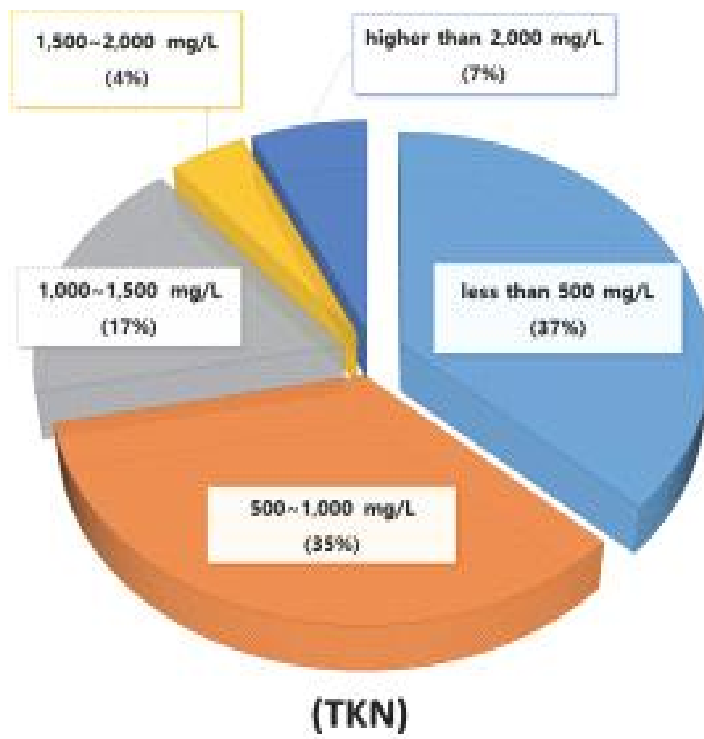
\*자료) 국내 공동자원화시설 액비의 양분조성. (충남대학교, 2017)

<표84> 국내 부숙판정 액비의 비료성분 및 이화학적 성상 (n=46)

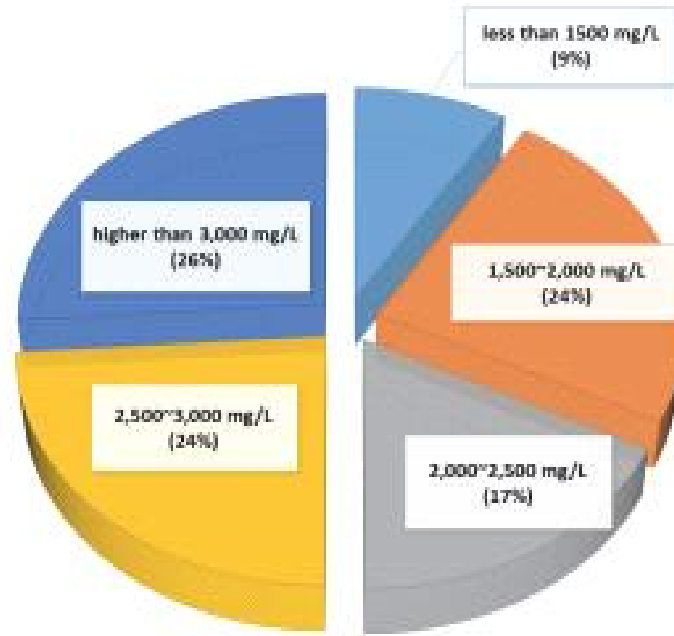
| 항목               |      | 부숙액비 (n=46)  |
|------------------|------|--------------|
| pH               | Mean | 8.0 ±0.5     |
|                  | Max. | 9.0          |
|                  | Min. | 7.0          |
| EC (mS/cm)       | Mean | 11.6 ±3.7    |
|                  | Max. | 19.1         |
|                  | Min. | 3.4          |
| SS (mg/L)        | Mean | 6,115 ±5,188 |
|                  | Max. | 36,400       |
|                  | Min. | 460          |
| TN (mg/L)        | Mean | 847 ±637     |
|                  | Max. | 3,640        |
|                  | Min. | 158          |
| TP (mg/L)        | Mean | 193 ±210     |
|                  | Max. | 1,267        |
|                  | Min. | 20           |
| TK (mg/L)        | Mean | 2,557 ±1,043 |
|                  | Max. | 8,420        |
|                  | Min. | 511          |
| Total NPK (mg/L) | Mean | 3,596 ±1,463 |
|                  | Max. | 8,151        |
|                  | Min. | 1,150        |

\*자료) 국내 가축분뇨 부숙액비의 비료성분 및 중금속 함량 분포특성. (상지대학교, 2018)

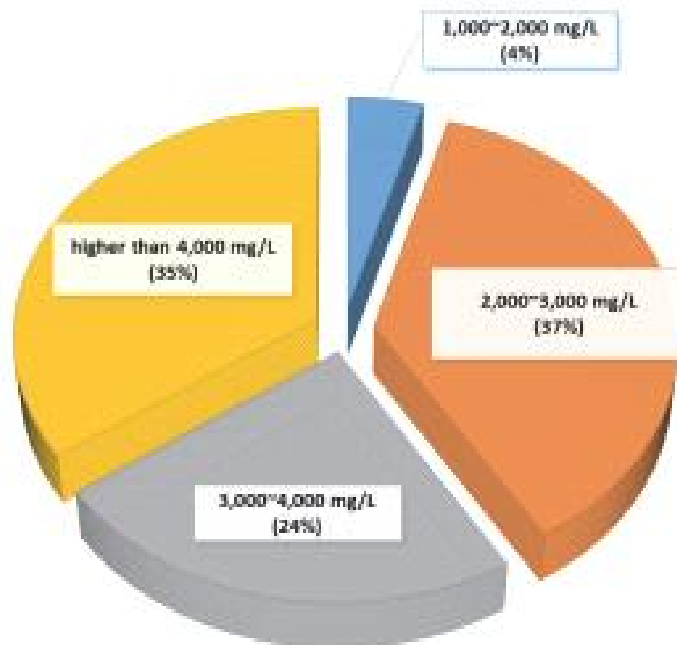
- 2013년 7월~8월 동안 전국 가축분뇨 공동자원화 센터 및 액비유통센터 중 180개소에서 생산·유통되는 액비샘플을 수집하였으며, 액비의 기계적 부숙도 측정방법을 통하여 액비의 부숙도 판정을 수행함. 기계적 부숙도 판정기에 의해 부숙으로 판정된 액비샘플 46개를 이용하여 비료성분(질소, 인, 칼륨) 및 이화학적 성상과 중금속 함량에 대하여 조사함.







(TK)



(NPK)

<그림18>국내 부속판정 액비의 비료성분 함량분포 (n=46)

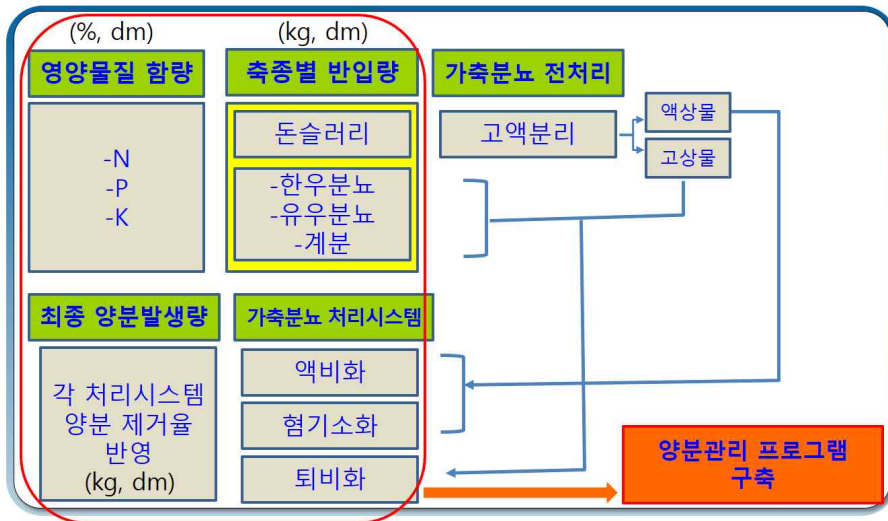
\*자료) 국내 가축분뇨 부속액비의 비료성분 및 중금속 함량 분포특성. (상지대학교, 2018)

나. 자원화조직체 퇴·액비화 시 양분수지 평가

(1) 자원화조직체에서 퇴화시스템의 양분수지 산출 계산(예)

- 자원화조직체 액비화시스템에서 양분수지 산출을 위해서는 축종별 반입되는 분뇨의 양과 분뇨에 함유된 영양물질의 농도, 고액분리기 유형에 따른 용적 및 영양성분 제거율, 액비화 조건에 따른 증발감량 및 영양분 제거율 등의 정보가 필요하다<그림19>. 다음은 자원화조직체 퇴비화시스템에서 양분수지 산출을 위한 조건을 제시하였다.

- 퇴비화 시스템에 반입된 분뇨 유형 및 반입량: 돈슬러리 100톤/일, 한우분뇨 40톤/일
- 돈슬러리에 함유된 영양성분: N 0.44%, P 0.17%, K 0.25%
- 한우분뇨에 함유된 영양성분: N 0.57%, P 0.38%, K 0.35%
- 고액분리 시스템 유형: 스크류압착
- 고액분리 시 용적 감량 및 영양성분 제거율: 용적 15%, N 16.5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20%, K<sub>2</sub>O 11.5%
- 퇴비화시 양분제거율: N 51.8%, P 30.8%, K 34.5%



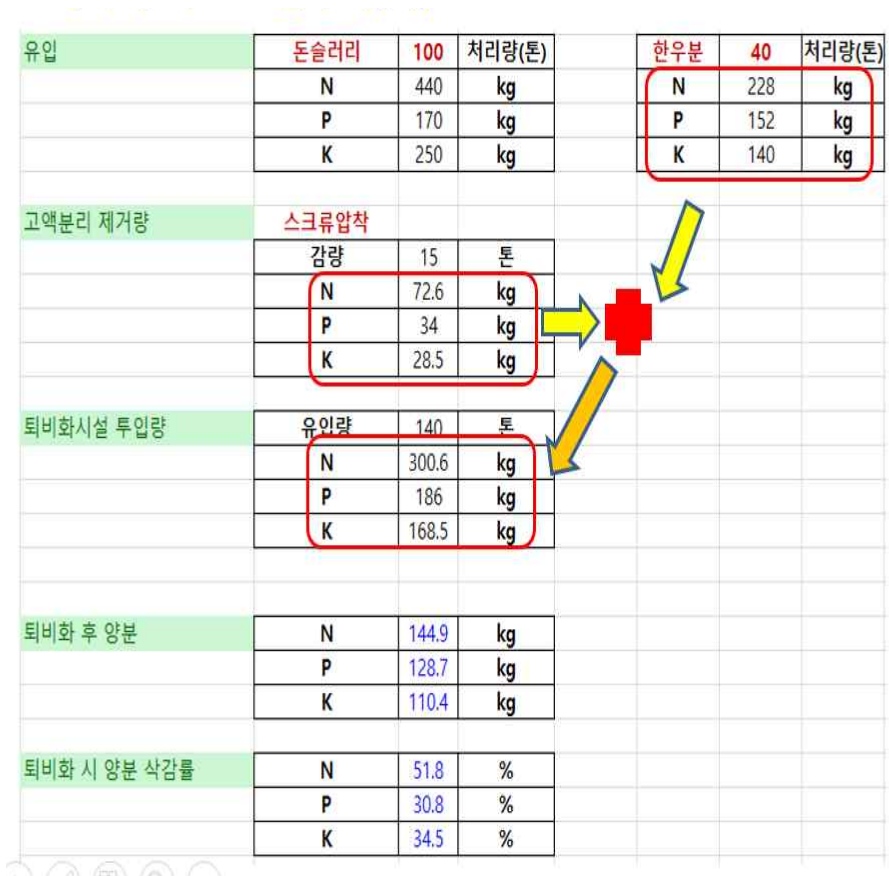
<그림19> 자원화조직체의 퇴·액비화 처리시설 양분수지 산출 체계도

- 상기의 운영조건으로 자원화조직체에서 퇴비화시스템 양분수지 산출(예시) 시 다음과 같은 주요 내용이 도출되었다.

- 고액분리 제거량: 15톤 (N 72.6kg, P 34kg, K 28.5kg)
- 퇴비화 시설에 투입되는 양분량: N 300.6kg, P 186kg, K 168.5kg
- 최종적으로 퇴비에 포함된 양분량: N 144.9kg, P 128.7kg, K 110.4kg
- 퇴비화시 양분 삭감율: N 51.8%, P 30.8%, K 34.5%

<표85> 자원화조직체에서의 퇴비화시스템에 따른 양분수지 산출 예시

| 구분            | 항목              | 내용   |
|---------------|-----------------|--|
| 조건            | 처리량             | • 돈슬러리 100톤/일, 한우분뇨 40톤/일  |
|               | 원수 영양성분(돈슬러리)   | • 돈슬러리: N 0.44%, P 0.17%, K 0.25%<br>• 한우분뇨: N 0.57%, P 0.38%, K 0.35% |
|               | 고액분리 유형)        | • 스크류압착  |
|               | 고액분리 시 제거율      | • 용적 15%, N 16.5%, P 20%, K 11.5%                                      |
|               | 퇴비화 시 양분제거율     | • N 51.8%, P 30.8%, K 34.5%  |
| 양분수지<br>계산(예) | 고액분리 후 용적 감량    | • 15톤  |
|               | 영양성분 후 양분 감량    | • N 72.6kg, P 34kg, K 28.5kg   |
|               | 퇴비화시설 투입 양분량    | • N 300.6kg, P 186kg, K 168.5kg  |
|               | 최종 생산된 퇴비의 양분함량 | • N 144.9kg, P 128.7kg, K 110.4kg                                      |
|               | 퇴비화 시 양분 삭감률    | • N 51.8%, P 30.8%, K 34.5%  |



<그림20> 자원화조직체에서의 퇴비화시스템에 따른 양분수지 산출 예시

## (2) 자원화조직체에서 액비화시스템의 양분수지 산출 계산(예)

- 자원화조직체 액비화시스템에서도 마찬가지로 양분수지 산출을 위해서는 축종별 반입되는 분뇨의 양과 분뇨에 함유된 영양물질의 농도, 고액분리기 유형에 따른 용적 및 영양성분 제거율, 액비화 조건에 따른 증발감량 및 영양분 제거율 등의 정보가 필요하다. 다음은 자원화조직체 액비화시스템에서 양분수지 산출을 위한 조건을 제시하였다.
  - 액비화 시스템에 반입된 분뇨 유형 및 반입량: 돈슬러리, 100톤/일
  - 돈슬러리에 함유된 영양성분: N 0.44%, P 0.17%, K 0.25%
  - 고액분리 시스템 유형: 스크류압착
  - 고액분리 시 용적 감량 및 영양성분 제거율: 용적 15%, N 16.5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20%, K<sub>2</sub>O 11.5%
  - 외기 온습도 조건: 대전지역 (평균온습도 13도 67%)
  - 액비온도 조건: 40°C
  - 액비화 기간: 30일
- 액비화 공법은 액상의 분뇨를 폭기시켜 호기미생물에 의해 유기물을 분해시키는 공정으로 정상적인 액비화를 유도하기 위해 1m<sup>3</sup> 당 1분에 30L의 송풍량이 요구된다. 송풍량, 송풍시스템 유형 및 계절 등의 영향에 따라 액비화기간은 25일에서 30일 정도 소요되며, 액비화 시 증발량은 외기의 온습도 및 액비의 온도 등에 의해 많은 영향을 받는다.
- 1m<sup>3</sup>의 분뇨를 25일 동안 액비화 시킬 경우 56.4L(투입된 원수의 5.6%)의 수분이 증발의 형태로 감소되며, 1m<sup>3</sup>의 분뇨를 30일 동안 액비화 시킬 경우에는 67.6L(투입된 원수의 6.8%)의 수분이 증발의 형태로 감소된다. 액비화 시 증발량 계산 예는 <그림21>과 같다.
- 자원화조직체에서 액비화시스템 양분수지 산출(예시) 시 다음과 같은 주요 내용이 도출되었다.
  - 고액분리 용적 및 영양성분 감량: 15톤, N 72.6kg, P 34kg, K 28.5kg
  - 액비화 증발감량: 5.78톤
  - 액비 생산량: 79.22톤 (고액분리 및 액비화 과정을 거치면서 20.78톤 감량됨)
  - 액비화 후 양분 삭감률: N 55%, P 72%, K 17.6%

- 대전지역 20년간 평균기온: 13°C  
- 대전지역 20년간 평균습도: 67%

- 액비화조 송풍량: 30L/분·m³  
- 액비화조 체류기간: 25-30일

| Parameter Name   | Value        | Unit | Atmospheric Press   | 1.00675033121 | bar   |
|------------------|--------------|------|---------------------|---------------|-------|
| Dry Bulb Temp.:  | 13           | C    | Sat. Vapor Press.   | 14.9780704321 | mbar  |
| Wet Bulb Temp.:  | 9.7746314264 | C    | Partial Vapor Press | 10.0353071891 | mbar  |
| Relat. Humidity: | 67           | %    | Humidity Ratio      | 0.0062625333  | kg/kg |
| Dew Point Temp   | 7.0518964787 | C    | Enthalpy            | 28.895367709  | kJ/kg |
| Altitude         | 50           | m    | Specific Volume     | 0.8232442999  | m³/kg |

액비화조 입기의 특성

| Parameter Name   | Value        | Unit | Atmospheric Press   | 1.00675033121 | bar   |
|------------------|--------------|------|---------------------|---------------|-------|
| Dry Bulb Temp.:  | 40           | C    | Sat. Vapor Press.   | 73.834411083  | mbar  |
| Wet Bulb Temp.:  | 40           | C    | Partial Vapor Press | 73.834411083  | mbar  |
| Relat. Humidity: | 100          | %    | Humidity Ratio      | 0.0492273769  | kg/kg |
| Dew Point Temp   | 39.976007897 | C    | Enthalpy            | 166.89215800  | kJ/kg |
| Altitude         | 50           | m    | Specific Volume     | 0.9378013165  | m³/kg |

액비화조 배기의 특성

<그림21> 액비화 시스템의 증발량 계산 예시 (예: 중부지역)

\*자료) 충남대학교(2018)

<표86> 자원화조직체에서의 액비화시스템에 따른 양분수지 산출 예시

| 구분            | 항목            | 내용   |
|---------------|---------------|--|
| 조건            | 처리량           | • 돈슬러리 100톤/일                                  |
|               | 원수 영양성분(돈슬러리) | • N 0.44%, P 0.17%, K 0.25%, 처리량: 100톤         |
|               | 고액분리(유형)      | • 스크류압착  |
|               | 고액분리(제거율)     | • 용적 15%, N 16.5%, P 20%, K 11.5%              |
|               | 액비온도          | • 40°C   |
|               | 액비화 기간        | • 30일  |
|               | 환경조건          | • 온도 13°C, 습도 67% (대전지역 평균)                    |
| 양분수지<br>계산(예) | 고액분리 후 용적 감량  | • 15톤  |
|               | 액비화 증발감량      | • 5.78톤  |
|               | 영양성분 감량       | • N 72.6kg, P 34kg, K 28.5kg                   |
|               | 액비생산량         | • 생산량 79.22톤<br>• 고액분리 및 액비화 과정을 거치며 20.78톤 감량 |
|               | 양분삭감률         | • N 55%, P 72%, K 17.6%                        |

|                |            |       |        |
|----------------|------------|-------|--------|
| 유입             | 돈슬러리       | 100   | 처리량(톤) |
|                | N          | 440   | kg     |
|                | P          | 170   | kg     |
|                | K          | 250   | kg     |
| 고액분리 제거량       | 스크류압착      |       |        |
|                | 감량         | 15    | 톤      |
|                | N          | 72.6  | kg     |
|                | P          | 34    | kg     |
| 고액분리 후 액비화조 유입 | 유입량        | 85    | 톤      |
|                | N          | 367.4 | kg     |
|                | P          | 136   | kg     |
|                | K          | 221.5 | kg     |
| 액비화/증발 감량      | 증발(30일 처리) | 5.78  | 톤      |
| 액비 생산량         |            | 79.22 | 톤      |
| 액비화 후 양분       | N          | 198.1 | kg     |
|                | P          | 47.5  | kg     |
|                | K          | 206.0 | kg     |
| 액비화 시 양분 삭감률   | N          | 55.0  | %      |
|                | P          | 72.0  | %      |
|                | K          | 17.6  | %      |

<그림22> 자원화조직체에서의 액비화시스템에 따른 양분수지 산출 예시

## 5. WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 개발

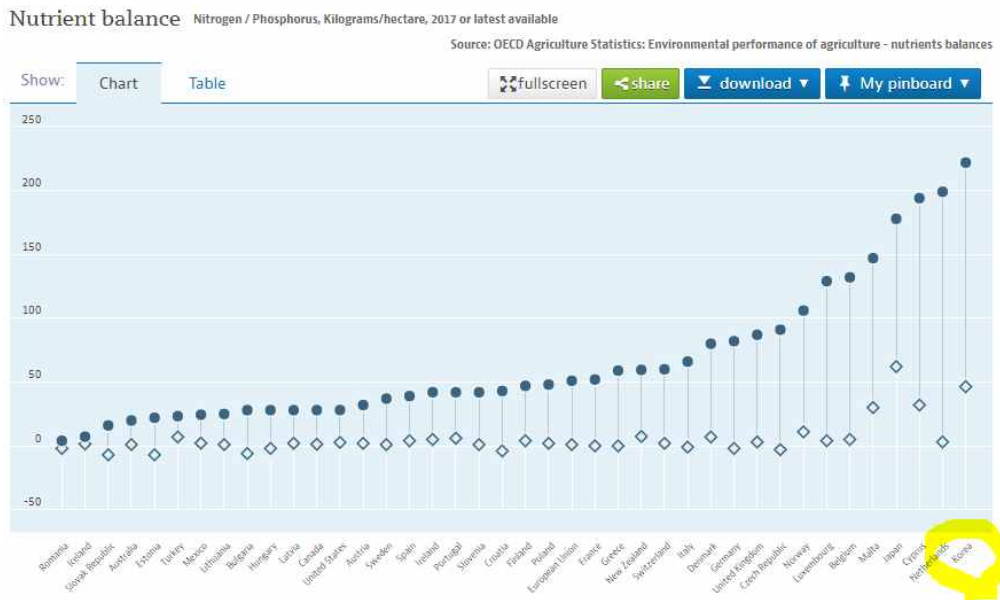
### 가. 가축분뇨 양분관리 프로그램 S/W 기초자료 수집 및 모의실험 (1~2차년도)

#### (1) 가축분뇨 양분관리 프로그램 S/W 개발의 필요성

- 2012년부터 2014년도 사이 국가별 최신 가용자료를 바탕으로 OECD에서 산출한 국가 간 토양내 양분수지 (질소·인)을 비교하면 한국이 가장 높은 수준의 질소와 인 수지를 보이는 것으로 나타났다<그림23>. 통계자료에는 질소 222kg/hectare, 인 46kg/hectare로 국가 중 가장 높은 수치를 나타내고 있으며, 국내 토양오염 및 수계 부영양화로 인한 녹·적조 등의 환경 문제가 축산으로부터 시작됐다는 인식이 확산됨에 따라 축산농가의 사회적인 위축이 심화되고 있다.
- 이러한 높은 양분수지는 국내에서 축산업의 분뇨 관리방안에 대한 논란을 일으키는 원인으로 작용하고 있다. 국내에서는 농업환경자원 관리의 일환으로 양분총량제 도입 논의와 함께 무허가축사에 대한 강력한 규제가 진행되고 있으나, 토양으로 유입되는 양분의 관리에 대한 농업계와 비농업계, 환경부서와 지방자치단체, 학계의 의견이 통일되지 못하고 다른 시각으로 접근해 오고 있다.
- 토지수지산정법(Land budget)으로 산정하는 현 OECD의 양분수지 산정법은 농업환경 전반 (대기, 물, 토양)에 대한 양분의 영향을 조사하나, 유입량 산정항목에서 축분뇨가 적절한 처리없이 토양으로 유입되는 것을 기초로 산정하므로 국내 가축분뇨 처리현실을 반영하지 못한다는 문제점이 있다.
- 현 OECD 산정법에서 국내 현실과 가장 큰 괴리를 보이는 항목은 가축분뇨 발생량 부분이며, 퇴·액비 자원화 물질을 고려하기 위해 적절한 산정법의 전환이 필요하다고 사료된다. 일례로 토양수지산정법(Soil budget)은 토지수지산정법(Land budget)과 비교하였을 때 고려하고 있는 대부분의 항목이 동일하나 토양에 유·출입되는 양분을 기준으로 산정하는 산정법으로 발생한 가축분뇨가 아닌 실제 토양으로 유입되는 가축분뇨 처리물질을 유입항목으로 선정하고 있다.
- 가축분뇨로부터 토양으로 유입되는 실질적인 양분의 양은 자원화 된 물질의 양분량이기 때문에 가축분뇨의 90%이상이 자원화되는 한국의 실정으로 볼 때, 양분발생량과 그 처리과정,

증발량, 소실량, 부하량 등에 대한 파라미터 개념의 도입이 필수적이다. 즉, 방법론적인 양분수지산정법의 도입여부를 떠나 상기 각 파라미터에 대한 신뢰도를 높이기 위한 객관적인 연구과정과 그 결과 또는 정보의 데이터베이스화가 시급하다.

- 가축분뇨의 90%는 단계적 처리과정을 거치면서 분해, 발효, 부숙, 증발, 휘산 등으로 절대량이 감소하며, 최종적으로 남아 토양으로 환원되는 질소와 인의 부하량 또한 감소한다. 그러나 농축산환경의 범위 안에서 이러한 전과정에 대한 정확한 데이터를 축적하지 못하는 것이 현재의 실정이다.
- 본 연구의 범위는 지방자치단체별로 가축사육 현황, 가축분뇨 발생 현황, 가축분뇨 유래 양분부하량, 고액분리, 자원화방법별 소실량, 퇴비발생량, 최종 양분부하량 등에 대한 데이터를 웹기반 데이터베이스화하고 이에 대한 파라미터를 적용하는 다중 이용 웹시스템을 개발하는데 목적이 있다.



〈그림23〉 OECD 양분수지 국가간 비교표 2014~2017년

\*자료) OECD Agriculture Statistics: Environmental performance of agriculture - nutrients balances



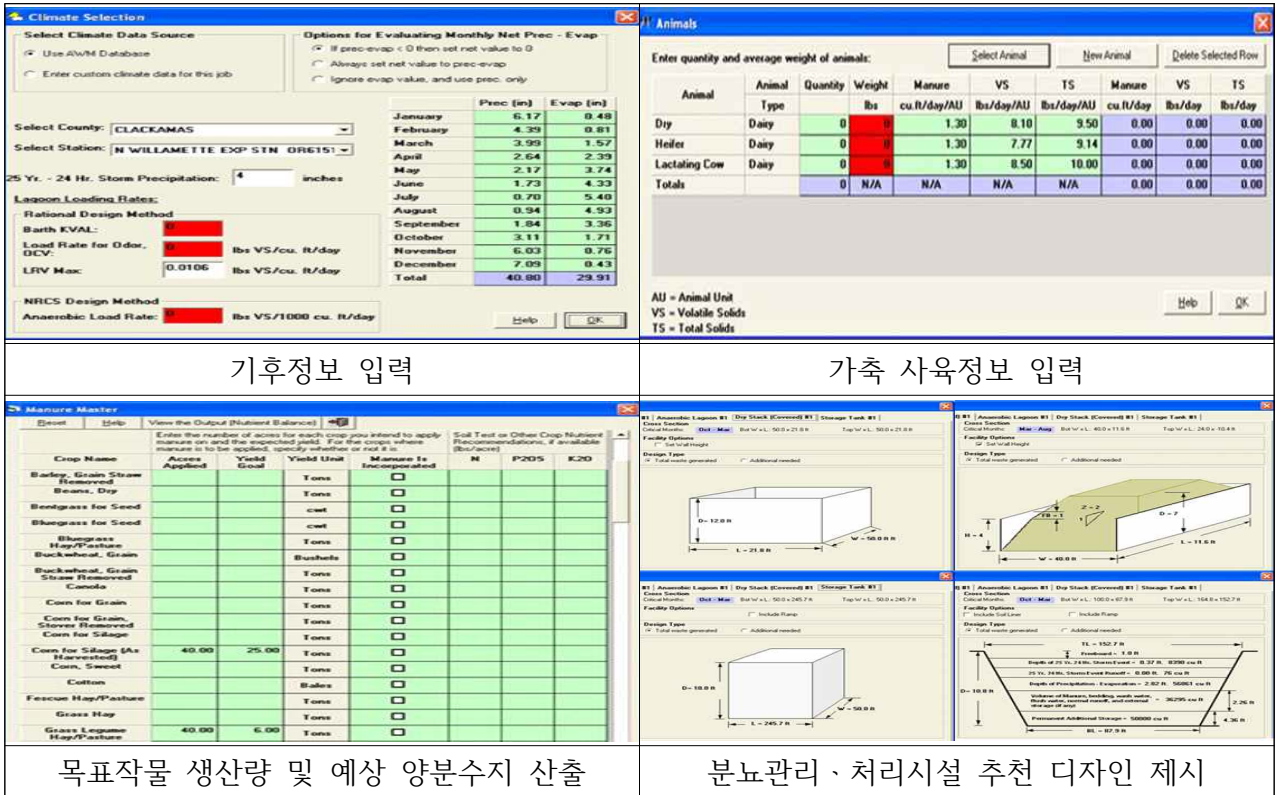
(2) 국외 가축분뇨 유래 양분관리 프로그램 S/W 도입 사례

(가) 미국 동물폐기물 관리 시스템 (Animal Waste Management systems, AWM)

- 수질의 보전을 위해 동물폐기물의 적절한 관리가 요구되며, 동물폐기물 관리의 핵심요소 중 하나로 적절한 폐기물 저장 및 처리시설의 설계가 있다. USDA와 NRCS에서 개발·보급하는 소프트웨어인 AWM은 웹사이트에서 다운받을 수 있으며 동물폐기물 저장·처리시설의 분석 및 설계를 지원한다.
- 세부적으로 AWM은 동물폐기물 관리시설과 관련된 계산을 제공하며 분뇨, 깔짚, 공정수 등의 예상 일일생산량을 이용하여 라군, 저장탱크 및 적층시설의 설계를 지원한다.
- 사용자가 입력한 농가정보와 지역의 기후 데이터를 기반으로 저장시설의 침전, 증발량 등을 산출할 수 있으며, 강수에 의한 유출량을 예측할 수 있다. 또한 가축분뇨 내 질소, 인, 칼륨 함량을 이용하여 재배되는 작물에 의해 사용되는 양분과 비교해 농경지의 총 양분수지를 계산하며, 이때 질소의 경우 침출, 탈질 및 휘발로 인한 예상 소실량을 고려하여 산출한다.

<표87> AWM의 입력정보 및 산출정보

| 양분관리 프로그램                     | 입력정보 |                                       | 산출정보            | 비고   |
|-------------------------------|------|---------------------------------------|-----------------|--|
| Animal Waste Management (AWM) | 기후   | -                                     | 강수량, 증발량        | -  |
|                               | 가축   | 축종, 가축무게, 분뇨농도                        | 일간 배설량, 일간 배설농도 | -  |
|                               | 지역   | 가축이 머문 위치 (착유실, 방목지 등), 머문시간, 분뇨 퇴적비율 | -               | ○ 가축의 사육기간 동안 가축분뇨의 퇴적위치를 기록                   |
|                               | 관리   | 분뇨처리경로(고액분리, 분뇨 이동경로 등)               | -               | ○ 분뇨처리의 순서를 3단계로 기록 (발생-이송-저장)                 |
|                               | 평가   | 분뇨 시비 유무, 분뇨 시비 면적, 작물의 목표수확량, 권장시비량  | 양분수지            | ○ 분뇨 속 질소, 인, 칼륨함량과 작물에 의해 사용되는 양분 사이의 밸런스를 계산 |
|                               | 설계   | 분뇨저장유형, 저장용량, 경사도 등                   | 저장시설 계략도        | -  |



기후정보 입력

가축 사육정보 입력

목표작물 생산량 및 예상 양분수지 산출

분뇨관리·처리시설 추천 디자인 제시

<그림24> AWM 소프트웨어의 각 기능별 모습

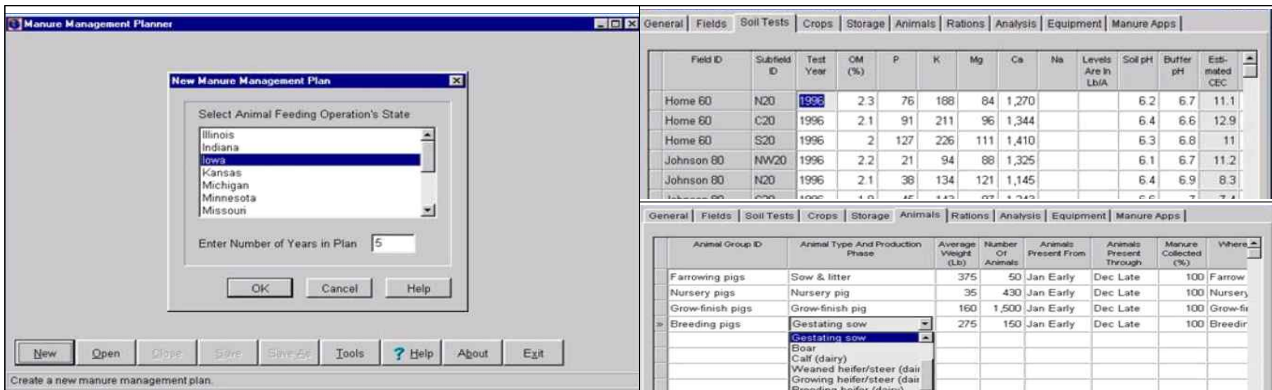
\*자료) 미국 농무성(USDA), go.usda.govZcr3

(나) 분뇨관리계획 (Manure Managment Planner, MMP)

- 퍼듀 대학에서 개발된 window 기반 소프트웨어인 MMP는 작물 생산과 가축의 사료 공급을 위한 분뇨관리 계획을 수립하는데 사용된다.
- 사용자는 토지의 운영·검정 정보(NO<sub>3</sub>-N, P, K, pH 등), 작물(종류, 면적 등), 가축분뇨의 저장 및 운용기기에 대한 정보를 입력하며, 가축분뇨의 총량, 토양, 해당 작물의 요구양분과 유·무기 양분 시비 요구량 등을 예측하여 사용자가 계획된 기간(1년에서 10년) 동안 분뇨를 언제, 어디에, 얼마나 적용할지 계획한다. 또한 실제 양분시비량을 기록·보관하여 사용자가 농장의 양분관리 현황에 대해 정확히 알 수 있도록 지원한다.
- MMP는 각 주나 NRCS의 지침을 기반으로 하여 분뇨시비 할당량을 제시함으로써 미국 대부분의 주 내 농가의 현재 가축사육 규모, 작물 재배면적, 계절적 토지 이용도, 분뇨저장 능력, 응용 장비가 환경적으로 안정적인 작물 생산에 적합한지 판단하는데 도움을 주어, 지속 가능한 축산이 가능하도록 한다.

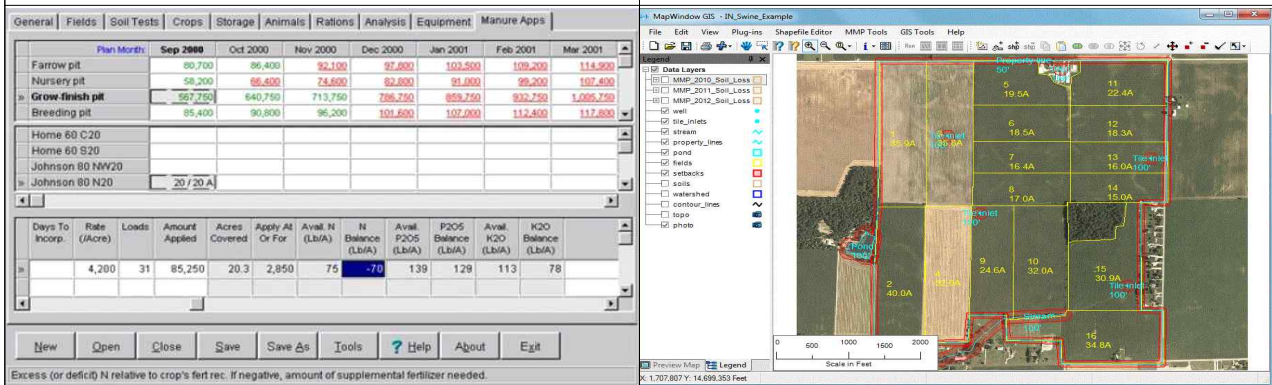
<표88> MMP의 입력정보 및 산출정보

| 양분관리 프로그램                    | 입력정보 |                                       | 산출정보                |
|------------------------------|------|---------------------------------------|---------------------|
| Manure Managmt Planner (MMP) | 토지정보 | 토지명(고유번호), 면적, 토질, 수로의 유무, 경사도 등      | -                   |
|                              | 위험요소 | 근처하천의 유무, 하천까지의 거리, 유출수 유무, 분뇨시비 빈도 등 | P Index, Risk Index |
|                              | 작물정보 | 재배작물, 콩과식물의 양, 수확량 등                  | 양분요구량, 시비량          |
|                              | 분뇨처리 | 분뇨저장 종류, 저장시설 용량, 분뇨저장량 등             | 저장시설 용량             |
|                              | 분석   | 사육단계, 사육두수, 분뇨수거율 등                   | 양분농도, 분뇨발생량         |



MMP 프로그램 시작화면 (주 선택)

토양정보 및 가축사육정보 입력



가축분뇨 발생량 및 시비시 토양의 양분수지

GIS + MMP tools

<그림25> AWM 소프트웨어의 각 기능별 모습

\*자료) www.purdue.edu/agrosoftware

### (3) 가축분뇨 양분관리 프로그램 S/W 기초 틀의 개발 및 모의실험

#### (가) 다양한 S/W 틀을 이용한 가축분뇨 양분관리 프로그램의 모의실험

- 가축분뇨 발생량을 정량적으로 예측하기 위하여 가축 사육두수를 다양한 S/W 틀 기반에서 입력하면 자동으로 가축분뇨 발생량을 산출하고, 이를 바탕으로 100평당 NPK 비료 3요소의 필요 소요량을 계산하는 등의 모의실험을 실시하였다<그림26>. 작물별 양분요구량 및 대상 농경지의 토양 양분현황 대입하면 액비를 살포할 농경지에 정확한 액비 시비량을 산출 할 수 있으며 본 연구에서는 다양한 S/W 틀 기반에서 가축분뇨 유래 양분수지 등을 산출하여 그 가능성을 제시하고자 하였다.
- 향후 정확한 파라미터의 통계데이터가 완성되면, 누구나 간단하게 언제 어디서나 다양한 S/W 틀 기반에서 가축분뇨 유래 양분수지 산출은 물론이고, 사용하고자 하는 대상 농경지에 대하여 액비 살포량 등을 자동으로 결정 할 수 있는 소프트웨어가 개발 될 수 있을 것으로 사료된다.

**퇴지 : NPK : 액비 자동 계산**

| 퇴지  | 질소    | 인산  | 칼륨  | 중질소 | 중인산 | 중칼륨 | 중질소 | 중인산 | 중칼륨   | 중질소  | 중인산    | 중칼륨 |
|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|--------|-----|
| 자른  | 26.4  | 0.5 | 0.8 | 1.3 | 58  | 25  | 40  | 65  | 293   | 163  | 2235   |     |
| 옥수수 | 59.4  | 1.6 | 2.4 | 4   | 58  | 80  | 120 | 200 | 92    | 52   | 30     |     |
| 비옥토 | 100.6 | 2.1 | 3.2 | 5.3 | 58  | 105 | 160 | 265 | 121.9 | 68.9 | 92.35  |     |
| 일신토 | 164.5 | 1.7 | 3.6 | 5.3 | 58  | 85  | 180 | 265 | 121.9 | 68.9 | 92.35  |     |
| 분양토 | 229.6 | 3.3 | 4.2 | 7.5 | 58  | 165 | 210 | 375 | 172.5 | 97.5 | 131.25 |     |

| INPUT | 질소    | 인산  | 칼륨  | 중질소 | 중인산 | 중칼륨 | 중질소 | 중인산 | 중칼륨   | 중질소  | 중인산    | 중칼륨 |
|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|--------|-----|
| 자른    | 26.4  | 0.5 | 0.8 | 1.3 | 58  | 25  | 40  | 65  | 293   | 163  | 2235   |     |
| 옥수수   | 59.4  | 1.6 | 2.4 | 4   | 58  | 80  | 120 | 200 | 92    | 52   | 30     |     |
| 비옥토   | 100.6 | 2.1 | 3.2 | 5.3 | 58  | 105 | 160 | 265 | 121.9 | 68.9 | 92.35  |     |
| 일신토   | 164.5 | 1.7 | 3.6 | 5.3 | 58  | 85  | 180 | 265 | 121.9 | 68.9 | 92.35  |     |
| 분양토   | 229.6 | 3.3 | 4.2 | 7.5 | 58  | 165 | 210 | 375 | 172.5 | 97.5 | 131.25 |     |

**가설 N P K => 자원화**

| INPUT Value | 질소   | 인산  | 칼륨     | 중질소 | 중인산 | 중칼륨 | 중질소 | 중인산 | 중칼륨 | 중질소 | 중인산 | 중칼륨 |
|-------------|------|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 50          | 16.5 | 25  | 120    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 100         | 36   | 40  | 106    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 80          | 32.8 | 64  | 98.05  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 100         | 49   | 210 | 168.75 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

| 비율  | 중질소  | 중인산  | 중칼륨  |
|-----|------|------|------|
| 60  | 2.94 | 1.98 | 1.62 |
| 100 | 5    | 1.1  | 1.8  |
| 150 | 6.15 | 1.8  | 4.65 |

농가 입력 정보

가축 종류: 돼지

본노 발생량: 93,440 (톤/년)

자른: 200 (두수) → 289,810 (톤/년)

옥수수: 200 (두수) → 389,820 (톤/년)

비옥토: 200 (두수) → 382,520 (톤/년)

일신토: 200 (두수) → 546,770 (톤/년)

분양토: 200 (두수) → 1,702,360 (톤/년)

고액 분리 방법: 원심분리기

분리 후 고형물 수분: 0 (%)

고액 분리 효율: 90 (%)

자른화 경로별 처리량: 759,038 (톤/년)

고액 분리 효율: 90 (%)

액비: 993,322 (톤/년)

자른화 경로별 발생량: 287,144 (톤/년)

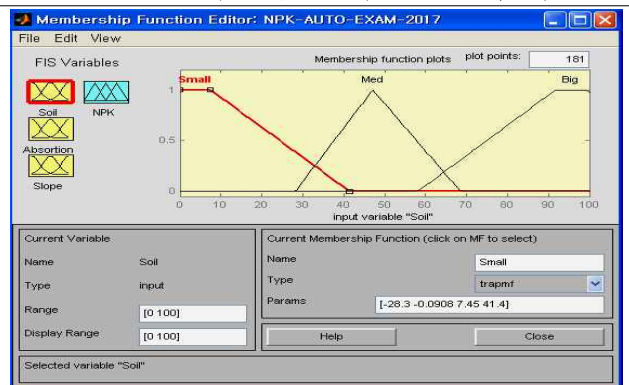
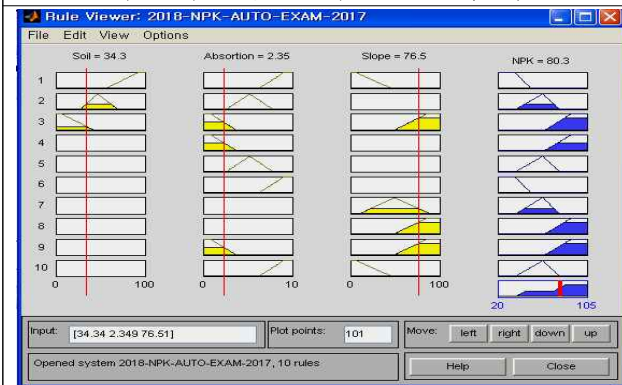
액비: 314,572 (톤/년)

자른화 양분량: N(톤/년) 5,066, P(톤/년) 1,453, K(톤/년) 3,509

액비 양분량: N(톤/년) 3,127, P(톤/년) 0,105, K(톤/년) 0,821

**엑셀 기반 양분관리 산출 모의실험**

**VISUAL C 기반 양분관리 산출 모의실험**



**Matlab Fuzzy 기반 양분관리 산출 모의실험1**

**Matlab Fuzzy 기반 양분관리 산출 모의실험2**

Rule Editor: NPK-AUTO-EXAM-2017

1. If (Soil is Big) or (Absorption is Big) or (Slope is Low) then (NPK is Small) (1)

2. If (Soil is Med) or (Absorption is Med) then (NPK is Average) (1)

3. If (Soil is Small) or (Absorption is Small) or (Slope is High) then (NPK is Big) (1)

4. If (Absorption is Small) then (NPK is Big) (1)

5. If (Absorption is Med) then (NPK is Average) (1)

6. If (Absorption is Big) then (NPK is Small) (1)

7. If (Slope is Medium) then (NPK is Average) (1)

8. If (Slope is High) then (NPK is Big) (1)

9. If (Absorption is Small) or (Slope is High) then (NPK is Big) (1)

10. If (Absorption is Big) or (Slope is Low) then (NPK is Average) (1)

상지대학교 NPK 자동계산

농장 정보: 인종번호, 출생연도, 품종, 성별, 사료방식, 여과방식, 온도조건, 습도조건

농장 형태: 농장주인, 연락처, 직기사향, 신장, 몸무게, 스트레스

**Matlab Fuzzy 기반 양분관리 산출 모의실험3**

**RFID 기반 양분관리 산출 모의실험**

상지대학교 NPK 추천 프로그램

비료 자동 추천 시스템

추천 비료: 중성 70% NPK 액비

스마트폰 + NPK 실험결과

**WEB 기반 양분관리 산출 모의실험**

**스마트폰 기반 양분관리 산출 모의실험**

**<그림26> 다양한 S/W 틀을 이용한 가축분뇨 양분관리 프로그램의 모의실험**

(나) Matlab Fuzzy S/W 틀을 이용한 가축분뇨 양분관리 프로그램의 모의실험 사례

- 퍼지규칙은 일반적으로 IF-THEN 형식으로 나타낼 수 있으며 퍼지추론(fuzzy inference)이란 어떤 주어진 규칙으로부터 새로운 관계나 사실을 유추해 나가는 일련의 과정이다. 퍼지측도 (fuzzy measure) 는 애매성의 양상을 표현할 수 있다.
- 가축분뇨 유래 양분수지 및 양분(NPK)의 시비량을 정확하게 산출하기 위해서 똑같은 농작물, 똑같은 평수에, NPK 시비량을 결정 할 경우에도 불구하고 경사도, 날씨조건, 토지 흡수율에 따라서 정확한 시비량이 어려울 경우에 퍼지규칙 및 통계기반 확률 데이터를 이용한 믿음값 을 이용한 최종 시비량 산출과정을 설명이 가능하다.

Rule : IF A is t1 THEN C is B2

(Fu)

fact : A is t1' (Fr)

conclusion : C is t2'

(FC)

A : 토양 흡수 상태

t1 : 경사도 / 날씨조건

C : 시비량 추론 결과

Fu : 규칙의 불확실성을 나타내는 fuzzy number

Fr : 사실의 불확실성을 나타내는 fuzzy number

FC : 결론의 불확실성을 나타내는 fuzzy number

V1, V2, V1', V2' : 값 (values)

여기서 Fu은 확신율 (CF) 로서 나타내며, Fr 은 가능척도로서 나타낸다.

후처리 RULE

IF Soil = High And

Slope= High And

Absorption = Med And

Then

NPK = CNF 70

- 상기의 CNF 70이란 RULE 의 확신도가 70%란 의미이다. 본 조건에서는 Soil(토양 조건) 및 Slope(기울기), Absortion(흡수율) 등을 가정하여 최적의 양분시비량의 신뢰도를 판단하게 된다. 이렇게 생성된 데이터는 일반적으로 IF-THEN 형식으로 나타낼 수 있으며 퍼지추론(fuzzy inference)이란 어떤 주어진 규칙으로부터 새로운 관계나 사실을 유추해 나가는 일련의 과정으로서 max-min 추론을 사용하였다. 또한 이러한 문제점을 해결기위해서 변수 3개를 고려해서 보다 정확한 가축분뇨 유래 양분시비량을 분석 하도록 시도하였다<표89>.

```

Input      :   x is A1 then y is B   AND R1
AND        :   IF x is A1 AND y is B1, THEN z is C1
OR         :   IF x is A2 OR y is B2, THEN z is C2
.....
NOT        :   IF x is An AND y is NOT Bn, THEN z is Cn

```

---

Conclusion : z is C결합함수

<표89> 가축분뇨 유래 양분시비량 판단 데이터

| 가축분뇨 유래 양분시비량 입력데이터 |                                   |
|---------------------|-----------------------------------|
| 변수1                 | SOIL pH 조건 Low, Med, High)        |
| 변수2                 | Absorption (흡수조건: Low, Med, High) |
| 변수3                 | SOIL SLOPE (Low, Med, High)       |

- MATABL TOOL에서 Fuzzy Inference System을 이용한 가축분뇨 유래 양분시비량 추천 모의 실험과정에서 사용한 규칙은 총 10개이며, 입력조건은 Soil(토양 조건) 및 Slope(기울기) Absortion (흡수율)을 고려하여, 출력 조건으로는 최적의 양분시비량을 산출하는 모의실험에 대한 결과를 도출하고자 하였다. 사용한 퍼지 멤버쉽 규칙은 3개이고, 출력 조건은 양분시비량 산출 1 개로 설정하였다.
- 실제로 INPUT 조건 중 분뇨 처리방법 및 저장기간에 따라 액비 내 질소(N) 성분은 증발 및 휘산 등으로 일정부분 감소하게 되는데, 본 모의실험에서는 저장조건, 수분함량, 온도조건, pH 조건 등 기타의 조건은 특별히 고려하지 않고 축사의 분뇨 관리 환경을 평균조건으로 가정하여 산출 했으므로 실제조건과의 오차가 20-30%이상 발생할 수 있을 것으로 예상된다.

- 입력조건 중 Soil(토양 조건)을 34%, Slope(기울기) 76%, Absortion(흡수율) 10단계 중에서 2단계로 산출 한 결과 토양상태를 고려한 최적의 양분시비량은 80%로 정상조건 50%에서 30% 상회한 시비량을 추천하는 과정이 나타났다.

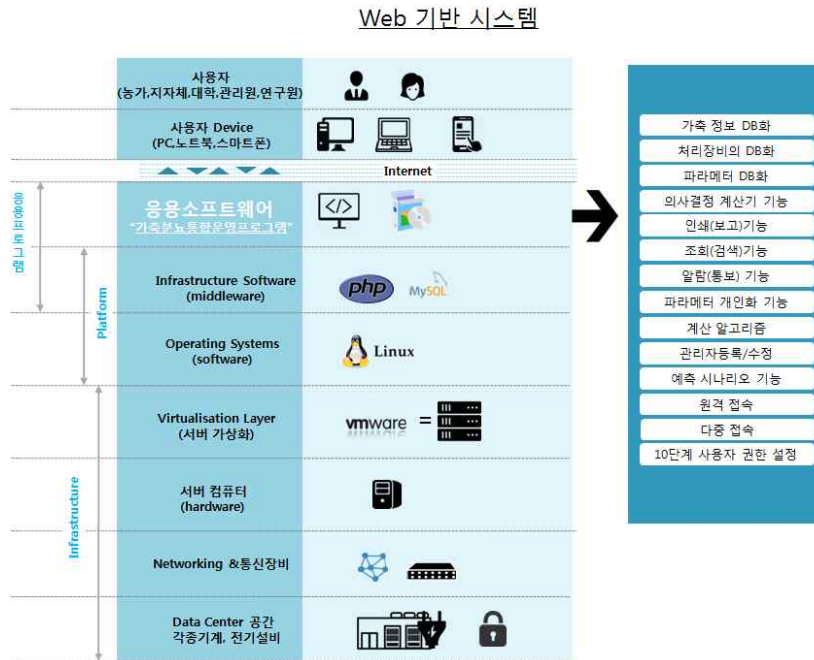
### (3) WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 개발

#### (가) WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 개발 목적 및 제작환경 조건

- 앞서 언급한바와 같이 가축분뇨 유래 양분관리 및 양분수지 산출시 예상되는 다양한 문제점들을 고려하여 지자체단위와 농가단위로 관내에 사육되고 있는 가축두수를 DB화하고, 축산농가가 보유하고 있는 분뇨처리시설을 세부적으로 DB화하여 처리과정에서 변화하는 값들을 파라미터로 관리하고 알고리즘화하여 농가단위로 발생량과 부하량을 웹기반으로 산출할 수 있는 시스템을 목표로 하였다.
- 자원화조직체와 가상의 지방자치단체의 한 리 단위로 양돈농가를 선정하여 분뇨의 발생과 운송, 고액분리 처리, 자원화, 양분의 발생 및 부하량 등을 데이터베이스화 하기위하여 모델링하고 파라미터를 적용하여 계산하는 방식을 소프트웨어 알고리즘을 적용하여 산정함으로써 향후, 지자체단위의 가축분뇨통합관리를 위한 소프트웨어제공의 기초를 마련하고자 하였다.
- 가축분뇨가 자원화 되는 과정에서 퇴액비의 양적산정과 양분(총질소, 총인) 산정을 함에 있어서 축산농가정보와 시설·장비정보를 웹 기술로 DB화함으로써 브라우저를 이용하여 연구자 및 관련자들이 정보를 쉽게 공유할 수 있도록 하고자 하였다.
- 연구를 수행하면서 각각 다양한 용어와 다양한 개념, 다양한 계수(파라미터)를 생산하였으며, 이를 다양한 틀을 이용하여 연구하여 왔다. 이 연구 결과물을 웹 데이터베이스로 일관되게 재구성함으로써 향후 웹 기반의 통합 서비스를 위한 기초를 마련하고자 한다.
- ‘가축분뇨통합관리프로그램’을 웹 기반으로 구축함으로써 지자체담당공무원, 국가환경부서 공무원, 대학 및 연구소 등의 연구 인력이 본 시스템을 사용하여 양분 발생에 미치는 다양한 파라미터를 적용해 봄으로써 부하량을 예측할 수 있는 시나리오를 운영해 볼 수 있다. 예를 들어 지자체 단위로 고액분리기의 분리효율을 검증하고 효율 높은 장비로 교체시 부하량 감소를 본 시스템의 예측시나리오를 이용하여 예측할 수 있다. 이는 지방자치단체뿐만아니라 국가적으로도 가능한 분야이다.



- 웹기반으로 구축함으로써 축산학계, 환경학계, 농가, 단체, 국가, 지방 등 관련자들이 정보를 공유하고 실시간으로 접근할 수 있도록 하며 신뢰할 수 있는 기반을 제공할 수 있다. 지속적인 업그레이드가 손쉬우며, 서버중심으로 운영되기 때문에 필요에 따라 개선하거나 고도화 하는 과정을 비교적 저비용으로 꾸준히 실현할 수 있다. 데이터베이스 측면에서도 데이터의 동적인 상태가 유지될 수 있다는 것이다.

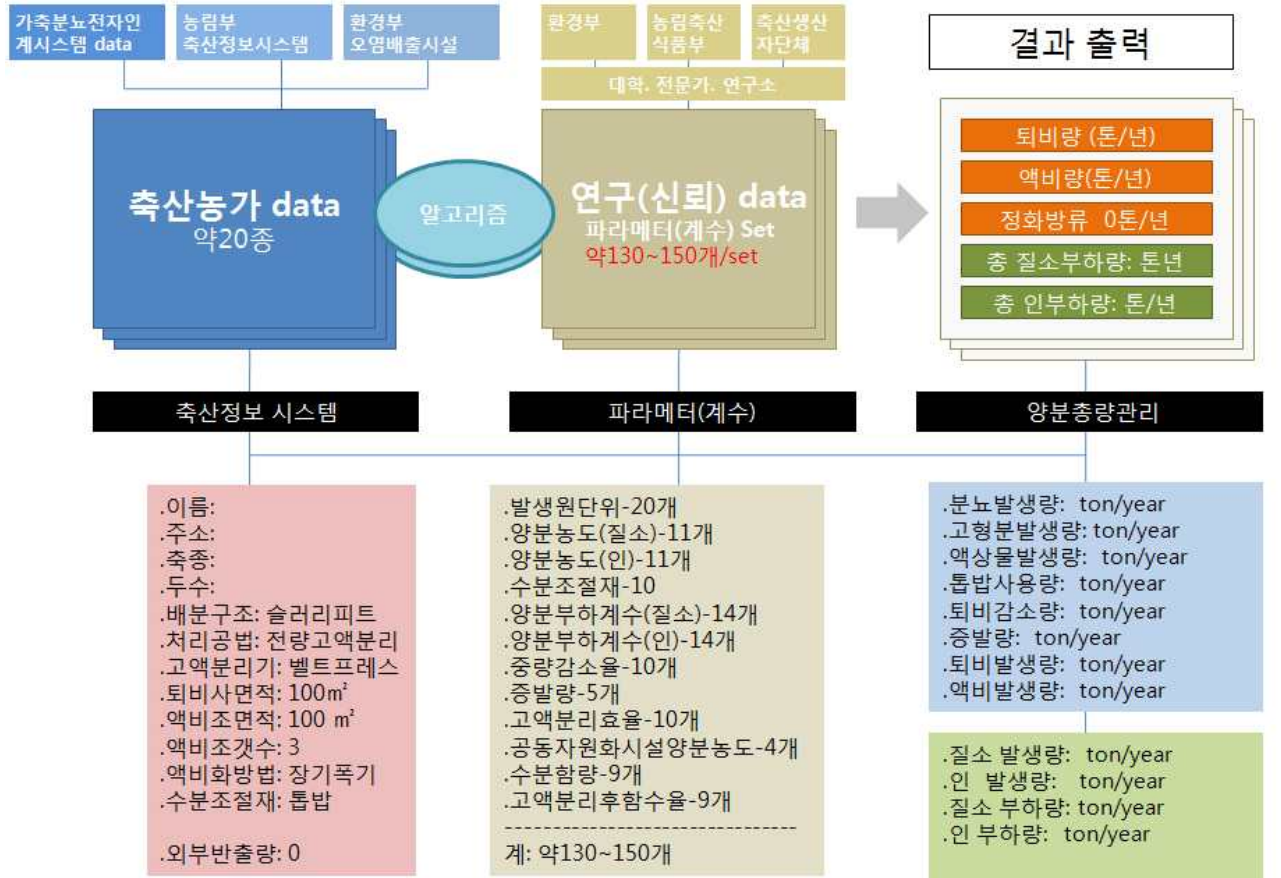


〈그림27〉 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 WEB기반 개요

**(나) WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 개발 구조**

- 시스템 제작을 위하여 축산농가 데이터와 연구자료(산정계수)를 계산하여 결과를 도출하는 과정을 시스템 흐름도를 작성하였다. 시스템 흐름도를 작성하는 과정에서 변수(variable)들을 찾고, 해당 변수들은 데이터베이스에 저장되어 변수마다 다른 결과를 출력할 수 있도록 해 준다.
- 〈그림28〉과 같이 축산농가의 축종, 두수, 처리공법 산정계수의 양분농도, 양분부화계수 등이 데이터베이스에 저장되어야 할 변수에 해당된다. 데이터베이스에 데이터를 저장하려면 데이터 모델링 작업이 필요하다. 모델링 작업은 농가정보, 산정계수, 결과 데이터 등 필수 변수들을 구조화 하여 데이터베이스를 구성하는 테이블을 생성하기 위한 작업이다.

## 농가정보와 130개 파라미터를 이용한 웹 DB 기반 시스템 개발 구조



〈그림28〉 WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 개발 구조

### (다) Database 설계

- 구축하고자하는 시스템은 기본적으로 축산환경관련 데이터를 구조화하여 정보로서의 가치를 가질수 있도록 데이터베이스화한 정보시스템이다. 데이터는 관찰이나 측정을 통해 현실 세계에서 수집한 사실(facts)이나 값을 말한다. 이에 비해 정보는 어떤 상황에서의 의사결정을 돕는 데이터의 유효한 해석이나 상호 관계를 말한다. 즉, 정보는 데이터를 처리해서 얻을 수 있는 결과라고 할 수 있다.
- 본 시스템은 가축분뇨처리와 관련한 수백가지의 데이터를 수집, 조직, 저장하고 필요한 정보를 생성, 분배하는 데이터베이스 시스템이다.
- 구축하고자 하는 ‘가축분뇨통합운영프로그램’은 가축분뇨와 관계된 이해 당사자(국가단위 환경 관련 부서, 지방자치환경부서, 축산관련부서, 대학, 연구소, 축산단체, 농가) 생성된 가치 있는 정보를 공유할 수 있도록 통합, 저장, 운영되는 데이터 집합이다.

### ① 실시간 접근성

- 수시로 접근하는 사용자 요구를 즉시 처리할 수 있도록 시스템으로 구축한다.

### ② 지속적인 변화

- 데이터베이스의 데이터는 끊임없이 갱신되며 도적인 상태를 유지한다. 즉 DB내의 데이터 내용들은 수시로 정확한 값을 유지하기 위해 사용자의 입력을 받아 데이터를 새로운 것으로 계속 갱신할 수 있어야 한다.

### ③ 동시공유

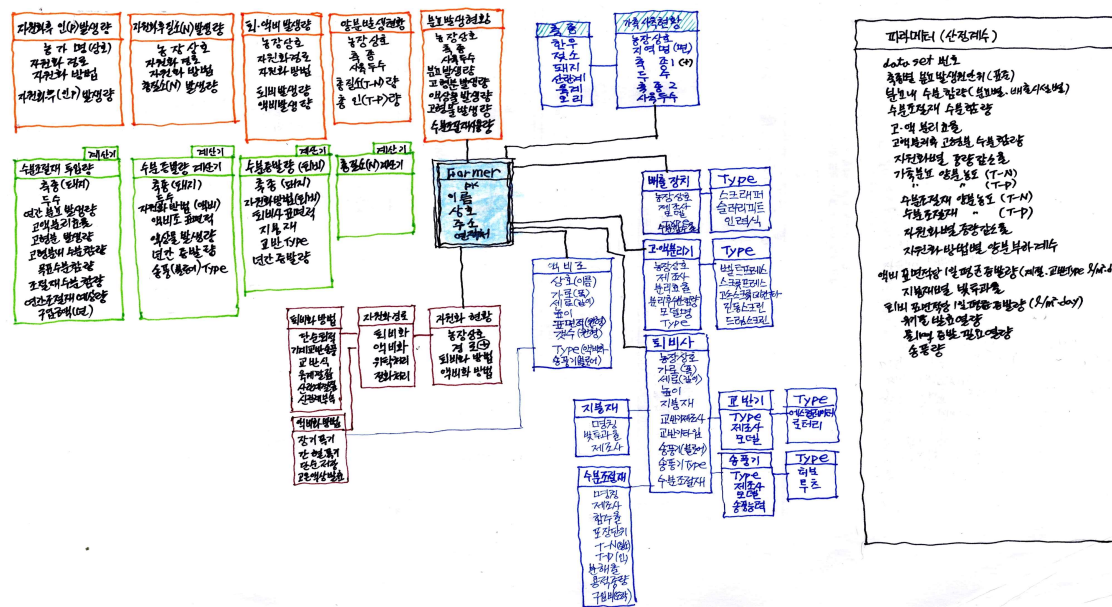
- DB는 서로 다른 목적으로 사용되기 때문에 동시에 여러 사람이 접근할 수 있어야 한다. 이를 동시공유라고 하며, 한 가지 목적으로만 접근하는 데이터와는 구분된다. 공유DB는 한 지역에서 기관의 사용자들을 넘어서 권한과 접근 허용에 따라 무한히 확대할 수 있는 동시공유성을 가진다.

### ④ 데이터 구현

- 상기와 같은 데이터베이스를 구축하기 위하여 ER다이어그램(ERD-Entity Relation Diagram)을 그려준 후 DDL(Data Definition Language)을 이용해 RDBMS에 데이터를 구현한다.
- <그림29>과 같이 논리 데이터 모델링으로 축산농가와 산정계수를 구성하는데 필요한 데이터를 작성하여 시스템에 적용가능여부를 판단하여 최종적으로 물리 데이터 모델링을 완성하고 데이터베이스를 구성한다.
- 데이터를 설계하면서 주의할 점은 데이터의 중복을 피하고, 데이터의 상황에 맞게 테이블을 만들고 정규화를 하면 된다. 이러한 과정이 데이터 모델링이다. 먼저 축산농가에서 발생된 분뇨를 처리하는 전 과정에 대한 언어적 전개를 한 후 이 설명에서 데이터로 될 것들을 모델링(추출)하는 과정으로 진행한다.

# ERD

가축분뇨 양분 통합 관리 by webonomics



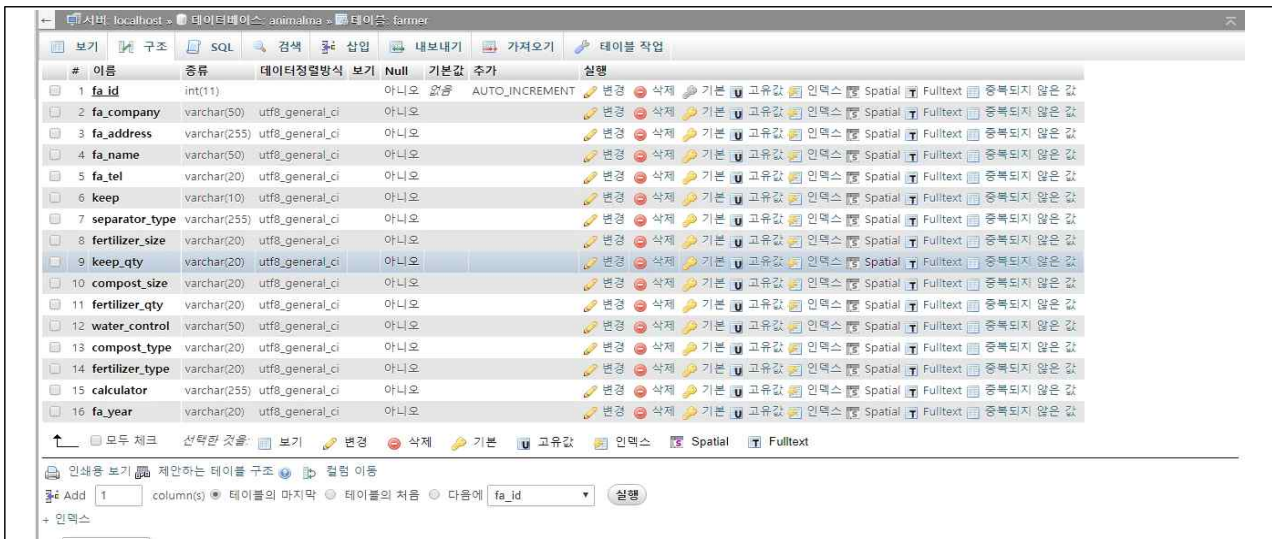
## 논리 데이터 모델링 (개념설정)



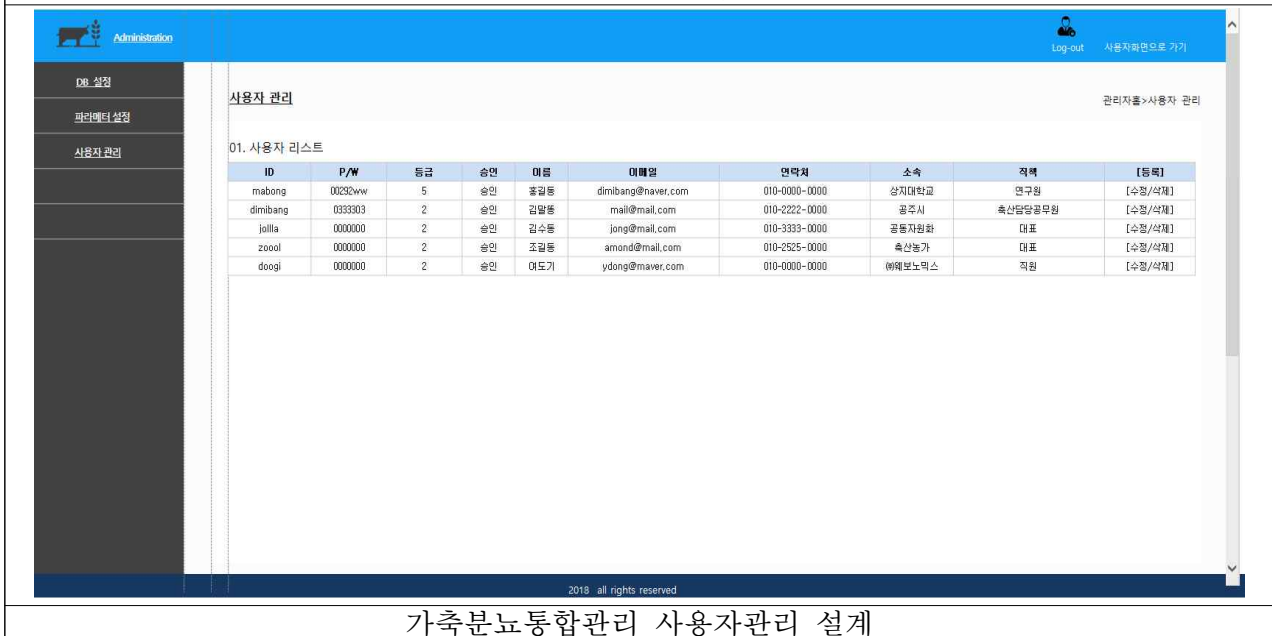
## 물리 데이터 모델링

<그림29> WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 데이터 모델링

- 데이터베이스 설계 완료 후 관리자 화면과 사용자 화면을 설계한다. <그림30>은 가축분뇨통합관리시스템에 접근할 수 있는 사용자를 관리하는 화면이다.
- 관리자, 농가, 연구원 등을 등록하여 권한에 맞게 접근가능하게 컨트롤 한다. 사용자가 직접 등록하여 관리자가 승인해주는 방법과 관리자가 직접 등록하는 방법이 가능하다. 파라미터 설정은 전문가들이 연구한 데이터를 시스템에 저장하는 공간이다. 여러 가지 데이터 값을 저장하여 표준값계산기에서 쉽게 적용하여 결과를 얻을 수 있도록 해준다.



### ERD 물리 데이터의 DB화

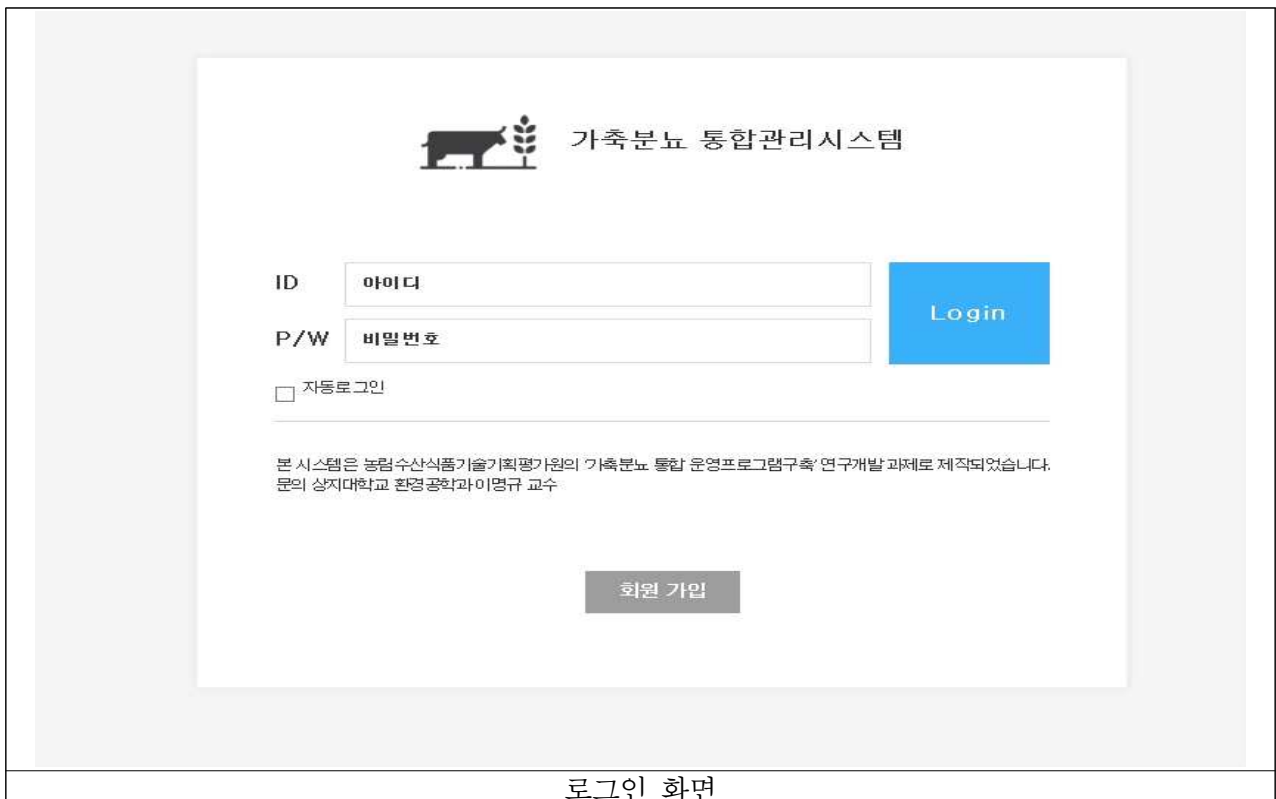


### 가축분뇨통합관리 사용자관리 설계

<그림30> WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 사용자 관리화면

### ⑤ 각 화면의 설계

- 파라미터설정은 전문가들이 연구한 데이터를 시스템에 저장하는 공간이다. 여러 가지 데이터 값을 저장하여 표준값계산기에서 쉽게 적용하여 결과를 얻을 수 있도록 해준다.
- DB설정은 축산농가의 축종, 시설환경 등을 시스템에 저장하는 공간이다. 새로운 장비나 처리 기술들이 추가 되는 경우 관리자에서 바로 추가 시스템에 적용되도록 한다.
- 사용자메인 화면에는 시스템에 저장한 데이터의 통합정보를 표와 그래프로 보여준다.
- 축산농가리스트는 농가정보를 시스템에 저장하는 공간이다. 농가정보를 수정,삭제가 가능하다.
- 표준값 계산기는 축산농가 정보와 파라미터 데이터 값을 선택하여 계산된 결과 값을 출력하고 저장한다. 저장된 파라미터 값을 그대로 사용가능 하며, 계산기에서 바로 파라미터 값을 수정하여 계산이 가능하다.



<그림31> WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 화면의 설계 및 구현

Administration Log-out 사용자면으로 가기

**DB 설정** | **파라미터 설정** | 사용자 관리

관리자홈 > parameter 설정

### 파라미터(parameter) 설정

01. 파라미터 데이터 셋(data Set)

| ID | Name          | [추가]    |
|----|---------------|---------|
|    | 환경부 2008년     | [수정/삭제] |
|    | 농축산식품부 2017년  | [수정/삭제] |
|    | 이명규 박사 연구 데이터 | [수정/삭제] |
|    | 공주시 2018년     | [수정/삭제] |

02. 파라미터(parameter) 설정

파라미터 데이터 셋(data Set) 선택: 환경부 2008년 ▼

| ID               | 분류   | Name            | Value | Unit   | Source    | [추가]    |
|------------------|------|-----------------|-------|--------|-----------|---------|
| D <sub>0-1</sub> | 한우 ▼ | 발생원단위(마뽏값) - 한우 | 13.7  | kg/day | 환경부 2008년 | [수정/삭제] |
|                  |      |                 |       |        |           | [수정/삭제] |
|                  |      |                 |       |        |           | [수정/삭제] |
|                  |      |                 |       |        |           | [수정/삭제] |

2018 all rights reserved

## 파라미터 설정 화면

Administration Log-out 사용자면으로 가기

**DB 설정** | 파라미터 설정 | 사용자 관리

관리자홈 > DB설정

### DB 설정

01. 축산농가(Farmers)

| ID | Name      | [추가]    |
|----|-----------|---------|
|    | 일련번호      | [수정/삭제] |
|    | 농장(업종)/상호 | [수정/삭제] |
|    | 대표자       | [수정/삭제] |
|    | 주소        | [수정/삭제] |
|    | 전화        | [수정/삭제] |

02. 축종분류(Animal type)

| ID | Name | 추가      |
|----|------|---------|
|    | 한우   | [수정/삭제] |
|    | 젖소   | [수정/삭제] |
|    | 돼지   | [수정/삭제] |
|    | 산란계  | [수정/삭제] |
|    | 육계   | [수정/삭제] |

03. 분뇨 분류(manure type)

| ID | Name   | 추가      |
|----|--------|---------|
|    | 분      | [수정/삭제] |
|    | 노      | [수정/삭제] |
|    | 세정수    | [수정/삭제] |
|    | 돼지 슬러리 | [수정/삭제] |

2018 all rights reserved

## DB 설정 화면

<그림31> 계속






[농가시설현황](#)
[분뇨발생](#)
[자원화](#)
[양분부하현황](#)
[잉여양분관리](#)
[의사결정지원](#)

---

가축분뇨 통합정보 < 2016 **2017** 2018 2019 2020 >

| 구분       | 한육우     | 젖소     | 돼지      | 닭         | 계         |
|----------|---------|--------|---------|-----------|-----------|
| 사육두수(마리) | 48,872  | 2,886  | 117,138 | 2,414,246 | 2,593,388 |
| 발생량(톤)   | 204,380 | 39,713 | 218,052 | 109,269   | 572,214   |
| 비율(%)    | 35.7    | 6.9    | 38.1    | 19.1      | 100.0     |
| 퇴비발생량(톤) |         |        |         |           |           |
| 액비발생량(톤) |         |        |         |           |           |

|     | T-N       | T-P       |
|-----|-----------|-----------|
| 발생량 | 30.32 ton | 13.35 ton |
| 부하량 | 15 ton    | 8 ton     |

**의사결정지원**

- 표준값 계산기
- 가축분뇨 발생량 계산기
- 수분조절재필요량 계산기
- 발효퇴비량 계산기
- 발효액비량 계산기
- 양분발생량 계산기
- 양분부하량 계산기

**보고서 출력**

**총질소**



**총인**



**연도별 분뇨 발생량**



2018. all rights reserved.

### 메인화면

#### 가축 사육농가 리스트

축산농가총수: 1,700호

| 관리번호      | 상호     | 축종 | 사육두수  | 배출량(kg/일) | 주소           | 연락처           | [등록]    |
|-----------|--------|----|-------|-----------|--------------|---------------|---------|
| 000002341 | 태성양돈   | 돼지 | 3,200 | 16,000    | 충청남도 공주시 계룡면 | 010-3538-0050 | [수정/삭제] |
| 000002340 | 홍성영농조합 | 돼지 | 1,201 | 8,000     | 충청남도 공주시 반포면 | 010-3538-0050 | [수정/삭제] |
| 000002339 | 땅살림 양돈 | 돼지 | 1,500 | 8,200     | 충청남도 공주시 의당면 | 010-3538-0050 | [수정/삭제] |
|           |        |    |       |           |              |               |         |
|           |        |    |       |           |              |               |         |
|           |        |    |       |           |              |               |         |
|           |        |    |       |           |              |               |         |
|           |        |    |       |           |              |               |         |
|           |        |    |       |           |              |               |         |
|           |        |    |       |           |              |               |         |
|           |        |    |       |           |              |               |         |
|           |        |    |       |           |              |               |         |
|           |        |    |       |           |              |               |         |
|           |        |    |       |           |              |               |         |
|           |        |    |       |           |              |               |         |

### 가축사육농가 리스트 화면

<그림31> 계속



농가-시설

표준값 계산기

DB설정

파라미터 설정

사용자 관리

(퇴지 슬러리 고-액분리 후 전량 자체처리방식)

### 퇴비·액비 및 양분 발생량 계산기

|       |                            |                        |                            |                      |                            |
|-------|----------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|
| 농장명   | <input type="text"/>       | 주소                     | <input type="text"/>       | <input type="text"/> | 주소검색                       |
| 대표    | <input type="text"/>       | 연락처                    | <input type="text"/>       | 연도                   | 선택하세요 <input type="text"/> |
| 축종    | 선택하세요 <input type="text"/> | 고액분리기                  | 선택하세요 <input type="text"/> | 액비조 표면적              | <input type="text"/>       |
| 두수    | <input type="text"/>       | 퇴비사면적(m <sup>2</sup> ) | <input type="text"/>       | 액비조 갯수               | <input type="text"/>       |
| 수분조질재 | 선택하세요 <input type="text"/> | 퇴비화 방법                 | 선택하세요 <input type="text"/> | 액비화 방법               | 선택하세요 <input type="text"/> |

Parameter Set을 선택하세요     파라미터 확인 및 수정하기    계산하기

### 양분발생량 계산기 입력화면

|       |       |                        |                   |                      |      |
|-------|-------|------------------------|-------------------|----------------------|------|
| 농장명   | 태성농장  | 주소                     | 3665              | 충남 공주시 이안면 이안로 120번지 | 주소검색 |
| 대표    | 김태성   | 연락처                    | 010 - 3538 - 0080 |                      |      |
| 축종    | 돼지    | 고액분리기                  | 벨트 프레스            | 액비조 표면적              | 100  |
| 두수    | 3,000 | 퇴비사면적(m <sup>2</sup> ) | 100               | 액비조 갯수               | 3    |
| 수분조질재 | 분말    | 퇴비화 방법                 | 교반/승층             | 액비화 방법               | 장기숙기 |

환경부 2008    파라미터 확인 및 수정하기    계산하기

#### 자원화 (ton/년)

| 분   | 톤     | 세정수   | 발생량 계 |
|-----|-------|-------|-------|
| 953 | 1,905 | 2,727 | 5,585 |

| 고형분(고-액분리 A) | 액상물(고-액분리) |
|--------------|------------|
| 977          | 4,607      |

| 퇴비화       |       | 액비화 |       |
|-----------|-------|-----|-------|
| 수분조질재량(B) | 204   | 액상물 | 4,607 |
| 고형물량(A+B) | 1,181 | 증발량 | 958   |
| 갈소량       | 756   |     |       |

|       |     |       |       |
|-------|-----|-------|-------|
| 퇴비발생량 | 425 | 액비발생량 | 3,649 |
|-------|-----|-------|-------|

#### 양분 부하 (ton/년)

| 발생량 T-N | 발생량 T-P |
|---------|---------|
| 30.32   | 13.35   |

| 고-액분리         | T-N   | T-P   |
|---------------|-------|-------|
| 고형물 양분(ton/년) | 16.41 | 11.42 |
| 액상물 양분(ton/년) | 16.22 | 3.59  |
| 계             | 32.63 | 15.02 |

| 양분 부하량(ton/년) |      |       |      |
|---------------|------|-------|------|
| T-N           |      | T-P   |      |
| 퇴비            | 액비   | 퇴비    | 액비   |
| 8             | 4.22 | 10    | 0.29 |
| 12.10         |      | 10.57 |      |

저장 하기

### 양분발생량 계산기 출력화면

<그림31> 계속

## (라) WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 파라미터 설계

### ① 파라미터의 개요

- 파라미터라는 용어는 본 ‘가축분뇨통합운영프로그램’을 개발하며 새롭게 도입한 개념이다. 파라미터라 함은 함수에서 결과를 도출하고자 할 때 정해진 상수와 같은 개념이다. 어떤 함수식의 변화를 관찰할 때, 일정단계에 선 파라미터를 상수로 간주하여 그 값을 고정시켜 놓고 함수식을 관찰한 다음, 다음 단계에서 그 값을 변화시켰을 때 함수식이 어떻게 달라지는가를 전자와 비교함으로써 파라미터의 함수식에서의 역할 내지 기능을 파악하는 것이다. 연구자에 따라 계수, 매개변수 등의 용어로 사용된다.

### ② 파라미터의 도입 필요성

- 본 ‘가축분뇨통합운영프로그램’을 개발하면서 축산환경학계 최초로 파라미터 개념을 도입하여 적용하며 향후 ‘파라미터’ 개념을 도입할 필요성은 다음과 같다.
- 가축 분뇨는 발생 후 고액분리, 증발, 휘산과 같은 물리적 처리과정과 미생물에 의한 호기성 발효나 혐기성 발효와 같은 미생물학적 처리과정을 거쳐서 자원화 되거나 정화 된다. 이러한 과정은 3~4주이상의 시간이 소요되며 약 10단계의 과정을 거치게 된다. 진행되는 단계 단계마다 변화하는 물성(BOD, TS, SS, 수분함유량)이나 성분(TN, TP 등) 등의 변화를 정확하게 계산하는 것이 본 프로그램의 목적으로 볼 때 투입량에 대하여 ‘물성이나 성분 등의 변화의 정도’를 분류하여 세부적으로 파라미터로 설정한 후 이를 적용하여 계산을 해 낼 수 있다.
- 파라미터와 같은 개념의 반영이 없다면 모든 농장 또는 시설마다 모든 처리과정에 대하여 변화값을 하나하나 측정하거나 계측하거나 측량하여 결과 값을 적용해야 하는데 이는 현실적으로 어려운 일이다.
- 예를 들어 고액분리기는 90%의 수분을 함유한 돈슬러리 원수를 고체와 액체로 분리하는데 분리 효율은 대체로 기계의 유형(압착식, 고속데칸터 등)에 따른다. 물론 제조사마다 조금의 효율성 차이가 있을 수 있으며, 기계의 가동연수에 따라 효율에 차이가 있지만 유형에 따른 ‘분리효율값’을 업계의 평균값을 연구를 통하여 설정할 수 있다.

### ③ 파라미터의 객관성과 설정주체

- 가축분뇨가 미생물의 유기물 분해, 질산화, 탈질화, 암모니휘발, 침출수 등의 물리적 변화와 생물학적 변화를 거치면서 양적으로 무게나 부피가 줄면서 퇴비화 되거나 액비화가 진행 된다. 한편 환경에 부하를 주는 물질로서 질소(TN)나 인(TP)은 이 과정에서 그 양이 줄어들 게 된다.
- 따라서 축종별, 자원화방법별, 자원화단계별, 사양관행에 따라 얼마가 소실되는가를 결정하 는 것은 매우 민감한 문제가 된다. 어떤 값을 적용하느냐에 따라 결과에 큰 차이가 있을 수 있기 때문이다. 파라미터 종류를 몇 개로 할 것인가, 그 값을 누가 결정하며 그 값에 대한 객관성을 어떻게 확보할 것인가에 대하여 축산농가, 환경부서, 지자체, 단체 등의 공동연구 와 합의가 필요하다.

### ④ 파라미터의 종류와 적용

- 본 프로그램 개발하여 사용되는 파라미터는 축종별, 자원화별 세부단위로 약 120개에 이른다. 이러한 파라미터를 웹 DBMS(데이터베이스관리시스템)에 각각의 값을 테이블로 DB화 할 뿐 아니라, 이를 세트(set)화 하고 권한에 따라 세트에 대한 접근권을 부여함으로써 개인화 한다. 이렇게 함으로써 연구자는 자신만의 값을 set에서 선택하여 적용할 수 있게 함으로써 본 시스템을 개인화하여 사용할 수 있으며, 이를 통하여 예측 시나리오를 구성하기 쉽도록 하였다<그림32>.

<그림32> WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 파라미터 설정 화면

④ 파라미터의 적용에 따른 농가 및 지자체의 효용성

- 양분총량제가 시행될 경우 관리 주체는 지방자치단체가 될 것이다. 본 파라미터의 Set기능과 개인화 기능을 활용할 경우 값에 변동을 줌으로써 년도별 변화의 추이를 볼 수 있으며, 지역단위별로 시설변경에 따른 부하량 감소와 증가를 예측할 수 있다. 이를 바탕으로 농가의 가축분뇨 시설과 장치를 효율적으로 관리할 수 있으며 부하량 개선을 위한 예산을 수립할 수 있다.

⑤ 파라미터의 적용에 따른 시나리오 분석 및 성능개선

- 고액분리기를 제조하는 회사나 퇴비화시설, 호기성 바효조를 시설하는 업체는 본 파라미터 Set기능을 활용하여 장비가 적용되는 축산 농가 현장에서 예상되는 값들을 미리 시나리오화해 볼 수 있다. 이는 연구자들에게도 마찬가지로 적용할 수 있다.

④ 파라미터의 영역과 명칭, 단위, 값 및 출처

<표90> 파라미터의 영역 및 구분

| 파라미터 영역     | 구분   |
|-------------|--|
| 발생원단위 (대표값) | 1. 한우  |
| 발생원단위(분)    | 2. 젓소  |
| 발생원단위(뇨)    | 3. 돼지  |
| 발생원단위(세정수)  | 4. 산란계   |
|             | 5. 육계  |
| 양분농도(N)     | 양분농도(한우-분-T-N)<br>양분농도(한우-뇨+세정수-T-N)<br>양분농도(한우+분+뇨+세정수-T-N)<br>양분농도(젓소-분-T-N)<br>양분농도(젓소-뇨+세정수-T-N)<br>양분농도(젓소-분+뇨+세정수-T-N)<br>양분농도(돼지-분-T-N)<br>양분농도(돼지-뇨+세정수-T-N)<br>양분농도(돼지-분+뇨+세정수-T-N))<br>양분농도(돼지-슬러리-T-N)<br>양분농도(액상물 벨트프레스 T-N) |
| 양분농도(P)     | 양분농도(한우-분-T-P)<br>양분농도(한우-뇨+세정수-T-P)<br>양분농도(한우+분+뇨+세정수-T-P)   |

|           |  |
|-----------|--|
|           | <p>양분농도(젓소-분-T-P)</p> <p>양분농도(젓소-뇨+세정수-T-P)</p> <p>양분농도(젓소-분+뇨+세정수-T-P)</p> <p>양분농도(돼지-분-T-P)</p> <p>양분농도(돼지-뇨+세정수-T-P)</p> <p>양분농도(돼지-분+뇨+세정수-T-P))</p> <p>양분농도(돼지-슬러리-T-P)</p> <p>양분농도(액상물 벨트프레스 T-N)</p>  |
| 수분조절재     | <p>수분조절재양분농도(톱밥-T-N)</p> <p>수분조절재양분농도(톱밥-T-P)</p> <p>수분조절재양분농도(왕겨-T-N)</p> <p>수분조절재양분농도(왕겨-T-P)</p> <p>수분조절재혼합 목표수분</p> <p>톱밥 수분함량</p> <p>왕겨수분함량</p> <p>분쇄왕겨수분함량</p>   |
| 양분부하계수(N) | <p>양분부하계수(한우-T-N)</p> <p>양분부하계수(젓소-T-N)</p> <p>양분부하계수(돼지고상-교반/송풍-T-N)</p> <p>양분부하계수(돼지고상-교반-T-N)</p> <p>양분부하계수(돼지고상-평균-T-N)</p> <p>양분부하계수(돼지액상-장기폭기-T-N)</p> <p>양분부하계수(돼지액상-간헐폭기-T-N)</p> <p>양분부하계수(돼지액상-단순저장-T-N)</p> <p>양분부하계수(돼지액상-평균-T-N)</p> <p>양분부하계수(육계갈짚-T-N)</p> <p>양분부하계수(산란계갈짚-T-N)</p> <p>양분부하계수(산란계건조-T-N)</p> <p>양분부하계수(산란계부숙-T-N)</p> <p>양분부하계수(가금평균 T-N)</p> |
| 양분부하계수(P) | <p>양분부하계수(한우-T-P)</p> <p>양분부하계수(젓소-T-p)</p> <p>양분부하계수(돼지고상-교반/송풍-T-P)</p> <p>양분부하계수(돼지고상-교반-T-P)</p> <p>양분부하계수(돼지고상-평균-T-P)</p> <p>양분부하계수(돼지액상-장기폭기-T-P)</p> <p>양분부하계수(돼지액상-간헐폭기-T-P)</p> <p>양분부하계수(돼지액상-단순저장-T-P)</p> <p>양분부하계수(돼지액상-평균-T-P)</p> <p>양분부하계수(육계갈짚-T-P)</p> <p>양분부하계수(산란계갈짚-T-P)</p> <p>양분부하계수(산란계건조-T-P)</p> <p>양분부하계수(산란계부숙-T-P)</p> <p>양분부하계수(가금평균 T-P)</p> |

|              |   |
|--------------|---|
| 중량감소율        | <p>중량감소율(한우-퇴비화-단순퇴적)</p> <p>중량감소율(젓소-퇴비화-단순퇴적)</p> <p>중량감소율(돼지-퇴비화-교반/송풍)</p> <p>중량감소율(돼지-퇴비화-교반)</p> <p>중량감소율(돼지-퇴비화-교반)</p> <p>중량감소율(가금-퇴비화-육계깔짚)</p> <p>중량감소율(가금-퇴비화-산란계깔짚)</p> <p>중량감소율(가금-퇴비화-산란계건조)</p> <p>중량감소율(가금-퇴비화-산란계부숙)</p> <p>중량감소율(가금-퇴비화-평균)</p> |
| 증발량          | <p>증발량(돼지-액비화-장기폭기)</p> <p>증발량(돼지-액비화-간헐폭기)</p> <p>증발량(돼지-액비화-단순저장)</p> <p>증발량(돼지-액비화-평균)</p> <p>증발율(돼지-액비화-연간증발율)</p>  |
| 고·액분리효율      | <p>고·액분리효율(벨트프레스)</p> <p>고·액분리효율(스크류프레스)</p> <p>고·액분리효율(고속스크류데칸터)</p> <p>고·액분리효율(저속스크류데칸터)</p> <p>고·액분리효율(진동스크린)</p> <p>고·액분리효율(드럼스크린)</p> <p>고·액분리효율(경사스크린)</p>  |
| 공동자원화시설 양분농도 | <p>공동자원화시설 퇴비의 양분농도(T-N)</p> <p>공동자원화시설 퇴비의 양분농도(T-P)</p> <p>공동자원화시설 액비의 양분농도(T-N)</p> <p>공동자원화시설 액비의 양분농도(T-P)</p>   |
| 수분함량         | <p>수분함량(한우-분)</p> <p>수분함량(한우-뇨)</p> <p>수분함량(젓소-분)</p> <p>수분함량(젓소-뇨)</p> <p>수분함량(돼지-분)</p> <p>수분함량(돼지-뇨)</p> <p>수분함량(돼지 슬러리)</p> <p>수분함량(돼지 스크래퍼 분)</p> <p>수분함량(돼지 스크래퍼 뇨)</p>   |
| 고액분리후함수율     | <p>고액분리후함수율(벨트프레스)</p> <p>고액분리후함수율(스크류프레스)</p> <p>고액분리후함수율(고속스크류데칸터)</p> <p>고액분리후함수율(저속스크류데칸터)</p> <p>고액분리후함수율(진동스크린)</p> <p>고액분리후함수율(드럼스크린)</p> <p>고액분리후함수율(경사스크린)</p>   |

<표91> 파라미터의 세부 수치(값)의 설정 및 Set화 예시

| 기호                 | 분류  | 파라미터명                | value  | 단위     | 출처       |
|--------------------|-----|----------------------|--------|--------|----------|
| D <sub>0-1</sub>   | 한우  | 발생원단위(대푯값) - 한우      | 13.7   | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>0-2</sub>   | 젓소  | 발생원단위(대푯값) - 젓소      | 37.7   | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>0-3</sub>   | 돼지  | 발생원단위(대푯값)-돼지        | 5.1    | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>0-4</sub>   | 산란계 | 발생원단위(대푯값)-산란계       | 0.1247 | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>0-5</sub>   | 육계  | 발생원단위(대푯값)-육계        | 0.085  | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>1-1</sub>   | 한우  | 발생원단위(분)-한우          | 8      | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>1-2</sub>   | 젓소  | 발생원단위(분)-젓소          | 19.2   | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>1-3</sub>   | 돼지  | 발생원단위(분)-돼지          | 0.87   | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>1-4</sub>   | 산란계 | 발생원단위(분)-산란계         | 0.1247 | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>1-5</sub>   | 육계  | 발생원단위(분)육계           | 0.0855 | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>2-1</sub>   | 한우  | 발생원단위(뇨)-한우          | 5.7    | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>2-2</sub>   | 젓소  | 발생원단위(뇨)젓소           | 10.9   | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>2-3</sub>   | 돼지  | 발생원단위(뇨)-돼지          | 1.74   | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>2-4</sub>   | 산란계 | 발생원단위(뇨)-산란계         | 0      | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>2-5</sub>   | 육계  | 발생원단위(뇨)-육계          | 0      | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>3-1</sub>   | 한우  | 발생원단위(세정수)-한우        | 0      | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>3-2</sub>   | 젓소  | 발생원단위(세정수)-젓소        | 7.6    | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>3-3</sub>   | 돼지  | 발생원단위(세정수)-돼지        | 2.49   | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>3-4</sub>   | 산란계 | 발생원단위(세정수)-산란계       | 0      | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>3-5</sub>   | 육계  | 발생원단위(세정수)-육계        | 0      | kg/day | 환경부2008  |
| D <sub>5-1-1</sub> | 한우  | 양분농도(한우-분-T-N)       | 0.96   | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-1-2</sub> | 한우  | 양분농도(한우-분-T-P)       | 0.408  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-1-3</sub> | 한우  | 양분농도(한우-뇨+세정수-T-N)   | 0.702  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-1-4</sub> | 한우  | 양분농도(한우-뇨+세정수-T-p)   | 0.061  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-1-5</sub> | 한우  | 양분농도(한우+분+뇨+세정수-T-N) | 0.853  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-1-6</sub> | 한우  | 양분농도(한우-분+뇨+세정수-T-p) | 0.264  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-2-1</sub> | 젓소  | 양분농도(젓소-분-T-N)       | 0.512  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-2-2</sub> | 젓소  | 양분농도(젓소-분-T-P)       | 0.24   | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-2-3</sub> | 젓소  | 양분농도(젓소-뇨+세정수-T-N)   | 0.343  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-2-4</sub> | 젓소  | 양분농도(젓소-뇨+세정수-T-P)   | 0.058  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-2-5</sub> | 젓소  | 양분농도(젓소-분+뇨+세정수-T-N) | 0.429  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-2-6</sub> | 젓소  | 양분농도(젓소-분+뇨+세정수-T-P) | 0.15   | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-3-1</sub> | 돼지  | 양분농도(돼지-분-T-N)       | 1.471  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-3-2</sub> | 돼지  | 양분농도(돼지-분-T-P)       | 1.023  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-3-3</sub> | 돼지  | 양분농도(돼지-뇨+세정수-T-N)   | 0.352  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-3-4</sub> | 돼지  | 양분농도(돼지-뇨+세정수-T-P)   | 0.078  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-3-5</sub> | 돼지  | 양분농도(돼지-분+뇨+세정수-T-N) | 0.543  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-3-6</sub> | 돼지  | 양분농도(돼지-분+뇨+세정수-T-P) | 0.239  | %      | 환경부 2008 |
| D <sub>5-4-1</sub> | 돼지  | 양분농도(돼지-슬러리-T-N)     | 0.386  | %      | 2002 농림부 |
| D <sub>5-4-2</sub> | 돼지  | 양분농도(돼지-슬러리-T-P)     | 0.204  | %      | 2002 농림부 |
| D <sub>5-4-3</sub> | 돼지  | 양분농도(액상물벨트프레스 T-N)   | 0.4631 | %      | 상지대학교    |
| D <sub>5-4-4</sub> | 돼지  | 양분농도(액상물벨트프레스 T-P)   | 0.0137 | %      | 상지대학교    |
| D <sub>7-1</sub>   |     | 수분조절재양분농도(툽밥-T-N)    | 1.2    | %      | 추정       |
| D <sub>7-2</sub>   |     | 수분조절재양분농도(툽밥-T-P)    | 0.7    | %      | 추정       |
| D <sub>7-3</sub>   |     | 수분조절재양분농도(왕겨-T-N)    | 0.9    | %      | 추정       |
| D <sub>7-4</sub>   |     | 수분조절재양분농도(왕겨-T-P)    | 0.2    | %      | 추정       |
| D <sub>7-5</sub>   |     | 수분조절재혼합 목표수분         | 65     | %      | 추정       |
| D <sub>7-6</sub>   |     | 툽밥 수분함량              | 17     | %      | 추정       |
| D <sub>7-7</sub>   |     | 왕겨 수분함량              | 16     | %      | 추정       |
| D <sub>7-8</sub>   |     | 분쇄왕겨수분함량             | 16     | %      | 추정       |

|        |     |                        |           |                        |               |
|--------|-----|------------------------|-----------|------------------------|---------------|
| D7-9   |     | 톱밥평균구입가격(도착)           | 230,000   | 원                      | 추정            |
| D8-1   | 한우  | 양분부하계수(한우-T-N)         | 0.31      |                        | 강원대학 2011     |
| D8-2   | 한우  | 양분부하계수(한우-T-P)         | 0.6       |                        | 강원대학 2012     |
| D8-3   | 젓소  | 양분부하계수(젓소-T-N)         | 0.6       |                        | 강원대학 2013     |
| D8-4   | 젓소  | 양분부하계수(젓소-T-P)         | 0.66      |                        | 강원대학 2014     |
| D8-5   | 돼지  | 양분부하계수(돼지고상-교반/송풍-T-N) | 0.48      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-6   | 돼지  | 양분부하계수(돼지고상-교반/송풍-T-P) | 0.9       |                        | 강원대학 2015     |
| D8-7   | 돼지  | 양분부하계수(돼지고상-교반-T-N)    | 0.69      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-8   | 돼지  | 양분부하계수(돼지고상-교반-T-P)    | 0.94      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-9   | 돼지  | 양분부하계수(돼지고상-평균-T-N)    | 0.59      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-10  | 돼지  | 양분부하계수(돼지고상-평균-T-P)    | 0.95      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-11  | 돼지  | 양분부하계수(돼지액상-장기폭기-T-N)  | 0.26      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-12  | 돼지  | 양분부하계수(돼지액상-장기폭기-T-P)  | 0.08      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-13  | 돼지  | 양분부하계수(돼지액상-간헐폭기-T-N)  | 0.52      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-14  | 돼지  | 양분부하계수(돼지액상-간헐폭기-T-P)  | 0.15      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-15  | 돼지  | 양분부하계수(돼지액상-단순저장-T-N)  | 0.67      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-16  | 돼지  | 양분부하계수(돼지액상-단순저장-T-P)  | 0.91      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-17  | 돼지  | 양분부하계수(돼지액상-평균-T-N)    | 0.48      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-18  | 돼지  | 양분부하계수(돼지액상-평균-T-P)    | 0.38      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-19  | 육계  | 양분부하계수(육계갈짚-T-N)       | 0.31      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-20  | 육계  | 양분부하계수(육계갈짚-T-P)       | 0.22      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-21  | 산란계 | 양분부하계수(산란계갈짚-T-N)      | 0.79      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-22  | 산란계 | 양분부하계수(산란계갈짚-T-P)      | 0.67      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-23  | 산란계 | 양분부하계수(산란계건조-T-N)      | 0.33      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-24  | 산란계 | 양분부하계수(산란계건조-T-P)      | 0.47      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-25  | 산란계 | 양분부하계수(산란계부숙-T-N)      | 0.44      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-26  | 산란계 | 양분부하계수(산란계부숙-T-P)      | 0.48      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-27  | 산란계 | 양분부하계수(가금평균 T-N)       | 0.47      |                        | 강원대학 2015     |
| D8-28  | 산란계 | 양분부하계수(가금평균 T-P)       | 0.46      |                        | 강원대학 2015     |
| D10-1  | 한우  | 중량감소율(한우-퇴비화-단순퇴적)     | 81        | %                      | 강원대학 2015     |
| D10-2  | 젓소  | 중량감소율(젓소-퇴비화-단순퇴적)     | 68        | %                      | 강원대학 2015     |
| D10-3  | 돼지  | 중량감소율(돼지-퇴비화-교반/송풍)    | 64        | %                      | 강원대학 2015     |
| D10-4  | 돼지  | 중량감소율(돼지-퇴비화-교반)       | 63        | %                      | 강원대학 2015     |
| D10-5  | 돼지  | 중량감소율(돼지-퇴비화-평균)       | 63.5      | %                      | 강원대학 2015     |
| D10-10 | 육계  | 중량감소율(가금-퇴비화-육계갈짚)     | 86        | %                      | 강원대학 2015     |
| D10-11 | 산란계 | 중량감소율(가금-퇴비화-산란계갈짚)    | 67        | %                      | 강원대학 2015     |
| D10-12 | 산란계 | 중량감소율(가금-퇴비화-산란계건조)    | 64        | %                      | 강원대학 2015     |
| D10-13 | 산란계 | 중량감소율(가금-퇴비화-산란계부숙)    | 78        | %                      | 강원대학 2015     |
| D10-14 | 산란계 | 중량감소율(가금-퇴비화-평균)       | 73.8      | %                      | 강원대학 2015     |
| D11-1  | 돼지  | 증발량(돼지-액비화-장기폭기)       | 8.75      | l / m <sup>2</sup> · 일 | 강원대학 2015     |
| D11-2  | 돼지  | 증발량(돼지-액비화-간헐폭기)       | 7.27      | l / m <sup>2</sup> · 일 | 강원대학 2015     |
| D11-3  | 돼지  | 증발량(돼지-액비화-단순저장)       | 5.14      | l / m <sup>2</sup> · 일 | 강원대학 2015     |
| D11-4  | 돼지  | 증발량(돼지-액비화-평균)         | 7.05      | l / m <sup>2</sup> · 일 | 강원대학 2015     |
| D11-5  | 돼지  | 증발율(돼지-액비화-연간증발율)      | 0.18      | %                      | 충남대 2017      |
| D13-1  | 돼지  | 고 · 액분리효율(벨트프레스)       | 35        | %                      | 추정            |
| D13-2  | 돼지  | 고 · 액분리효율(스크류프레스)      | 20        | %                      | 추정            |
| D13-3  | 돼지  | 고 · 액분리효율(고속스크류데칸터)    | 40        | %                      | 추정            |
| D13-4  | 돼지  | 고 · 액분리효율(저속스크류데칸터)    | 28        | %                      | 추정            |
| D13-5  | 돼지  | 고 · 액분리효율(진동스크린)       | 30        | %                      | 추정            |
| D13-6  | 돼지  | 고 · 액분리효율(드럼스크린)       | 20        | %                      | 추정            |
| D13-7  | 돼지  | 고 · 액분리효율(경사스크린)       | 23        | %                      | 추정            |
| D14-1  |     | 공동자원화시설 퇴비의 양분농도(T-N)  | 0.9~2.27  | %                      | 충남대 2017 16개소 |
| D14-2  |     | 공동자원화시설 퇴비의 양분농도(T-P)  | 1.17~3.28 | %                      | 충남대 2017 17개소 |
| D14-3  |     | 공동자원화시설 액비의 양분농도(T-N)  | 0.34~0.57 | %                      | 충남대 2017 18개소 |



|                   |    |                       |           |   |               |
|-------------------|----|-----------------------|-----------|---|---------------|
| D <sub>14-4</sub> |    | 공동자원화시설 액비의 양분농도(T-P) | 0.05~0.13 | % | 충남대 2017 19개소 |
| D <sub>16-1</sub> | 한우 | 수분함량(한우-분)            | 80.8      | % | 최선화 2006      |
| D <sub>16-2</sub> | 한우 | 수분함량(한우-뇨)            | 95.4      | % | 최선화 2007      |
| D <sub>16-3</sub> | 젓소 | 수분함량(젓소-분)            | 83.9      | % | 최선화 2008      |
| D <sub>16-4</sub> | 젓소 | 수분함량(젓소-뇨)            | 95.1      | % | 최선화 2009      |
| D <sub>16-5</sub> | 돼지 | 수분함량(돼지-분)            | 76.3      | % | 최선화 2010      |
| D <sub>16-6</sub> | 돼지 | 수분함량(돼지-뇨)            | 98.5      | % | 최선화 2011      |
| D <sub>16-7</sub> | 돼지 | 수분함량(돼지 슬러리)          | 95        | % | 최선화 2012      |
| D <sub>16-8</sub> | 돼지 | 수분함량(돼지 스크래퍼 분)       | 85        | % | 축산과학원2004     |
| D <sub>16-9</sub> | 돼지 | 수분함량(돼지 스크래퍼 뇨)       | 99        | % | 축산과학원2005     |
| D <sub>17-1</sub> | 돼지 | 고액분리후함수율(벨트프레스)       | 75        | % | 대한한돈협회2017    |
| D <sub>17-2</sub> | 돼지 | 고액분리후함수율(스크류프레스)      | 66.5      | % | 대한한돈협회2017    |
| D <sub>17-3</sub> | 돼지 | 고액분리후함수율(고속스크류데칸터)    | 70        | % | 대한한돈협회2017    |
| D <sub>17-4</sub> | 돼지 | 고액분리후함수율(저속스크류데칸터)    | 77        | % | 대한한돈협회2017    |
| D <sub>17-5</sub> | 돼지 | 고액분리후함수율(진동스크린)       | 84        | % | 대한한돈협회2017    |
| D <sub>17-6</sub> | 돼지 | 고액분리후함수율(드럼스크린)       | 71.5      | % | 대한한돈협회2017    |
| D <sub>17-7</sub> | 돼지 | 고액분리후함수율(경사스크린)       | 75        | % | 대한한돈협회2017    |

⑥ 파라미터의 반영 및 산출

<표92> 파라미터의 반영 및 산출

| 기호                     | 제목          | 단위             | 설명  |
|------------------------|-------------|----------------|---|
| <b>농가 입력정보</b>         |             |                |   |
| A1                     | 사육두수        | 두              | 두수 입력   |
| A2                     | 수준조절재사용량    | t/y            | A2수분조절재필요량= B3고형분발생량×(D16분뇨수분함량-목표수분함량)/목표수분함량-D18조절재수분함량<br>계산예: 분뇨량10톤,분뇨수분함량70%, 목표수분함량65%, 톱밥수분함량25%<br>필요량 =100톤 × (70-65)/(65-25)=12.5톤 |
| A3                     | 액비화조 표면적    | m <sup>2</sup> | 표면적 입력  |
| A4                     | 액비화조갯수      | 개              | 개수 입력   |
| A5                     | 퇴비사 표면적     | m <sup>2</sup> | 표면적 입력  |
| <b>발생량 및 물질 특성 계산식</b> |             |                |   |
| B1                     | 분뇨발생량       | t/y            | $A1 \times D1 \times (365d/y) \times 1/(1000kg/t)$  |
| B2                     | 고형물발생량      | t/y            | B3 +A2  |
| B3                     | 고형분 발생량     | t/y            | $B1 \times (1-D16/100) \times (D13/100) \times 1/(D17/100)$   |
| B4                     | 액상물발생량      | t/y            | B1 - B3   |
| B8                     | 액비조 증발량     | t/y            | $A3 \times A4 \times D12 \times (365d/y) \times 1/(1000kg/t)$   |
| B10                    | 퇴비발생량       | t/y            | B2 × D11  |
| B11                    | 액비발생량       | t/y            | B4 - B8   |
| <b>양분량 및 양분농도</b>      |             |                |   |
| C1                     | 양분발생량       | t/y            | $B1 \times D4 \times 1/(1000g/kg)$  |
| C2                     | 고형분 내양분발생량  | t/y            | $B3 \times D5 \times 1/(1000g/kg)$  |
| C3                     | 수분조절재내양분발생량 | t/y            | $A2 \times D7 \times 1/(1000g/kg)$  |
| C4                     | 고형물내양분발생량   | t/y            | C2+ C3  |

|     |             |     |  |
|-----|-------------|-----|--|
| C5  | 액상물내양분발생량   | t/y | $B4 \times D6 \times 1/(1000g/kg)$                         |
| C6  | 퇴비내양분부하량    |     | $C4 \times D8$   |
| C7  | 액비내양분부하량    |     | $C5 \times D9$   |
| C8  | 퇴비의양분발생량    |     | $B10 \times D14$   |
| C9  | 액비의양분발생량    |     | $B11 \times D15$   |
| C10 | 양분부하계수(퇴비화) |     | $C8[B10 \times D14]/C4 [C2+ C3]$                           |
| C11 | 양분부하계수(액비화) |     | $C9[B11 \times D15]/C5 [B4 \times D6 \times 1/(1000g/kg)]$ |

⑥ 파라미터 등 프로그램 소스

```

/* 계산기 계산 */
$D = explode(" ",get_session("ss_parameter")); //지정한 파라미터 값

if($_POST[keep] == '돼지'){
    $data[0] = round(($_POST['keep_qty'] * $D[0] * 365) / 1000); // 자원화 - 분
    $data[1] = round(($_POST['keep_qty'] * $D[1] * 365) / 1000); // 자원화 - 뇨
    $data[2] = round(($_POST['keep_qty'] * $D[2] * 365) / 1000); // 자원화 - 세정수
    $data[3] = round($data[0] + $data[1] + $data[2]); // 발생량 계
    $data[4] = round(($data[3] * $D[3]) / 100); // 양분발생량 T-N
    $data[5] = round(($data[3] * $D[4]) / 100); // 양분발생량 T-P
    $data[6] = round(($data[3] * $D[9]) / 200); //고형분(ton/년)
    $data[7] = round($data[3] - $data[6]); //액상물(ton/년)
    $data[8] = round($data[6] * ($D[10] - $D[14]) / ($D[14] - $D[13])); //수분조절재
    사용량(ton/년)
    $data[9] = round($data[6] + $data[8]); //고형물량(ton/년)
    $data[10] = round(($data[9] * 64) / 100); //감소량(ton/년)
    $data[11] = round($data[9] * (1 - 64 / 100)); //퇴비발생량
    $data[12] = round(($_POST['fertilizer_size'] * $_POST['fertilizer_qty'] * $D[16] * 365)
/ 1000); //증발량(ton/년)
    $data[13] = round($data[7] - $data[12]); //액비발생량
    $data[14] = round((($data[6] * $D[7]) / 100) + (($data[8] * $D[11]) / 100)); //고형물
양분(ton/년)N
    $data[15] = round((($data[6] * $D[8]) / 100) + (($data[8] * $D[12]) / 100)); //고형물
양분(ton/년)P
    $data[16] = round(($data[7] * $D[5]) / 100); //액상물 양분(ton/년)N
    $data[17] = round(($data[7] * $D[6]) / 100); //액상물 양분(ton/년)P
    $data[18] = round($data[14] + $data[16]); //퇴비발생량 T-N
    $data[19] = round($data[15] + $data[17]); //퇴비발생량 T-N
    $data[20] = round($data[14] * $D[17]); //퇴비양분 부하량(ton/년)N
    $data[21] = round($data[15] * $D[18]); //퇴비양분 부하량(ton/년)P
    $data[22] = round($data[16] * $D[19]); //액비양분 부하량(ton/년)N
    $data[23] = round($data[17] * $D[20]); //액비양분 부하량(ton/년)P

```

```

        $data[24] = round($data[20] + $data[22]); //양분 부하량 T-N
        $data[25] = round($data[21] + $data[23]); //양분 부하량 T-P
    }

/* 계산식 저장 */

$sql_data =
$_POST['data1']."".$_POST['data2']."".$_POST['data3']."".$_POST['data4']."".$_POST['data5']."".$_
$_POST['data6']."".$_POST['data7']."".$_POST['data8']."".$_POST['data9']."".$_POST['data10']."".$_
".$_POST['data11']."".$_POST['data12']."".$_POST['data13']."".$_POST['data14']."".$_POST['dat
a15']."".$_POST['data16']."".$_POST['data17']."".$_POST['data18']."".$_POST['data19']."".$_POS
T['data20']."".$_POST['data21']."".$_POST['data22']."".$_POST['data23']."".$_POST['data24']."".$_
".$_POST['data25']."".$_POST['data26']."".$_POST['data27'];

$sql = "insert farmer set
    fa_company = '{$_POST['fa_company']}',
    fa_address = '{$_POST['fa_address']}',
    fa_name = '{$_POST['fa_name']}',
    fa_tel = '{$_POST['fa_tel']}',
    keep = '{$_POST['keep']}',
    separator_type = '{$_POST['separator_type']}',
    fertilizer_size = '{$_POST['fertilizer_size']}',
    keep_qty = '{$_POST['keep_qty']}',
    compost_size = '{$_POST['compost_size']}',
    fertilizer_qty = '{$_POST['fertilizer_qty']}',
    water_control = '{$_POST['water_control']}',
    compost_type = '{$_POST['compost_type']}',
    fertilizer_type = '{$_POST['fertilizer_type']}',
    calculator = '{$sql_data}',
    fa_year = '{$_POST['fa_year']}';
sql_query($sql);

/* 파라미터값 설정 */

$D0 = explode("|",$pa['D0']);
$D1 = explode("|",$pa['D1']);
$D2 = explode("|",$pa['D2']);
$D3 = explode("|",$pa['D3']);
$D5_N = explode("|",$pa['D5_N']);
$D5_P = explode("|",$pa['D5_P']);
$D7 = explode("|",$pa['D7']);
$D8_N = explode("|",$pa['D8_N']);
$D8_P = explode("|",$pa['D8_P']);

```

```

$D10 = explode("|",$pa['D10']);
$D11 = explode("|",$pa['D11']);
$D13 = explode("|",$pa['D13']);
$D14 = explode("|",$pa['D14']);
$D16 = explode("|",$pa['D16']);
$D17 = explode("|",$pa['D17']);

if($_POST[keep] == '돼지'){
    //고·액분리효율
    if($_POST['separator_type'] == '벨트프레스')    { $_D13 = $D13[0]; $_D17 = $D17[0];
}
    else if($_POST['separator_type'] == '스크류프레스')    { $_D13 = $D13[1]; $_D17 =
$D17[1]; }
    else if($_POST['separator_type'] == '고속스크류데칸터')    { $_D13 = $D13[2]; $_D17 =
$D17[2]; }
    else if($_POST['separator_type'] == '저속스크류데칸터')    { $_D13 = $D13[3]; $_D17 =
$D17[3]; }
    else if($_POST['separator_type'] == '진동스크린') { $_D13 = $D13[4]; $_D17 = $D17[4];
}
    else if($_POST['separator_type'] == '드럼스크린') { $_D13 = $D13[5]; $_D17 = $D17[5];
}
    else if($_POST['separator_type'] == '경사스크린') { $_D13 = $D13[6]; $_D17 = $D17[6];
}

    //수분조절재
    if($_POST['water_control'] == '툽밥') { $_D7_N = $D7[0]; $_D7_P = $D7[1]; $_D7 =
$D7[5]; }
    else if($_POST['water_control'] == '왕겨') { $_D7_N = $D7[2]; $_D7_P = $D7[3]; $_D7
= $D7[5]; }
    //중량감소율
    if($_POST['compost_type'] == '기계교반송풍식') { $_D10 = $D10[2]; $_D8_N =
$D8_N[2]; $_D8_P = $D8_P[2]; }
    else if($_POST['compost_type'] == '교반식') { $_D10 = $D10[3]; $_D8_N = $D8_N[3];
$_D8_P = $D8_P[3]; }
    else if($_POST['compost_type'] == '돼지퇴비평균') { $_D10 = $D10[4]; $_D8_N =
$D8_N[4]; $_D8_P = $D8_P[4]; }
    //증발량
    if($_POST['fertilizer_type'] == '장기폭기') { $_D11 = $D11[0]; $_D8_N2 = $D8_N[5];
$_D8_P2 = $D8_P[5]; }
    else if($_POST['fertilizer_type'] == '간헐폭기') { $_D11 = $D11[1]; $_D8_N2 =
$D8_N[6]; $_D8_P2 = $D8_P[6]; }
    else if($_POST['fertilizer_type'] == '단순저장') { $_D11 = $D11[2]; $_D8_N2 =
$D8_N[7]; $_D8_P2 = $D8_P[7]; }

```

```
$data =  
$D1[2]."|".$D2[2]."|".$D3[2]."|".$D5_N[8]."|".$D5_P[8]."|".$D5_N[7]."|".$D5_P[7]."|".$D5_N[6]."|".$D5_P[6]."|".$D13."|".$D17."|".$D7_N."|".$D7_P."|".$D7."|".$D7[4]."|".$D10."|".$D11."|".$D8_N."|".$D8_P."|".$D8_N2."|".$D8_P2;  
set_session('ss_parameter', $data);
```

#### ⑦ 파라미터의 향후 운영 방안

- 범 축산환경관련 기관, 단체, 업계, 대학으로 구성된 ‘파라미터 설정위원회(안)’ 를 구성하여 파라미터의 종류를 확정하고 파라미터마다 측정방법론을 결정하며, 설정위원회 주관 하에 대학 연구자들이 지정된 방법론에 따른 시험과정을 거쳐 값을 결정하도록 하고 최종적으로 그 값에 대하여 확정하는 일련의 과정을 주관할 필요가 있다.

## 6. 자원화조직체 양분관리 및 비즈니스 모델 개발

### 가. 가축분뇨처리 자원화조직체의 경영수지 파악 및 수익증대 방안

#### (1) 가축분뇨 발생현황 및 시도별 농경지면적에 따른 양분 필요량

- 가축사육의 증가와 더불어 가축분뇨의 발생량도 증가하고 있으며, 2017년도 가축사육두수를 기준으로 전체 가축분뇨 발생량을 추정하면 48,728천 톤으로 추정된다. 2017년도의 가축분뇨 발생량은 전년보다 1,428천 톤 가량 증가하였고 축종별로는 돼지가 11,239천 톤으로 전체 발생량 중 43%를 차지하고 있으며, 한육우가 15,077천 톤, 닭이 7,061천 톤, 젓소가 5,669천 톤으로 추정된다.

<표93> 축종별 가축분뇨 발생량(2017)

| 축종별 발생               | 계               | 한육우            | 젓소            | 돼지             | 닭             |
|----------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| 사육두수<br>(천 마리)       | 199,045         | 3,015          | 412           | 11,239         | 161,208       |
| 발생량(천 톤)*<br>(점유율 %) | 48,728<br>(100) | 15,077<br>(31) | 5,669<br>(12) | 20,921<br>(43) | 7,061<br>(14) |

\* 주1) 사육두수: '17년 분기별 평균 사육두수 기준으로 산출(통계청, 농림부)

\* 축종별 분뇨발생량(1일/두): 한우 13.7kg, 젓소 37.7kg, 돼지 5.1kg, 닭.오리 0.12kg

- 2017년도 전국 농경지 면적 및 논밭별 양분 필요량을 이용하여 농경지 면적에 따른 양분필요량을 추정하면, 논에는 질소(N)가 157,405톤, 인산( $P_2O_5$ )이 70,054톤 필요하며 밭에는 질소(N) 222,186톤, 인산( $P_2O_5$ )이 101,749톤 필요한 것으로 추정된다.

〈표94〉 '17년도 전국 농경지 면적 및 논밭별 양분 필요량

| 시도 | 면적계       | 논(ha)   | 밭(ha)   | 표준논<br>(N ton)<br>필요량 | 밭작물<br>(N ton)<br>필요량 | 표준논<br>(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ton)<br>필요량 | 밭작물<br>(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ton)<br>필요량 |
|----|-----------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|---|---|
| 서울 | 402       | 167     | 235     | 30                    | 43                    | 14  | 32  |
| 부산 | 5,742     | 3,243   | 2,500   | 590                   | 833                   | 263   | 337   |
| 대구 | 8,062     | 3,994   | 4,068   | 727                   | 1,026                 | 324   | 548   |
| 인천 | 19,004    | 12,223  | 6,781   | 2,225                 | 3,140                 | 990   | 913   |
| 광주 | 9,446     | 5,931   | 3,515   | 1,079                 | 1,524                 | 480   | 473   |
| 대전 | 3,888     | 1,458   | 2,430   | 265                   | 375                   | 118   | 327   |
| 울산 | 10,540    | 5,636   | 4,904   | 1,026                 | 1,448                 | 457   | 660   |
| 세종 | 7,958     | 4,513   | 3,445   | 821                   | 1,159                 | 366   | 464   |
| 경기 | 165,707   | 88,733  | 76,975  | 16,149                | 22,796                | 7,187   | 10,361  |
| 강원 | 103,133   | 35,682  | 67,452  | 6,494                 | 9,167                 | 2,890   | 9,079   |
| 충북 | 107,097   | 40,506  | 66,591  | 7,372                 | 10,406                | 3,281   | 8,963   |
| 충남 | 213,238   | 148,558 | 64,680  | 27,038                | 38,165                | 12,033  | 8,706   |
| 전북 | 199,196   | 130,322 | 68,874  | 23,719                | 33,480                | 10,556  | 9,270   |
| 전남 | 293,863   | 177,753 | 116,110 | 32,351                | 45,665                | 14,398  | 15,628  |
| 경북 | 265,665   | 121,350 | 144,315 | 22,086                | 31,175                | 9,829   | 19,425  |
| 경남 | 146,766   | 84,780  | 61,986  | 15,430                | 21,780                | 6,867   | 8,343   |
| 제주 | 61,088    | 17      | 61,071  | 3                     | 4                     | 1   | 8,220   |
| 합계 | 1,620,796 | 864,865 | 755,931 | 157,405               | 222,186               | 70,054  | 101,749   |

- \* 주1) 통계청 (2017) 농경지 면적: '17년도 기준 논밭별 면적
- \* 주2) 표준 논에서의 질소(N) 필요량은 논 면적에 182를, 밭작물에서의 질소(N) 필요량은 밭 면적에 256.9를 곱하여 산정하였다.
- \* 주3) 표준 논에서의 인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 필요량은 논 면적에 81을, 밭작물에서의 인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 필요량은 밭 면적에 134.6을 곱하여 산정하였다.

(2) 가축분뇨 발생현황 및 시도별 농경지면적에 따른 양분 필요량

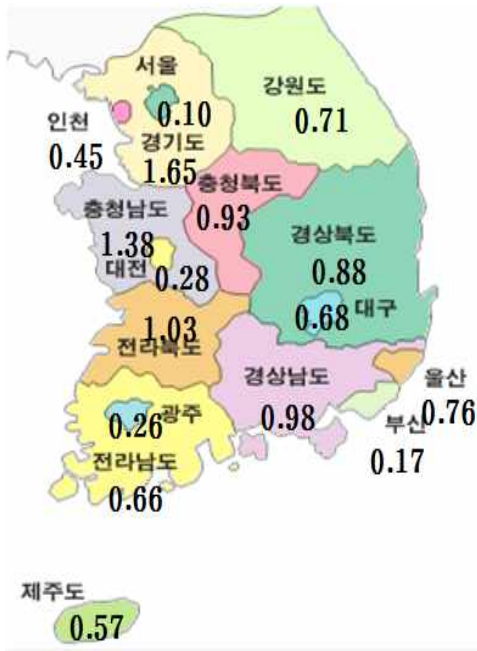
- 2015년도 화학비료량과 가축분뇨 양분발생량을 산정하여 농경지 양분수지 밸런스를 검토한 결과, 전국의 농경지에서 양분이 과잉 투입되고 있다. 가축분뇨 발생량과 화학비료 사용량을 전량 농경지에 살포한다고 가정할 경우, 지역별 농경지 양분밸런스는 1 이상으로 추정되어 농경지에 질소와 인산이 과잉 공급되는 것으로 추정된다. 그러므로 화학비료의 사용량을 전량 가축분뇨 발생량으로 대체할 경우의 지역별 양분밸런스는 일부 지역을 제외하고는 아직까지 여유가 있는 것으로 추정된다.

<표95> 지역별 농경지 양분밸런스

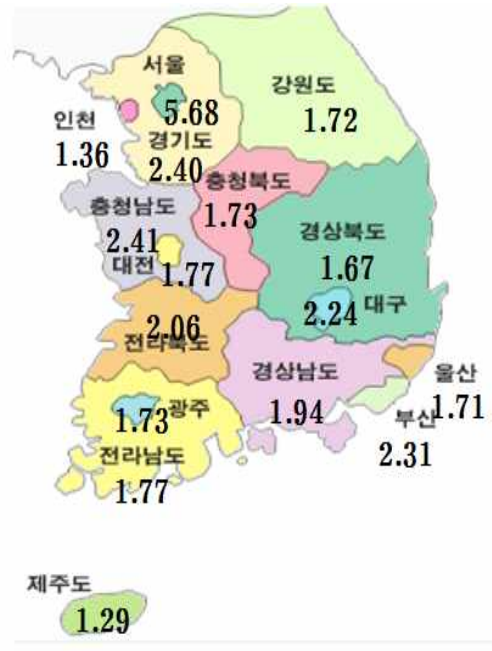
| 시도 | 가축분뇨 + 화학비료  |              |                        | 가축분뇨         |              |                        |
|----|--------------|--------------|------------------------|--------------|--------------|------------------------|
|    | 인산투입<br>/요구량 | 질소투입<br>/요구량 | 질소투입<br>(손실감안)<br>/요구량 | 축산인산<br>/요구량 | 축산질소<br>/요구량 | 축산질소<br>(손실감안)<br>/요구량 |
| 서울 | 4.52         | 5.68         | 5.64                   | 0.07         | 0.10         | 0.06                   |
| 부산 | 1.79         | 2.31         | 2.24                   | 0.17         | 0.17         | 0.10                   |
| 대구 | 1.94         | 2.24         | 1.97                   | 0.54         | 0.68         | 0.41                   |
| 인천 | 0.99         | 1.36         | 1.18                   | 0.44         | 0.45         | 0.27                   |
| 광주 | 1.39         | 1.73         | 1.62                   | 0.22         | 0.26         | 0.15                   |
| 대전 | 1.30         | 1.77         | 1.66                   | 0.17         | 0.28         | 0.17                   |
| 울산 | 1.32         | 1.71         | 1.41                   | 0.60         | 0.76         | 0.45                   |
| 경기 | 2.45         | 2.40         | 1.73                   | 1.89         | 1.65         | 0.99                   |
| 강원 | 1.46         | 1.72         | 1.43                   | 0.64         | 0.71         | 0.43                   |
| 충북 | 1.50         | 1.73         | 1.36                   | 0.91         | 0.93         | 0.56                   |
| 충남 | 2.29         | 2.41         | 1.85                   | 1.54         | 1.38         | 0.83                   |
| 전북 | 1.85         | 2.06         | 1.64                   | 1.11         | 1.03         | 0.62                   |
| 전남 | 1.40         | 1.77         | 1.50                   | 0.64         | 0.66         | 0.40                   |
| 경북 | 1.46         | 1.67         | 1.31                   | 0.81         | 0.88         | 0.53                   |
| 경남 | 1.85         | 1.94         | 1.55                   | 0.99         | 0.98         | 0.59                   |
| 제주 | 1.61         | 1.29         | 1.06                   | 0.61         | 0.57         | 0.34                   |
| 합계 | 1.82         | 2.11         | 1.82                   | 0.71         | 0.72         | 0.43                   |

- \* 주1) 질소(N)의 양분손실률은 40%로 계산하여 추정한다.
- \* 주2) 지역별 화학비료 사용량에 가축분뇨 발생량을 더하여 농경지에 필요한 질소, 인산의 양으로 나누어 양분수지 밸런스를 산정한다.
- \* 주3) 화학비료를 고려하지 않고 가축분뇨 발생량에 요구량으로 나누어 양분수지 밸런스 산정한다.

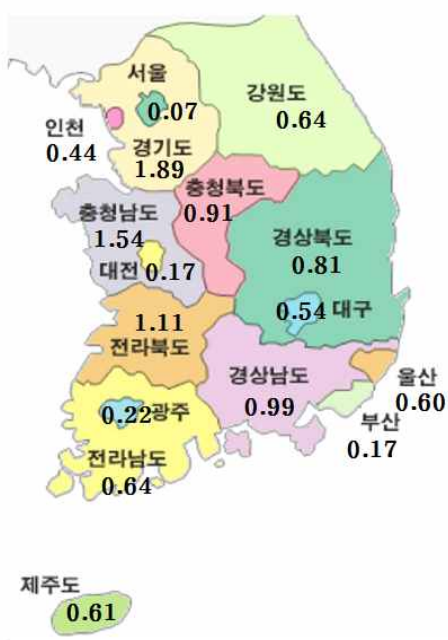




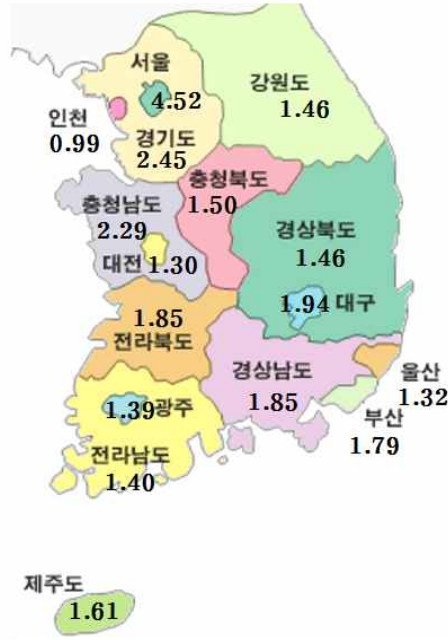
■가축분뇨(축산질소/요구량)



■가축분뇨+화학비료(질소투입/요구량)



■가축분뇨(축산인산/요구량)



■가축분뇨+화학비료(인산투입/요구량)

<그림33> 국내 시도별 질소 및 인산밸런스

## (2) 축산 농가들의 실제 양분밸런스

### (가) 축산 농가들 표본 조사

- 현재 우리나라의 경축순환 수준을 파악하기 위하여 한우, 낙농, 양돈, 양계 표본 농가조사를 실시하였다. 한우 23농가, 낙농 12농가, 양돈 17농가, 양계 14농가를 대상으로 경축순환 수준을 파악하였다.
- 표본농가조사 결과 한우의 경우 경축순환이 잘 이루어지고 있었으며, 낙농의 경우는 절반 수준이 경업에 이용되고 있었다. 양돈과 양계의 경우 경종농업에 이용되는 것이 매우 미비한 수준으로 나타났다. 분석에 있어서 가축분뇨량은 총량이 아닌 질소 발생량으로 계산하여 분석하였다. 축종별 발생된 질소량이 자가 이용되거나 임차한 토지에 이용되고 나머지 공공처리시설이나 위탁 처리하는 것은 기타 항목으로 분류하였다. 분석결과 낙농의 경우는 전체 약 42.5%가 경종농업에 이용되고, 나머지 57.5% 가량이 기타로 처리되고 있다. 한우의 경우 가축분뇨 전체 발생량이 전량 경종농업에 이용되는 것으로 조사되었다. 양돈과 양계의 경우는 자체적으로 경종농업에 이용되는 것이 약 2%와 0.04% 수준으로 미비하고 나머지는 전부 공동화처리시설이나 위탁처리 등을 이용하는 것으로 나타났다.

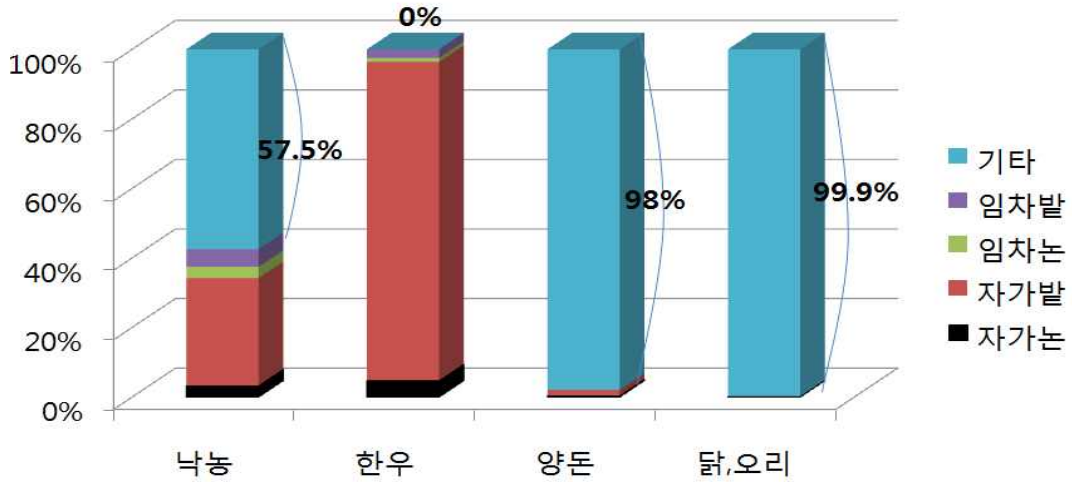
### <표96> 표본 농가들의 가축 분뇨량 및 경축순환 비율

(단위:%)

| 구분   | 자가    |        | 임차    |       | 기타     |
|------|-------|--------|-------|-------|--------|
|      | 논     | 밭      | 논     | 밭     |        |
| 낙농   | 3.179 | 30.998 | 3.240 | 5.082 | 57.501 |
| 한우   | 5.133 | 90.846 | 1.290 | 2.731 | 0      |
| 양돈   | 0.310 | 1.708  | 0.014 | 0.010 | 97.958 |
| 닭,오리 | 0.036 | -      | -     | -     | 99.964 |

\* 주1) 총 가축분뇨 발생량에서 질소 발생량만으로 계산하였다.

\* 주2) 자가 또는 임차하고 있는 경지에 질소필요량 만큼은 전량 이용되는 것으로 판단하여 분석하였다.



〈그림34〉 표본 농가들의 가축 분뇨량 및 경축순환 비율

(나) 가축분뇨처리 공동자원화 시설의 경영수지 파악

- 2015년 가축분뇨 관리현황을 살펴보면 다음과 같다. 연간 발생하는 가축분뇨 46,530천 톤의 77.8%가 농가 개별처리 시설에서 퇴·액비 자원화 처리되었으며, 2.3%가 정화방류 처리되었다. 9.9%가 농식품부가 지원하는 공동자원화시설에서 퇴·액비화 처리되었으며, 6.4%가 환경부가 지원하는 공공처리시설에서 정화방류 처리되었다. 이중 약 0.2%가 에너지 자원화 시설에서 처리된 것으로 나타났다.

〈표97〉 2015년 우리나라 가축분뇨 처리현황

(단위: 천 톤, %)

| 연도   | 발생량<br>(천톤)       | 가축분뇨 처리실태        |                |                |              |                |                | 기타           |
|------|-------------------|------------------|----------------|----------------|--------------|----------------|----------------|--------------|
|      |                   | 개별처리             |                | 공동· 공공처리       |              |                |                |              |
|      |                   | 자원화              | 정화             | 자원화<br>(퇴·액비화) | 에너지화         | 민간<br>퇴비       | 공공<br>처리       |              |
| 2015 | 46,530<br>(100.0) | 35,140<br>(75.5) | 1,064<br>(2.3) | 4,615<br>(9.9) | 102<br>(0.2) | 2,133<br>(4.6) | 2,977<br>(6.4) | 499<br>(1.1) |

\* 자료) 농식품부 (2015)

(다) 공동자원화 사업장 현황

- 전국 07~10년 공동자원화 사업장을 대상으로 하였으며, 전체 43개소 중 19개소(40%)를 조사하였다. 조사대상 사업장: 07년 사업자(1개소), 08년 사업자(6개소), 09년 사업자(7개소), 10년 사업자(5개소)로 업체명은 다음과 같다.

업체명; 다살림영농조합(진천), 청원양돈영농조합(청원), 농가원(홍성), 부여육종영농조합(부여), 이엠영농법인(제주), 함양양돈조합법인(함양), 비옥토자연순환농업센터(순창) 청미원(포천), 하늘채(공주), 도원신생원(연기), 유원영농(정읍), 에코바이오영농조합(남원), 예산양돈(예산), 양돈협회 창녕지부(창녕), 청풍양돈영농(제천), 신흥영농(김제), 우곡양돈영농(고령), 고운촌영농(진안), 해남자연순환농업(해남)

‘바이오에너지화’의 경영수지를 파악하기 위해 현재 전북 정읍에 위치한 (유)친환경대현그린을 조사하였다. 조사 분석 기간은 2013년 ~ 2016년으로 평균손익을 살펴보았다.

① 공동자원화 사업장 수익성 부문

- 2010년부터 2012년까지 공동자원화 사업장 평균손익을 살펴보면 다음 <표98>와 같다. 액비살포, 분뇨수거, 퇴비판매로 수익을 얻는 공동자원화 사업장 모두 적자를 면치 못하는 것으로 나타났다.

<표98> 2010년도 공동자원화 사업장 평균손익

[단위: 천원]

| 구분   | 전체(7개)   | 액비화(4개)  | 정화처리(3개) |
|------|----------|----------|----------|
| 총 수입 | 576,320  | 640,045  | 491,354  |
| 총 지출 | 709,589  | 762,717  | 638,752  |
| 손익   | -133,269 | -122,672 | -147,398 |

\* 자료: 공동자원화 경영수지조사 (2013) (사) 친환경자연순환농업협회  
 \* 주1) 수입부분: 분뇨수거비, 액비살포비, 액비판매비, 퇴비판매비 및 기타  
 \* 주2) 지출부분: 일반관리비, 제세공과, 인건비, 전기료, 유류비, 원재료구입비, 생산유통 제반비용, 유지보수비, 감가상각비, 이자상환, 기타지출에 대한 조사

<표99> 2011년도 공동자원화 사업장 평균손익

[단위: 천원]

| 구분   | 전체(10개)  | 퇴비화(1개)   | 액비화(6개)  | 정화처리(3개) |
|------|----------|-----------|----------|----------|
| 총 수입 | 699,334  | 1,676,896 | 642,190  | 487,767  |
| 총 지출 | 984,946  | 2,281,122 | 962,897  | 596,986  |
| 손익   | -285,613 | -604,226  | -320,707 | -109,220 |

- \* 자료: 공동자원화 경영수지조사(2013) (사) 친환경자연순환농업협회
- \* 주1) 수입부분: 분뇨수거비, 액비살포비, 액비판매비, 퇴비판매비 및 기타
- \* 주2) 지출부분: 일반관리비, 제세공과, 인건비, 전기료, 유류비, 원재료구입비, 생산유통 제반비용, 유지보수비, 감가상각비, 이자상환, 기타지출에 대한 조사

<표100> 2012년도 공동자원화 사업장 평균손익

[단위: 천원]

| 구분   | 전체(17개)  | 퇴비화(1개)   | 액비화(11개) | 정화처리(5개) |
|------|----------|-----------|----------|----------|
| 총 수입 | 713,621  | 1,573,762 | 703,538  | 649,091  |
| 총 지출 | 871,935  | 2,179,857 | 890,798  | 688,365  |
| 손익   | -158,314 | -606,095  | -187,260 | -39,274  |

- \* 자료: 공동자원화 경영수지조사(2013) (사) 친환경자연순환농업협회
- \* 주1) 수입부분: 분뇨수거비, 액비살포비, 액비판매비, 퇴비판매비 및 기타
- \* 주2) 지출부분: 일반관리비, 제세공과, 인건비, 전기료, 유류비, 원재료구입비, 생산유통 제반비용, 유지보수비, 감가상각비, 이자상환, 기타지출에 대한 조사

② ‘바이오에너지화’ 수익성 부문

- <표101>에서 보는 것 과 같이 2013년부터 2016년까지의 평균손익 파악한 결과, 모든 해에 공동자원화시설과 달리 흑자경영을 보였다.

<표101> 2013년~2016년 ‘바이오에너지화’ 부문 손익

[단위: 천원]

| 구분   | 2013년     | 2014년     | 2015년     | 2016년     | 평균        |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 총 수입 | 1,282,236 | 2,124,296 | 1,993,394 | 2,036,550 | 1,859,119 |
| 총 지출 | 1,054,116 | 1,696,175 | 1,737,522 | 1,798,983 | 1,571,699 |
| 손익   | 228,120   | 428,121   | 255,872   | 237,567   | 287,420   |

- \* 주1) 수입부분: 음폐수입
- \* 주2) 지출부분: 판매비와 관리비 및 제세공과금 모두 포함한다.

③ 공동자원화 사업장 지출구성비

- 2010년부터 2012년까지 공동자원화 사업장의 지출항목 중 고정비가 차지하는 비율을 살펴보면 다음 <표102><표103><표104>와 같다. 액비살포, 분뇨수거, 퇴비판매로 수익을 얻는 공동자원화 사업장 모두 지출내역 중 고정비가 차지하는 비율이 높고, 고정비에서 원리금 상환 중 원금은 제외하고 계산되었으며, 원금상환을 포함할 경우 공동자원화 연간 적자 폭은 더 커질 수밖에 없다.

<표102> 2010년도 공동자원화 사업장 고정비 비율

[단위: 천원, %]

| 구분     | 전체(7개)  | 액비화(4개) | 정화처리(3개) |
|--------|---------|---------|----------|
| 총 지출   | 709,589 | 762,717 | 638,752  |
| 고정비    | 461,201 | 405,805 | 502,213  |
| 고정비 비율 | 65.0    | 53.2    | 78.6     |

- \* 주1) 총지출부분: 일반관리비, 제세공과, 인건비, 전기료, 유류비, 원재료구입비, 생산유통 제반비용, 유지보수비, 감가상각비, 이자상환, 기타지출에 대한 조사
- \* 주2) 고정비: 일반관리비, 제세공과, 인건비, 생산유통 제반비용, 감가상각비, 이자상환
- \* 주3) 고정비 비율은 소수점 둘째자리에서 반올림 한다.

<표103> 2011년도 공동자원화 사업장 고정비 비율

[단위: 천원, %]

| 구분     | 전체(10개) | 퇴비화(1개)   | 액비화(6개) | 정화처리(3개) |
|--------|---------|-----------|---------|----------|
| 총 지출   | 984,946 | 2,281,122 | 962,897 | 596,986  |
| 고정비    | 732,528 | 1,245,933 | 695,127 | 430,057  |
| 고정비 비율 | 74.4    | 54.6      | 72.2    | 72.0     |

- \* 주1) 총지출부분: 일반관리비, 제세공과, 인건비, 전기료, 유류비, 원재료구입비, 생산유통 제반비용, 유지보수비, 감가상각비, 이자상환, 기타지출에 대한 조사
- \* 주2) 고정비: 일반관리비, 제세공과, 인건비, 생산유통 제반비용, 감가상각비, 이자상환
- \* 주3) 고정비 비율은 소수점 둘째자리에서 반올림 한다.

<표104> 2012년도 공동자원화 사업장 고정비 비율

[단위: 천원, %]

| 구분     | 전체(17개) | 퇴비판매(1개)  | 액비살포(11개) | 분뇨수거(5개) |
|--------|---------|-----------|-----------|----------|
| 총 지출   | 871,935 | 2,179,857 | 890,798   | 688,365  |
| 고정비    | 748,239 | 1,387,783 | 679,770   | 583,718  |
| 고정비 비율 | 85.8    | 63.7      | 76.3      | 85.0     |

- \* 주1) 총지출부분: 일반관리비, 제세공과, 인건비, 전기료, 유류비, 원재료구입비, 생산유통 제반비용, 유지보수비, 감가상각비, 이자상환, 기타지출에 대한 조사
- \* 주2) 고정비: 일반관리비, 제세공과, 인건비, 생산유통 제반비용, 감가상각비, 이자상환
- \* 주3) 고정비 비율은 소수점 둘째자리에서 반올림 한다.

④ ‘바이오에너지화’ 지출 구성비

- 2013년부터 2016년까지 고정비가 지출 항목 중 차지하는 비율을 살펴보면, 약 60%내에 수준으로 공동자원화의 경우 70~80% 수준보다 낮은 편으로 조사되었다.

<표105> 2013년~2016년 바이오가스에너지화 고정비 비율

[단위: 천원, %]

| 구분     | 2013년     | 2014년     | 2015년     | 2016년     | 평균        |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 총 지출   | 1,054,116 | 1,696,175 | 1,737,522 | 1,798,983 | 1,571,699 |
| 고정비    | 668,706   | 937,105   | 1,007,116 | 1,026,703 | 973,956   |
| 고정비 비율 | 63.44     | 55.25     | 57.96     | 57.07     | 61.97     |

- \* 주1) 총지출부분: 일반관리비, 제세공과, 인건비, 전기료, 유류비, 원재료구입비, 생산유통 제반비용, 유지보수비, 감가상각비, 이자상환, 기타지출에 대한 조사
- \* 주2) 고정비: 일반관리비, 제세공과, 인건비, 생산유통 제반비용, 감가상각비, 이자상환
- \* 주3) 고정비 비율은 소수점 둘째자리에서 반올림 한다.

(다) 공동자원화 사업장의 문제점

① 공동자원화 사업장의 문제점

- 첫째, 수익대비 높은 비용으로 인하여 경영수지가 악화되고 있다. 수익을 차지하고 있는 원수반입비용(수입)보다 분뇨처리비용이 많이 소요되고 있는 것이 현실이다. 원수반입비용(수입)은 각 지자체 별로 차이가 있지만, 대체로 분뇨처리비용에 미치지 못하는 처리비용을 받

고 분뇨를 수거해 오고 있다. 또한 유지·보수 비용의 증가로 인하여 경영수지가 악화되고 있다. 시설의 빠른 노후화로 장비 교체와 시설 보수 등 큰 폭으로 비용이 상승하고 있다. 11년 대비 12년 유지·보수 비용이 각각 장비교체(60%), 시설보수(104%), 기타 (165%)로 큰 폭으로 증가했음을 알 수 있다.

- 둘째, 높은 고정비 비율을 들 수 있다. 공동자원화 시설의 특성 상 감가상각비, 이자상환(원금제외), 일반관리비, 제세공과, 인건비, 생산유통 제반비용을 포함한 고정비 항목의 비율이 높아 비용 절감이 곤란하다.
- 셋째, 수익 시설의 부족을 들 수 있다. 액비저장 시설부족으로 하절기 분뇨발생량이 급격히 증가하나 저장시설 부족으로 분뇨반입이 원활하지 못해 매출증가가 감소된다.
- 넷째, 지원 단가 문제 및 원리금 상환 도래에 따른 경영난이다. 지원 단가 및 지원 조건이 연차별로 달라, '07 ~ '08년 공동자원화 사업자들의 경영난이 우려된다. 이들은 높은 용자 부담(12억5천)으로 인하여 현재 사업자 부담이 가중되고 있다 (09년 이후 사업자 보다 6억 5천 높음). 또한 낮은 지원단가(25억)로 인하여 저장용량 및 처리용량 시설이 미흡한 실정이다. 초기 사업자들의 경우 시행착오로 인하여 경영비가 과다 상승하는 현상으로 경영난이 가중되고 있다.
- 다섯 번째, 원리금 상환 도래에 따른 경영난 악화이다. 높은 용자 부담(12억5천)으로 인하여 원리금 상환의 어려움이 있으며, 낮은 지원 조건으로 더 많은 원리금(약 8억)을 상환 하여야 하는 게 현실이다. '07~ '08년 공동자원화 사업자는 월 평균 약1,300만 원의 원리금을 납부 하여야 하나, 현실적으로 불가능한 상황이다.
- 여섯 번째, 단·장기 차입금 증가로 인하여 부도 사업장 발생 개연성이 심각하다. 단·장기 차입금이 '09년 이후 사업자들보다 월등히 많이 발생하였다(07~08년 사업자(7개소) : 16억 1천4백만원, 09년 사업자(7개소) : 8천만원). 원리금 상환 및 경영난 해소를 위해 많은 단·장기 차입금이 발생하였고, 이것은 다시 공동자원화의 경영난을 악화시켜 부도 사업장 발생 개연성이 심각한 수준이다.



<표106> 연도별 지원 단가 및 조건

| 구분            | 지원단가 | 지원조건      |         |            |
|---------------|------|-----------|---------|------------|
|               |      | 보조(%)     |         | 용자(%)      |
|               |      | 국비(%)     | 지방비(%)  |            |
| '07~' 08년 사업자 | 25억원 | 7억5천(30%) | 5억(20%) | 12억5천(50%) |
| '09~' 10년 사업자 | 30억원 | 15억(50%)  | 9억(30%) | 6억(20%)    |

\*자료) 공동자원화 경영수지조사((사)친환경자연순환농업협회, 2013)

<표107> 용자조건: 10년(3년 거치, 7년 균등상환)

| 구분             | 용자금   | 용자금 상환액  |           | 차액        |
|----------------|-------|----------|-----------|-----------|
|                |       | 이자       | 원금+이자     |           |
| ' 07~' 08년 사업자 | 12억5천 | 2억6천2백만원 | 15억1천2백만원 | ▲7억8천6백만원 |
| ' 09~' 10년 사업자 | 6억원   | 1억2천6백만원 | 7억2천6백만원  |           |

\* 자료) 공동자원화 경영수지조사(2013) (사) 친환경자연순환농업협회

\* 주1) 연3%, 십만원 단위 절삭

② ‘바이오에너지화’ 시설의 문제점

- 우선적인 문제는 바이오가스시설 설비가 대규모이어서 많은 투자비용이 소요된다는 점이다. 다음으로는 바이오가스시설의 경우 운영에 있어 공동자원화 시설과 달리 법적제한과 운영제한이 많이 따르게 된다.
- 비료관리법, 환경관리법, 법적 의무 운영원칙 등에 있어 규제가 큰 편이다. 비료관리법에 있어 분뇨처리시 음식물 폐기물의 경우 첨가율이 30% 이상 넘지 못하게 있고, 환경관리법으로 인하여 대기법 등, 공동자원화 시설에서 필요하지 않는 다양한 추가적 법적 제재가 많으며, 법적 의무 운영원칙으로 수질기사, 환경기사, 폐기물기사, 전기기사, 기계설비기사 등 의무적으로 배치하여야 한다. 더욱이, 지자체에 음식물 폐기물 처리 사용 허가가 어렵다.

## (라) 수익증대 방안 예시안 제시

- 평균손실에 있어 적자를 면치 못하고 경영수지 악화를 겪고 있는 공동자원화시설의 수입증진과 비용감소 방안에 대한 예시안을 제시하였다.

### ① 수입증대 방안 예시안

- 수입증대 방안으로 우선적으로 제시할 수 있는 것이 수요확대 방안이다. 수요확대를 위하여 품질개선, 이동의 편리성, 지역제한 폐지 등을 제시할 수 있다. 품질개선이 이루어질 경우, 기존 액비를 1ha 당 40톤 투하하면 20만원의 수익이 발생한다고 가정했을 때 고품질액비는 1ha 당 20톤 투하하면 20만원 수익이 발생하므로 액비품질개선(고품질액비)으로 현재 수익의 2배 상승효과가 있다.
- 또한 고품질액비 생산 시 선호도 상승으로 인한 추가적인 수익 창출도 긍정적 효과로 나타날 수 있다. 이러한 고품질액비 생산기술을 접목시에 국가지원이 필수적이며 비료법 개정으로 비료사용 제한이 이루어질 경우 동일 효과를 기대할 수 있다. 이동의 편리성을 통한 수요확대 방안은 소포장의 다양한 고품질액비를 생산하면 기존 수익에 추가 수익으로 판매 유통경로가 확보될 경우 공동자원화시설 수입증대에 큰 기여가 될 것으로 예상된다. 이에 액비 판매의 지역제한이 자유화 될 경우 액비의 소포장으로 이동의 편리성으로 수입 확대가 가능하다. 판매 유통경로에 있어서도 농촌을 넘어 도시로의 확대가 가능할 것으로 보인다.
- 마지막으로 지역제한 폐지를 통한 수요확대방안이다. 액비 판매의 지역제한의 자유화 법적 근거를 마련하여야 한다. 해당 지역에서 생산된 액비는 1차적으로 그 지역에서 소비되게 지원 법규 형성이 필요하다. 농업에 있어 가장 큰 역할이라고 할 수 있는 ‘경축순환농업’을 위해서 관내지역 경종농업의 액비가 남을 경우, 최종 소비될 수 있는 액비 상태로의 지역 이동 완화 및 자유화가 가능할 수 있도록 법적근거 마련이 필수적이다.
- 두 번째로 수입증대 확대방안으로 원수반입비용의 확정을 들 수 있다. 현재 원수반입비용에 있어 지역별 차이가 크며 적정비용을 받지 못하는 공동자원화가 다수 존재하므로 공동자원화 사업장의 안정적 수입 확보를 위하여 원수반입에 있어 적정비용이 법적 또는 강제적으로 형성, 확정되어야 한다. 이를 위해서는 불법 폐기물처리에 대한 법적제제 강화가 필요하다. 또한 공동자원화 개념이 아닌 과거 유통업체에 대한 기준치 강화 등 관리·감독이 필요한 시점이다. 안정적 수입을 위해서 원수반입비용의 전국 평균 25,000원이 적정선으로 예상된다.

- 셋째, 사업 확대(바이오에너지 시설 추가)를 통한 수입증대이다. 장기적으로 현재 공동자원화 사업장이 ‘바이오에너지화’ 시설로 연장되어 사업이 이루어질 수 있도록 지원이 필요하다. 공동자원화 사업장이 흑자경영이 이루어지는 ‘바이오에너지화’ 시설로 연장되기 위해서 규모면에서 커져야 하므로 부지 및 시설 설비 지원이 필요하다. 바이오가스 시설의 흑자 경영을 위해 지자체의 음식물 폐기물 처리 허가 등이 이루어져야 한다. 지자체 또는 정책적으로 법적·운영제한 등에 있어 지침서 등을 만들어 단계적으로 진행할 수 있게 지원해야 할 것이다.
- 바이오에너지화는 음식물폐기물 처리 수입으로 인하여 평균 약 3억원 정도의 흑자 경영이 가능하다. 공동자원화 시설의 경우 1톤당 처리단가는 25,000원 내인데 이에 못 미치는 처리비용(수입 20,000원내)으로 인하여 항상 적자를 면치 못한다. 하지만 바이오에너지화 시설의 경우는 분뇨처리시 폐기물의 30%는 음식물 폐기물로 첨가되어 처리되게 되며, 이로 인하여 흑자경영 유지가 가능하게 된다. 즉, 분뇨 혐기소화로 발효시 가스발생 1톤당 약 70루벨의 바이오가스 발생 → 1루벨당 2.4kw의 전기발생 → 180원에 판매 → 30,200원의 이익발생과 함께 음식물 폐기물 1톤 처리비용으로 60,000원의 수익발생하게 되므로, 총수익 90,200원이 된다. 바이오에너지화하는 처리단가의 경우 대략 35,000원 선 내에가 되므로 약55,200원의 수익이 발생하게 되므로 향후 이러한 바이오에너지화 시설확충으로 수입증대를 이룰 수 있을 것이다.

## ② 비용절감 방안 예시안

- 비용절감을 위해서 크게 제도 개선과 고정자산 관리로 예시 방안을 제시하였다. 우선, 제도 개선에서는 농업용 전기 인정과 면세유 인정이다. 현재 전기사용이나 기름 값에 있어 농업용으로 인정되고 있지 않아 비용측면에 있어 큰 부담을 겪고 있다. 농업용 전기 사용과 기름값의 면세유 인정으로 관리비 절감효과로 비용부담이 감소할 수 있다.
- 두 번째로 고정자산에 대한 관리 이다. 공동자원화의 빠른 노후와 마모는 적정 처리량 이상을 관리하고 있기 때문이므로, 신규시설의 경우 적정 고정시설의 규모에 부합한 공동자원화 처리량을 제시하여 설립할 수 있게 지원해야 한다. 그리고 고정자산에 대한 관리 감독이 철저하게 이루어져야 한다. 유지비, 수리비 지출항목에 있어서 적기에 처리되는지 감독하고 지원금을 지급해야 한다.
- 공동자원화의 경우는 수리비, 유지비 항목 지출이 크다. 더 큰 수리비와 유지비를 지출하지 않는 것은 시설에 대한 적절한 감가상각처리와 함께 그 사용연수대로 사용할 수 있도록 적

기에 수리하고 유지하는 것이므로 해당 시설에 대해 적기 수리·유지하는지 철저한 관리 감독 필요하다. 현재 농림부 지원으로 이루어지는 수리비 항목의 보조가 있으나, 개보수 시기가 지나는 경우 부식 속도가 빨라져 더 큰 비용을 부담하는 일이 발생한다. 국가 또는 지자체별 적절한 관리 감독과 함께 이에 맞는 보조금 지원이 필요할 것이다.

### ③ 수익증대 방안 예시안을 통한 기대효과

- 앞에서 살펴본 수입증대방안과 비용절감효과를 통하여 공동자원화 사업장의 수익 안정화를 모색해 볼 수 있으며, 이를 통해 ‘경축순환농업’의 원활한 활동이 전망된다. 더 이상 분뇨처리가 불법투기와 회피하고 싶은 문제의 대상이 아닌, 돈이 되는 사업으로 인지되어 활성화 될 수 있을 것으로 기대해 볼 수 있다.
- 또한 농가의 액비사용 활성화로 토지개량효과가 기대된다. 국가의 추가적인 비용 없이, 자연스레 토지 개량효과를 얻을 수 있어 경제적 가치가 크다고 할 수 있다. 장기적으로 공동자원화시설의 ‘바이오에너지화’ 시설로 확장되어 선진국형 신생에너지로의 판로를 확보할 것으로 예상된다.

## 나. 공동자원화 수익증대를 위한 비즈니스모델 개발

### (1) 사례연구조사를 통한 공동자원화 현황

- 앞서 기술한 공동자원화 사업장들의 일반적 현황과 전국의 평균자료를 이용하여 공동자원화 현황의 문제점과 경영수지를 파악해 보았다.
- 본 장에서는 사례조사를 통해 공동자원화의 경영수지를 파악하고 이에 따른 수익성확대에 대한 방안을 시나리오를 통해 제시하였다. 사례연구 조사를 위해 3곳의 공동자원화 시설의 경영수지를 파악하였으며, 사업장을 A, B, C로 임의 명칭 하였다. 이들 사업장의 경영관리에 관한 자료는 2017년도를 기준으로 하여 조사작성되었다.

<표108> A 공동자원화 경영수지 파악(전남 사례1)

(단위: 천원)

| 구분      | 항목           | 2017년            |        |
|---------|--------------|------------------|--------|
| 수입      | 분노수거비        | 1,180,000        |        |
|         | 액비살포비        | 325,500          |        |
|         | 액비판매비        | 500              |        |
|         | 퇴비판매비        |                  |        |
|         | 기타수입         |                  |        |
| 수입소계(a) |              | 1,506,000        |        |
| 지출      | 일반관리비        |                  |        |
|         | 제세공과금        | 103,940          |        |
|         | 인건비          | 360,000          |        |
|         | 전기료          | 60,000           |        |
|         | 유류비          | 245,000          |        |
|         | 원재료 구입비      | 툽밥               | 3,000  |
|         |              | 미생물제             |        |
|         |              | 약품비              |        |
|         |              | 기타               | 5,000  |
|         | 생산 유통<br>제비용 | 위탁관리             |        |
|         |              | 임대               |        |
|         |              | 기타               |        |
|         | 유지보수비        | 장비교체             | 15,000 |
|         |              | 시설보수             | 80,000 |
|         |              | 기계수리             | 20,000 |
|         |              | 기타               |        |
|         | 원리금 상환       | 원금 <sup>1)</sup> |        |
|         |              | 이자               | 5,600  |
|         | 차입금          | 장기               |        |
| 단기      |              |                  |        |
| 감가상각비   |              | 300,000          |        |
| 기타 지출   |              | 10,000           |        |
| 지출소계(b) |              | 1,207,540        |        |
| 손익(a-b) |              | 298,460          |        |

\* 주1) A 공동화자원화 2017년도 원금은 710,000천원이었으나, 본 경영수지에서는 제외하였다.

<표109> B 공동자원화 경영수지 파악(전북 사례 1)

(단위: 천원)

| 구분      | 항목           | 2017년            |        |
|---------|--------------|------------------|--------|
| 수입      | 분뇨수거비        | 870,000          |        |
|         | 액비살포비        | 99,200           |        |
|         | 액비판매비        |                  |        |
|         | 퇴비판매비        |                  |        |
|         | 기타수입         |                  |        |
| 수입소계(a) |              | 969,200          |        |
| 지출      | 일반관리비        | 11,000           |        |
|         | 제세공과금        | 15,500           |        |
|         | 인건비          | 235,000          |        |
|         | 전기료          | 100,000          |        |
|         | 유류비          | 160,000          |        |
|         | 원재료 구입비      | 톱밥               |        |
|         |              | 미생물제             | 25,000 |
|         |              | 약품비              | 10,000 |
|         |              | 기타               |        |
|         | 생산 유통<br>제비용 | 위탁관리             | 30,000 |
|         |              | 임대               | 15,000 |
|         |              | 기타               | 16,000 |
|         | 유지보수비        | 장비교체             | 40,000 |
|         |              | 시설보수             | 40,000 |
|         |              | 기계수리             | 35,000 |
|         |              | 기타               | 15,000 |
|         | 원리금 상환       | 원금 <sup>1)</sup> |        |
|         |              | 이자               | 17,000 |
|         | 차입금          | 장기               |        |
|         |              | 단기               |        |
| 감가상각비   |              | 141,000          |        |
| 기타 지출   |              |                  |        |
| 지출소계(b) |              | 905,500          |        |
| 손익(a-b) |              | 63,700           |        |

\* 주1) B 공동자원화 2017년도 원금은 80,000천원이었으나, 본 경영수지에서는 제외하였다.

<표110> C 공동자원화 경영수지 파악(전북 사례 2)

(단위: 천원)

| 구분      | 항목           | 2017년            |        |
|---------|--------------|------------------|--------|
| 수입      | 분뇨수거비        | 737,000          |        |
|         | 액비살포비        | 690,000          |        |
|         | 액비판매비        |                  |        |
|         | 퇴비판매비        | 8,000            |        |
|         | 기타수입         |                  |        |
| 수입소계(a) |              | 1,435,000        |        |
| 지출      | 일반관리비        | 65,287           |        |
|         | 제세공과금        | 14,897           |        |
|         | 인건비          | 347,050          |        |
|         | 전기료          | 93,768           |        |
|         | 유류비          | 68,957           |        |
|         | 원재료 구입비      | 톱밥               |        |
|         |              | 미생물제             | 26,331 |
|         |              | 약품비              | 16,016 |
|         |              | 기타               |        |
|         | 생산 유통<br>제비용 | 위탁관리             |        |
|         |              | 임대               |        |
|         |              | 기타               |        |
|         | 유지보수비        | 차량관리비            | 46,420 |
|         |              | 공사비              | 46,570 |
|         |              | 시설관리             | 35,600 |
|         |              | 기타               |        |
|         | 원리금 상환       | 원금 <sup>1)</sup> |        |
|         |              | 이자               | 10,800 |
|         | 차입금          | 장기               |        |
|         |              | 단기               |        |
| 감가상각비   |              | 200,000          |        |
| 기타 지출   |              |                  |        |
| 지출소계(b) |              | 971,696          |        |
| 손익(a-b) |              | 463,304          |        |

\* 주1) C 공동화자원화 2017년도 원금은 85,714천원이었으나, 본 경영수지에서는 제외하였다.

## (2) 공동자원화 사업장의 문제점

- 3개의 공동자원화의 실제 사례를 통해 경영수지를 살펴본 결과 다음과 같다. 3개의 공동자원화 경영수지는 63,700원에서 463,304원까지로 흑자로 나타났다. 3개의 공동자원화의 경우 비용보다 매출액이 크게 나타나 경영수지 흑자를 보였으나, 고정비가 64.6%(A사례), 64.5%(B사례), 70.6%(C사례)으로 매우 높은 비율을 보여 고정비를 줄이는 방안을 마련할 필요가 있다. 원리금 상환 까지 포함할 경우 ‘흑자 도산’ 이 예상되므로 공동자원화의 경영수지 악화를 해결할 수 있는 방안이 모색되어야 하며 이에, 본 연구에서 다음과 같은 수익증대방안을 제시하였다.

## (3) 수익증대방안

- 가축분뇨 양분관리를 위하여 공동자원화의 수익을 분석한 결과, 대부분의 공동자원화시설이 경영수지 상 ‘흑자’ 이나, 원리금상환까지 포함시킬 경우 모든 공동자원화가 ‘흑자 도산’ 이다. 그러므로 흑자 경영을 위한 수익증대방안 제시한다. 첫째 품질개선이다. 고품질액비생산으로 농가의 선호도 상승 및 톤당 가치 상승으로 경제적 수입 증가가 예상된다. 둘째 이동의 편리성과 지역제한을 폐지하는 것이다. 소포장 고품질액비 생산으로 지역간, 도농간의 이동이 편리해지며, 다양한 판매처로의 판매가 가능하여 수입통로가 확대될 것으로 예상된다.
- 또한, 이러한 품질개선 및 이동의 편리성, 지역제한 폐지 등은 액비의 고품질화, 고농축액비, 액비의 상품화로 바꾸어 개선책을 제시할 수 있다. 고품질화, 고농축액비로의 상품화를 통해 처리할 수 있는 물량이 증대됨으로 인해 공동자원화 입장에서는 수익측면에서 일석이조의 효과를 볼 수 있을 것으로 예상된다.

### (가) 품질개선(고품질화)에 따른 농가수익 증대방안

- 농가의 고품질·고농축 액비사용 활성화로 토지개량효과를 기대하고 경제성 확보가 가능하다. 화학비료 감소에 따른 화학비료 사용비 절감과 더불어 액비사용을 통한 생산량 증대 효과로 경제성을 확보할 수 있다. 또한 국가의 추가적인 비용 없이, 자연스레 토지 개량효과를 얻을 수 있어 토양의 지속가능성 향상 및 경제적 가치가 크다고 할 수 있다. 이러한 고품질 액비사용에 따른 경제적 가치 상승에 대한 홍보를 통해 액비활성화를 이끌어 전반적인 공동자원화의 수익증대를 기대해 볼 수 있다. 고품질 액비생산은 공동자원화의 수익증대 효과 뿐만 아니라 농가의 경제적 가치 상승에 있어 큰 효과가 있다. 먼저 공동자원화 측면



에서 고품질액비 생산으로 높은 가격으로의 액비를 판매함으로써 자원화수익증대효과를 기대할 수 있으며 농가측면에서는 고품질액비 사용함으로써 관행시비대비 저렴한 액비사용으로 비용절감효과 및 생산량 증가로 판매수익을 증대시킴으로써 농가의 경영수익 증대효과를 기대할 수 있다.

① 비용절감을 통한 농가수익 증대 사례 (2017년 철원군·김화농협 추비용 맞춤형액비관비재제 시험컨설팅, (주)한바이오)

㉠ 목적

- 유기자원의 농지환원을 통한 자연순환농업을 활성화한다.
- 농업경영비의 절감과 토양의 이화학적 성상의 개선효과를 도모한다.
- 고품질 친환경농산물의 생산에 기여한다.

㉡ 결과

- 화학비료 감소에 따른 경제성 확보와 토양의 지속가능성을 향상시킨다.

㉢ 경제성분석

- 2017년의 경우, 총 10농가 6.2ha를 대상으로 하였으며, 액비사용에 대한 비용은 153천원/10a으로 관행시비를 사용할 경우보다 10a당 525천원 절감되는 것으로 조사되었다.
- 10농가 6.2ha 전체에 대해서는 경영비절감액이 58,426천원으로 나타났다.
- 비용측면에 있어 관행시비에 비해 경제적 절감가치가 있는 것으로 나타났다.

<표111> 비용절감 농가사례

| 연도     | 참여<br>농가<br>(농가) | 총면적<br>(ha) | 작목  | 액비사용<br>(천원/10a)<br>① | 관행시비<br>(천원/10a)<br>② | 경영비<br>절감액<br>(천원/10a)<br>③=②-① | 경영비<br>절감액<br>(총 참여면적)<br>(천원) |
|--------|------------------|-------------|---|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 2015   | 6                | 2.2         | 파프리카  | 262                   | 711                   | 449                             | 9,878                          |
| 2016   | 7                | 2.9         | 파프리카<br>피망                                    | 123                   | 675                   | 552                             | 16,008                         |
| 2017   | 10               | 6.2         | 파프리카<br>피망<br>토마토<br>노지가지<br>호박(후작)<br>오이(후작) | 75                    | 600                   | 525                             | 32,550                         |
| 3개년 평균 |                  |             |   | 153                   | 661                   | 508                             | 58,436                         |

② 수확량 증가를 통한 농가수익 증대 사례

- 일본종 토마토를 재배하는 A농가의 경우 평균적으로 평년 10a당 15,000kg을 생산하는데, 액비사용 후 수확량이 10a 당 20,000kg으로 평년대비 33% 생산량 증가를 보여, 수입적 측면에서의 경제적 가치가 큰 것으로 나타났다. 경제성분석결과, 비용적 측면에서 관행시비에 절감액이 크며, 생산량이 확대되어 농가전반에 있어서 경제적 수익률이 향상되었음을 알 수 있다. 이를 통해 고품질액비를 통한 경제적 가치상승이 가능한 것으로 평가할 수 있다.

<표112> 수확량 증가 농가사례

| 수확량   | 10a당     | 비고   |
|-------|----------|------|
| 평년평균  | 15,000kg | 100% |
| 2017년 | 20,000kg | 133% |

### ③ 고농축액비(상품화)에 따른 공동자원화의 수익 증대

- 사례들을 바탕으로 하여 공동자원화의 액비 중 일부를 고농축액비로 하여 판매하여 수익을 증대할 수 있다. 고농축이라는 장점으로 인하여 하이퀄리티 작물에까지 이용이 가능하며 지역간 이동제한이 없어서 상품화로써의 가치가 증대될 것으로 예상된다. 이로 인하여 액비판매시장은 현재의 농가에 이용하는 수준에서 보다 확대될 것으로 기대해 볼 수 있다.
- 1톤 당 250배의 농축(질소10%기준)으로 하여 4L 생산 가능하며, 1L당 판매금액은 도매 5,000~소매10,000원까지 가능한 것으로 예상된다. 따라서, 공동자원화 시설에서의 고농축액비 생산으로 수입증대를 도모할 수 있다.

## (나) 공동자원화시설 수익 상승에 대한 예상 시나리오

### ① 공동자원화시설 A의 예상수익 시나리오

- 2017년을 기준으로 하여 연간 분뇨처리물량 약 51,304톤으로 액비생산량은 85% 수준으로 약 43,400톤이며, 비용측면에서 톤당 처리비용으로 23,677원이 지출된다(지출에서 원리금상환에 대한 원금은 제외하였고, 본 계산에서는 23.5천원으로 계산하였다). 수익측면에서의 경우, 분뇨수거비(원수반입비용)으로 톤당 23,000원씩의 수익이 확보되고 있으며 액비상포비로 1ha 40톤 투하기준으로 300,000원의 수익이 발생된다(비료인증 받아 1ha 당 300,000원 측정된다).
- A 공동자원화의 경우 2017년 실제 손익은 수입 1,506,000천원, 지출 1,917,540천원으로 -411,540천원의 적자 발생하였으나, 본 시나리오에서는 원금상환에 대한 원금을 제외하고 톤당 비용을 반올림하여 총 지출 1,207,540천원으로 +298,460천원의 흑자 발생으로 나타난다. 공동자원화 시설의 운영에 있어 실제로 원금과 이자에 대한 상황에 대한 압박감이 크며, 국가에서 무상으로 설치하여 운영되는 시설이 아닌 만큼 원리금 상환을 배제하고 공동자원화 시설의 경영수지를 판단하는 것은 무리가 있다. 하지만 각 공동자원화시설의 원리금 상환 시기와 차입금 방식이 다르기 때문에 어느 한해에 그것을 판단하는 것 또한 무리가 있으므로 본 예상 시나리오에서는 이에 대한 원리금과 차입금 부분을 제외하고 살펴본 것이다. 공동자원화시설의 수입을 늘리는 것이 향후 원리금과 차입금 모두를 고려 할 경우 적자를 벗어나 수익률이 높은 사업시설로 우뚝 설 수 있다.

- 고품질 액비의 경우 톤당 10,000원에 거래, 고농축액비의 경우 톤당 250배 농축으로 4리터가 생산되며 리터당 가격은 10,000원에 거래 되는 것으로 예상하여 시나리오를 작성하였다.
- 시나리오 I, II, III으로 고품질액비과 고농축액비 점진적으로 확대 생산되어 판매된다고 가정한다. 시나리오 I의 경우, 고품질액비와 고농축액비가 15%씩 생산되어 액비판매의 30%를 차지하는 것으로 예상된다. 시나리오 II의 경우, 고품질액비와 고농축액비가 25%씩 생산되어 액비판매의 50%를 차지하는 것으로 예상된다. 시나리오 III의 경우, 고품질액비와 고농축액비가 50%씩 생산되어 액비판매의 100%를 차지하는 것으로 예상된다. 시나리오 I, II의 경우 잔여 액비의 경우 기존대로 1ha 당 40톤 투하 300천원 수익으로 계상한다. 시나리오별 결과는 다음과 같다. 시나리오 I의 경우, 514,718천원으로 2017년 현재 대비 72.5% 증가하였다. 시나리오 II의 경우 657,948천원으로 수익 예상된다. 시나리오 III의 경우 1,016,024천원으로 수익 예상된다. 이와 같이 고품질, 고농축액비의 생산으로 공동자원화의 수익증대방안을 모색해 볼 수 있다.

**<표113> A 공동자원화 현황**

| 구분   |                     | 톤      | 단가(천원)  | 총금액(천원)   |
|------|---------------------|--------|---------|-----------|
| 물량   | 분뇨처리물량              | 51,304 | -       | -         |
|      | 액비생산량 <sup>1)</sup> | 43,400 | -       | -         |
| 비용항목 | 분뇨처리비용              |        | 23.5/톤  | 1,205,644 |
| 수입항목 | 분뇨수거비<br>(원수반입비용)   | 51,304 | 23/톤    | 1,180,000 |
|      | 액비살포비 <sup>2)</sup> | 43,400 | 7.5/톤   | 325,500   |
|      | 액비판매비               | -      | -       | 500       |
| 총수익  |                     |        | 298,460 |           |

\* 주1) 액비생산량은 분뇨처리물량의 85%이다.

\* 주2) 액비살포비는 1ha 당 40톤 살포기준이며, 40톤 기준 비료인증으로 300천원을 받았다.

<표114> A 공동자원화 예상시나리오를 통한 수익증대

| 구분   |                                 | 톤      | 총액(천원)                |           |           |           |
|------|---------------------------------|--------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
|      |                                 |        | 2017년 현재              | 시나리오 I    | 시나리오 II   | 시나리오 III  |
| 물량   | 분뇨처리물량                          | 51,304 | -                     |           |           |           |
|      | 액비생산량 <sup>1)</sup>             | 43,400 | -                     |           |           |           |
| 비용항목 | 분뇨처리비용 <sup>2)</sup>            |        | 1,205,644             | 1,205,644 | 1,205,644 | 1,205,644 |
|      | 분뇨처리<br>추가비용 <sup>3)</sup>      |        | 0                     | 13,021    | 21,702    | 43,403    |
| 수입항목 | 분뇨수거비 <sup>4)</sup><br>(원수반입비용) | 51,304 | 1,180,000             | 1,180,000 | 1,180,000 | 1,180,000 |
|      | 액비살포비 <sup>5)</sup>             | 43,400 | 325,500               | 227,867   | 162,762   | 0         |
|      | 고품질액비                           | -      | 0                     | 65,105    | 108,508   | 217,016   |
|      | 고농축액비                           |        |                       | 260,419   | 434,032   | 868,064   |
| 총수익  |                                 |        | 298,460 <sup>6)</sup> | 514,718   | 657,948   | 1,016,024 |

- \* 주1) 액비생산량은 분뇨처리물량의 85%수준이다.
- \* 주2) 톤당 처리비용은 단가 23,5천원으로 계산한다.
- \* 주3) 톤당추가비용이란 고품질액비와 고농축액비로 생산할 때 추가적으로 소요되는 비용으로 1톤당 1천원의 추가 비용이 발생하는 것으로 계산한다.
- \* 주4) 톤당 분뇨수거비는 23천원이다.
- \* 주5) 액비살포비는 1ha 당 40톤 살포 기준으로 하여 300천원을 받는 것으로 계산한다.
- \* 주6) 2017년 현재 수입항목중 액비판매금액이 있었는데 그 항목을 삭제하고 총수익 금액에 합산하여 적는다.

② 공동자원화시설 B의 예상수익 시나리오

- 2017년을 기준으로 하여 연간 분뇨처리물량 37,827톤으로 액비생산량은 52.5% 수준으로 약 19,859톤이다. 비용측면에서 톤당 처리비용으로 23,937원이 지출된다(지출에서 원리금상환에 대한 원금은 제외하였다. 본 계산에서는 반올림 하여 24천원으로 표기). 수익측면에서의 경우, 분뇨수거비(원수반입비용)으로 톤당 23,000원씩의 수익이 확보되고 있으며 액비상포비로 1ha 40톤 투하기준으로 200,000원의 수익이 발생한다. B 공동자원화의 경우 2017년 실제 손익은 수입 969,200천원, 지출 985,500천원으로 -16,300천원의 적자 발생하였으나, 본 시나리오에서는 원리금상환에 대한 원금을 제외하고 톤당 비용을 반올림하여 총 지출 905,500천원으로 +63,700천원의 흑자 발생으로 나타난다.

- 고품질 액비의 경우 톤당 10,000원에 거래, 고농축액비의 경우 톤당 250배 농축으로 4 리터가 생산되며 리터당 가격은 10,000원에 거래 되는 것으로 예상하여 시나리오를 작성하였다. 시나리오 I, II, III으로 고품질액비와 고농축액비를 점진적으로 확대 생산되어 판매된다고 가정한다. 시나리오 I의 경우 고품질액비와 고농축액비가 15%씩 생산되어 액비판매의 30%를 차지하는 것으로 예상한다. 시나리오 II의 경우 고품질액비와 고농축액비가 25%씩 생산되어 액비판매의 50%를 차지하는 것으로 예상한다. 시나리오 III의 경우 고품질액비와 고농축액비가 50%씩 생산되어 액비판매의 100%를 차지하는 것으로 예상한다. 시나리오 I, II의 경우 잔여 액비의 경우 기존대로 1ha 당 40톤 투하 200천원 수익으로 계상한다. 시나리오별 결과는 다음과 같다. 시나리오 I의 경우 177,049천원으로 2017년 현재 대비 178% 증가하였다. 시나리오 II의 경우 252,514천원으로 수익 예상한다. 시나리오 III의 경우 441,176천원으로 수익 예상한다. 이와 같이 고품질, 고농축액비의 생산으로 공동자원화의 수익증대 방안을 모색해 볼 수 있다.

**<표115> B 공동자원화 현황**

| 구분   |                     | 톤      | 단가(천원) | 총금액(천원) |
|------|---------------------|--------|--------|---------|
| 물량   | 분뇨처리물량              | 37,827 | -      | -       |
|      | 액비생산량 <sup>1)</sup> | 19,859 | -      | -       |
| 비용항목 | 분뇨 처리비용             |        | 24/톤   | 905,500 |
| 수입항목 | 분뇨수거비<br>(원수반입비용)   |        | 23/톤   | 870,000 |
|      | 액비살포비 <sup>2)</sup> |        | 5/톤    | 99,200  |
| 총수익  |                     |        | 63,700 |         |

\* 주1) 액비생산량은 분뇨처리물량의 52.5%이다.

\* 주2) 액비살포비는 1ha 당 40톤 살포기준이며, 40톤 기준 200천원을 받았다.

<표116> B 공동자원화 예상시나리오를 통한 수익증대

| 구분       |                                 | 톤      | 총액(천원)   |         |         |          |
|----------|---------------------------------|--------|----------|---------|---------|----------|
|          |                                 |        | 2017년 현재 | 시나리오 I  | 시나리오 II | 시나리오 III |
| 물량       | 분뇨처리물량                          | 37,827 |          |         |         |          |
|          | 액비생산량 <sup>1)</sup>             | 19,859 |          |         |         |          |
| 비용<br>항목 | 분뇨처리비용 <sup>2)</sup>            |        | 905,500  | 905,500 | 905,500 | 905,500  |
|          | 분뇨처리<br>추가비용 <sup>3)</sup>      |        | 0        | 5,958   | 9,930   | 19,859   |
| 수입<br>항목 | 분뇨수거비 <sup>4)</sup><br>(원수반입비용) | 37,827 | 870,000  | 870,000 | 870,000 | 870,000  |
|          | 액비살포비 <sup>5)</sup>             | 19,859 | 99,200   | 69,507  | 49,648  | 0        |
|          | 고품질액비                           |        | 0        | 29,789  | 49,648  | 99,296   |
|          | 고농축액비                           |        | 0        | 119,155 | 198,592 | 397,184  |
| 총수익      |                                 |        | 63,700   | 177,049 | 252,514 | 441,176  |

- \* 주1) 액비생산량은 분뇨처리물량의 52.5%수준이다.
- \* 주2) 톤당 처리비용은 단가 24천원으로 계산한다.
- \* 주3) 톤당추가비용이란 고품질액비와 고농축액비로 생산할 때 추가적으로 소요되는 비용으로 1톤당 1천원의 추가 비용이 발생하는 것으로 계산한다.
- \* 주4) 톤당 분뇨수거비는 23천원이다.
- \* 주5) 액비살포비는 1ha 당 40톤 살포 기준으로 하여 200천원을 받는 것으로 계산한다.

## 다. 자원화조직체의 고품질 자원화물 생산을 통한 수익증대 방안 사례 연구

### (1) 고품질의 액비 및 클로렐라비료의 제조 사례

#### (가) 가축분뇨 액비품질인증(안)과 고품질 액비의 정의

##### ① 액비종자발아지수(Liquid Fertilizer Germination Index, LFGI) 평가법의 도출

- 가축분뇨 유래 액상시료의 생물학적 부숙도평가(액비종자발아법)는 기본적으로 「비료관리법」 중 「비료의 품질검사방법 및 시료채취기준 [시행 2016.5.25.] [고시 제2016-27호, 2016.5.25., 일부개정]의 ‘별표1. 비료의 이화학적 검사방법 등’에 제시된 퇴비종자발아법을 근거로 하였다.
- 또한 선행연구를 통하여 도출된 액비의 이화학적성상과 다양한 종자발아법을 적용한 결과를 기초로 하여 ①돈분뇨 퇴비화에 따른 수분조절재의 소요량 및 분뇨 원료 혼합배율 검토 ②퇴비종자발아법에 따른 시료 희석배율 검토를 통해 최종적으로는 ③액비종자발아법 시료량 산정표 및 ④액비종자발아지수(LFGI, Liquid Fertilizer Germination Index) 평가법(안)을 도출하였다.
- 퇴비종자발아법을 근거로 액비종자발아법(LFGI)을 도출하기 위해서는 기본적으로 가축분뇨의 퇴비화 과정을 이해하고 접근할 필요성이 있다. 일반적으로 슬러리 돈사(혼합식)에서 발생하는 분뇨의 수분함량을 90%, 스크레퍼 돈사(분리식)에서 발생하는 분의 수분함량을 7.39%, 고액분리 후 액상물(미숙액비라 가정)의 수분을 95%라 가정할 때, 목표수분 65%로 제조하기 위한 분뇨 1kg 당 필요한 수분조절재의 소요량(수분함량 25%)은 각각 혼합식 0.625, 분리식 1.223, 액비 0.75kg이 소요된다. 이때의 원료와 수분조절재의 혼합배율은 각각 1.625, 1.223, 1.750배이며, 평균값인 1.533의 원료 및 수분조절재의 혼합배율을 도출·적용하였다<표117>.



<표117> 돈분뇨 퇴비화에 따른 수분조절재의 소요량 및 분뇨 원료 혼합배율

| 원료  | 형태  | 분뇨량 (kg) | 수분함량 (%) | 목표수분 (%) | 수분조절재 소요량(kg) <sup>1)</sup> | 혼합배율  | 평균    |
|-----|---|----------|----------|----------|-----------------------------|-------|-------|
| 돈분뇨 | 혼합식   | 1        | 90       | 65       | 0.625                       | 1.625 | 1.533 |
|     | 분리식   |          | 7.39     | 65       | 0.2225                      | 1.223 |       |
|     | 액비 <sup>2)</sup>  |          | 95       | 65       | 0.75                        | 1.750 |       |
| 비고  | 1) 수분조절재소요량(kg) = 생분뇨량(kg) × $\frac{\text{생분뇨 수분함량}(\%) - \text{목표수분}(x\%)}{\text{목표수분}(x\%) - \text{수분조절재수분}(25\%)}$<br>2) 가축분뇨발효액(액비)의 고형물함량을 5%로 가정함 |          |          |          |                             |       |       |

\*자료) 상지대학교 (2017)

- 퇴비종자발아법에 따르면, 시료  $Ag[A=5 \times 100 / (100 - \text{수분})]$ 을 취하여 250ml 삼각 플라스크에 넣고 증류수 100ml를 가하도록 명시되어 있다. 이를 근거로 하면 액비시료의 희석배율을 다음 <표118>과 같이 도출할 수 있다.

<표118> 퇴비종자발아법에 따른 액비시료 희석배율의 검토

| 수분함량 (%) | <sup>1)</sup> 시료량 (g)   | <sup>2)</sup> 총량 (g) | <sup>3)</sup> 시료 희석배율 |
|----------|---|----------------------|-----------------------|
| 95       | 100.0   | 200.0                | 2.0                   |
| 96       | 125.0   | 225.0                | 1.8                   |
| 97       | 166.7   | 266.7                | 1.6                   |
| 98       | 250.0   | 350.0                | 1.4                   |
| 99       | 500.0   | 600.0                | 1.2                   |
| 비고       | 1) 시료량 $A(g) = 5 \times 100 / (100 - \text{수분})$ , 2) 총량 = 시료량 + 100mL<br>3) 시료 희석배율 = 총량 / 시료량 |                      |                       |

\*자료) 상지대학교 (2017)

- 돈분뇨 퇴비화에 따른 수분조절재의 소요량 및 분뇨 원료 혼합배율과 퇴비종자발아법에 따른 시료 희석배율을 통하여 「액비종자발아지수(LFGI) 평가법 시료량 산정표」와 「액비종자발아지수(LFGI) 평가법」을 도출하였다. 액비종자발아지수(LFGI) 평가법 시료량 산정표는 시험자의 편의를 돕기 위하여 액비시료의 총고형물함량 또는 수분함량에 대하여 액비종자발아지수(LFGI) 평가법 시험 시 취해야 하는 시료량 (A)mL을 100mL 기준으로 환산하였음 <표119>. 액비종자발아법(LFGI)와 퇴비종자발아법의 가장 큰 차이는 종자발아시험 시 취해야 하는 액비시료의 양이며 이후 전처리 및 시험방법은 기존의 퇴비종자발아법과 동일함 <표120>.

<표119> 가축분뇨 액비종자발아지수(LFGI) 평가법 시료량 산정표

| 액비<br>수분<br>함량(%) | 총<br>고형물<br>(%) | 시료<br>희석<br>배율 | 원료<br>혼합<br>배율 | 최<br>종<br>희<br>석<br>배<br>율 | 액비<br>시료량<br>AmL<br>(100mL기준) | 액비<br>수분<br>함량(%) | 총<br>고형물<br>(%) | 시료<br>희석<br>배율 | 원료<br>혼합<br>배율 | 최<br>종<br>희<br>석<br>배<br>율 | 액비<br>시료량<br>AmL<br>(100mL기준) |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------------------|-------------------------------|
| 95.0              | 5.0             | 2.0            | 1.533          | 3.1                        | 32.3                          | 97.3              | 2.7             | 1.5            | 1.533          | 2.4                        | 41.7                          |
| 95.1              | 4.9             | 2.0            |                | 3.0                        | 33.3                          | 97.4              | 2.6             | 1.5            |                | 2.3                        | 43.5                          |
| 95.2              | 4.8             | 2.0            |                | 3.0                        | 33.3                          | 97.5              | 2.5             | 1.5            |                | 2.3                        | 43.5                          |
| 95.3              | 4.7             | 1.9            |                | 3.0                        | 33.3                          | 97.6              | 2.4             | 1.5            |                | 2.3                        | 43.5                          |
| 95.4              | 4.6             | 1.9            |                | 2.9                        | 34.5                          | 97.7              | 2.3             | 1.5            |                | 2.2                        | 45.5                          |
| 95.5              | 4.5             | 1.9            |                | 2.9                        | 34.5                          | 97.8              | 2.2             | 1.4            |                | 2.2                        | 45.5                          |
| 95.6              | 4.4             | 1.9            |                | 2.9                        | 34.5                          | 97.9              | 2.1             | 1.4            |                | 2.2                        | 45.5                          |
| 95.7              | 4.3             | 1.9            |                | 2.9                        | 34.5                          | 98.0              | 2.0             | 1.4            |                | 2.1                        | 47.6                          |
| 95.8              | 4.2             | 1.8            |                | 2.8                        | 35.7                          | 98.1              | 1.9             | 1.4            |                | 2.1                        | 47.6                          |
| 95.9              | 4.1             | 1.8            |                | 2.8                        | 35.7                          | 98.2              | 1.8             | 1.4            |                | 2.1                        | 47.6                          |
| 96.0              | 4.0             | 1.8            |                | 2.8                        | 35.7                          | 98.3              | 1.7             | 1.3            |                | 2.1                        | 47.6                          |
| 96.1              | 3.9             | 1.8            |                | 2.7                        | 37.0                          | 98.4              | 1.6             | 1.3            |                | 2.0                        | 50.0                          |
| 96.2              | 3.8             | 1.8            |                | 2.7                        | 37.0                          | 98.5              | 1.5             | 1.3            |                | 2.0                        | 50.0                          |
| 96.3              | 3.7             | 1.7            |                | 2.7                        | 37.0                          | 98.6              | 1.4             | 1.3            |                | 2.0                        | 50.0                          |
| 96.4              | 3.6             | 1.7            |                | 2.6                        | 38.5                          | 98.7              | 1.3             | 1.3            |                | 1.9                        | 52.6                          |
| 96.5              | 3.5             | 1.7            |                | 2.6                        | 38.5                          | 98.8              | 1.2             | 1.2            |                | 1.9                        | 52.6                          |
| 96.6              | 3.4             | 1.7            |                | 2.6                        | 38.5                          | 98.9              | 1.1             | 1.2            |                | 1.9                        | 52.6                          |
| 96.7              | 3.3             | 1.7            |                | 2.5                        | 40.0                          | 99.0              | 1.0             | 1.2            |                | 1.8                        | 55.6                          |
| 96.8              | 3.2             | 1.6            |                | 2.5                        | 40.0                          | 99.1              | 0.9             | 1.2            |                | 1.8                        | 55.6                          |
| 96.9              | 3.1             | 1.6            |                | 2.5                        | 40.0                          | 99.2              | 0.8             | 1.2            |                | 1.8                        | 55.6                          |
| 97.0              | 3.0             | 1.6            | 2.5            | 40.0                       | 99.3                          | 0.7               | 1.1             | 1.7            | 58.8           |                            |                               |
| 97.1              | 2.9             | 1.6            | 2.4            | 41.7                       | 99.4                          | 0.6               | 1.1             | 1.7            | 58.8           |                            |                               |
| 97.2              | 2.8             | 1.6            | 2.4            | 41.7                       | 99.5                          | 0.5               | 1.1             | 1.7            | 58.8           |                            |                               |

\*자료) 상지대학교 (2017)

<표120> 가축분뇨 액비종자발아법(LFGI)(안)의 도출

|        |   |   |
|--------|---|---|
| 시료량    | ① 액비시료의 수분함량(또는 총고형물함량)을 측정한다.<br>② 액비종자발아법 시료 희석배수 인덱스를 참고하여 수분함량에 따른 시료량 A mL를 산정한다.                                |   |
| 발아 시험  | 종자  | - 서호무를 사용하되, 서호무 확보가 어려울 경우에는 다른 동일한 품종의 무를 사용한다. (발아율85%이상)  |
|        | 시험 방법   | ① 액비시료 A mL를 눈금이 있는 등근바닥플라스크에 취하고 증류수로 100mL fill up한다.<br>② 시료를 항온수조에 넣고 70°C에서 2시간 추출 후 No.2 여과지로 여과한다.<br>③ ②번 여액 5mL를 No.2 여과지 2매를 바닥에 깔 직경 85mm 페트리디시에 가한다.<br>④ 페트리디시당 종자의 개수는 30립으로 한다.<br>⑤ 대조구에는 증류수 5mL를 넣고, 대조구와 처리구 전부 3~5반복으로 한다.<br>⑥ 페트리디시는 파라필름으로 감아 수분증발을 막는다.<br>⑦ 72시간 후 수분을 점검하여 필요시 모든 페트리디시에 증류수 3mL를 보충한다.<br>⑧ 처리후 120~125시간 사이에 발아율과 뿌리길이를 측정한다. |
|        | 시험 환경   | - 생육상의 온도를 25±1°C, 습도는 85±1%로 하고 빛은 종자의 발아조건에 따르며, 특별히 인공적인 빛은 조사하지 않는다.  |
|        | 발아 지수   | $GR = (\text{발아율}/\text{control 발아율}) \times 100$<br>$RE = (\text{뿌리길이}/\text{control 뿌리길이}) \times 100$<br>$GI = GR \times RE / 100$   |
| 부속도 판정 | 발아지수 70 이상일 때 부속완료로 판정한다.   |   |
| 비고     | * 액비종자발아법(LFGI) 시료량 산정표<br>- 액비의 총고형물함량(TS)이 0.8%인 경우 시료량 55.6mL를 눈금이 있는 등근바닥플라스크 또는 메스실린더에 취하고 증류수로 100mL fill up한다. |   |

\*자료) 상지대학교 (2017)

② 가축분뇨 액비품질인증(안)의 개발 선행연구

- 농축산업 각 분야의 전문가회의와 공동자원화 운영주체에 대한 설문조사 등 다양한 현장의 의견을 반영하고 선행연구의 결과를 수정·보완하여 액비품질인증(LFQC)(안) 구축하였다. 또한 현행의 가축분뇨발효액(비료 공정규격설정 및 지정)과 친환경유기농자재 공시 및 품질인증 기준(퇴비기준)을 기초로 한 고품질(프리미엄) 액비의 품질규격을 설정하였다<표121>.
- LFQC\_1(프리미엄 액비)은 현행 가축분뇨발효액의 기준 항목인 N·P·K합계량, 중금속 8종, 병원성미생물 2종, 염분, 수분함량에 추가적으로 친환경유기농자재 공시 및 품질인증 기준(퇴비기준)의 항목인 병원성미생물(황색포도상구균, 리스테리아 모노사토제네스, 바실러스 세

레우스 각각 불검출) 및 항생물질(테트라사이클린계, 베타락탐계, 설파계, 마이크로라이드계, 아미노글리코사이드계 각각 불검출) 기준을 포함함. 또한 기계적부속도측정기(부속판정), 액비종자발아법(LFGI 70이상), 전기전도도(EC), 총고형물(TS), pH, 악취(악취강도 1이하) 기준을 설정였다.

- 현행의 가축분뇨발효액급에서 친환경유기농자재급으로 고품질화를 유도하였음. 특히 N, P, K, 전기전도도(EC), 총고형물(TS), pH 의 경우에는 각각 성분표시를 필수적으로 표시하도록 하여 철저히 수요자 중심의 품질인증 시스템을 구축하고자 하였다.
- LFQC\_2(프리미엄 액비 점수화)는 LFQC\_1의 기준을 만족하는 액비 대상으로 5가지 항목(NPK합계량, N, 액비종자발아(LFGI), TS, EC)에 대해 각각 적합한 농도 범위로부터 차등화된 점수(1~5점)를 부여하여 총 25점 만점으로 설정하였다.
- 이는 비효성(NPK합계량, N), 안정성(액비종자발아지수(LFGI), EC), 기능성(TS)을 근거로 한 액비상품화를 유도하고자 하였으며, 액비생산 운영주체 등 생산자로 하여금 고품질액비 생산에 대한 동기부여 및 수익성창출(브랜드화), 수요자는 고품질 액비에 대한 신뢰성 및 선택의 폭 확대를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.
- 본 연구에서 정의하는 ‘고품질 액비’란 <표121>에 제시된 ‘프리미엄액비(LFQC\_1)’을 의미한다.

<표121> 액비품질인증(안) LFQC\_1(프리미엄 액비)와 LFQC\_2(프리미엄 액비 등급화)

| 구분                         | 항목                   | 가축분뇨발효액<br>(현행) | 프리미엄 액비<br>(LFQC_1) | 프리미엄 액비 등급화 (LFQC_2) |           |           |           |         |
|----------------------------|----------------------|-----------------|---------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
|                            |                      |                 |                     | 1점                   | 2점        | 3점        | 4점        | 5점      |
| 규격의<br>함량                  | 1 NPK합계량 (%)         | 0.3%이상          | 0.3이상               | 0.35 미만              | 0.35~0.40 | 0.40~0.45 | 0.45~0.50 | 0.50 초과 |
|                            | 2 N (mg/L)           | -               | 성분표시                | 500 미만               | 500~1000  | 1000~1500 | 1500~2000 | 2000 초과 |
|                            | 3 P (mg/L)           | -               | 성분표시                |                      |           |           |           |         |
|                            | 4 K (mg/L)           | -               | 성분표시                |                      |           |           |           |         |
| 함유할<br>수 있는<br>유해성분<br>최대량 | 5 As                 | 5               | 5                   |                      |           |           |           |         |
|                            | 6 Cd                 | 0.5             | 0.5                 |                      |           |           |           |         |
|                            | 7 Hg                 | 0.2             | 0.2                 |                      |           |           |           |         |
|                            | 8 Pb                 | 15              | 15                  |                      |           |           |           |         |
|                            | 9 Cr                 | 30              | 30                  |                      |           |           |           |         |
|                            | 10 Cu                | 50              | 50                  |                      |           |           |           |         |
|                            | 11 Zn                | 130             | 130                 |                      |           |           |           |         |
|                            | 12 Ni                | 5               | 5                   |                      |           |           |           |         |
|                            | 13 대장균O157:H7        | 불검출             | 불검출                 |                      |           |           |           |         |
|                            | 14 살모넬라              | 불검출             | 불검출                 |                      |           |           |           |         |
|                            | 15 황색포도상구균           | -               | 불검출                 |                      |           |           |           |         |
|                            | 16 리스테리아 모노사이토제네스    | -               | 불검출                 |                      |           |           |           |         |
|                            | 17 바실러스세레우스          | -               | 불검출                 |                      |           |           |           |         |
|                            | 18 테트라사이클린계          | -               | 불검출                 |                      |           |           |           |         |
| 19 베타락탐계                   | -                    | 불검출             |                     |                      |           |           |           |         |
| 20 설과계                     | -                    | 불검출             |                     |                      |           |           |           |         |
| 21 마이크로라이드계                | -                    | 불검출             |                     |                      |           |           |           |         |
| 22 아미노글리코사이드계              | -                    | 불검출             |                     |                      |           |           |           |         |
| 그 밖의<br>규격                 | 23 기계적부속도측정          | -               | 부속                  |                      |           |           |           |         |
|                            | 24 액비중자발아지수(LFGI)    | -               | 70이상                | 80미만                 | 80~85     | 85~90     | 90~95     | 95 초과   |
|                            | 25 염분(NaCl) (%)      | 0.3%이하          | 0.3%이하              |                      |           |           |           |         |
|                            | 26 수분함량 (%)          | 95%이상           | 95%이상               |                      |           |           |           |         |
|                            | 27 총고형물(TS) (%)      | -               | 성분표시                | 2.0초과                | 2.0~1.5   | 1.5~1.0   | 1.0~0.5   | 0.5 미만  |
|                            | 28 전기전도도(EC) (mS/cm) | -               | 성분표시                | 25초과                 | 25~20     | 20~15     | 15~10     | 10 미만   |
|                            | 29 pH                | -               | 성분표시                |                      |           |           |           |         |
|                            | 30 악취                | -               | 악취강도 1이하            |                      |           |           |           |         |

\*자료) 상지대학교 (2017)

## (나) 고품질의 액비 및 클로렐라 미생물비료의 제조

### ① 고온호기액상발효 공정을 이용한 고품질 액비의 생산

- 고온호기액상발효 기술은 고온 호기성 미생물들이 유기물들을 소화할 때 발생하는 호기적 대사과정에서의 발생 열과 발효장치의 폭기 및 교반열을 발효장치 내부에서 보존하여 이용함으로써 고온 발효과정을 유지하는 것을 의미한다.
- 이 기술의 핵심은 산소공급 방법을 잘 조정하여 미생물들의 성장을 최대로 유지시키는 것이다. 고온호기성 소화방법은 주로 고온성 미생물들을 활용하는데 55 ~ 65℃에서 활성이 강해 이를 유지시키는 것이 매우 중요하다.
- 이러한 고온조건은 분뇨 내 병원성미생물 및 바이러스를 불활성화하여 처리과정에서의 위해 요소를 제어할 수 있다는 것이 가장 큰 장점이다.
- 또한 고온호기성미생물의 증식을 촉진함으로써 악취 원인물질인 휘발성지방산(VFA)과 황화수소(H<sub>2</sub>S) 등이 효율적으로 분해되기 때문에 이용성과 안전성이 확보된 청정발효액(액비)의 생산이 가능하다.
- 본 연구에서 사용된 고온호기액상발효 공정의 사양은 다음과 같다.

#### <발효액비 생산 장치(고온호기액상발효)>

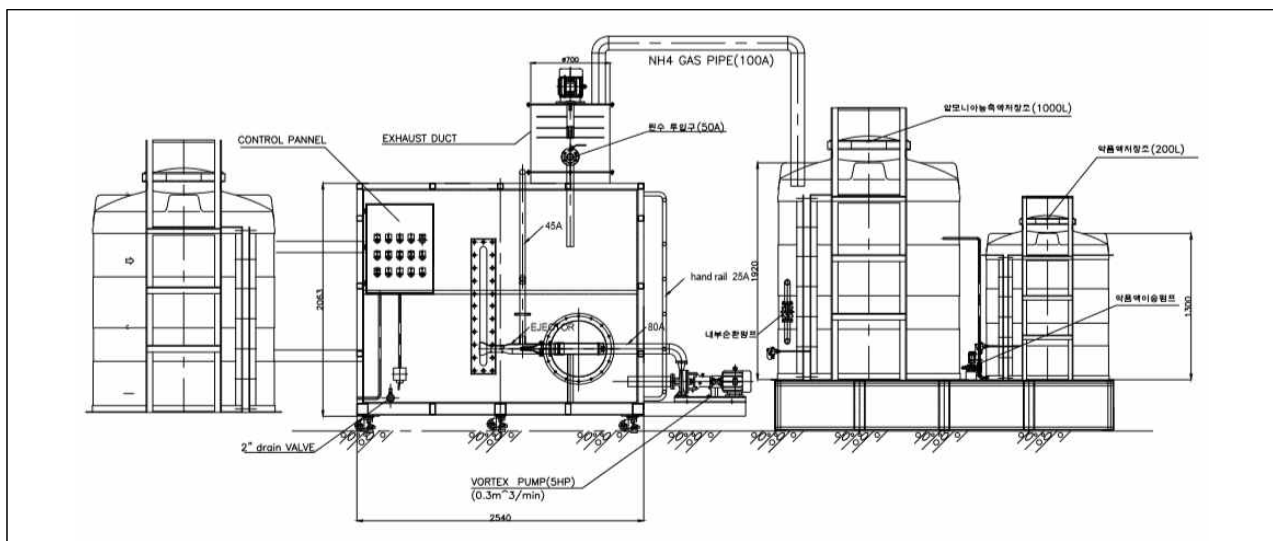
- 처리용량 : 5ton
- 재질 : SUS 304
- 사이즈 : 2.5 x 1.6 x 2.7
- 폭기방식 : 에젝터방식 (5HP)
- 소포장치 : 회전속도 1,780rpm (1HP)

#### <암모니아 포집, 회수액 공정>

- 처리용량: 3ton (일반 수돗물을 투입함)
- 재질: PE
- 특징: 고온호기액상발효장치로부터 발생하는 암모니아가스를 배관으로 연결된 암모니아포집조 내 물에 접촉시켜 암모니아를 흡수 및 회수한다. 이때 암모니아포집조에 인산(순도85%)을 처리용량의 1%로 투입하여 조 내의 pH를 약 3~4로 조정한다.

<표122> 막분리 액비 생산공정 장치 사양

|                  |                            |                              |
|------------------|----------------------------|------------------------------|
| U/F Pump         | Material                   | STS                          |
|                  | Capacity                   | 1 TPH x 500M x 0.75KW        |
| Cartridge Filter | Material                   | PP (Polypropylene)           |
|                  | Proe Size                  | 5 um                         |
| U/F              | Module Material            | ABS cap + ABS pipe           |
|                  | Module Length              | Ø6" x 1,120 mm               |
|                  | Module Port Size           | 40A                          |
|                  | Membrane Type              | Hollow Fiber Membrane (중공사막) |
|                  | Membrane Pore Size         | 0.05 um                      |
|                  | Pure water Flux(LMH)       | 450 ~ 650                    |
|                  | Max. trnsmembrane (kg/cm2) | 3                            |
| pH range         | 2~13                       |                              |



(고온호기액상발효 시설 모식도)

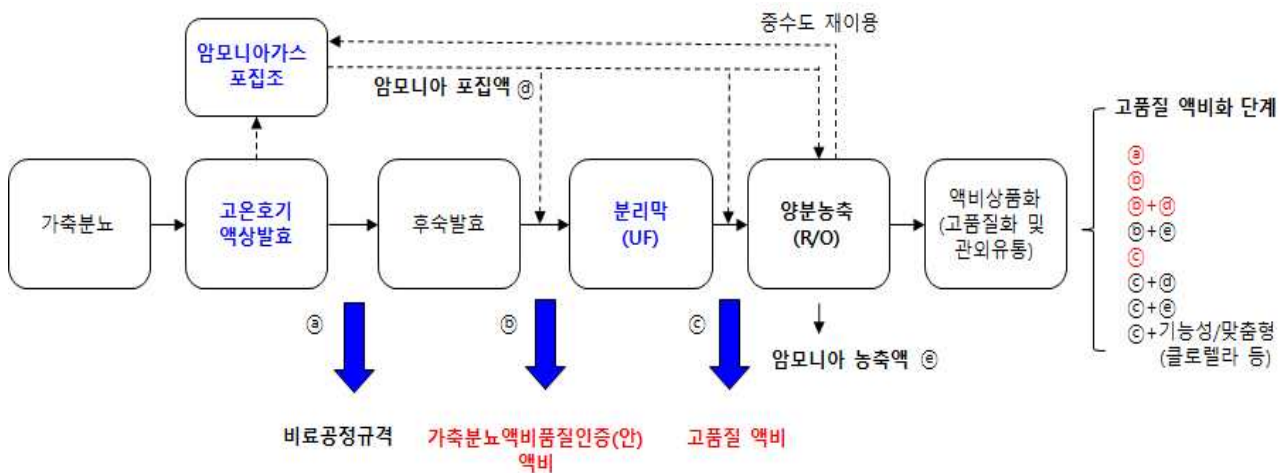


(고온호기액상발효 시설 설치)

<그림35>고온호기액상발효 시설 모식도 및 설치전경

- G지역에 소재한 가축분뇨공동자원화시설에서 반출되는 발효액비 (이하, 반출액비)를 시료로 이용하였다. 반출액비를 고온호기액상발효장치로 8일간 처리하였다. 처리기간 동안 발생하는 암모니아가스는 암모니아포집조에 포집 및 회수하였으며. 이때 암모니아포집액의 농도는 T-N 4,000 mg/L, T-P 5,000 mg/L, K 20mg/L 로 분석되었다.
- G지역 소재 가축분뇨공동자원화시설 (처리용량: 120ton/day)의 처리흐름은 원수저장조 → 고액분리 (드럼스크린+고속테칸타) → 액비화조 (8,400 ton, 11개 조로 구성) → 약 28일간 폭기처리 (브로워+산기통) → 반출조(11번 조) → 반출로 구성되어 있다.
- 액비의 후숙발효 시에는 5L-air/min.m<sup>3</sup>로 14일간 폭기처리하여 안정화 기간을 두었다.
- 처리구의 구분은 다음과 같다.

- 처리구(a): 고온호기액상발효 처리액
- 처리구(b): 고온호기액상발효 처리액 + 후숙발효 처리
- 처리구(c): 고온호기액상발효 처리 + UF 처리
- 처리구(d): (고온호기액상발효 처리 + 후숙발효 처리) : 암모니아포집조 액을 1대1로 혼합



<그림36> 가축분뇨액비품질인증(LFQC1) 적합 액비 및 고품질 액비 공정 생산 모식도

- 분석결과, G지역에 소재한 가축분뇨공동자원화시설의 반출액비의 경우 이화학적 성상 분석 결과 현행 비료공정규격의 “가축분뇨발효액” 기준에 부합하지 못한 것으로 나타났다. (아연기준 초과)



- 처리구(a) 반출액비의 고온호기액상발효 처리액의 경우 “가축분뇨발효액” 기준에 만족하였으나 가축분뇨액비품질인증(안)(LFQC1)에는 액비종자발아(LFGI) 및 기계적부숙도 측정방법 기준에 만족하지 못하였다.
- 처리구(b) 고온호기액상발효 처리액 + 후숙발효 처리의 경우 가축분뇨액비품질인증(안)(LFQC1) 기준에 모두 부합되는 액비가 생산되었다.
- 처리구(c) 고온호기액상발효 처리액 + UF 처리의 경우는 (b)가 가축분뇨액비품질인증(안)(LFQC1) 기준에 부합되므로 이를 이용하여 품질을 한 단계 향상시킨 생산물이다. UF 처리공정을 통해 TS 및 SS 등 고형입자를 저감시킴에 따라 관비나 양액재배 시에 관의 막힘 현상 등을 제어하도록 생산한 액비이다.
- 처리구(d) (고온호기액상발효 처리액 + 후숙발효=(b)) + 암모니아포집액을 1:1 혼합 처리액의 경우는 (b)와 (c)가 가축분뇨액비품질인증(안)(LFQC1) 기준에 부합하는 수준의 액비이므로 (a)공정에서 생산되는 암모니아가스를 인산으로 포집 농축하여 회수한 고농도 질소액(인산 함유)을 이용하여 질소 농도를 한 단계 높인 고농도 질소농축액비 생산물이다. 국내에서 이용되고 있는 가축분뇨 발효액비는 질소와 인산의 농도가 낮아 유통에 어려움이 있으나 본 생산물은 질소농축액(인산 함유)을 이용하므로 질소와 인산을 대폭 높여 액비 유통 효율을 향상시키게 되었다.

<표123> 가축분뇨액비품질인증(LFQC1)을 만족하는 고품질 액비의 생산

| 구분                  | 항목                   | 가축분뇨발효액<br>(현행) | 프리미엄 액비<br>(LFQC_1) | 고온호기액상발효       |                     | A액+<br>후숙발효<br>14day(=B액)<br>[처리구b] | A액+UF처리<br>[처리구c] | B액+<br>암모니아포집액<br>[처리구d] |
|---------------------|----------------------|-----------------|---------------------|----------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------------|
|                     |                      |                 |                     | 0day<br>(반출액비) | 8day(=A액)<br>[처리구a] |                                     |                   |                          |
| 규격의<br>함량           | 1 NPK합계량 (%)         | 0.3%이상          | 0.3이상               | 0.73           | 0.61                | 0.70                                | 0.31              | 0.81                     |
|                     | 2 N (mg/L)           | -               | 성분표시                | 3705           | 2735                | 2031                                | 1130              | 4188                     |
|                     | 3 P (mg/L)           | -               | 성분표시                | 412            | 271                 | 343                                 | 12                | 2962                     |
|                     | 4 K (mg/L)           | -               | 성분표시                | 3185           | 3101                | 4705                                | 2001              | 943                      |
| 수 있는<br>유해성분<br>최대량 | 5 As                 | 5               | 5                   | ND             | ND                  | ND                                  | ND                | ND                       |
|                     | 6 Cd                 | 0.5             | 0.5                 | ND             | ND                  | ND                                  | ND                | ND                       |
|                     | 7 Hg                 | 0.2             | 0.2                 | ND             | ND                  | ND                                  | ND                | ND                       |
|                     | 8 Pb (mg/kg)         | 15              | 15                  | 0.6            | 0.7                 | ND                                  | 1.9               | ND                       |
|                     | 9 Cr                 | 30              | 30                  | 2.1            | 1.5                 | 1.5                                 | 1.9               | ND                       |
|                     | 10 Cu                | 50              | 50                  | 36.6           | 23.5                | 30.3                                | 9.2               | 9.0                      |
|                     | 11 Zn                | 130             | 130                 | 1237.7         | 85.0                | 114.8                               | 15.0              | 23.8                     |
|                     | 12 Ni                | 5               | 5                   | 1.1            | 0.9                 | ND                                  | 0.9               | ND                       |
|                     | 13 대장균O157:H7        | 불검출             | 불검출                 | -              | -                   | -                                   | -                 | -                        |
|                     | 14 살모넬라              | 불검출             | 불검출                 | -              | -                   | -                                   | -                 | -                        |
|                     | 15 황색포도상구균           | -               | -                   | -              | -                   | -                                   | -                 | -                        |
|                     | 16 리스테리아 모노사이토제네스    | -               | -                   | -              | -                   | -                                   | -                 | -                        |
|                     | 17 바실러스세레우스          | -               | -                   | -              | -                   | -                                   | -                 | -                        |
|                     | 18 테트라사이클린계          | -               | -                   | -              | -                   | -                                   | -                 | -                        |
| 19 베타락탐계            | -                    | -               | -                   | -              | -                   | -                                   | -                 |                          |
| 20 설파계              | -                    | -               | -                   | -              | -                   | -                                   | -                 |                          |
| 21 마이크로라이드계         | -                    | -               | -                   | -              | -                   | -                                   | -                 |                          |
| 22 아미노글리코사이드계       | -                    | -               | -                   | -              | -                   | -                                   | -                 |                          |
| 그 밖의<br>규격          | 23 기계적부속도측정          | -               | 부속                  | 중속             | 중속                  | 부속                                  | -                 | -                        |
|                     | 24 액비종자발아지수(LFG)     | -               | 70이상                | 0              | 27                  | 80                                  | -                 | -                        |
|                     | 25 염분(NaCl) (%)      | 0.3%이하          | 0.3%이하              | 0.19           | 0.18                | 0.22                                | 0.12              | 0.09                     |
|                     | 26 수분함량 (%)          | 95%이상           | 95%이상               | 97.4           | 97.6                | 97.7                                | 99.1              | 98.2                     |
|                     | 27 총고형물(TS) (%)      | -               | 성분표시                | 2.6            | 2.4                 | 2.3                                 | 0.9               | 1.8                      |
|                     | 28 전기전도도(EC) (mS/cm) | -               | 성분표시                | 25.6           | 18.3                | 17.3                                | 12.6              | 23.0                     |
|                     | 29 pH                | -               | 성분표시                | 8.7            | 9.3                 | 9.3                                 | 9.4               | 8.8                      |
|                     | 30 약취                | -               | 약취강도 1이하            | -              | -                   | -                                   | -                 | -                        |
| 가축분뇨발효액 (현행)        |                      |                 |                     | 부적합            | 적합                  | 적합                                  | -                 | -                        |
| 프리미엄액비(LFQC_1)      |                      |                 |                     | 부적합            | 부적합                 | 적합                                  | -                 | -                        |
| 프리미엄액비 점수화 (LFQC_2) |                      |                 |                     | (13)           | (15)                | 16                                  | -                 | -                        |

\*30번 항목 "약취"의 경우 모든 처리구에서 약취강도 1이하인 것으로 가정하였다.

## ② 고품질 액비 및 클로렐라비료의 제조

- 미세조류는 2 $\mu$ m에서 50 $\mu$ m정도의 크기를 가지는 조류로서 현재까지 약 10만여 종이 알려져 있으며, 광합성을 하는 기초생산자이다. 즉 물, 빛, 이산화탄소 그리고 영양염을 이용하여 유기물과 산소를 생산한다.
- 산업적으로 미세조류는 바이오디젤의 생산, 식품 및 식품첨가물, 사료와 비료 그리고 의약품 생산 등에 이용되고 있다. 미세조류의 농업을 비롯한 산업적 활용을 위해서는 미세조류의 성장특성을 이용한 배양이 이루어져야 하는데, 미세조류의 배양에는 형태에 따라 밀폐형 배양, 개방형 배양이 있으며, 배양방식에 따라 유가식과 연속식 배양이 있다.
- 고밀도의 배양을 위해서 탄소와 무기염의 공급이 필요하며, 공급량과 그 중 질소와 인의 비율은 미세조류의 성장에 중요한 인자로 작용한다. 또한 광합성을 하는 육상식물과 마찬가지로 온도와 광량 및 광질에 미세조류의 성장은 많은 영향을 받는다.
- 미세조류의 농업적 활용은 부산물로서 축산, 수산사료 그리고 비료와 토양개량에 이용되고 있으며, 이에 국한되지 않고 수산과 농작물생산이 결합된 복합영농에도 이용될 수 있다. 미세조류 중 Chlorella 속은 식품 등의 산업적 이용가치가 높아 생물학적 특성에 대한 연구가 많이 이루어져 있다. 최근 Chlorella 속의 미세조류가 농업작물의 생산에 긍정적 영향을 미치는 것으로 알려지면서, 활용방법 개발에 요구가 많아지고 있다.
- 미세조류 중 클로렐라는 담수 조류의 일종으로 단백질, 엽록소, 비타민, 미네랄, 핵산 및 불포화지방산 등을 세포내에 함유하고 있어 영양학적으로 우수할 뿐만 아니라 면역기능을 향상, 항산화, 간 기능개선 등 여러 가지 생리활성을 개선하는 것으로 보고되었다.
- 클로렐라의 주요 구성성분은 조단백질 50-60%, 탄수화물 15-20%, 조지질 12-18%이며, 특히 지질의 30% 정도가 리놀레인, 15% 정도가 팔미틴산이며, 탄수화물은 헤미셀룰로오스를 다량 함유하고 있어 기능성 식품소재로서 적합하며 수산업 분야에서는 치어의 양식사료로 활용되고 있다.
- 또한 클로렐라는 인체의 필수 영양소를 균형 있게 함유하고 있어 미래 식품으로 불리기도 하고 단백질이나 지질 축적능으로 인해 바이오 디젤(Bio-Diesel)생산을 위한 새로운 생물소재(Biomass)로 인식되고 있다. 클로렐라는 벼 재배 시 처리할 경우 잡초 발아를 억제하여 벼 생육 촉진 효과가 있는 것으로 보고되었다.

- 앞서 기술한 가축분뇨액비품질인증(LFQC)에 기초하여 생산된 고품질 액비 및 같은 공정에서 발생하는 암모니아 가스를 인산 용액으로 포집한 암모니아포집액을 적절하게 배합하여 제조한 “발효배합배지”의 유기 및 무기 영양원을 이용하여 배양된 클로렐라를 함유한 미생물 비료를 제조하였다.
- 사용된 고품질액비(A)와 암모니아포집액(B) 각각의 이화학적 성상은 <표124>와 같다.

<표124> 고품질액비(A)와 암모니아포집액(B)의 성상

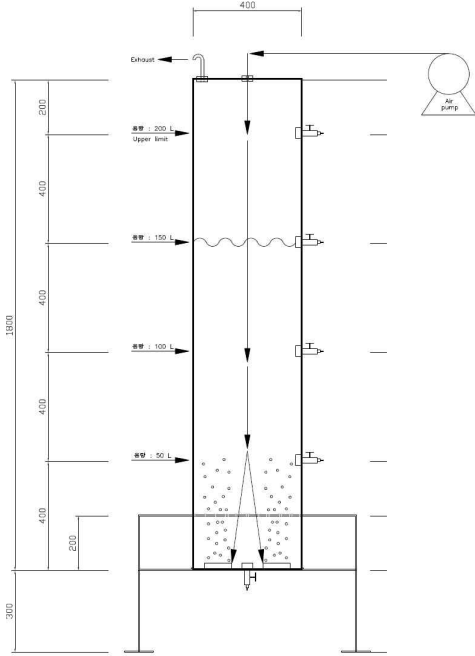
| Item       | N (mg/L)   | NH <sub>4</sub> -N (mg/L) | NO <sub>3</sub> -N (mg/L) | P (mg/L)     | K (mg/L)  | E. coli (CFU/ml) |
|------------|------------|---------------------------|---------------------------|--------------|-----------|------------------|
| 고품질액비(A)   | 1,200 ± 30 | 818 ± 50                  | 143 ± 25                  | 14. ± 1      | 3421 ± 15 | N.D              |
| 암모니아포집액(B) | 4,280 ± 3  | 4,200 ± 10                | 43 ± 0.4                  | 20,188 ± 0.5 | 72 ± 1    | N.D              |

- 클로렐라 배양배지(MAB-CF : 클로렐라 배양용 적정 발효배합배지 의미)는 발효배합배지를 희석한 액비로서 클로렐라 배양에 적합화한 것이다. 즉 표2의 (A)액과 (B)액을 적절하게 혼합하여 제조하였으며, 클로렐라 배양배지로 널리 사용되고 있는 BG11배지와 유사한 T-N농도로 제조한 것으로 그 성상 비교는 <표125>과 같다.

<표125> 발효배합배지(MAB-CF)와 BG11배지 성상 비교표

| Item            | N (mg/L) | NH <sub>4</sub> -N (mg/L) | NO <sub>3</sub> -N (mg/L) | P (mg/L)  | K (mg/L) | E. coli (CFU/ml) |
|-----------------|----------|---------------------------|---------------------------|-----------|----------|------------------|
| BG11(Cont.)     | 247      | N.D                       | 247                       | 4.68      | 13.7     | N.D              |
| 발효배합배지 (MAB-CF) | 270 ± 5  | 250 ± 1                   | 9 ± 1                     | 1,010 ± 1 | 174 ± 1  | N.D              |

- 클로렐라를 배양하기 위한 야외용 광배양 반응기는 빛의 투과성을 좋게 하기 위하여 투명 아크릴 재질의 두께 12mm 원형을 기본으로 제작하였으며 총 배양 size는 200L 로 제작되어 발효액비공정컨테이너 장치 바로 옆면에 설치 운영하였다.



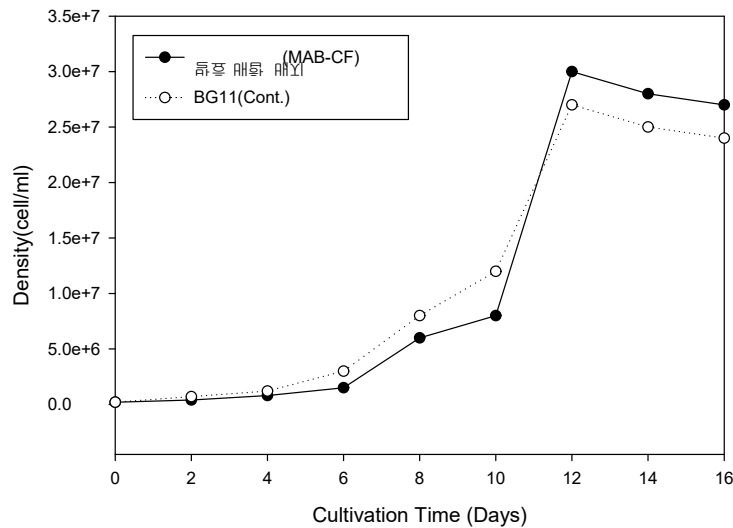
(광배양 반응기 설계도)



(현장 설치 사진)

<그림37> 클로렐라 광배양 반응기 및 현장 설치 사진

- 배양 초기 클로렐라 접종 농도는  $1 \times 10^4$  cell/mL 로 BG11배지와 발효배합배지에 동일한 농도로 접종하여 배양 16일에 Fig. 1처럼 발효배합배지에서는  $2.7 \times 10^7$  cell/mL, BG11배지에서는  $2.4 \times 10^7$  cell/mL로 나타났다. 결과적으로 발효배합배지(MAB-CF)에서 다소 높은 밀도의 클로렐라 균수(영양세포)를 보여주고 있어 충분히 고가의 화학배지를 대체 할 수 있을 것으로 사료된다.



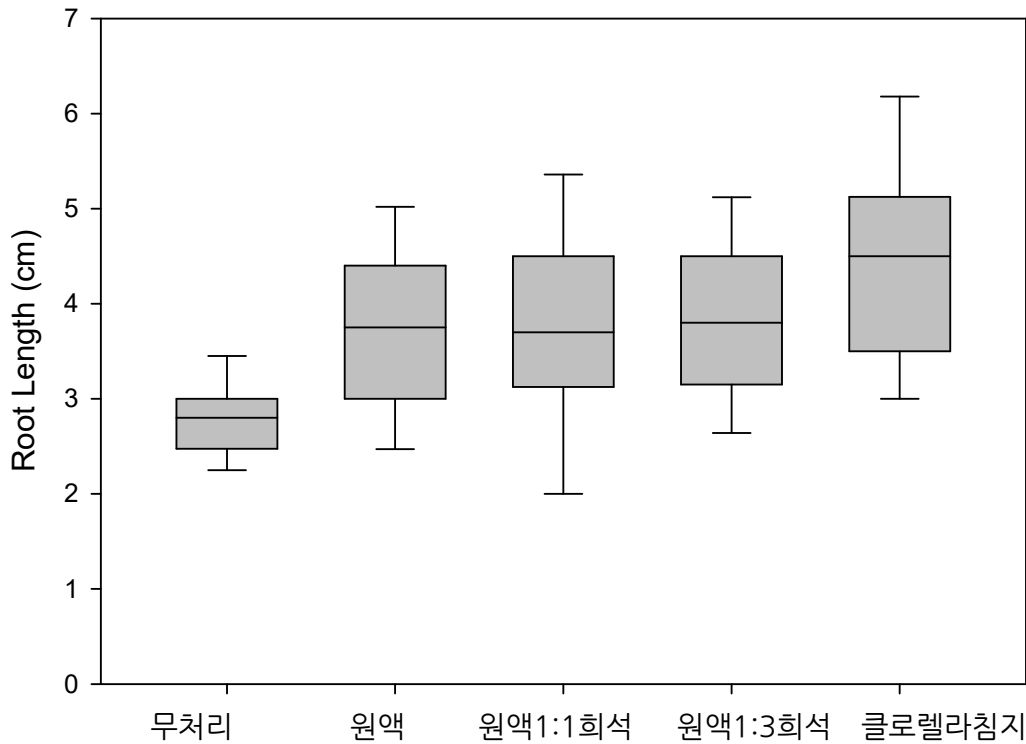
<그림38> 발효배합배지(MAB-CF) 와 BG11배지의 클로렐라 배양세포 밀도 변화

- 클로렐라의 광배양 반응기를 야외에 설치하여 클로렐라의 생육가능성을 검토하고 액상비료로서 이용 시 안전성을 검토하기 위하여 종자발아실험을 수행하였다. 단, 이는 액비의 미생물비료로서의 안전성과 품질의 안정성을 검토하기 위함으로서 본 발명의 이해를 돕기 위하여 제시된 것이다.
- 발효배합배지(MAB-CF)에서 16일 배양한 클로렐라 배양액(MAB-CF-16)과 화학배지 BG11에서 16일 배양한 클로렐라 BG11-16를 상호 무종자를 이용하여 종자발아실험을 실시하였다. 결과를 <표126>에 나타내었다. 본 실험을 통해 클로렐라 미생물 비료(MAB-CF-16)이 화학배지 BG11-16에 비하여 발아지수가 높아 안정적임을 나타내고 있다.

**<표126> 클로렐라미생물비료(CMF-16)와 BG11-16의 무종자발아 실험 결과 (n=3)**

| Item      | 무처리(Cont.) | BG11-16 | 클로렐라미생물비료 (MAB-CF-16) |
|-----------|------------|---------|-----------------------|
| 발아율(%)    | 90         | 98      | 98                    |
| 뿌리길이 (평균) | 6          | 6.82    | 7.99                  |
| GR(발아율)   | 100        | 111     | 112                   |
| RE(뿌리길이)  | 100        | 120     | 140                   |
| 발아지수(GI)  | 100        | 133     | 154                   |

- 고추종자의 발아에 클로렐라 미생물비료(MAB-CF-16)가 미치는 영향을 알아보기 위해 실험을 실시하였다. 고추종자를 일반 물에서 발아하는 무처리군과 클로렐라 미생물비료(MAB-CF-16)를 고추종자 발아 때 물과 희석하여 발아하는 경우 그리고 발아 전, 고추종자를 침지 후 발아한 경우의 뿌리 길이를 측정하였고 그 결과는 <그림39>에 나타냈다. 고추종자의 발아는 클로렐라 미생물비료(MAB-CF-16)로 침지 후 발아 한 경우가 가장 우세한 뿌리 길이를 보였다. 이로써 고추종자의 발아 전 클로렐라 미생물비료(MAB-CF-16)로 침지 후 발아하면 무처리군 보다 뿌리가 발달한 고추종자로 생육할 수 있음을 시사한다.



〈그림39〉클로렐라 미생물비료(MAB-CF-16)로 처리한 고추종자의 발아실험 결과

- 배양된 클로렐라 미생물비료(MAB-CF-16)를 유기농 딸기(품종: 성향) 재배 농가에 90m 라인 중 5개소 실험구에 클로렐라 미생물비료를 지하수와 함께 희석하여 매주 1회 총 4주간 옆면 살포 후 딸기 잎의 엽록소(SPAD)와 딸기의 당도를 측정하였다. 당도(soluble solid concent, ° Brix)는 휴대용 당도계(Palm Abbe 203, MISCO, USA)를 사용하여 처리구당 15개씩 3회 반복 측정하였고 그 측정결과를 <표127>에 나타냈다.
- 클로렐라의 엽면처리구와 무처리구를 비교하였을 때 ‘설향’ 딸기 품종의 당도가 클로렐라 미생물비료(MAB-CF-16) 25배 희석 처리구에서 12.1% 향상되었고, 50배 희석 처리구에서는 10.8% 향상되었으나 1,000배 희석 처리구가 가장 낮은 당도인 9.0을 나타냈다. 따라서 클로렐라 미생물비료(MAB-CF-16)의 엽면 살포가 ‘설향’ 딸기의 당도를 높일 수 있으며 최적 살포 농도로 25배에서 100배를 적용 가능할 것으로 보여진다.

**<표127> 클로렐라 미생물비료(MAB-CF-16)의 각 처리구별 딸기 설향의 당도(브릭스) 측정치**

| 처리  | 대조구1 | 대조구2 | MAB-CF-16<br>× 25 | MAB-CF-16<br>× 50 | MAB-CF-16<br>× 100 | MAB-CF-16<br>× 250 | MAB-CF-16<br>× 500 | MAB-CF-16<br>× 1000 |
|-----|------|------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 반복1 | 10.0 | 9.0  | 9.0               | 11.0              | 12.0               | 9.0                | 10.0               | 9.0                 |
| 반복2 | 9.5  | 10.0 | 9.0               | 8.0               | 8.5                | 11.5               | 10.0               | 9.0                 |
| 반복3 | 9.5  | 8.0  | 12.0              | 11.0              | 9.0                | 9.0                | 10.0               | 9.0                 |
| 평균  | 9.67 | 9.0  | 10.3              | 10.5              | 9.83               | 9.7                | 10.0               | 9.0                 |

- 엽록소(SPAD) 측정은 실험구별로 무작의 5매 3반복 측정하여 평균처리 하였으며 측정은 엽면살포 후 실시하여 <표128>에 나타내었다. SPAD 측정 결과 클로렐라 미생물비료(MAB-CF-16) 250배 처리구에서 가장 높은 값을 나타내고 있다.

**<표128> 클로렐라 미생물비료(MAB-CF-16)의 처리구별 딸기 설향 잎면 엽록소(SPAD) 측정치**

| 처리  | 대조구  | MAB-CF-16<br>× 25 | MAB-CF-16<br>× 50 | MAB-CF-16<br>× 100 | MAB-CF-16<br>× 250 | MAB-CF-16<br>× 500 | MAB-CF-16<br>× 1000 |
|-----|------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 반복1 | 46.1 | 37.7              | 41.6              | 43.7               | 47.2               | 41.2               | 42.8                |
| 반복2 | 42.4 | 35.9              | 42.4              | 41.8               | 46.4               | 44.8               | 43.4                |
| 반복3 | 43.2 | 32.3              | 37.4              | 42.8               | 43.2               | 44.2               | 35.0                |
| 평균  | 43.9 | 35.3              | 40.47             | 42.77              | 45.6               | 43.4               | 40.4                |

- 클로렐라 미생물비료(MAB-CF-16)의 딸기 시용 시험에 따른 딸기의 피해는 발견되지 않았으며, 대조구(관용구)와 비교하였을 때 뿌리 길이, 당도 및 엽록소 증가 효과를 보기 위해서는 50배의 희석 농도로 시비하는 것이 바람직한 것을 나타내었다.

**③ 고품질액비 및 클로렐라 미생물비료 등 고부가가치 자원화물의 경제성 분석**

- 질소성분이 5% 수준인 액상비료(화학비료포함)의 유통사례를 살펴본 결과 판매가격은 3,000원~60,000원인 것으로 조사되었다<표129>.

**<표129> 화학비료(식물영양제) 및 액비의 유통사례(판매가격) 조사**

| 제품명              | 용량    | 가격      | L 당 가격      |
|------------------|-------|---------|-------------|
| 하이포넥스 (6:10:5)   | 3L    | 12,000원 | 약 4,000원/L  |
| 하이포넥스 (7:7:6)    | 180mL | 11,900원 | 약 60,000원/L |
| 다끼유기액비 (6:7.5:4) | 20L   | 65,000원 | 약 3,250원/L  |
| 다농유기액비(친환경농자재)   | 10L   | 15,000원 | 약 1,500원/L  |
| 제주토착발효액비         | 4L    | 15,000원 | 약 4,000원/L  |

\*하이포넥스: 15종 필수 영양소 및 미량원소 함유 식물영양제



- 가축분뇨 1톤당 0.5~5.0% 질소를 함유하는 제품을 생산한다는 가정의 경우 다음과 같은 부가가치가 생산될 것으로 예상된다.

[가축분뇨 1톤당 5% 질소의 경우 (하이포넥스 기준)]

- 15L/톤 x 3,000원/L = 45,000원/톤
- 15L/톤 x 60,000원/L = 900,000원/톤

[가축분뇨 1톤당 0.5% 질소의 경우(다농유기액비 기준)]

- 150L/톤 x 1,500원/L = 225,000원

- 공동자원화시설 1개소의 가축분뇨처리량은 약 30,000톤/년이라고 볼 때, 처리물량 중 1/6 즉, 5,000톤을 고품질 액비(질소0.5%)로 생산할 경우 약 11.25억원/년 (5,000톤/년 x 225,000원/톤)의 판매매출이 가능할 것으로 예상되며, 판매매출액 가운데에서 약 25%를 경상이익으로 보수적 산정 시 공동자원화센터 1개소 당 약 3억원/년의 수익달성이 가능할 것이라고 예상된다.
- 한편, 클로렐라 미생물비료의 경우 본 연구결과인 클로렐라 발효배합배지(MAB-CF)가 배지로서의 가격 경쟁력을 비교하였다. 시중에서 구입 할 수 있는 완제품 형태의 BG11배지(클로렐라배양 용)는 K사(국내 : BG11 Broth) 및 S사(국외 : C3061-500ML) 등 두 종류이다. 각 배지별 배양배지의 1톤당 제조비용을 추산한 결과에 의하면, 클로렐라 발효배합배지(MAB-CF)는 약 300,000원, K사의 BG11 Broth는 8,366,400원 그리고 S사의 C3061-500ML는 3,400,000원 정도 소요되는 것으로 비교 조사되었다. 이로써 클로렐라 발효배합배지(MAB-CF)는 일반 화학배지 제조비용의 약 4~9% 수준으로서 우수한 가격 경쟁력을 바탕으로 저렴하고 품질 좋은 클로렐라 규격액비 생산의 잠재력을 갖고 있다.

## (2) 철원군 추비용 맞춤형비를 이용한 관비재배 사례

- 7월과 8월에는 철원에서 생산하는 토마토와 파프리카가 서울 가락동 농산물시장에 점유율이 70%이상이 될 정도로 많은 양이 생산되며, 특히 토마토와 파프리카를 가장 많이 생산되는 지역이 철원 김화지역이다. 또한 이 지역 파프리카는 일본으로 수출되어 호평을 받고 있어 지역 사회로부터 많은 관심을 받고 있다. 그러나 전국에서 동시에 생산되면서 과잉 생산으로 인하여 가격 하락으로 생산자에 소득이 낮아 큰 우려를 하고 있다.
- 대부분의 농가들이 시설하우스에서 관비기로 파프리카와 토마토를 양액재배 하고 있으며 이로 인한 양액비용의 절감과 과실증수 및 품질향상은 농가의 소득과 직결되는 문제이다. 이를 위해 철원군에서는 파프리카의 수출농업 확대를 통해 내수시장의 불안을 해소하고 기술력 향상을 통한 수출농업단지로 발전시켜 농업인의 소득을 증대시키고자 도모하고 있지만 가장 기본이 되는 것은 품질 좋은 파프리카의 생산과 증산 그리고 생산비의 절감이다.
- 철원지역 일부농가의 경우 공동자원화시설에서 생산된 발효액비를 이용하여 자원화 및 잉여양분의 시설하우스 관비용 추비용으로 활용한 사례가 있다. 유기자원의 농지환원을 통한 자연순환농업의 활성화를 도모하고 시설농가의 재배비용의 절감과 토양의 이화학적 성상의 개선효과를 기대하여 고품질 친환경 농산물의 생산에 기여함을 목적으로 추비용 맞춤형 발효액비 제조와 각종 작물의 재배에 적합한 맞춤형비 적용기술을 조사하였다.

### (가) 추비용 맞춤형비의 관비재배 사례 개요

#### ① 농가현황

- 각 농가의 시설원에 작물별로 적용 가능한 추비용 맞춤형 발효액비는 액비의 이용 비수지인 6월 ~ 9월간의 작물 추비 이용 확대와 작물별 비료 요구량에 따른 과학적인 영농시비를 위해 맞춤형 발효액비 조제 및 시설채소에 관비재배 적용 실증을 통해 가축분뇨 액비의 연중사용처를 확보하고자 강원도 철원의 시설재배 농가에서 아래와 같이 진행됐다.
- 농가별 토양 검정을 통해 토양의 양분 상태를 파악하고 각 작물별 비료 요구량에 따른 맞춤형 액비를 시비해 재배한 파프리카는 기존 방식과 비교해 품질과 수확량이 대등하거나 다소 향상된 것으로 조사됐다. 그러면서 맞춤형 액비를 사용했기 때문에 기존 화학비료 사용량의 70% 가량이 절감되는 것으로 나타났다.

<표130> 추비용 맞춤형액비의 관비재배 사례 농가현황

| 〈2015년〉 5개 농가  |        |          |     |          |                  |                  |                       |       |          |       |          |
|----------------|--------|----------|-----|----------|------------------|------------------|-----------------------|-------|----------|-------|----------|
| 구분             | 합계     | 장0수      | 엽0국 | 배0복      | 이0경              | 이0택              | 임0억                   | -     | -        | -     | -        |
| 주<br>작<br>목    | -      | 파프<br>리카 | 여주  | 파프<br>리카 | 파프<br>리카         | 파프<br>리카         | 파프<br>리카              | -     | -        | -     | -        |
| 면적<br>(평)      | 6,500  | 1,000    | 600 | 1,500    | 1,000            | 900              | 1,500                 | -     | -        | -     | -        |
| 공급량<br>(톤)     | 778    | 70       | 42  | 170      | 124.5            | 242.5            | 129                   | -     | -        | -     | -        |
| 〈2016년〉 7개 농가  |        |          |     |          |                  |                  |                       |       |          |       |          |
| 구분             | 합계     | 장0수      | 엽0국 | 배0복      | 이0택              | 임0억              | 진0래                   | 최0오   | 이0경      | -     | -        |
| 주<br>작<br>목    | -      | 피망       | 여주  | 파프<br>리카 | 파프<br>리카/<br>토마토 | 파프<br>리카/<br>토마토 | 파프<br>리카              | 피망    | 파프<br>리카 | -     | -        |
| 면적<br>(평)      | 8,600  | 1,000    | 600 | 1,500    | 1,000            | 1,500            | 1,000                 | 1,000 | 1,000    | -     | -        |
| 공급량<br>(톤)     | 518    | 16       | 24  | 139      | 80               | 182              | -                     | 55    | 22       | -     | -        |
| 〈2017년〉 10개 농가 |        |          |     |          |                  |                  |                       |       |          |       |          |
| 구분             | 합계     | 장0수      | 엽0국 | 배0복      | 이0택              | 임0억              | 진0래                   | 최0오   | 유0철      | 김0철   | 이0진      |
| 주<br>작<br>목    | -      | 피망       | 여주  | 파프<br>리카 | 파프<br>리카/<br>토마토 | 파프<br>리카/<br>토마토 | 파프<br>리카/<br>노지<br>가지 | 피망    | 토마토      | 토마토   | 파프<br>리카 |
| 면적<br>(평)      | 18,550 | 1,000    | 600 | 1,500    | 2,750            | 3,900            | 3,000                 | 1,000 | 2,000    | 1,000 | 1,800    |
| 공급량<br>(톤)     | 627    | 25       | 24  | 160      | 47               | 198              | 46                    | 47    | -        | 35    | 44       |

\*자료) ㈜한바이오 (2018)

② 추비용 맞춤형액비의 제조 및 사용방법

- 추비용 맞춤형액비의 제조 및 이용경로는 “공동자원화시설 발효액비 → 고액분리(액상) → 폭기조 → 침전조(500톤 액비저장조) → 비료성분 배합 및 교반장치 → 추비용 맞춤형액비 저장탱크(Stock solution tank) → 파프리카 농가 이용(관비시스템)” 와 같다.
- 추비용 맞춤형액비는 지속적인 관비재배의 환경에 적합하도록 점적 노즐에 막힘이 없어야 하므로 1차로 맞춤형액비탱크에서 농가 이송 전에 120 mesh 필터로 필터링을 한 후 농가에서 관비기로 이용 직전에 2차로 필터링을 거쳐 점적 노즐에 막힘없이 점적되는 것을 확인하였다.



**<그림40> 추비용 맞춤형액비의 제조 및 이용**

\*자료) ㈜한바이오 (2018)

- 1) 양돈분뇨 고액분리 후 액상을 폭기, 침전함(발효과정과 부유물질 제거
- 2) 발효된 상등액과 화학비료를 혼합하는 맞춤형액비교반장치
- 3) 파프리카 추비용 맞춤형액비 저장탱크
- 4) 파프리카 농가용 맞춤형액비 관비시스템

- 파프리카 재배에 적합한 맞춤형액비를 생산하는 것으로 현재 양액 재배에 이용되고 있는 네덜란드 PBG 양액을 기준으로 적용하여 제조하였다. 시비량은 1주당 1 ~ 2 l /일, 10a 당 100 ~ 150 l /일 기준으로 설정하고 생육에 따른 증감 조절하였다.



**<그림41> 추비용 맞춤형액비의 제조 및 이용**

\*자료) ㈜한바이오 (2018)

<표131>파프리카용 네덜란드 PBG 양액 조성표

| 구분         | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO | MgO  | Fe  | Mn  | Cu   | Zn   | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Mo   |
|------------|-------|-------------------------------|------------------|-----|------|-----|-----|------|------|-------------------------------|------|
| 합량 (g/ton) | 188.2 | 87.6                          | 337.1            | 245 | 35.0 | 0.8 | 0.9 | 0.04 | 0.31 | 0.9                           | 0.04 |

\*자료) ㈜한바이오 (2018)

<표132>네덜란드 PBG 양액대비 가축분뇨 액비에 추가되는 비료 주요성분량

| 구분                         | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|----------------------------|-------|-------------------------------|------------------|
| 가축분뇨액비 원액 (g/ton)          | 2,000 | 400                           | 3,500            |
| 네덜란드 PBG 양액 (g/ton)        | 188.2 | 87.6                          | 337.1            |
| 가축분뇨액비 보정 전 (95L/ton)      | 190   | 38                            | 332.5            |
| 가축분뇨액비 추가요구량 (95L/ton)     | △1.8  | △49.6                         | △4.6             |
| 가축분뇨액비 보정후 맞춤액비성분(95L/ton) | 190   | 87                            | 335              |

\*자료) ㈜한바이오 (2018)

② 추비용 맞춤액비 시용에 따른 경제성 분석

- 3년간의 농가 실증을 통하여 평균 10a 당 508,000원의 농가 경영비를 절감한 것으로 나타났다.
- 2017년 참여한 김0철 농가는 토마토(T-59도태랑; 다끼종묘)를 실면적 930평에 6,500주(7주/평)를 4월 18일 정식하여 작물 수확량을 평년 평균과 2016년 수확량을 비교하였다. 결과적으로 평균 대비 133%의 증산 효과를 본 것으로 나타났다. 본 농가의 시비처방은 액비 35톤에 멀티피트(25kg/포) 3포 그리고 요소 1포를 시비 처방하여 관주 2회 옆면살포 2회 실시하였다.
- 경종 농가 측면에서의 경제적 효과를 2016년 ~ 2017년 2개년을 통하여 평균시용 면적 172ha에 646.5톤의 맞춤액비를 사용하였다. 이를 토대로 공급 가능 액비(150톤/ha/120일)가 4,500톤으로 추정되고 공급 가능 면적을 30ha로 확대할 경우 152,400,000원의 화학비료 대체 효과를 기대할 수 있으며, 가축분뇨 처리비용(6,000원/톤)을 계상할 경우 27,000,000원이 추가적으로 절감되어 총 179,400,000원의 절감이 예상된다.
- 2015년 ~ 2017년 3년 동안의 실증을 통해 추비용 맞춤액비시용에 따른 화학비료 대체효과로 경제성이 입증 되었고, 농가별 작물별 액비의 사용과 성과가 각종 분석을 통하여 안정적으

로 사용할 수 있는 자재로 판단되었다. 따라서 안정적인 액비공급기간의 구축과 시료분석의 신속성이 확보될 필요성이 있으며, 기비 시용량과 종류에 대한 농가 지도 등 정식전 토양관리의 필요가 요구된다.

- 맞춤형 액비는 가축분뇨를 고액 분리와 침전 과정을 거쳐 시설재배 점적 관수에 적합하도록 제조되었으며, 농작물의 양분 요구량 특성에 맞게 액비에 부족한 비료 성분을 첨가해 만들어지기 때문에 영농현장에 우수한 양분을 공급할 수 있는 기술이다. 특히 가축분뇨를 효과적으로 자원화 할 수 있어 경종과 축산농가가 상생할 수 있는 기술로 조명되고 있다.

### <표133> 추비용 맞춤형액비 시용 현황

| 구분    | 참여농가 | 시설면적(ha) | 액비사용량(톤) | 시비면적(ha) | 시비기간(일) |
|-------|------|----------|----------|----------|---------|
| 2016년 | 7    | 2.53     | 518      | 204      | 120     |
| 2017년 | 10   | 5.51     | 778      | 141      | 120     |

\*자료) ㈜한바이오 (2018)

### <표134> 추비용 맞춤형액비시용 전후 수확량(토마토) 비교

| 항 목              | 수확량(박스) | kg/10a | 증감율(%) |
|------------------|---------|--------|--------|
| 평년평균 (기준)        | -       | 15,000 | 100    |
| 2016년 (맞춤액비 시용전) | 3,200   | 10,322 | 68     |
| 2017년 (맞춤액비 시용후) | 6,000   | 20,000 | 133    |

\*자료) ㈜한바이오 (2018)

### <표135> 추비용 맞춤형액비 시용에 따른 경제성 분석표

| 년도별  | 참여농가<br>(농가수/면적) | ①액비시용/원<br>(10a/원) | ②관행시비/원<br>(10a/원) | 경영절감비<br>③=②-①<br>(10a/원) | 총절감액<br>(참여면적/천원) |
|------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|
| 2015 | 6/220a           | 262,000            | 711,000            | 449,000 (37% 절감)          | 9,878             |
| 2016 | 7/290a           | 123,000            | 675,000            | 552,000 (18.2%절감)         | 16,008            |
| 2017 | 10/620a          | 75,000             | 600,000            | 525,000 (12.5%절감)         | 32,550            |
| 평균   | 8/376a           | 153,000            | 661,000            | 508,000 (23.1%절감)         | 58,436<br>(누적액)   |

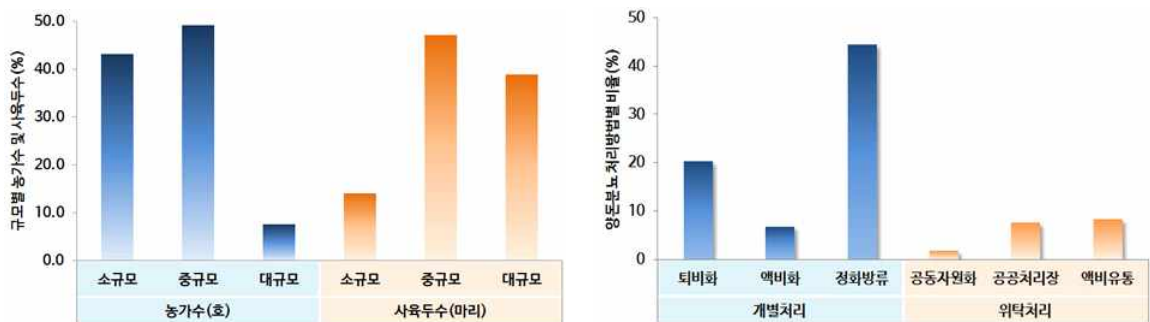
\*자료) ㈜한바이오 (2018)

## 2절 가축분뇨 행정제도 개발·증장기 로드맵 구축 (협동기관: (사)한국축산경제연구원)

### 1. 국내 지자체별 가축분뇨 처리현황조사

- 지역마다 가축사육두수 및 가축분뇨 처리방법이 다양해 지자체 양분관리 방안을 획일화할 수 없으며, 이를 해결하기 위해서 각 지역의 여건에 맞는 양분관리 방안을 모색할 필요가 있다.
- 각 유형별 지자체에서 양분관리 시 중점적으로 다루어야할 방안을 제시하기 위해 농가 규모, 액비살포지 유무, 농가밀집도, 도시화지역, 4대강 유역으로 유형을 나누어 60개 지역의 양돈분뇨 처리방법을 알아보았다.

#### 가. 농가 규모별 양돈분뇨 처리현황



〈그림42〉 대규모농가 비율이 높은 지역의 분뇨 처리현황

〈표136〉 대규모농가 비율 높은 지역의 분뇨 처리현황

|        | 농가수(%)  |      |      | 사육두수(%) |       |      |
|--------|---------|------|------|---------|-------|------|
|        | 소규모     | 중규모  | 대규모  | 소규모     | 중규모   | 대규모  |
| 대규모 농가 | 42.1    | 50.2 | 7.6  | 12.7    | 43.0  | 44.2 |
|        | 개별처리(%) |      |      | 위탁처리(%) |       |      |
|        | 퇴비화     | 액비화  | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장 | 액비유통 |
|        | 20.4    | 6.8  | 44.6 | 1.8     | 7.7   | 8.4  |

\* 대규모농가 비율 높은 지역 : 천안시, 포천시, 이천시, 사천시, 함안군

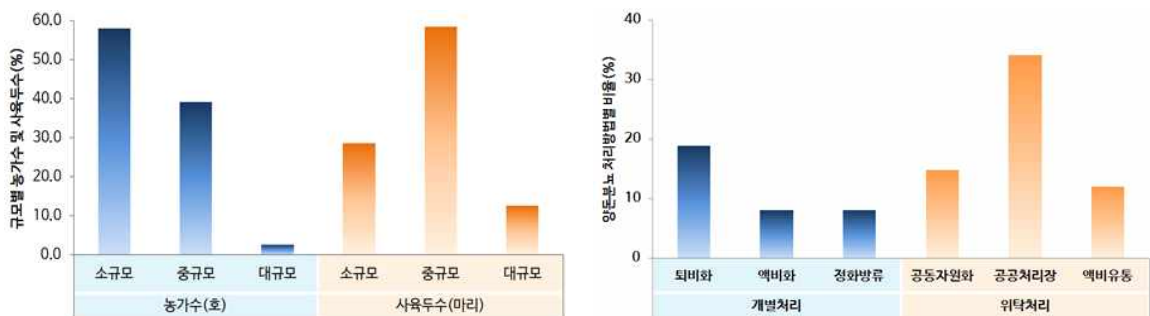
- 대규모 농가 비율이 높은 지역 천안시, 포천시, 이천시, 사천시, 함안군 5곳의 평균에 의하면 농가수는 7.6%로 낮지만 사육두수에서 대규모농가가 가장 높은 비율을 나타내고 있으며, 개별농가 정화처리에서 분뇨처리 비율이 가장 높은 44.6%로 나타났다.

- 대규모농가 비율 높은지역 - 천안시 사례

<표137> 천안시 양돈사육현황 및 양돈분뇨 처리현황

| 천안시 | 농가수(%)  |      |      | 사육두수(%) |       |      |
|-----|---------|------|------|---------|-------|------|
|     | 소규모     | 중규모  | 대규모  | 소규모     | 중규모   | 대규모  |
|     | 40.1    | 49.4 | 10.2 | 11.3    | 40.7  | 49.5 |
|     | 개별처리(%) |      |      | 위탁처리(%) |       |      |
|     | 퇴비화     | 액비화  | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장 | 액비유통 |
|     | 36.8    | 6.1  | 47.1 | 0.0     | 11.7  | 0.0  |

- 천안시는 조사한 60개 시·군중 대표적인 대규모 사육규모로 인하여 정화처리 비율이 높은 지역으로 대규모농가의 사육두수가 천안시 총 양돈 사육두수의 49%를 차지한다.
- 연간 대규모 농가에서 발생하는 분뇨는 총 발생분뇨의 49%이며 정화방류 되어지는 분뇨량은 47%으로 대규모 농가 비율이 높을시 개별처리 정화방류의 비율도 높은 경향을 보인다



<그림43> 소규모농가 비율이 높은 지역의 분뇨 처리현황



〈표138〉 소규모농가 비율 높은 지역의 분뇨 처리현황

|           | 농가수(%)  |      |      | 사육두수(%) |       |      |
|-----------|---------|------|------|---------|-------|------|
|           | 소규모     | 중규모  | 대규모  | 소규모     | 중규모   | 대규모  |
| 소규모<br>농가 | 58.2    | 39.4 | 2.4  | 41.9    | 50.5  | 10.6 |
|           | 개별처리(%) |      |      | 위탁처리(%) |       |      |
|           | 퇴비화     | 액비화  | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장 | 액비유통 |
|           | 18.9    | 8.1  | 8.1  | 14.8    | 34.1  | 12.0 |

\* 소규모농가 비율 높은지역 파주시 외 4곳 평균

- 소규모 농가 비율이 높은 지역 5곳의 평균에 의하면 사육두수에 따른 비율은 중규모농가에서 가장 높았으나 농가수의 비율은 58.2%로 소규모 농가에서 가장 높았다.
- 소규모 농가수가 많은 지역 5개의 시·군에서 공통적으로 공공처리장에 위탁하여 정화방류하는 방법이 가장 높은 비율을 차지하였으며 5개의 시·군 평균 34.1%로 가장 높아 소규모 농가수가 많은 지역일수록 공공처리장을 이용해 분뇨를 처리하는 비율이 높은 것을 확인하였다.
- 소규모농가 비율 높은지역 - 파주시 사례

〈표139〉 파주시 양돈현황 및 양돈분뇨 처리현황

|     | 농가수(%)  |     |      | 사육두수(%) |       |      |
|-----|---------|-----|------|---------|-------|------|
|     | 소규모     | 중규모 | 대규모  | 소규모     | 중규모   | 대규모  |
| 파주시 | 64      | 36  | 0    | 35      | 65    | 0    |
|     | 개별처리(%) |     |      | 위탁처리(%) |       |      |
|     | 퇴비화     | 액비화 | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장 | 액비유통 |
|     | 39      | 23  | 4    | 0       | 25    | 8    |

- 파주시는 소규모·중규모 농가로 이루어져 있으며 소규모 농가의 비율은 46%로 높은 것을 확인하였으며 분뇨 처리방법으로는 농가수에 비해 중규모농가에서 사육두수가 많아 퇴비, 액비화를 통한 자원화 비율 또한 높았으나 공공처리장을 이용한 정화방류 비율이 가장 높았다.

## 나. 농경지 면적 확보 유무

- 농경지 면적이 충분히 확보된 지역



〈그림44〉 액비살포면적 확보가 용이한 지역의 분뇨 처리현황

〈표140〉 액비살포면적 확보가 용이한 지역의 분뇨처리 현황

| 농경지<br>충분한<br>지역 | 농가수(%)  |      |      | 사육두수(%) |       |      | 세대수<br>증가율 |
|------------------|---------|------|------|---------|-------|------|------------|
|                  | 소규모     | 중규모  | 대규모  | 소규모     | 중규모   | 대규모  |            |
|                  | 38.3    | 53.7 | 7.9  | 15.3    | 60.8  | 23.9 | -0.39      |
|                  | 개별처리(%) |      |      | 위탁처리(%) |       |      | 농경지<br>감소율 |
|                  | 퇴비화     | 액비화  | 정확방류 | 공동자원화   | 공공처리장 | 액비유통 |            |
|                  | 30.4    | 21.6 | 2.6  | 2.5     | 5.2   | 33.2 | 1.1%       |

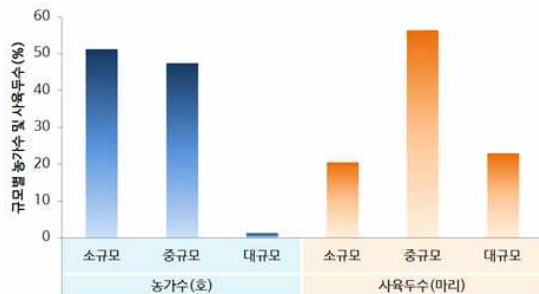
\* 농경지가 충분히 확보된 지역 고성군 외 4곳 평균

- 해당 시·군의 농경지면적과 양돈사육두수를 이용하여 사육두수 대비 농경지 면적이 높은 5개 시·군(농경지가 많은 지역)을 선정하여 평균 농가수, 사육두수, 개별처리, 위탁처리 비율을 조사하였다.
- 농경지가 충분히 확보된 지역은 퇴비화·액비화·액비유통센터를 통한 살포에도 충분한 농경지 면적에 의해 자원화된 가축분뇨를 살포하기 용이함

<표141> 고성군 양돈현황 및 양돈분뇨 처리현황

| 고성군 | 농가수(%)  |             |      | 사육두수(%) |             |      | 세대수<br>증가율 |
|-----|---------|-------------|------|---------|-------------|------|------------|
|     | 소규모     | 중규모         | 대규모  | 소규모     | 중규모         | 대규모  |            |
|     | 47.5    | 47.5        | 5.0  | 21.8    | <b>58.3</b> | 19.9 | 1.1        |
| 고성군 | 개별처리(%) |             |      | 위탁처리(%) |             |      | 농경지<br>감소율 |
|     | 퇴비화     | 액비화         | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장       | 액비유통 |            |
|     | 10.0    | <b>65.4</b> | 0.0  | 0.0     | 0.0         | 7.4  | 2.3        |

- 고성군은 농경지가 충분히 확보된 대표적인 지역으로 발생하는 분뇨의 65.4%가 액비화를 통해 농경지에 살포되고 있다.
- 고성군에는 공동자원화시설 및 공공처리장이 없는 원인으로 액비를 살포할 충분한 농경지가 있고 개별농가에서 액비화를 통해 대부분 분뇨를 처리하고 있어 개별농가 정화방류, 공공처리장 및 공동자원화 시설이 필요하지 않았다.
- 농경지 면적 확보가 불리한 지역



<그림45> 액비살포면적 확보가 불리한 지역의 분뇨 처리현황

<표142> 액비살포면적 확보가 불리한 지역의 분뇨처리 현황

| 농가<br>밀집<br>지역 | 농가수(%)  |      |      | 사육두수(%) |       |      | 세대수<br>증가율 |
|----------------|---------|------|------|---------|-------|------|------------|
|                | 소규모     | 중규모  | 대규모  | 소규모     | 중규모   | 대규모  |            |
|                | 51.0    | 45.7 | 3.3  | 22.9    | 53.9  | 23.2 | 6.4        |
| 농가<br>밀집<br>지역 | 개별처리(%) |      |      | 위탁처리(%) |       |      | 농경지<br>감소율 |
|                | 퇴비화     | 액비화  | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장 | 액비유통 |            |
|                | 23.6    | 9.4  | 39.0 | 7.0     | 8.3   | 2.2  | 2.6        |

\* 농가 밀집지역 이천시 외 4곳 평균

- 농경지 면적 확보가 불리한 지역은 농경지 감소율이 다른 지역에 비해 상대적으로 높으며 세대수가 증가하고 있어 발생하는 가축분뇨의 자원화 처리방법에 애로사항이 있어 정화방류 비율이 높게 나타났다.

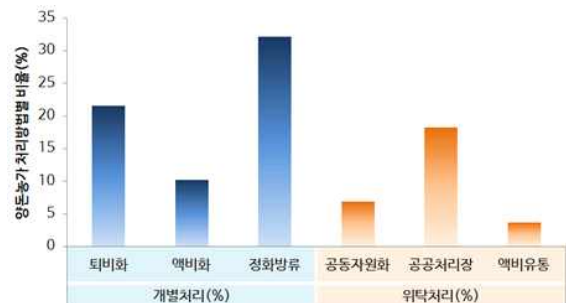
〈표143〉 이천시 양돈사육현황 및 양돈분뇨 처리현황

| 농가 밀집 지역 | 농가수(%)  |      |      | 사육두수(%) |       |      | 세대수 증가율 |
|----------|---------|------|------|---------|-------|------|---------|
|          | 소규모     | 중규모  | 대규모  | 소규모     | 중규모   | 대규모  |         |
|          | 40.7    | 55.9 | 3.4  | 13.0    | 54.2  | 32.9 | 3.8     |
| 농경지 감소율  | 개별처리(%) |      |      | 위탁처리(%) |       |      | 농경지 감소율 |
|          | 퇴비화     | 액비화  | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장 | 액비유통 |         |
|          | 38.2    | 5.8  | 47.7 | 0       | 0.6   | 0.6  |         |

- 농경지 확보가 불리한 지역으로 이천시를 사례로 들 수 있으며 이천시의 경우 중규모의 사육두수 비율이 55.9%로 높은 지역으로, 발생하는 분뇨의 47.7%가 정화방류를 통해 처리 되고 있다.
- 이천시에 공동자원화 및 공공처리장이 없는 원인으로 농경지가 확보가 힘든 지역으로 액비살포지 확보에 애로사항이 있기 때문이며 이로 인해 개별농가의 정화방류 비율이 높게 나타났다.

다. 양돈농가 밀집유무

- 양돈농가 밀집지역



〈그림46〉 양돈 농가 밀집 지역의 분뇨 처리현황

<표144> 양돈 농가 밀집 지역의 분뇨 처리현황

| 농가 밀집 지역 | 농가수(%)  |      |      | 사육두수(%) |       |      | 세대수 증가율 |
|----------|---------|------|------|---------|-------|------|---------|
|          | 소규모     | 중규모  | 대규모  | 소규모     | 중규모   | 대규모  |         |
|          | 55.2    | 41.9 | 2.8  | 27.8    | 54.0  | 18.1 | 6.9     |
| 농가 밀집 지역 | 개별처리(%) |      |      | 위탁처리(%) |       |      | 농경지 감소율 |
|          | 퇴비화     | 액비화  | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장 | 액비유통 |         |
|          | 21.5    | 10.2 | 32.1 | 6.9     | 18.2  | 3.7  | 2.5     |

\* 농가 밀집지역 홍성군 외 4곳 평균

- 지역면적과 농가수를 이용하여 지역면적 대비 농가수가 높은 농가 밀집지역 5개 시·군을 선정하여 평균 농가수, 사육두수, 개별처리, 위탁처리의 평균 비율을 나타낸다.
- 개별처리 중 정화방류의 비율(32.1%)이 높은 원인으로 지역면적에 비해 농가수, 사육두수가 많아 가축분뇨 자원화하는 방법 선택 시 농경지의 부족 문제가 발생하기 때문으로 보인다.

<표145> 홍성군 양돈사육현황 및 양돈분뇨 처리현황

| 홍성군 | 농가수(%)  |      |      | 사육두수(%) |       |      | 세대수 증가율 |
|-----|---------|------|------|---------|-------|------|---------|
|     | 소규모     | 중규모  | 대규모  | 소규모     | 중규모   | 대규모  |         |
|     | 49.0    | 48.7 | 2.3  | 21.9    | 64.3  | 13.8 | 12.4    |
| 홍성군 | 개별처리(%) |      |      | 위탁처리(%) |       |      | 농경지 감소율 |
|     | 퇴비화     | 액비화  | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장 | 액비유통 |         |
|     | 14.8    | 10.0 | 40.7 | 4.0     | 6.3   | 6.4  | 4.9     |

- 홍성군은 조사한 60개 시·군 중 가장 농가 밀집도가 높은 지역으로 중규모 사육두수 64.3%의 비율을 나타냈다.
- 홍성군은 세대수가 급격히 증가하고 농경지가 계속 감소하는 추세로 액비 살포지 부족, 악취민원 증가 문제가 발생할 수 있으나 40.7%의 높은 정화처리 비율에 의해 문제의 발생이 줄어들 것으로 보인다.

- 양돈농가 밀집도 낮은 지역



<그림47> 양돈 농가 밀집도 낮은 지역의 분뇨 처리현황

<표146> 지역면적 대비 농가밀집도 낮은 지역의 분뇨 처리현황

| 농가 밀집 지역 | 농가수(%)  |       |      | 사육두수(%) |       |       | 세대수 증가율 |
|----------|---------|-------|------|---------|-------|-------|---------|
|          | 소규모     | 중규모   | 대규모  | 소규모     | 중규모   | 대규모   |         |
|          | 35.69   | 60.13 | 4.18 | 15.01   | 69.59 | 15.40 | 4.28    |
| 농가 밀집 지역 | 개별처리(%) |       |      | 위탁처리(%) |       |       | 농경지 감소율 |
|          | 퇴비화     | 액비화   | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장 | 액비유통  |         |
|          | 37.8    | 26.4  | 3.37 | 0.00    | 4.05  | 23.1  | 3.63    |

\* 농가밀집도 낮은지역 포함시 외 4곳 평균

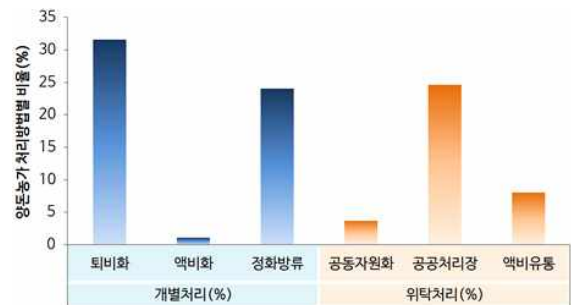
- 농가밀집도가 낮은 지역의 농가수 및 사육두수 모두 중규모농가의 비율이 높았으며 이에 따라 퇴·액비화로 자원화되는 비율과 이를 농경지에 살포하는 액비유통센터의 비율의 합이 87.3로 높게 나타났다.
- 농가 밀집도가 낮아 사육두수 대비 농경지 면적이 충분하여 퇴·액비 자원화 중심으로 분뇨를 처리하고 있다.

<표147> 포함시 양돈사육현황 및 양돈분뇨 처리현황

| 포항시 | 농가수(%)      |             |      | 사육두수(%) |             |      | 세대수 증가율 |
|-----|-------------|-------------|------|---------|-------------|------|---------|
|     | 소규모         | 중규모         | 대규모  | 소규모     | 중규모         | 대규모  |         |
|     | 30.8        | <b>69.2</b> | 0.0  | 14.4    | <b>85.6</b> | 0.0  | 7.3     |
| 포항시 | 개별처리(%)     |             |      | 위탁처리(%) |             |      | 농경지 감소율 |
|     | 퇴비화         | 액비화         | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장       | 액비유통 |         |
|     | <b>51.6</b> | 10.4        | 0.0  | 0.0     | 0.0         | 33.5 | 4.2     |

- 포항시는 조사한 60개의 시·군중 농가 밀집도가 낮은 지역으로 중규모 농가 사육두수가 85.6%로 중규모 비율이 높은 지역임
- 농가 밀집도가 낮아 사육두수 대비 농경지의 면적이 충분하기에 농가 자체처리 및 위탁처리를 통해 퇴·액비 자원화 하는 비율이 높게 나타남

라. 4대강 유역지역



<그림48> 4대강 유역 지역의 분뇨 처리현황

<표148> 4대강 유역지역의 분뇨 처리현황

| 4대강 유역 지역 | 농가수(%) |      |         | 사육두수(%) |      |         | 세대수 증가율 |
|-----------|--------|------|---------|---------|------|---------|---------|
|           | 소규모    | 중규모  | 대규모     | 소규모     | 중규모  | 대규모     |         |
|           | 35.6   | 59.6 | 4.7     | 13.3    | 67.5 | 19.1    | 10.2    |
| 개별처리(%)   |        |      | 위탁처리(%) |         |      | 농경지 감소율 |         |
| 퇴비화       | 액비화    | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장   | 액비유통 |         |         |
| 31.6      | 1.1    | 24.1 | 3.7     | 24.7    | 8.1  |         | 4.5     |

\* 4대강 유역 지역 나주시 외 4곳 평균

- 4대강유역 인근 지역의 농가수, 사육두수, 개별처리, 위탁처리 비율 평균을 확인한 결과 중규모농가의 사육두수가 67.5%로 가장 높았으며 액비화비율이 1.1%로 낮고 정화방류 및 공공처리장의 정화방류 비율이 높게 나타났다.
- 환경부고시 제2014-219호 방류수 수질기준 적용을 위한 지역구분에 의하면 한강, 낙동강, 금강, 영산강·섬진강 인근 지역을 구분해 놓았으며 이 지역들의 방류수 수질기준을 엄격히 적용하고 있는 것으로 나타났다.
- 4대강 수질을 관리하기 위하여 방류수 수질 기준을 초과하지 않은 것 뿐만 아니라 수계

로 흘러 들어가는 오염원을 방지하는 것 또한 중요사항으로 여겨지고 있다.

- 액비의 경우 수계오염원의 농도가 높고 살포 후 수계로 흘러들어갈 우려가 있어 4대강 인근 지역에서 액비화 후 살포방법 보다는 정화처리 방법을 통해 분뇨를 처리하고 있는 것으로 보인다.

**<표149> 나주시 양돈사육현황 및 양돈분뇨 처리현황**

| 나주시 | 농가수(%)  |      |      | 사육두수(%) |       |      | 세대수<br>증가율 |
|-----|---------|------|------|---------|-------|------|------------|
|     | 소규모     | 중규모  | 대규모  | 소규모     | 중규모   | 대규모  |            |
|     | 38.0    | 56.3 | 5.6  | 15.2    | 57.4  | 27.4 | 7.3        |
|     | 개별처리(%) |      |      | 위탁처리(%) |       |      | 농경지<br>감소율 |
|     | 퇴비화     | 액비화  | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장 | 액비유통 |            |
|     | 0.0     | 0.0  | 37.0 | 22.0    | 27.0  | 14.0 |            |

- 4대강 중 영산강 유역, 나주시의 경우 중규모 농가의 사육두수가 71%를 차지하며 분뇨처리 방법으로는 개별농가 정화방류 방법이 76.9%로 가장 높았다.
- 나주시는 영산강유역 수질관리 지역으로 강우에 의한 수계유출 문제가 있는 액비살포 방법보다는 정화방류, 공공처리장을 통한 정화방류 방법으로 분뇨처리를 하고 있어 지역적인 여건에 의해 정화방류의 비율이 높은 대표적인 사례로 볼 수 있다.

**마. 도시화 지역**

**<그림49> 4대강 유역 지역의 분뇨 처리현황**



〈표150〉 도시화지역의 분뇨처리 현황

| 도시화<br>지역 | 농가수(%)  |      |      | 사육두수(%) |       |      | 세대수<br>증가율 |
|-----------|---------|------|------|---------|-------|------|------------|
|           | 소규모     | 중규모  | 대규모  | 소규모     | 중규모   | 대규모  |            |
|           | 49.1    | 48.4 | 2.5  | 22.6    | 65.9  | 11.4 | 13%        |
| 도시화<br>지역 | 개별처리(%) |      |      | 위탁처리(%) |       |      | 농경지<br>감소율 |
|           | 퇴비화     | 액비화  | 정화방류 | 공동자원화   | 공공처리장 | 액비유통 |            |
|           | 32.9    | 23.6 | 10.9 | 8.1     | 16.2  | 4.4  | 5%         |

\* 도시화지역 파주시 외 4곳 평균

- 도시화 지표로 세대수 증가율과 농경지 감소율을 이용하였으며 세대수 증가율과 농경지 감소율이 높은 지역 5개 시·군의 평균을 나타낸 결과 ‘10년 대비 ‘16년 세대수는 13% 증가하였으며 농경지는 5%감소하였다.
- 도시화되는 시·군의 농가 특성을 보면 중규모 농가의 비율이 높아 퇴·액비화에 의한 자원화와 공동자원화시설, 액비유통센터를 이용한 위탁처리 까지 자원화중심의 가축분뇨 처리가 이루어지고 있는 것을 확인하였다.

## 2. 지자체 양분관리 계획 모형 개발

### 가. 지자체 가축분뇨 양분관리 시스템 구축

#### (1) 지자체 양분관리 프로그램 구축

- 지자체에서 발생하는 가축분뇨 유래 퇴·액비 및 화학비료 투입으로 지역 내 양분 유입원과 유출원 등을 효율적으로 파악·관리하기 위한 양분관리 프로그램 마련이 필요하다.
- 지자체 담당자가 가축분뇨 양분관리 시 고려해야할 항목인 양분 유입원, 양분 유출원, 양분부하 조정계수, 양분수요 조정계수 등을 아래에 나열 하였으며, 이를 이용해 양분수지 계산 시 필요한 자료들의 통계출처와 산출방법 등을 나열하였다.

#### (가) 관리대상 양분 유입원

- 지역단위 양분관리를 위해 관리대상 유입원으로는 화학비료, 가축분뇨 퇴·액비, 유기질 비료를 대상으로 설정하였다.

#### <표151> 관리대상 양분 유입원

| 양분투입원           | 설명   | 비고   |
|-----------------|--|--|
| 무기질비료<br>(화학비료) | - 비료공정규격 설정 및 지정(농촌진흥청고시 제 2016-26호)에서 지정하는 보통비료 중 질소, 인산을 포함하는 비료제품   |  |
| 가축분뇨 퇴비         | - 비료공정규격 설정 및 지정(농촌진흥청고시 제 2016-26호)에서 지정하는 부산물 비료 중 부숙유기 질비료 중 가축분뇨를 원료로 제조하는 제품<br>- 가축분뇨관리 및 이용에 관한 법률(법률제13526호, 2015.12.1.)의 제2조에서 정의하는 퇴비 제품 | - 한우, 젓소, 돼지 의 사육 시설에서 배출되는 사육사갈 짚 혼 합 배 출 물 및 고상분을 이용한 퇴비제품 |
| 가축분뇨 액비         | - 비료공정규격 설정 및 지정(농촌진흥청고시 제 2016-26호)에서 지정하는 부산물 비료 중 부숙유기 질비료 중 가축분뇨를 원료로 제조하는 제품<br>- 가축분뇨관리 및 이용에 관한 법률(법률제13526호, 2015.12.1.)의 제2조에서 정의하는 액비 제품 | - 젓소, 돼지의 사육 시설에서 배출되는 액상의 슬러리를 이용한 액비제품                     |
| 유기질비료           | - 비료공정규격 설정 및 지정(농촌진흥청고시 제 2016-26호)에서 지정하는 부산물 비료 중 유기질비료 제품  | - 닭·오리의 분뇨 및 음식물쓰레기, 각종 박류 등을 이용하여 제조한비료제품                   |

**(나) 관리 외 양분 유입원**

- 관리 외 양분 유입원은 자연적으로 농경지에 유입되어 인위적 관리가 불가능한 양분 유입원으로서 콩과식물과 공생하는 뿌리혹박테리아 등을 통한 공중질소 고정균에 의한 생물학적 질소고정, 농업생산에서 작물재배를 위하여 종자 및 종묘를 통해 토양으로 유입되는 양분, 작물잔사의 토양환원, 대가 강하물 및 관개수를 통한 양분유입에 이에 해당한다.

**(다) 관리대상 양분 유출원**

- 관리대상 양분 유출원은 농경지에서 작물에 이용되고 남은 양분이 지하수 침출, 토양표면 유거의 형태로 유출되는 양분으로 양분총량관리를 위해 관리지표로 활용한다.

**<표152> 관리대상 양분 유출원**

| 양분유출원            | 설명   | 비고  |
|------------------|--|---|
| 침출<br>(Leaching) | - 작물재배지역에서 용수의 토양 침투 (Infiltration) 및 투과(Percolation)에 의해 지하수로 침출되고 잠재 적으로 수계로 유출되는 비점오염물질 | - 토양의 특성, 지 형, 기후 조건에 영향을 받으며, 양분수지분석 을 통해 산출 |
| 유거<br>(Runoff)   | - 작물재배지역에서 용수의 토양표면 유거를 통해 수계로 유출되는 비점오염물질   | - 토양의 특성, 지 형, 기후 조건에 영향을 받으며, 양분수지분석 을 통해 산출 |

**(라) 관리 외 양분 유출원**

- 관리 외 양분 유출원은 관리대상 양분유출원의 산출을 위해 이용되는 양분유출 항목으로 농업활동을 통해 생산된 산물의 형태로 농경지 밖으로 유출되는 양분과 작물 부산물 중 사료, 연료로 이용되거나 농경지 밖에서 소각 처리되는 양분, 농업활동 중에 토양미생물의 활동에 의해 대기로 배출되는 양분을 포함한다.

### (마) 양분부하 조정계수

- 농가에서 발생한 가축분뇨는 농경지에 투입되기 전 농가 저장과정 및 퇴·액비화 과정 등을 거치게 되며, 이 과정에서 가축분뇨중의 비료성분(질소,인) 함량이 감소하게 된다. 특히 퇴·액비화를 통한 가축분뇨자원화 과정은 기본적으로 호기적 처리과정으로서 가축분뇨 중의 암모니아태 질소의 휘산이 일어나며, 자원화 과정에서 대기로 휘발하는 질소는 농경지의 양분부하에서 제외시키는 것이 합리적이다.
- 가축분뇨 발생단계에서 가축분뇨에 함유되어 있는 질소, 인 성분을 모두 농경지의 양분부하로 설정하는 경우 가축분뇨로 인한 농경지 양분부하의 증가가 나타나며, 이는 지역단위 양분수지의 산출결과를 크게 왜곡 시킬 소지가 있다. 따라서 합리적인 양분수지 산출을 위하여 발생 가축분뇨에서 유래하는 비료성분 중 가축분뇨의 저장·자원화과정에서 대기로 유출되거나 손실되는 비료성분을 조정할 필요가 있으며 이 조정인자를 양분부하 조정 계수라 한다.
- 양분부하 조정계수는 아래 표와 같으며, 강원대학교 연구팀의 가축분뇨 양분부하 조정계수 분석사례와 본 연구에서 도출한 가축분뇨 양분부하 조정계수를 함께 나타냈다.
- 한우 농가배출 사례에서 질소의 양분부하 조정계수 0.31은 농가에서 배출되는 때에 발생분뇨 중 69%의 질소성분이 감소한다는 것을 의미한다.
- 일반적으로 질소성분은 암모니아 휘발, 질산화, 탈질 등의 다양한 물리적·화학적·생물학적 과정을 통해 질소의 감소가 이루어지나 인성분의 경우 이론적으로는 손실 요인이 없다. 그러나 실제 조사에서는 농가배출 및 자원화 과정에서 토양침착, 슬러지 반출 등의 사유로 가축분뇨의 인성분의 감소가 나타났으며, 본 연구에서는 실제 조사 내용을 그대로 조정계수에 반영하였다.

〈표153〉 가축분뇨 양분부하 조정계수

| 구분         |         | 조정계수 |      |      | 조정계수 |      |
|------------|---------|------|------|------|------|------|
|            |         | 유기물  | 질소   | 인    | 질소   | 인    |
| 한우         | 농가배출    | 0.96 | 0.31 | 0.60 | 0.48 | 0.44 |
| 젓소         | 농가배출    | 1.92 | 0.80 | 0.84 |      |      |
| 돼지         | 농가배출    | -    | -    | -    | 0.91 | 0.97 |
| 돼지<br>(퇴비) | 교반송풍식   | 0.67 | 0.48 | 0.96 | 0.39 | 0.50 |
|            | 교반식     | 0.93 | 0.69 | 0.91 |      |      |
|            | 평균      | 0.80 | 0.59 | 0.94 |      |      |
| 돼지<br>(액비) | 장기폭기    | 0.16 | 0.26 | 0.08 | 0.20 | 0.53 |
|            | 간헐폭기    | 0.32 | 0.52 | 0.15 | 0.52 | 0.51 |
|            | 단순저장    | 0.82 | 0.67 | 0.91 | 0.62 | 0.69 |
|            | 평균      | 0.43 | 0.48 | 0.38 | 0.45 | 0.58 |
| 가금         | 육계(갈짚)  | -    | 0.31 | 0.22 | -    | -    |
|            | 산란계(갈짚) | -    | 0.79 | 0.67 | -    | -    |
|            | 산란계(건조) | 0.56 | 0.33 | 0.47 | -    | -    |
|            | 산란계(부숙) | 0.52 | 0.44 | 0.48 | -    | -    |
|            | 평균      | 0.54 | 0.47 | 0.46 | -    | -    |

(바) 양분수요 조정계수

- 시설원예작물의 경우 집약적 농업 형태로 인해 동일한 농지에서 연간 2~3작기의 작물을 재배하고 있으며, 이로 인해 시설원예 하우스의 비료 수요가 크게 증가하는 특성이 있다. 양분수지의 분석에서는 농경지 투입양분과 작물생산을 통한 양분 유출을 고려하여 산출하므로 시설원예 하우스에서의 작기 증가가 양분수지 결과에 영향을 미치지 않는다.
- 그러나 농경지 양분투입량 대비 농경지 양분 요구량의 비로 나타내는 양분부하지표의 경우 시설원예 하우스에서의 작기 증가를 고려하지 않는 경우 농경지의 양분부하가 과다하게 평가되는 문제가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 작기의 증가에 따라 단위면적당 작물 수량이 증가하는 것으로 가정하고 단위면적당 노지에서의 작물생산과 시설원예 하우스에서의 작물생산량을 비교하여 시설원예 양분수요 조정계수를 도출하였다.
- 오이의 경우 양분수요 조정계수 1.80은 노지에서의 오이 재배와 비교하여 시설 오이 재배에서 양분요구도가 1.80배 더 높다는 것을 의미한다.

〈표154〉 가축분뇨 양분부하 조정계수

| 구분    |     | 면 적(ha) |        | 생산량(kg/10a) |       |       |
|-------|-----|---------|--------|-------------|-------|-------|
|       |     | 노지      | 시설     | 노지          | 시설    | 시설/노지 |
| 과채류   | 오이  | 1,206   | 4,491  | 4,138       | 7,454 | 1.80  |
|       | 호박  | 5,948   | 3,389  | 2,600       | 4,501 | 1.73  |
|       | 참외  | 329     | 6,864  | 2,085       | 3,240 | 1.55  |
|       | 수박  | 4,547   | 17,103 | 2,778       | 3,994 | 1.44  |
|       | 토마토 | 153     | 5,407  | 4,218       | 6,462 | 1.53  |
|       | 딸기  | 288     | 6,617  | 1,514       | 2,970 | 1.96  |
| 엽채류   | 시금치 | 3,657   | 2,909  | 1,349       | 1,928 | 1.43  |
|       | 상추  | 1,238   | 2,945  | 2,170       | 2,945 | 1.36  |
| 조미채소류 | 파   | 18,133  | 2,104  | 2,609       | 2,676 | 1.03  |

(사) 양분 유입원 관련통계

- 양분 유입원과 관련한 통계자료는 환경부, 농식품부, 통계청의 자료를 활용하는 것을 원칙으로 하며, 지역단위 세부적인 양분유입원 통계자료는 시, 군, 도에서 집계하는 통계자료를 활용함

<표155> 양분 유입원 관련 통계자료 목록 및 특성

| 양분유입원        | 통계원 및 자료원                  | 관리              | 관리 단위 | 산출방법 및 비고   |   |
|--------------|----------------------------|-----------------|-------|---|---|
| 무기질비료        | 농림축산식품통계연보<br>(화학비료공급량)    | 농식품부<br>통계청     | 시/도   | - 무기질비료 지역별 공급량 기준  |   |
|              | 시/군 지역통계                   | 시/군             | 시/군   |   |   |
| 가축분뇨<br>(퇴비) | 가축동향조사                     | 농식품부<br>통계청     | 시/도   | - 가축분뇨 발생원단위 활용, 퇴비화 조<br>정계수 이용 계산<br><br>- 가축분뇨 처리현황 고려(정화처리 등)     |   |
|              | 시/군 행정통계                   | 시/군             | 시/군   |   |   |
|              | 가축분뇨처리통계                   | 환경부             | 시/군   |   |   |
| 가축분뇨<br>(액비) | 가축동향조사<br>(가축종별<br>가축사육두수) | 농식품부<br>통계청     | 시/도   | - 가축분뇨 발생원단 위 활용, 액비화<br>조 정계수 이용 계산                                  |   |
|              | 시/군 행정통계                   | 시/군             | 시/군   |   |   |
|              | 가축분뇨처리통계                   | 환경부             | 시/군   |   |   |
| 유기질 비료       | 비료사업통계                     | 농협중앙회           | 시/군   | -농협중앙회 회원 단위조합 유통·판매<br>물량에 한정<br><br>-전국 유기질비료 유통·판매의 약40~<br>50% 수준 |   |
| 생물학적<br>질소고정 | 농림축산식품통계연보<br>(작물재배면적)     | 농식품부<br>통계청     | 시/도   | - 콩과작물 재배면적 추출, 산출지표를<br>이용하여 계산                                      |   |
| 중자 및 종묘      | -                          | -               | -     | -산출지표를 이용하여 계산  |   |
| 작물잔사         | -                          | -               | -     | -산출지표를 이용하여 계산  |   |
| 대기강하물        | -                          | -               | -     | -산출지표를 이용하여 계산  |   |
| 관개수          | 저수지                        | 농촌용수<br>종합정보시스템 | 농어촌공사 | 시/군   | <a href="https://rawris.ekr.or.kr/main.do">https://rawris.ekr.or.kr/main.do</a><br><br>- 농업용수 수질정보                                      |
|              | 지하수                        | 농어촌지하수넷         | 농어촌공사 | 시/군/<br>면/리   | <a href="https://www.groundwater.or.kr/comm2/main/main.jsp">https://www.groundwater.or.kr/comm2/main/main.jsp</a><br><br>- 농업용 지하수 위치정보 |

(아) 양분 유출원 관련통계

- 양분 유출원 관련 통계 자료의 목록과 특성은 아래와 같다.

<표156> 양분 유출원 관련 통계자료 목록 및 특성

| 양분투입원            | 통계원 및 자료원                      | 관리       | 관리 단위 | 비고   |
|------------------|--------------------------------|----------|-------|--|
| 침출<br>(Leaching) | -                              | -        | -     | - 물질수지 분석 산출                                 |
| 유거<br>(Runoff)   | -                              | -        | -     | - 물질수지 분석 산출                                 |
| 작물생산             | 농림축산식품통계연보(작물 재배면적 및 작물생산량)    | 농식품부 통계청 | 시/도   | - 산출지표를 이용하여 계산                              |
|                  | 시/군 행정통계                       | 시/군      | 시/군   |  |
| 작물부산물            | 농림축산식품통계연보(작물 재배면적 및 사료작물생산 량) | 농식품부 통계청 | 시/도   | - 산출지표를 이용하여 계산                              |
|                  | 시/군 행정통계                       | 시/군      | 시/군   |  |
| 대기휘산             | -                              | -        | -     | - 산출지표를 이용하여 계산                              |
| 탈질               | 온실가스종합정보시스템                    | 환경부      | -     | http://www.gir.go.kr/<br>국가온실가스인벤토리 보고서(NIR) |



**(2) Agrix-전자인계관리시스템 연계**

- 농식품부는 가축분뇨 수거, 액비살포 시 Agrix 입력을 의무화하고 있고, 입력된 사항에 대해서만 살포비 지원 등을 지원하고 사업자 평가기준으로도 활용하고 있음. 전자인계 신고가 도입되면서 동일한 내용을 2번 신고하는 번거로움 발생한다. 전자인계관리시스템이 도입됨에 따라 사용자(배출·운반·살포업자)가 이중등록의 불편함을 최소화하기 위해 전자인계관리시스템-Agrix를 연계( '15.12) 하였으나 데이터 전송률 미비하다.
- 전자인계관리시스템(한국환경공단이 자체 부여한 업체코드)과 Agrix(사업자등록번호, PNU 코드)에서 각기 다른 코드 사용으로 인한 연계가 지연된다. Agrix에 수기로 입력된 등록건수에 비해 전자인계관리시스템 연계 데이터 등록 건수가 현저히 낮다.
- 자원화조직체 평가와 관련 Agrix 입력사항(살포면적, 동일필지 중복합산 문제)을 전자인계시스템 연계(중복입력 방지)하고 양식(운영기준, 운영일지 등)의 개념이 모호하므로 통일된 기재양식 제공하여 표준화 필요하다.
- 한국환경공단은 사업자코드 대신 PNU코드로 전환하기 위한 연구용역('17.8월 ~ '18.2월, ㈜아이비리더스) 결과를 반영하여 전자인계관리시스템-Agrix와 연계해야 한다.

**<표157> 전자인계관리시스템-Agrix 시스템 연계현황**

| 구분 |            | 정상       | 누락       | 합계       |
|----|------------|----------|----------|----------|
| 반입 | 배출업체 연계현황  | 1,347건   | 3,503건   | 4,850 건  |
|    |            | 28%      | 72%      | 100%     |
|    | 운반업체 연계현황  | 433건     | 63건      | 496건     |
|    |            | 87%      | 13%      | 100%     |
|    | 처리업체 연계현황  | 313건     | 32건      | 345건     |
|    |            | 90%      | 10%      | 100%     |
| 살포 | PNU코드 연계현황 | 86건      | 123,102건 | 123,188건 |
|    |            | 1%이하     | 99%      | 100%     |
|    | 살포일자 연계현황  | 101,042건 | 22,146건  | 123,188건 |
|    |            | 82%      | 18%      | 100%     |

출처 : 농정원(AgriX, '17.9.27)

**<표158> 전자인계관리시스템과 Agrix 코드 연계**

| 구분   | 전자인계관리시스템   | Agrix                       |
|------|---|-----------------------------|
| 부여코드 | 업체코드(한국환경공단 부여)   | 사업자코드(세무서등록번호), PNU코드(필지코드) |
| 보완   | 코드 일원화 제안('16.11)<br>전자인계관리시스템 PNU코드 도입 계획 협의('17.4, 관리원) |                             |

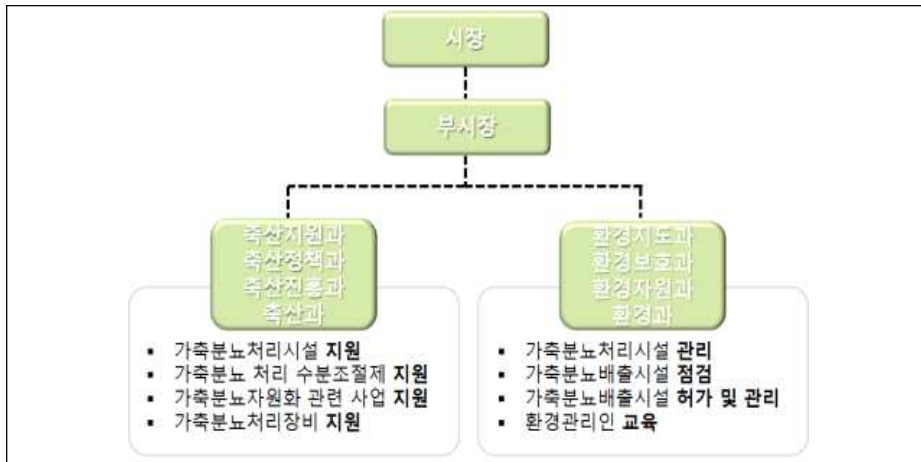
#### 다. 행정기관 일원화

- 중앙정부는 관련법에 따라 농림축산식품부와 환경부가 이원화 하여 가축분뇨정책을 관리하고 있으며 지원방향은 농림축산식품부는 개별농가지원, 환경부는 공공처리 지원에 목표를 두고 있다.

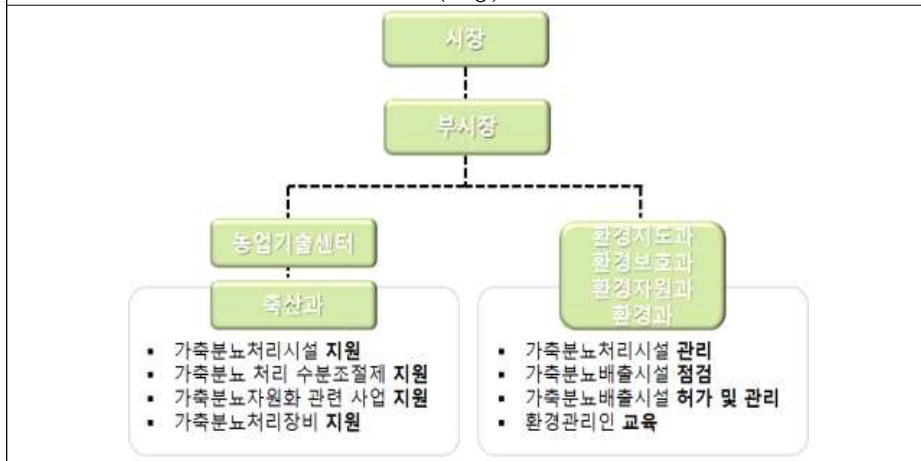
〈표159〉 중앙행정기관 가축분뇨 정책방향

| 구분   | 농림축산식품부         | 환경부            |
|------|-----------------|----------------|
| 지원목표 | 가축분뇨 자원화 농가의 지원 | 공공처리 지원에 중점    |
| 지원방향 | 개별농가 지원         | 공동처리시설 및 자원화시설 |

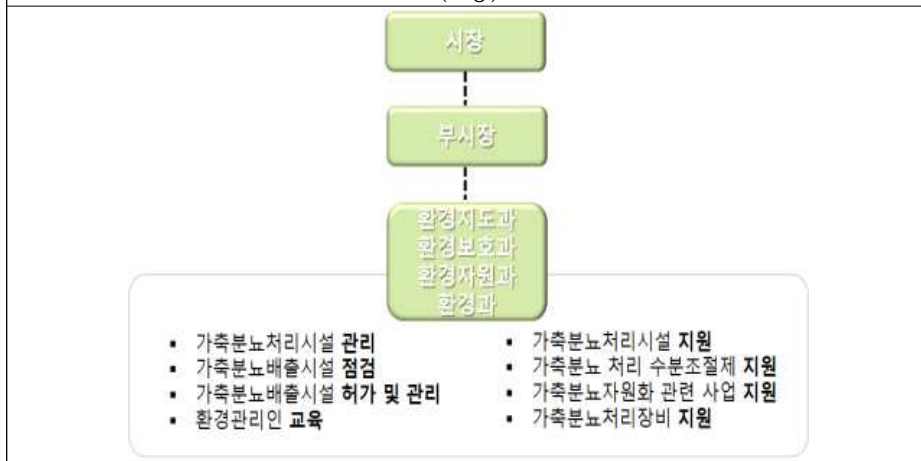
- 지방자치단체 역시 중앙 행정기관 업무에 따라 환경과와 축산과가 이원화 하여 가축분뇨 정책을 관리하고 있으며 축산과는 지원, 환경과는 관리감독을 하고 있다.
- 지방자치단체의 조직은 축산과와 환경과가 관리하는 형태, 환경과와 농업기술센터 산하 축산과가 관리하는 형태, 환경과가 관리하는 3가지 형태로 나타나고 있다
- 그 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 형태는 축산과와 환경과가 관리하는 형태임. 지방자치단체의 가축분뇨 조례적용은 환경부의 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙, 농림축산식품부의 가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙의 두 가지를 통하여 조례가 적용되고 있다.
- 대부분의 지자체는 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙을 적용하고 있어 지원 사업보다는 환경규제에 중점을 둔 조례를 만들고 있음을 알 수 있다.



(A형)



(B형)



(C형)

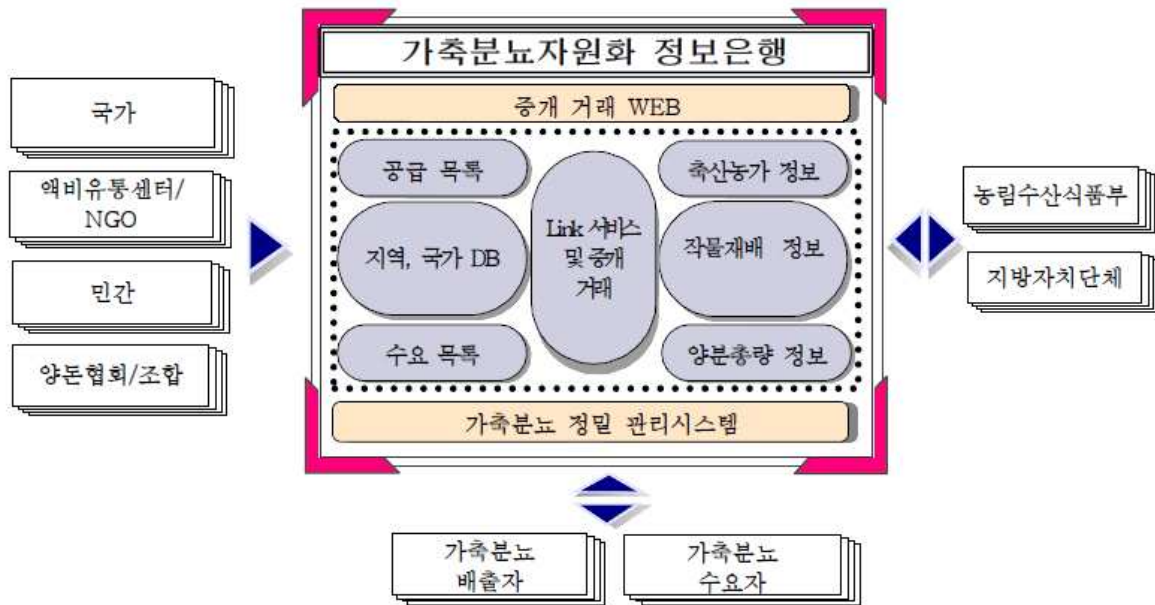
<그림50> 지자체 조직도

〈표160〉지방자체단체의 가축분뇨 조례적용

| 규칙                        | 소관부처    | 조례 적용   |
|---------------------------|---------|---|
| 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙 | 환경부     | 특별시 : 서울, 제주, 세종<br>광역시: 대전, 대구, 울산, 부산, 광주<br>경기도 22 시군, 강원도 18 시군,<br>전라권 33 시군, 충청권 23 시군,<br>경상권 31시군 |
| 가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙  | 농림축산식품부 | 경기도 양주시, 경기도 여주시,<br>충청북도 진천군, 충청남도 천안시,<br>충청남도 당진시  |

라. 가축분뇨은행제도 도입

- 가축분뇨 통합관리 및 양분관리를 가축분뇨 생산부터 자원화, 판매 단계까지 유통협업체의 판매 조직망을 이용해 관리 할 수 있으나, 이를 인터넷 네트워크 시스템으로 데이터베이스를 구축해 가축사육, 작물생산, 양분관리, 분뇨저장 등 양분관리하기 위해 통합적으로 정보를 관리하는 가축분뇨 은행제도 시스템이 필요하다.
- 또한 가축분뇨 고부화지역에서 저부화지역으로 이동을 통한 고질적 문제를 해결할 수 있는 지속적이고 실효성 있는 양분관리를 위해 지역의 양분수지를 관리할 수 있는 가축분뇨관리 정보화 시스템이 필요하다.
- 가축분뇨은행제도 도입을 통해 가축분뇨의 처리, 비료(무기질비료 및 유기질비료)의 사용 실태 등을 주기적으로 파악, 지역단위 양분수지를 산출, 이를 통해 과잉양분을 지역단위로 관리할 수 있으며, 양분의 관리·감시 통제를 통해 과태료 부과, 보상금 지불 등 제도적 수단과 함께 비료성분 유통관련 신고, 등록, 허가 사항 등 행정적 수단도 적용할 수 있다.
- 가축분뇨 은행제도 도입을 위한 전제조건으로 지자체 가축분뇨 양분관리프로그램이 구축되어야 하고 개별농가 및 공동자원화의 퇴·액비의 품질관리가 필요, 이를 위해 지역별 액비유통센터, 공동자원화시설의 역할이 우선 강화 되어야 한다.



<그림51> 가축분뇨 정보은행 개념도(농림축산식품부, 2013)

### 3. 지자체 적정 양분관리를 위한 지자체 정책 및 개선방안

- 지자체에서 가축분뇨 양분관리를 하기 위해서는 지역 여건에 맞는 가축분뇨 처리와 지역 내 가축분뇨 통합관리방안 마련이 선행되어야 한다.
- 가축분뇨 통합관리를 실현하기 위한 방안으로 가축분뇨 퇴·액비 유통협의체를 활성화하는 방안이 있으며 이를 통해 지역 내 가축분뇨 발생부터 생산·판매단계까지 지자체 담당자가 용의하게 파악할 수 있어야 한다.

#### 가. 지자체 가축분뇨 통합관리를 위한 정책 및 개선방안

##### (1) 정책 및 현황

- 지자체 가축분뇨 적정처리하기 위한 지자체 역할에 관련된 법률은 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 제 22조, 23조가 있으며 이에 따라 퇴비·액비의 자원화 유통관리 및 유통협의체를 지원하는 역할을 수행하게 되어있다.

##### <가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제 23조(가축분뇨의 통합관리)>

- 지자체는 관할구역에서 발생하는 가축분뇨를 수거·자원화, 퇴비·액비의 유통관리 및 살포단계까지 관리 하고 축산농가, 경종농가, 수거·살포자 등에게 지도교육 홍보를 하는 통합적인 관리를 하기 위해 기술적·재정적 지원을 할 수 있음

##### <가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제22조 퇴비·액비의 유통활성화>

- 축산업자·경작농가·생산자 단체 등은 퇴비·액비의 이용 및 유통을 촉진하기 위하여 유통협의체를 구성하여 운영할 수 있으며 시장·군수·구청장은 재정적·기술적 지원을 할 수 있다.
- 「가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙」 제9조, 11조에 따라 시장·군수·구청장이 수립하는 퇴비·액비의 이용촉진계획에 포함되어야 할 사항과 유통협의체 위원 구성

## 관련 사항을 명시함

### <가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙 제 9조>

- 「가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙」 중 (퇴비·액비의 이용촉진등) 법 제 19조 제1항에 따라 시장·군수·구청장이 수립하는 퇴비·액비의 이용촉진계획에 포함되어야 할 사항은 다음 각 호와 같음
  1. 퇴비·액비의 이용 확대 방안
  2. 퇴비·액비의 생산자와 경작농가의 연계체제를 구축하기 위한 법 제22조 제 1항에 따른 퇴비·액비 유통협의체의 운영 활성화 방안
  3. 퇴비·액비의 사용에 대한 교육·홍보 방안
  4. 퇴비·액비의 품질 향상 및 품질 관리 방안
  5. 퇴비·액비의 이용촉진을 위한 기술적·재정적 지원 계획

### <가축분뇨의 자원화 및 이용 촉진에 관한 규칙 제 11조>

- 유통협의체의 의장은 시장·군수·구청장이 되며, 위원은 다음 각 호의 자 중에서 시장·군수·구청장이 위촉하는 자로 함
  1. 퇴비·액비 생산자단체의 장
  2. 축산농가
  3. 경작농가
  4. 법 제 17조에 따라 가축분뇨 재활용의 신고를 한 자
  5. 법 제28조에 따른 가축분뇨처리업자 또는 가축분뇨시설관리업자
  6. 퇴비·액비의 생산·활용에 관하여 전문지식과 경험이 있는 자

### < '18 가축분뇨처리지원사업 지침>

- 가축분뇨처리지원사업 지침의 지원자격 및 요건 중 '퇴·액비화 시설을 지원 받고자 하는 양돈농가는 지자체 유통협의체에 참여하여야함(한우, 젓소, 닭 농가는 '18년부터 적용) 이라고 명시되어 있어 양돈농가의 유통협의체 참여를 유도하고 있음

## (2) 퇴비 · 액비 유통협의체 활성화 필요성

- 지자체의 가축분뇨 통합관리를 위해서 퇴·액비 수요처인 경작농가와 연계를 강화하며 자연순환형 축산체계를 구축을 현실화하기 위하여 유통협의체의 활성화가 필수적이다. 가축분뇨 퇴·액비의 화학비료 대체 등 친환경 농업과 연계하기 위하여 퇴·액비 품질에 대한 신뢰와 이용하는데 있어 편의성이 제공되어야 한다.
- 퇴비·액비 유통협의체 구성원의 역할이 불분명하며, 강제성 결여, 지역의 특성 반영이 부족한 등의 구성·운영에서 발생하는 문제 개선이 필요하다.
- 지역 내 가축분뇨 퇴비·액비의 자원화 및 이용촉진을 위하여 경작농가, 축산농가, 전문유통주체, 생산자단체, 시장·군수(농업기술센터 포함) 등 참여주체가 준수해야 할 사항을 규정하여 가축분뇨 처리문제를 해소하고 자연순환형 친환경농업 확산을 위해 유통협의체의 활성화가 필요함

## (3) 현행 퇴비·액비 유통협의체 구성

### <시장·군수(농업기술센터 포함)>

- 시장, 군수는 유통주체 선정, 사업물량 등이 확정될 경우 관내 축산단체, 경종농가 및 작목반, 생산자단체 등의 유통협의체 참여 주체별 역할, 추진방법 등 유통협의체 구성 및 사업추진지침을 마련하여 추진
- 가축분뇨 퇴·액비 이용계획수립, 참여대상자 선정 및 관리, 유통협의체 운영 및 지도·감독, 유통협의체 협약사항 조정, 사업추진실적 점검 및 지원, 경종농가 연계 등
- 시비처방서 발급, 경종 및 축산농가에 대한 액비 사용 방법 및 효과 등에 대한 지도·교육·홍보(농업기술센터)
- 기 지원 시설 등 관내 자원화(액비저장조 등)시설 활용 계획
- 대규모 액비 소요 시책과 연계 방안 강구
- 퇴·액비 집중 살포시 홍보 및 인근 주민의 이해 및 협조 유도



<경종농가>

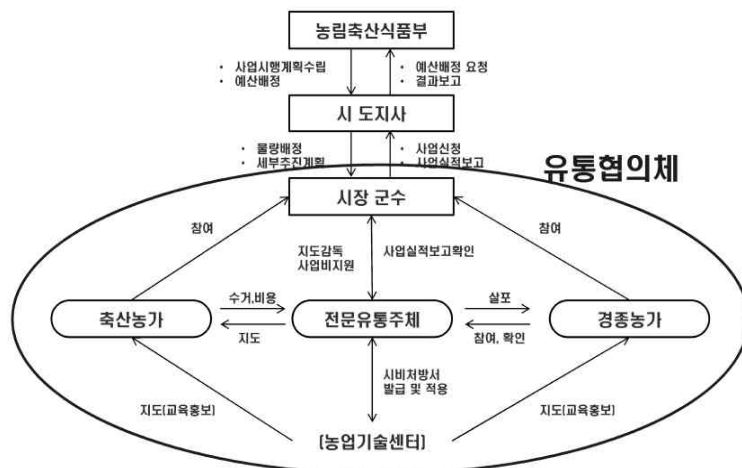
- 액비 살포대상지, 살포량, 시기 등 협의 결정, 유통주체의 살포내용 확인 및 지도
- 액비 살포시 일부 냄새 발생 등에 대한 주민이해 유도 및 홍보
- 쌀, 과수원, 시설채소 등 작목반 단위로 집단화 조성
- 추가 시비 제한 등 협약사항 이행

<축산농가>

- 일정 물량의 액비 제공, 수거비용 부담
- 충분한 부숙, 악취제거, 고액분리 등 협양사항 이행
- 관리하고 있는 액비저장조를 유통주체에 위탁

<전문유통주체>

- 참여주체별 비용부담 수준, 참여농가 기준설정 등 협의 결정
- 액비 수거 및 살포과정에서 발생하는 민원 등 해소
- 축산·경종농가 액비 및 저장조 관리, 농가에 품질관리 조건 부여
- 경종농가 추가 확보 및 수요처 확보로 연중 액비 사용 유도
- 액비살포 재배지의 농산물 생산성에 대한 책임 등 협약사항 이행



<그림52> 유통협의체 구성과 구성원의 역할

#### (4) 유통협의체 구성·운영의 문제점

- 전국 163개 시·군 중 가축분뇨 퇴비·액비 유통협의체 72개소( '16년 12월) 대부분 형식적으로 구성·운영되고 있는 실정이다. “가축분뇨법” 제22조(퇴·액비의 유통 활성화)보다 시장·군수·구청장은 퇴·액비의 유통활성화에 따른 악취민원 발생 등을 우려하여 조례제정 및 지원 등에 소극적이다.
- 퇴·액비의 유통활성화를 위한 조례 제정 시·군은 7개소에 불과(강화군, 양주시, 여주시, 포천시, 당진시, 진천군, 천안시)하다. 액비살포비 지원 대상자 자격 및 요건 중 유통협의체에 참여하는 농업·영농법인 농·축협 등으로 조건을 제시하였지만, 구성되지 않아도 지원금을 지급하고 있는 현실이다.
- 운영 중인 72개소 협의체도 액비 살포비, 가축분뇨처리 지원 사업 지원금 등 배분을 받기 위한 단체로 전락했다는 비판을 받고 있다.
- '17년 자원화조직체 유통협의체 운영현황을 파악한 결과 <표161>와 같이 공동자원화시설의 경우 51.3%가 미실시 하였으며 공동자원화시설+액비유통시설 업체의 경우 46.8%, 액비유통센터 43.4% 미실시 하여 유통협의체가 형식적으로 구성이 되어 있으며 운영은 이루어지고 있지 않다는 것을 알 수 있다.

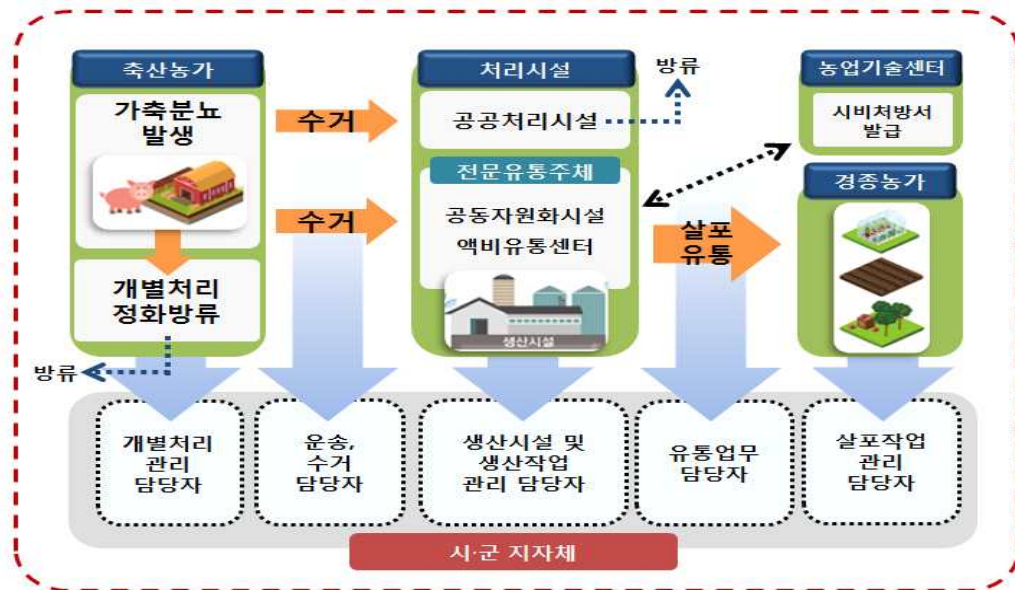
<표161> '17년 자원화조직체 유통협의체 운영 현황

| 구분                  | 계(%) | 분기별(%) | 반기별(%) | 연간(%) | 미실시(%) |
|---------------------|------|--------|--------|-------|--------|
| 공동자원화 시설            | 100  | 26.3   | 8.8    | 13.8  | 51.3   |
| 공동자원화 시설<br>+액비유통센터 | 100  | 24.2   | 11.3   | 17.7  | 46.8   |
| 액비유통센터              | 100  | 25.0   | 11.8   | 19.9  | 43.4   |

(5) 지자체 가축분뇨 통합관리 활성화 방안

(가) 지자체 가축분뇨 통합관리 방안 수립

- 지자체에서 가축분뇨 발생부터 살포까지 전 과정의 정보를 확보하여야 하며 지역 내 가축분뇨 처리 현황 및 자원화율, 농경지 살포면적, 액비살포량, 정화방류 물량 등의 처리 실태 자료를 수집하여 데이터 베이스를 구축해야 한다. 지자체는 유통협의체를 통해 지역 여건에 맞는 자원화 및 정화방류 물량을 산정하고 개별 또는 위탁처리방향을 설정하여 필요한 재정적, 기술적 지원을 해야한다.



<그림53> 지자체 가축분뇨 통합관리 방안

(나) 유통협의체 운영위원회 활성화

<각 시·군, 시·도 단위 유통협의체간 교류 활성화>

- 예) 시·도 단위 정기 모임 활성화 : 2회/년

<지역 가축분뇨 관리 기초자료 확보>

- 유통협의체를 통한 지역 내 가축분뇨 발생, 처리, 살포등에 관한 자료 확보
- 시·군별 지자체에서 가축분뇨 통합관리를 위한 기초 자료로 활용

#### (다) 경작농가 참여유도

- 가축분뇨 퇴·액비의 이용을 활성화하기 위하여 유통협의체, 지자체에서 퇴·액비의 작물별 이용방법 교육 및 이용 우수사례를 홍보한다.
- 작물별 액비살포 결과 자료 확보하여 액비 이용 촉진을 위한 홍보 및 교육 자료로 사용하며 경작농가 대상 교육시 작목별 액비사용 효과, 이용방법 등과 관련된 과목을 추가로 만들어 홍보 및 교육 프로그램을 운영한다.

#### (라) 유통협의체 기능 강화

- 유통협의체에서 지자체 축산농가의 가축분뇨 처리 관련 기기 공급 현황, 소요량 파악 및 보급 등을 지자체에 건의한다.

예) 고액분리기 필요농가 파악 후 지자체에 보급건의

- 가축분뇨 관련 정책에 대한 자문 및 건의사항을 지자체에 전달한다.
- 지자체에서는 유통협의체에서 의결된 사항을 시·군 가축분뇨 처리 계획 수립시 반영을 유도해야 하며 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」 22, 23조에 따라 유통협의체 및 통합관리 활성화를 위하여 재정적·기술적 지원을 해야한다.

#### (마) 가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 제23조 개정

- 지자체에서 가축분뇨 통합관리를 효과적으로 운영하기 위해서는 유통협의체의 활성화가 우선 되어야하기 때문에 가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 제23조의 개정을 통해 제도적 기반 마련이 필요하다.
- 공동처리시설을 추가하여 공동자원화시설의 퇴비·액비도 지자체 가축분뇨 통합관리에 포함한다.
- 유통협의체 운영상 문제점 파악을 해결하기 위한 방안으로 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 제23조(가축분뇨의 통합관리)」의 지자체 통합관리의 대상과 폭을 넓히는 방안을 제시한다.
- 가축분뇨 관리주체 : (기존) 공공처리시설 → 공공·공동처리시설, 유통협의체

<표162> 가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 제23조 개정(안)

| 현 행  | 개 정 안   |
|--|---|
| <p>제23조(가축분뇨의 통합관리)</p> <p>① 시장·군수·구청장은 관할구역에서 발생하는 가축분뇨를 적정하게 관리하기 위하여 <u>공공처리시설과 판매망을 연계하여</u> 가축분뇨의 수거·자원화, 퇴비·액비의 유통관리 등을 포함하는 통합관리를 실시할 수 있다.</p> | <p>제23조(가축분뇨의 통합관리)</p> <p>① 시장·군수·구청장은 관할구역에서 발생하는 가축분뇨를 적정하게 관리하고 퇴비·액비의 이용을 촉진하기 위하여 <u>공공·공동처리시설과 퇴비·액비 유통협의체 조직의 유통·판매망을 연계하여</u> 가축분뇨의 수거·자원화, 퇴비·액비의 유통관리 등을 포함하는 통합관리·이용을 실시할 수 있다.</p> |

<가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 제23조 개정 기대효과>

- 가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 제23조(가축분뇨의 통합관리)의 개정을 통해 지자체에서 가축분뇨를 효율적으로 통합관리하기 위해서는 유통협의체의 역할과 기능을 강화해야 한다는 점을 강조하여 시장·군수·구청장으로부터 자발적인 유통협의체 활성화를 기대
- 유통협의체 기능의 중요성이 부각되면서, 정부지원을 받기위해 형식적으로 구성·운영되던 기존 유통협의체의 각 구성원의 역할이 분명해질 것을 기대
- 또한 기존 가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 제23조(가축분뇨 통합관리)에 공동처리시설을 추가하여 지자체에서 공공처리장 뿐만 아니라 공동자원화시설의 퇴비·액비도 포함하는 통합관리를 하도록 함

## 나. 양분관리에 대한 법 적용 검토

### (1) 검토 배경

- 양분은 작물재배에 필요로 하는 질소(N), 인산(P), 칼리(K) 등 성분을 의미하고, 양분은 주로 화학비료와 퇴·액비를 통해 토양에 공급된다. 비료관리법상 양분은 화학비료(보통비료), 농업·임업·축산업·수산업·제조업 또는 판매업 영위 과정에서 나온 부산물과 사람의 분뇨, 음식물류 폐기물 등을 이용하여 제조한 부산물비료 등을 통해 토양에 공급된다. 가축분뇨법상 양분은 가축분뇨를 원료로 하여 생산한 「비료관리법」에 따른 부산물비료 및 “가축분뇨법”에 따른 퇴·액비를 통해 토양에 공급된다.
- 양분관리의 목적은 농업 생태계와 환경을 유지·보전하기 위해 지역단위 양분 투입과 반출을 조사·분석하여 지역 내 양분의 과부족을 최소화하기 위함이며, 구체적으로는 양분 공급 과다 지역은 양분투입을 줄이고 양분이 부족한 지역은 외부로부터 양분을 투입하여 지역 내 양분투입과 지출 수지가 균형을 이루게 하는 것이다.
- 양분관리가 실효성을 가지기 위해서는 지역단위 양분수지 결과를 토대로 중앙정부 차원에서 지역단위 양분관리 대상지역을 분류한 다음 지자체에서 지역 내 양분관리에 필요한 자료의 수집, 조사·분석을 정기적으로 수행하고 삭감 방안 등을 제시하기 위한 제도적 장치가 마련되어야 한다.

### (2) 양분관리 적용 대상 법률 검토

- 양분의 정의 및 양분관리의 목적에 비추어 현행 법률 중에서 양분관리를 적용하여 개정 가능한 대상 법률을 검토하였다.

#### (가) 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률

- 농림부·환경부 합동으로 가축분뇨 관리·이용 대책(2004)을 수립하면서 지역양분 총량제 도입을 검토하였고 이에 따라 ‘06년에 “가축 분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률”을 제정하였다.

- 동법 제 7조(축사이전 비용 등의 지원)에 농림부장관은 농림부령이 정하는 바에 따라 주요 작목별 비료의 수요량, 농경지에 포함된 비료의 함량, 비료의 공급량 등을 조사할 수 있게 하였고, 조사 결과 농경지에 포함된 비료의 함량 및 비료의 공급량이 비료의 수요량을 초과하는 지역의 축산농가가 축사를 이전하거나 철거하는 경우에는 농림부령에 의거하여 그 축사의 이전비 또는 철거비 등을 지원할 수 있게 하였다.
- ‘14년에 일부 개정하여 동법 제7조(가축분뇨실태조사 등)에 농림축산식품부장관, 환경부장관, 시·도지사, 특별자치시장 또는 특별자치도지사는 농경지에 포함된 비료의 함량, 비료의 공급량 및 가축분뇨 등으로 인한 환경오염의 실태 등을 조사(이하 “가축분뇨실태조사“라 한다)할 수 있게 하였다.
- 또한 동법 제8조(가축사육의 제한 등)에서 환경부장관 또는 시·도지사는 동법 제7조에 의거하여 가축분뇨실태조사를 한 지역과 가축분뇨 등으로 인하여 수질 및 수생태계의 보전에 위해가 발생되거나 발생될 우려가 있는 지역의 경우 해당 시장·군수·구청장에게 해당 지역을 가축 사육 제한 구역으로 지정·고시하도록 요청할 수 있게 하였다.
- 이상의 내용을 살펴보면, 현행 가축분뇨법에서 농림축산식품부 장관과 환경부장관이 농경지 함유 비료의 함량, 비료의 공급량을 조사하고, 비료의 공급량이 수요량을 초과하는 지역을 파악하며 지자체장이 가축분뇨실태 조사 지역 중 위해 발생우려가 있는 지역에 대해 사육제한구역의 지정을 검토할 수 있기 때문에 가축분뇨법을 통해서 양분관리가 가능하다고 판단할 수는 있다.
- 그러나 지자체의 환경부 소관 환경부서 또는 농림축산식품부 소관 축산부서에서 토양 중 비료의 함량, 가축분뇨 이외 비료의 수급현황, 작물 재배 종류 및 재배면적, 시비처방 등 양분관리에 필요한 구체적인 자료를 입수하는 것이 쉽지 않고 관련 지식도 없어 지역 내 과학적인 양분지수 산정 작업을 추진하는 것은 어려울 것으로 판단된다.
- 따라서 가축분뇨법에서는 향후 양분관리를 적용하는 타법의 조문 중에서 가축분뇨에 해당하는 항목에 대한 조사를 협조하고, 양분관리를 적용한 타법에서 밝혀진 양분관리 미흡 지역에 대한 삭감 등 규제 조치에 대한 사항을 가축분뇨법에 명시하는 것이 바람직하다.

#### (나) 비료관리법

- 비료관리법이 제정(1976년)된 이유는 비료의 품질향상과 수급의 원활 및 가격의 안정을 꾀하기 위함이었고 현행 법에서는 당초의 법 취지를 유지하면서 목적에 농업생산력 유지

- 증진과 농업환경 보호를 추가하였다. 비료관리법에서는 비료의 정의 규정을 두고 공정규격을 설정하여 관리하는 보통비료와 농림축산식품부 장관이 지정하는 부산물비료로 나누어서 관리하고 있다.
- 비료 : 식물에 영양을 주거나 식물의 재배를 돕기 위하여 흙에서 화학적 변화를 가져오게 하는 물질과 식물에 영양을 주는 물질 등을 말한다.
- 보통비료 : 부산물비료 외의 비료로서 법에 따른 공정규격이 정해진 것을 말한다.
- 부산물비료 : 농업·임업·축산업·수산업·제조업 또는 판매업을 영위하는 과정에서 나온 부산물, 사람의 분뇨, 음식물류 폐기물, 토양미생물 제제 등을 이용하여 제조한 비료로서 농림축산식품부장관이 지정하는 것을 말한다.
- ‘18년 현재 비료로 지정된 비종은 109개가 있는데 이중 보통비료가 78개, 부산물 비료가 31개가 있으며, ‘17년에 국내에서 판매된 화학비료는 성분기준으로 질소 244천톤, 인산 306, 칼리 154천톤이었다.
- 화학비료는 생산 및 판매 통계가 제시되어 있지만 부산물 비료는 한국유기질비료산업협동조합 내부자료(2014)를 통해 연간 5천억원 이상의 시장 규모로 추정할 뿐 업체별 구체적인 생산량 및 판매처 정보는 없는 실정이다. 그렇지만 농림축산식품부에서 가축분뇨 등 부산물의 자원화 촉진 및 토양환경 보전 및 지속 가능한 농업 추진을 목적으로 친환경농자재 지원사업에서 유기질비료와 토양개량제 지원을 하고 있기 때문에 양분관리를 위한 통계자료의 확보가 가장 용이하다는 장점이 있다.
- 또한 농촌진흥청에서는 비료관리법 시행규칙에서 비료공정규격 설정을 위한 재배시험, 토양환경 분석 등을 하고 있고, 정확한 양분관리 수치 분석을 통해 향후 OECD의 환경지표에 과학적이고 객관적인 자료로 대응 할 수 있다는 장점이 있으며, 토양중 비료의 함량, 가축분뇨 이외 비료의 공급량, 작물 재배 종류 및 재배면적, 시비처방 등 구체적인 정보를 바탕으로 과학적인 양분지수 산정이 가능하다.
- 이상의 내용을 종합적으로 검토하면 양분관리가 비료관리법의 목적에 있는 농업 환경보호와 부합함. 그러나 현행 비료관리법은 보통비료와 부산물비료의 공정규격 설정 및 비료생산업의 등록 및 관리에 중점을 두고 있기 때문에 양분관리의 구체적 사항을 비료관리법에서 다루기 위해서는 법 개정을 하여야 하며 이 경우 법률 명칭을 (가칭) 비료 및 양분관리법 또는 비료 및 토양관리법으로 개정하여 추진할 수 있다.



〈표163〉 비료의 구분 및 종류(2018년 현재)

| 비료 종류  |  | 계   |
|--------|--|-----|
| 보통 비료  | 질소질 비료(17), 인산질 비료(6), 칼리질 비료(3),<br>복합 비료(12), 석회질 비료(10), 규산질 비료(7),<br>고토 비료(6), 미량요소비료(8), 그밖의 비료(9) | 78  |
| 부산물 비료 | 부속유기질 비료(9), 유기질 비료(18),<br>미생물 비료(1), 그밖의 비료(3)   | 31  |
| 합 계    |  | 109 |

자료 : 비료공정규격 설정 및 지정(농진청, 2018)

〈표164〉 화학비료 생산량 및 소비량(2017년 현재)

| 구분     | 질소  | 인산  | 칼리  | 계   |
|--------|-----|-----|-----|-----|
| 생산(천톤) | 406 | 266 | 171 | 843 |
| 소비(천톤) | 244 | 87  | 111 | 442 |
| 자급률(%) | 166 | 306 | 154 | 270 |

자료 : 2018 농림축산주요통계(농림축산식품부, 2018)

### (3) 양분관리의 법 적용 시 신설 조문(안)

- 현행 법률 중에서 양분관리를 적용하여 개정 가능한 대상 법률을 검토한 결과 법령 명칭 개정을 전제로 비료관리법이 가장 수용 가능성이 높다고 판단하였다.
- 이 경우 비료관리법에 추가되어야 할 법 조문을 신·구조문대비표로 제시하였으며, 주요 내용으로 양분관리 도입에 따른 국가·지방자치단체의 책무, 양분관리 기본계획의 수립, 양분관리 실태 조사·평가, 양분관리 활성화 지원, 양분관리 정보시스템의 구축·운영, 양분관리 기관의 지정, 권한 또는 업무의 위임·위탁 업무 등을 포함하였다.
- 결론적으로 양분관리 업무가 제도화되기 위해서는 지역단위 양분관리 매뉴얼의 보급, 양분관리 정보시스템 구축, 지자체 공무원에 대한 교육, 관련업 종사자에 대한 제도 홍보 등 선행되어야 할 사항이 많기 때문에 법 개정 이전에 충분한 절차와 기간을 가져야 할 것이다.

<표165> 양분관리 적용 대상 법률의 장단점

| 장·단점 | 축산법                                    | 가축분뇨법   | 비료관리법  | 친환경농어업법  |
|------|--|---|--|--|
| 장점   | - 축산농가 관리                              | - 현행 법에서 가축분뇨 실태조사 추진<br>- 비료공급량 초과지역 사육제한 가능     | - 법 목적과 양분관리가 부합<br>- 양분 통계자료 확보 용이<br>- 전문성 기 확보<br>- OECD 농업환경지표 대응 용이 | - 법 목적과 양분관리가 부합   |
| 단점   | - 축사 및 분뇨처리관리에 국한<br>- 작물 및 토양정보 수집 곤란 | - 가축분뇨 이외 비료 수급자료 입수 곤란<br>- 토양, 작물재배 자료수집 전문성 부족 | - 법 명칭 보완 필요<br>- 위암·위탁기관 필요   | - 환경오염 방지에 대한 구체적인 하위규정 부재<br>- 친환경 농산물 인증에 치중하여 법 적용대상자가 다름 |

신·구조문대비표

| 현 행  | 개 정 안  |
|--|--|
| 제1조(목적) 이 법은 비료의 품질을 보전하고 원활한 수급(需給)과 가격 안정을 통하여 농업생산력을 유지·증진시키며 농업환경을 보호함을 목적으로 한다. | 제1조(목적) ----양분관리를 통해 농업환경을 보호함을  |
| 제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.  | 제2조(정의)  |
| <신 설>  | 7. 양분이란 작물재배에 필요로 하는 질소(N), 인산(P), 칼리(K) 등 성분을 의미한다.   |
| <신 설>  | 제○조(국가·지방자치단체의 책무) ① 국가는 양분관리에 관한 기술을 연구·개발·지원하고, 지자체에 필요한 기술적·재정적 지원을 하여야 한다<br>② 지방자치단체는 관할구역의 지역적 특성을 고려하여 양분삭감을 포함한 양분관리 정책을 세우고 적극적으로 추진하여야 한다. |
| <신 설>  | 제○조(양분관리 기본계획의 수립) ① 시·도지사는 관할구역의 양분삭감을 포함한 양분관리에 관한 기본계획을 ○년마다 수립하여 농림축산식품부장관의 승인을 받아야 한다.<br>② 시·도지사는 제1항의 기본계획에 따라 ○                              |

|                    |   |
|--------------------|---|
|                    | <p>년마다 시·도 양분관리 개선계획을 세우고 시행하여야 하며, 농림축산식품부장관에게 보고하여야 한다.</p> <p>③ 시장·군수·구청장은 양분관리 개선 기본계획 및 시·도 양분관리 개선계획에 따라 1년마다 시·군·구 양분관리 개선 실행계획을 세우고 시행하여야 하며, 시·도지사에게 보고하여야 한다.</p> <p>④ 제1항부터 제3항까지의 계획에 포함되어야 할 사항은 다음 각 호와 같다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 지역 양분관리 현황과 개선 실적에 관한 사항</li> <li>2. 그 밖에 양분관리 개선을 위하여 농림축산식품부령으로 정하는 사항</li> </ol> |
| <p>&lt;신 설&gt;</p> | <p>제○조(양분관리 실태 조사·평가) ① 시·도지사 및 시장·군수는 양분관리와 관련된 정책을 효율적으로 수립·추진하기 위하여 농경지에 포함된 비료의 함량, 비료의 공급량, 재배작물의 면적과 작물 수확량, 가축분뇨 발생량, 가축분뇨 자원화율 등을 조사하여야 한다.</p> <p>② 양분관리 실태의 조사목적별 조사항목, 조사대상 지역의 선정, 조사의 방법, 그밖에 필요한 사항은 농림축산식품부령으로 정한다.</p>  |
| <p>&lt;신 설&gt;</p> | <p>제○조(양분관리 제도 활성화 지원) ① 농림축산식품부장은 양분관리제도 활성화를 위하여 양분관리제도의 홍보 및 교육·훈련사업을 추진하여야 한다.</p> <p>② 농림축산식품부장관은 다음 각 호의 하나에 해당하는 자에게 예산의 범위에서 홍보 및 교육·훈련 사업 등에 필요한 자금을 지원할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 농업, 가축사육업 및 비료생산업 관련단체</li> <li>2. 양분제도 관련 교육 및 훈련기관</li> </ol>   |
| <p>&lt;신 설&gt;</p> | <p>제○조(양분관리 행정지도 등) 가축사육업자, 비료생산업자, 경작농가는 시장·군수·구청장에게 농경지에 포함된 비료의 함량, 작목별 양분투입량 등에 대한 지도를 요청할 수 있다.</p>  |

<신 설>

제○조(양분관리정보시스템의 구축·운영) ① 농림축산식품부장관은 다음 각 호의 업무를 수행하기 위하여 양분관리정보시스템을 구축·운영할 수 있다.

1. 지역 가축분뇨 발생량, 지역 가축분뇨배출시설 설치 및 처리실태 등의 자료수집에 관한 업무

2. 지역 재배작목, 토양중 비료성분 함량 정보의 수집에 관한 업무

3. 지역 비료생산량 및 판매량 정보의 수집에 관한 업무관리업무

② 제1항에 따른 양분관리정보시스템의 구축·운영에 필요한 사항은 농림축산식품부령으로 정한다.

<신 설>

제○조(양분관리 전담기관 지정) ① 농림축산식품부장관은 양분관리 업무를 효율적으로 수행하기 위하여 양분관리 관련 기관을 양분관리 전담기관으로 지정할 수 있다.

② 양분관리 전담기관은 다음 각 호의 업무를 수행한다.

1. 지역 양분관리 실태 지도·점검

2. 지역 양분관리 실태 개선을 위한 담당 공무원 교육 및 컨설팅

3. 양분관리 실태 개선 기술 개발·보급

5. 양분관리 실태 개선 전문인력 양성

6. 그 밖에 양분관리 실태 개선을 위하여 농림축산식품부장관이 정하는 업무

<신 설>

제○조(권한 또는 업무의 위임·위탁) 농림축산식품부장관은 이 법에 따른 권한의 일부를 대통령령으로 정하는 바에 따라 국립환경과학원장, 시·도지사, 시장·군수·구청장 또는 농촌진흥청장에게 위임하거나 양분관리 전담기관, 농협중앙회의 장에게 위탁할 수 있다.

#### 4. 가축분뇨 통합관리 중장기 종합 로드맵 구축

##### 가. 추진 배경

###### <가축분뇨 발생량 증가>

- 가축 사육두수가 늘어나 분뇨 발생량 증가 추세 :

\* '13년 소 사육두수 2,917 천두 → '17년 3,019 천두

'13년 돼지 사육두수 9,912 천두 → '17년 10,513 천두

###### <양분관리에 대한 관심 증가>

- 농경지에 양분의 수요량 이상으로 유입되는 화학비료와 가축분뇨 퇴·액비는 토양 양분 집적 등 환경오염의 주범으로 지목

###### <가축분뇨 통합관리체계 구축>

- 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제5조(가축분뇨관리기본계획 등)에 따라 시·도는 관할구역 안의 가축분뇨 관리에 관한 기본계획을 수립하도록 규정되어 있음

##### 나. 문제점

- 지역별 가축분뇨 전산관리(Agrix) 도입으로 지자체 업무부담을 최소화 하였지만 양분관리를 위한 지자체 양분관리 프로그램이 구축되어 있지 않았다.
- 또한 가축분뇨 통합관리 및 양분관리를 위해서는 지역 내 가축분뇨 처리 현황 및 자원화율, 농경지 살포면적, 액비살포량 등의 자료를 유통협의체를 통해 수집 데이터베이스를 구축해야 하지만 유통협의체가 형식적으로 구성 운영되고 있다.

**<표166> '17년 자원화조직체 유통협의체 운영 현황**

| 구분                  | 계(%) | 분기별(%) | 반기별(%) | 연간(%) | 미실시(%) |
|---------------------|------|--------|--------|-------|--------|
| 공동자원화 시설            | 100  | 26.3   | 8.8    | 13.8  | 51.3   |
| 공동자원화 시설<br>+액비유통센터 | 100  | 24.2   | 11.3   | 17.7  | 46.8   |
| 액비유통센터              | 100  | 25.0   | 11.8   | 19.9  | 43.4   |

**나. 가축분뇨 통합관리체계 로드맵**

**(1) 제도 도입여건 조성**

- 가축분뇨 통합관리체계 구축을 통해 지역 내 가축분뇨의 이동 및 관리를 위해서는 우선 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한법률 제 23조 가축분뇨 통합관리 조항에 퇴비·액비 유통협의체를 포함하여 유통협의체 활성화를 위한 제도적 기반을 마련해야한다. 또한 지역 내 가축분뇨 및 화학비료로 인한 양분과잉을 방지하기 위해 가축분뇨법과 비료관리법 등 양분관리 적용 가능 법률 검토가 필요하다.
- 가축분뇨 및 양분 발생 원단위 재산정하여 지역 내 가축분뇨 발생량과 양분 발생량을 정확히 파악할 필요가 있으며, 양분부하·수요 계수 설정을 통해 가축분뇨 자원화시 자원화 방법에 따른 계수 적용이 필요하다.
- 통계자료를 보완하여 지자체 담당자가 지역 내 가축분뇨, 화학비료 유래 양분의 토양 유입양과 유출양을 관리할 수 있는 지역단위 양분관리 프로그램을 개발하고, 이를 이용해 지역 양분관리를 담당할 인력을 확보해야한다.

**(2) 제도 도입 준비**

- 양분관리 관련법 개정 입법예고와 동시에 양분관리 체계 시범 구축하여 양분관리 관련법 시행 전 애로사항을 파악해야 할 필요성이 있다.
- 지자체에서는 양분관리 항목 별 D/B 구축을 통해 지자체 양분관리를 위한 기반을 마련하고, 양분관리 전담기관 지정을 통해 양분관리 실태 개선 전문인력을 양성하고 양분관리 정보시스템을 구축 및 홍보를 실시한다.

### (3) 제도 도입

- 양분관리 관련법 시행을 통해 지자체에서는 지자체 별 양분관리 기본계획을 수립·보고 하며 이를 통해 가축분뇨 통합관리를 실시하고, 지자체 가축분뇨 통합관리를 위해 퇴·액비 유통협의체 운영활성화를 지도하고 양분관리 정보시스템 교육 및 훈련을 통해 지역 내 양분관리 실태 조사 및 개선을 지도한다.

|       | 제도 도입여건 조성   | 제도 도입 준비   | 제도 도입   |
|-------|--|--|---|
|       | 1~2 년차   | 3 년차   | 4 년차  |
| 법률체계  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 가축분뇨법 제23조의 조항 개정</li> <li>▪ 양분관리 적용 가능 법률 검토</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 양분관리 관련법 개정 입법예고</li> <li>▪ 양분관리 체계 시범 구축</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 양분관리 관련법 시행</li> </ul>   |
| 통계보완  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 가축분뇨 및 양분 발생 원단위 재산정</li> <li>▪ 양분부하·수요 계수 설정</li> <li>▪ 지역단위 양분관리 프로그램 개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 가축분뇨 및 양분 발생 원단위 재산정</li> <li>▪ 양분부하·수요 계수 설정</li> </ul>  |   |
| 운영/관리 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지자체 전담조직 및 인력 확보</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지자체 양분관리 항목 D/B 구축</li> <li>▪ 양분관리 전담기관 지정</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 지자체 가축분뇨 통합관리 실시</li> <li>▪ 지자체 별 양분관리 기본계획 수립</li> </ul>                                  |
| 교육·홍보 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 양분관리 매뉴얼 제작·보급</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 양분관리 정보시스템 구축·홍보</li> <li>▪ 양분관리 실태 개선 전문인력 양성</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 퇴·액비 유통협의체 운영활성화 지도</li> <li>▪ 양분관리 정보시스템 교육 및 훈련</li> <li>▪ 양분관리 실태 조사 및 개선 지도</li> </ul> |

〈그림54〉 가축분뇨 통합관리체계 로드맵

# 제3장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

## 1절 목표

| 성과<br>목표   | 사업화지표        |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  | 연구기반지표   |         |              |                  |          |          |                  |                  |                            |
|------------|--------------|--------------|--------------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|----------|---------|--------------|------------------|----------|----------|------------------|------------------|----------------------------|
|            | 지식<br>재산권    |              |              | 기술<br>실시<br>(이전) |             | 사업화         |             |             |                  |                  | 기술<br>인증 | 학술성과    |              |                  | 교육<br>지도 | 인력<br>양성 | 정책<br>활용-홍보      |                  | 기타<br>(타<br>연구<br>활용<br>등) |
|            | 특<br>허<br>출원 | 특<br>허<br>등록 | 품<br>종<br>등록 | 건<br>수           | 기<br>술<br>료 | 제<br>품<br>화 | 매<br>출<br>액 | 수<br>출<br>액 | 고<br>용<br>창<br>출 | 투<br>자<br>유<br>치 |          | 논문      |              | 학<br>술<br>발<br>표 |          |          | 정<br>책<br>활<br>용 | 홍<br>보<br>전<br>시 |                            |
|            |              |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          | SC<br>I | 비<br>SC<br>I |                  |          |          |                  |                  |                            |
| 단위         | 건            | 건            | 건            | 건                | 백만원         | 백만원         | 백만원         | 백만원         | 명                | 백만원              | 건        | 건       | 건            | 건                | 명        | 건        | 건                |                  |                            |
| 가중치        | -            | -            | -            | -                | -           | -           | -           | -           | -                | -                | -        | -       | -            | -                | -        | -        | -                | -                |                            |
| 최종목표       | 4            | 3            |              | 1                |             | 1           |             |             |                  |                  |          | 3       | 4            |                  |          |          | 10               |                  |                            |
| 1차년도       | 목표           |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         | 1            | -                |          |          | 2                |                  |                            |
|            | 실적           |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         | 0            | 4                |          |          | 0                |                  |                            |
| 2차년도       | 목표           | 1            | 1            |                  |             |             |             |             |                  |                  |          | 1       | 2            | -                | -        | -        | 4                |                  |                            |
|            | 실적           | 1            | 0            |                  |             |             |             |             |                  |                  |          | 1       | 4            | 6                | 3        | 1        | 6                |                  |                            |
| 3차년도       | 목표           | 3            | 2            |                  | 1           | 1           |             |             |                  |                  |          | 2       | 1            | -                |          |          | 4                |                  |                            |
|            | 실적           | 2            | 1            |                  | 1           | 1           |             |             |                  |                  |          | 2       | 0            | 6                |          |          | 5                |                  |                            |
| 4차년도       | 목표           |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         |              |                  |          |          |                  |                  |                            |
|            | 실적           |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         |              |                  |          |          |                  |                  |                            |
| 5차년도       | 목표           |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         |              |                  |          |          |                  |                  |                            |
|            | 실적           |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         |              |                  |          |          |                  |                  |                            |
| 소계         | 목표           | 4            | 3            |                  | 1           | 1           |             |             |                  |                  |          | 3       | 4            | -                | -        | -        | 10               |                  |                            |
|            | 실적           | 3            | 1            |                  | 1           | 1           |             |             |                  |                  |          | 3       | 4            | 16               | 3        | 1        | 11               |                  |                            |
| 종료<br>1차년도 |              |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         |              |                  |          |          |                  |                  |                            |
| 종료<br>2차년도 |              |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         |              |                  |          |          |                  |                  |                            |
| 종료<br>3차년도 |              |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         |              |                  |          |          |                  |                  |                            |
| 종료<br>4차년도 |              |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         |              |                  |          |          |                  |                  |                            |
| 종료<br>5차년도 |              |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         |              |                  |          |          |                  |                  |                            |
| 소계         |              |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         |              |                  |          |          |                  |                  |                            |
| 합계         |              |              |              |                  |             |             |             |             |                  |                  |          |         |              |                  |          |          |                  |                  |                            |



## 2절 목표 달성여부

### 1. 연구개발목표의 달성도 및 자체평가

| 최종목표   | 세부목표   | 자체평가   | 가중치(%) | 달성도(%) |
|--|--|--|--------|--------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>가축분뇨 양분관리 통합 시스템 구축</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>개별 축산농가 가축분뇨 양분관리 프로그램개발</li> <li>자원화조직체 가축분뇨 양분관리 프로그램, 환경시설, 지역커뮤니티 양분정보 연계 프로그램 개발</li> <li>지자체 가축분뇨 양분관리프로그램개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>가축사료 양분급여 관리 프로그램 개발 및 Top-down, Bottom-up 접근법을 이용한 양분발생량 추정</li> <li>개별축산농가 및 지자체(행정) 가축분뇨 양분관리 프로그램 개발</li> <li>가축분뇨 양분관리 핵심 데이터 도출</li> <li>농가·지역·국가단위 양분관리 체계의 구축 방안 제시</li> <li>농가단위 양분수지 산출 방법 제시</li> <li>자원화조직체 가축분뇨 양분관리 프로그램 개발</li> <li>자원화조직체 퇴액비화 시스템 양분수지 산출 방법 제시</li> <li>WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 개발</li> <li>130여개 양분수지 관련 파라메터 구축</li> </ul> | 70     | 100    |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>가축분뇨 잉여양분 관리 및 비즈니스모델 실증화 구축</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>가축분뇨 잉여양분 품질 관리 및 평가 프로그램 개발 비즈니스모델 구축</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>자원화조직체 운영수지 진다 및 수익증대 방안 제시</li> <li>자원화조직체 잉여양분 이활용을 위한 고품질 액비 및 클로렐라 미생물 비료 제조</li> <li>고품질 자원화를 도입한 경영수지 확보방안 및 경제성 평가 제시</li> </ul>   | 15     | 95     |

|   |  |  |    |     |
|---|--|--|----|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 가축분뇨 행정제도 개발·중장기 로드맵 구축</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨관리제도, 중장기 로드맵, 지자체 양분관리계획 수립 모형 개발</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 지자체별 가축분뇨 처리현황 세부조사</li> <li>- 지자체 가축분뇨 양분관리 모형 개발</li> <li>- 지자체 가축분뇨 양분관리 모형 시나리오 제시</li> <li>- 가축분뇨은행제도 도입 방안 제시</li> <li>- 가축분뇨 양분관리에 대한 법률 적용 검토</li> </ul> | 15 | 100 |
|---|--|--|----|-----|

## 2. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

| 성과목표   | 자 체 평 가  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 특허출원 3건: 달성</li> <li>○ 특허등록 1건: 달성</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 액비품질인증 관련 액비의 부숙정도를 평가할 수 있는 방법을 개발하여 현장에서의 활용도가 높을 것으로 예상됨. 또한 가축분뇨 유래 양분관리 시스템을 개발하여 기술이전이나 사업화 또는 지자체 등에서 활용이 가능 할 것으로 예상됨.</li> <li>- 가축분뇨 액비의 부숙도 측정방법(출원번호: 10-2017-0121191)</li> <li>- 가축분뇨 액비의 부숙도 측정방법(등록번호: 1018591670000)</li> <li>- ICT기반 스마트 농장을 위한 NPK 양분의 정량적 관리시스템(출원번호: 10-2018-0049312)</li> <li>- 가축분뇨액비품질인증(L F Q C)에 기초한 액비 생산 방법과 이를 통해 생산된 고품질 액비 및 클로렐라 미생물비료 제조방법</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기술이전 1건: 달성</li> <li>○ 사업화 1건: 달성</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨 양분관리 프로그램의 개발을 통한 개별농가, 자원화조직체, 지자체(행정) 활용 뿐만 아니라 ICT와 축산환경이 연계된 다양한 산업화의 활성화가 예상됨.</li> <li>- 가축분뇨 통합 운영프로그램(S/W) 기술이전(통상실시권) 계약</li> <li>- 가축분뇨 통합 운영프로그램 산업자문(사업화) 계약</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정책활용 11건: 달성</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개별농가단위 양분관리 프로그램과 현 양분관리 제도현황 바탕으로 축종별 농가 내 양분관리 방안을 제시</li> <li>-가축분뇨 액비종자발아지수(LFGI, Liquid Fertilizer Germination Index) 평가법의 개발 및 제도개선</li> <li>-가축분뇨 액비품질인증제도(LFQC, Liquid Fertilizer Quality Certification)의 개발 및 제도개선</li> <li>-한우와 젖소농가 분뇨 유래 농경지로의 양분유입량 산출시 적정 부하계수 적용</li> <li>-가축분뇨 공동자원화시설 기술 및 양분관리 진단 프로그램 시행</li> <li>-가축분뇨 공동자원화 경영컨설팅 의무화</li> <li>-가축분뇨 액비 제조공정의 운전지표 관리를 위한 전기전도도(EC)의 모니터링 인자 활용</li> <li>- 농경지로의 돼지분뇨양분 유입량 산출시 적정 부하계수 적용</li> <li>- 가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 제23조 개정</li> <li>- 웹기반 가축분뇨 양분관리 통합운영 프로그램 개발 및 활용</li> <li>- 가축분뇨자원화조직체 처리물량 산정 시 액비화시설 증발량 반영</li> <li>- 가축분뇨자원화조직체 경영컨설팅 의무화</li> </ul> |

|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ SCI 3건: 달성</li> <li>○ 비SCI 4건: 달성</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨 유래 적정 양분관리 및 액비 품질관리 관련 중심의 연구결과를 도출하였음. 향후 잉여양분의 이활용, 또는 양분총량제 대한 대비한 기초자료로 활용 가능할 것으로 예상됨.</li> <li>○ SCI <ul style="list-style-type: none"> <li>- Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University.2017. 62(1)205-212</li> <li>- Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University.2018. 63(1)149-157</li> <li>- Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University.2018. 63(2)443-449</li> </ul> </li> <li>○ 비SCI <ul style="list-style-type: none"> <li>- 축산식품과학과 산업.2017. 6(2)11-19</li> <li>- 한국인터넷방송통신학회지.2017. 17(5)173-179</li> <li>- 한국수산과학회지.2017. 50(2)146-152</li> <li>- 유기물자원화.2017. 25(4)31-39</li> </ul> </li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 목표 외 성과분야</li> <li>- 학술발표: 16건</li> <li>- 인력양성: 1건</li> <li>- 교육 및 컨설팅: 3건</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 목표 외 학술발표를 16건을 초과달성 함.</li> <li>- 1차년도(2016) 4건</li> <li>- 2차년도(2017) 6건</li> <li>- 3차년도(2018) 6건</li> <li>○ 목표 외 인력양성 1건을 초과달성 함.</li> <li>- 2차년도(2017) 석사학위 1건</li> <li>○ 목표 외 교육 및 컨설팅 3건 초과달성 함.</li> <li>- 2차년도(2017) 2017년 지방자치단체의 평가 거버넌스(한국정책분석평가학회)</li> <li>- 2차년도(2017) 축산환경 전문컨설팅트 양성교육(심화과정) 2017.07.24~28.</li> <li>- 2차년도(2017) 축산환경 전문컨설팅트 양성교육(심화과정) 2017.10.23.~27.</li> </ul>   |

3. 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

| No | 지식재산권 등 명칭<br>(건별 각각 기재)   | 국 명  | 출원             |                |                     | 등록             |                |                   | 기여율 |
|----|--|------|----------------|----------------|---------------------|----------------|----------------|-------------------|-----|
|    |  |      | 출원인            | 출원일            | 출원번호                | 등록인            | 등록일            | 등록번호              |     |
| 1  | 가축분뇨 액비의<br>부숙도 측정방법   | 대한민국 | 상지대학교<br>산학협력단 | 2017.<br>09.20 | 10-2017-<br>0121191 |                |                |                   | 100 |
| 2  | 가축분뇨 액비의<br>부숙도 측정방법   | 대한민국 |                |                |                     | 상지대학교<br>산학협력단 | 2018.<br>05.11 | 1018591670<br>000 | 100 |
| 3  | ICT기반 스마트<br>농장을 위한 NPK<br>양분의 정량적 관리<br>시스템   | 대한민국 | 상지대학교<br>산학협력단 | 2018.<br>04.27 | 10-2018-<br>0049312 |                |                |                   | 100 |
| 4  | 가축분뇨액비품질인<br>증(L F Q C)에 기<br>초한 액비 생산 방<br>법과 이를 통해 생<br>산된 고품질 액비<br>및 클로렐라 미생물<br>비료 제조방법 | 대한민국 | 상지대학교<br>산학협력단 | 2019.<br>02.15 | 10-2019-<br>0017589 |                |                |                   | 100 |
| 예정 | ICT기반 스마트<br>농장을 위한 NPK<br>양분의 정량적 관리<br>시스템   | 대한민국 |                |                |                     | 상지대학교<br>산학협력단 | 예정             | 예정                |     |
| 예정 | 가축분뇨액비품질인<br>증(L F Q C)에 기<br>초한 액비 생산 방<br>법과 이를 통해 생<br>산된 고품질 액비<br>및 클로렐라 미생물<br>비료 제조방법 | 대한민국 |                |                |                     | 상지대학교<br>산학협력단 | 예정             | 예정                |     |

4. 기술거래(이전) 등

| No | 기술이전 유형 | 기술실시계약명                             | 기술실시 대상기관 | 기술실시 발생일자  | 기술료 (당해연도 발생액) | 누적 징수현황 |
|----|---------|-------------------------------------|-----------|------------|----------------|---------|
| 1  | 통상실시권   | 가축분뇨 통합 운영프로그램 (S/W) 기술이전(통상실시권) 계약 | (주)웨보노믹스  | 2018.12.21 | 3,000,000원     | -       |

5. 사업화 현황

| No | 사업화 방식 | 사업화 형태        | 지역 | 사업화명                        | 내용                          | 업체명      | 매출액 |    | 매출 발생년도 | 기술 수명 |
|----|--------|---------------|----|-----------------------------|-----------------------------|----------|-----|----|---------|-------|
|    |        |               |    |                             |                             |          | 국내  | 국외 |         |       |
| 1  | 기술이전   | 기술이전-기존업체-상품화 | 국내 | 가축분뇨 통합 운영프로그램 산업자문(사업화) 계약 | 가축분뇨 통합 운영프로그램 산업자문(사업화) 계약 | (주)웨보노믹스 | -   | -  | -       | -     |

6. 국내외 논문게재

| No | 논문명   | 학술지명   | 주저자명                | 호              | 국명   | 발행기관   | SCI여부 (SCI/비SCI) | 게재일        | 등록번호      |
|----|---|--|---------------------|----------------|------|--|------------------|------------|-----------|
| 1  | 잉어(Cyprinus carpio) 사료 내 돈 분뇨 유래 Magnesium Hydrogen Phosphate (MgHPO <sub>4</sub> )의 적정 첨가수준 및 인 요구량  | 한국수산과학회지   | 윤태현                 | 50(2) p146-152 | 대한민국 | 한국수산과학회  | 비SCI             | 2017.04.01 | 0374-8111 |
| 2  | ICT 기반 가축분뇨 중 함유 NPK 양분의 정량적 관리기법 연구  | 한국인터넷방송통신학회지   | 이명규                 | 17(5) p173-179 | 대한민국 | 한국인터넷방송통신학회  | 비SCI             | 2017.10.13 | 2289-0238 |
| 3  | 국내 계란 생산 시스템 현황   | 축산식품과학과 산업   | 이경우                 | 6(2) p11-19    | 대한민국 | (사)한국축산식품학회  | 비SCI             | 2017.10.25 | 2287-3686 |
| 4  | 국내 가축분뇨 부숙액비의 비효성분 및 중금속 함량 특성  | 유기물자원화   | 강택원                 | 25(4) p31-39   | 대한민국 | 유기성자원학회  | 비SCI             | 2017.12.30 | 1225-6498 |
| 5  | Development of a Quality Certification and Maturity Classification Method for Liquid Fertilizer by Measuring the Electrical Conductivity (EC) of Swine Manure                                     | Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University | Joshua Nizel HALDER | 62(1) p205-212 | 일본   | Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University | SCI              | 2017.04.03 | 0023-6152 |
| 6  | Derivation of Monitoring Factors to Produce Liquid Manure Fertilizers from the Aerobic Liquid Fertilization Process of Pig Slurries   | Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University | YOON, Young-Man     | 63(1) p149-157 | 일본   | Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University | SCI              | 2018.02.27 | 0023-6152 |
| 7  | The Application of Liquid Fertilizer Quality Certification (LFQC) for Liquid Manure Fertilizers and Probability of Implementation as a Quality Specification for Business Purposes in South Korea | Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University | Joshua Nizel HALDER | 63(2) p443-449 | 일본   | Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University | SCI              | 2017.04.03 | 0023-6152 |

7. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

- 정량목표 중 특허등록 미달 건수의 경우 출원 후 신청(검토) 중에 있음. 이는 연구기간 종료 1차년도 이내에 추적 관리하여 추가 달성하고자 함.

## 제4장 연구결과의 활용 계획 등

### □ 결과활용방안

- 가축분뇨 양분관리의 정책-현장-R&D 연계형 과제로서 가축분뇨 양분의 정책·제도 개선 방안을 도출하고, 실질적인 잉여양분의 비즈니스모델을 통해 양분오염문제의 해결. 개발된 가축분뇨관리 행정제도는 정부의 정책으로 활용, 관련 행정부서, 관련업체 및 기술자 등에 보급
- 가축분뇨의 통합적 양분관리와 잉여양분 관리를 통해 양분총량제 대안을 제시하고 잉여양분의 상품화 확산모델 도출, 가축분뇨 유통 중간조직체에 관련 기술이전 추진
- 고품질액비 생산방법 및 클로렐라 미생물 비료 등 부가가치를 높일 수 있는 제조기술을 축산환경관리원 또는 지자체와 협의(기술시시 이전 등)하여 공동자원화시설에 지도 및 교육
- 효율적인 양분관리를 위해서 축산농가에서 발생하는 양분을 최대한 삭감해 최소한의 잉여양분을 도출하기 위한 빅데이터 기반 “가축분뇨 양분관리 프로그램” 개별 축산농가 및 자원화조직체에 보급 및 컨설팅 지원
- 가축분뇨 양분관리 프로그램” 보급 및 컨설팅 지원 시에는 ① 농가정보 확보 (축종, 사육두수, 자원화방법, 재배작물, 농경지면적, 화학비료 종류, 비료사용량 등), ② 국가 표준 계수와 농업환경 내 양분 거동 관련 계수 (가축분뇨 발생원단위, 축종별 자원화방법별 양분부하계수, 기타 요인으로 인한 양분 유입 및 유출, 양분소실 계수 등), ③ 지역별 토양정보 및 기후정보 (토질, 농경지 화학성, 강수량 등)와 같은 사항을 필수적으로 포함.
- 안정적인 양분관리 프로그램의 활용을 위한 「양분관리 프로그램에 활용되는 통계자료의 세밀화 및 통일», 「양분부하계수, 소실계수 등 계수의 통일 및 주기적인 재산정을 통한 환경변화 반영», 「양분관리 프로그램의 주기적인 개선」 등과 같은 사항들을 정책으로 제안

### □ 기대효과

- 지역 내 가축분뇨 양분관리 종합체계를 구축, 친환경적인 가축분뇨 자원화 촉진
- 공동자원화시설의 잉여양분 상품화로 지속가능한 가축분뇨 자원화정책사업 추진
- 지자체별 양분관리 기술의 프로그램 개발로 환경과 ICT 연계방안 구축,
- 농가수준, 가축분뇨 공정수준, 상품화 수준에서의 품질관리 기술 확보

- (경제적 효과운영 기반 확립) 가축분뇨 공동자원화의 새로운 수익 모델 실증화 구현, 잉여 양분의 상품화로 친환경 자원화 순환체계 산업화 실현, 잉여양분의 상품화를 통한 통합유통체계 구축, 잉여양분의 고급상품화 기술로 화학비료 대체, 축산업과 타 산업간 융복합 산업분야 창출 및 향후 실천적 양분관리 추진 대책 확립

#### □ 연구결과의 활용

- (가축사료 양분급여 관리 프로그램) 향후 실증 실험을 통한 추정치의 검증이 시급하며, 아울러 사료 원료 내 양분량을 바탕으로 한 「양분배출량 추정 회귀식」이 개발된다면 정책적 파급력과 현장에서의 이활용이 크게 기대됨.
- (개별축산농가 가축분뇨 양분관리 프로그램) 효율적인 양분관리를 위해서 축산농가에서 발생하는 양분을 최대한 삭감해 최소한의 잉여 양분을 도출하기 위한 방안을 농민 스스로 선택할 수 있게 도와주는 빅데이터 기반 개별 축산농가 및 자원화조직체의 가축분뇨 양분관리 프로그램 마련 및 보급함.
- (자원화조직체 가축분뇨 양분관리 프로그램) 자원화조직체 퇴/액비화시스템에서 양분수지 산출을 위해서는 축종별 반입되는 분뇨의 양과 분뇨에 함유된 영양물질의 농도, 고액분리기 유형에 따른 용적 및 영양성분 제거율, 액비화 조건에 따른 증발감량 및 영양분 제거율 등의 정보를 보급함.
- (WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W) 자원화조직체와 가상의 지방자치단체의 한 리 단위로 양돈농가를 선정하여 분뇨의 발생과 운송, 고액분리 처리, 자원화, 양분의 발생 및 부하량 등을 데이터베이스화 하기위하여 모델링하고 파라미터를 적용하여 계산하는 방식을 소프트웨어 알고리즘을 적용하여 산정함으로써 향후, 지자체단위의 가축분뇨통합관리를 위한 소프트파워제공의 기초를 마련함.
- (가축분뇨 양분관리 및 비즈니스모델 개발) 고품질 액비 및 클로레라 등 생물비료 제조를 통한 부가가치 시장 창출, 수입증대방안과 비용절감효과를 통하여 공동자원화 사업장의 수익 안정화를 모색.
- (가축분뇨 중장기 로드맵) 양분관리 업무가 제도화되기 위한 지역단위 양분관리 매뉴얼의 보급, 양분관리 정보시스템 구축, 지자체 공무원에 대한 교육, 관련업 종사자에 대한 제도 홍보 등 추가적인 연구가 필요함.

## 붙임. <참고문헌>

- A. Ogino, H. Murakami, T. Yamashita, M. Furuya, H. Kawahara, T. Ohkubo, and T. Osada. 2016. Estimation of nutrient excretion factors of broiler and layer chickens in Japan. *Animal Science Journal* doi:10.1111/asj.12674.
- A.L. Grana, F.C. Tavemari, G.R. Lelis, L.F.T. Albino, H.S. Rostagno. 2013. Evaluation of nutrient excretion and retention in broilers submitted to different nutritional strategies. *Brazilian Journal of Poultry Science* 15:161-168
- American Society of Agricultural Engineers (ASAE). 2005. Manure production and characteristics. ASAE D384.2 MAR2005.
- Applegate, T.J., L.P.V. Potturi, and R. Angel. 2003a. Model for estimating poultry manure nutrient excretion: a mass balance approach. *Intl. Symp. Animal, Ag. Food Proc. Wastes* 9:296-302.
- Atia, 2008. Ammonia volatilization from manure application. AGRI-FACTS Agdex538-3. Agricultural Stewardship Division, Alberta Agriculture and Food.
- Bary et al., 2000. Fertilizing with manure. A Pacific Northwest Extension Publication. PNW0533.
- Bashkin, V. N., Park, S. U., Choi, M. S. and Lee, C. B. (2002) Nitrogen budgets for the republic of Korea and the Yellow sea region. 57(1): 387-403.
- Bouwman, A. F., Boumans, L. J. M. and Batjes, N. H. (2002) Estimation of global NH<sub>3</sub> volatilization loss from synthetic fertilizers and animal manure applied to arable lands and grasslands. *Global Biogeochem. Cycles*. 16(2): 1024.
- C. Rigolot, S. Espagnol, P. Pomar, and J.Y. Dourmad. 2010. Modelling of manure production by pigs and NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions. Part I: animal excretion and enteric CH<sub>4</sub>, effect of feeding and performance. *Animal*, 4:8, pp 1401-1412.
- Cao, B., He, F. Y., Xu, Q. M., Yin, B. and Cai G. X. (2006) Denitrification losses and N<sub>2</sub>O emissions from nitrogen fertilizer applied to a vegetable field. *Pedosphere*. 16(3): 390-397.
- Cherney et al., 2002. Orchardgrass and tall fescue utilization of nitrogen from dairy manure and commercial fertilizer. *Agronomy Journal* 94:405-412.
- Chicken Nutrition edited by Rick Kleyn (2013; Context Products Ltd, Leicestershire, England)



- Defra project WT0715NVZ, 2016.
- E. Kebreab, A. Strathe, J. Fadel, L. Moraes, J. France. 2010. Impact of dietary manipulation on nutrient flows and greenhouse gas emissions in cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia R. Bras. Zootec.*, v.39, p.458-464, 2010.
- E. Kebreab, J. France, D.E. Beever, A.R. Castillo. 2001. Nitrogen pollution by dairy cows and its mitigation by dietary manipulation. *Agroecosystems* 60:275-285.
- G.L. Velthof, Y. Hou, O. Oenema. 2015. Nitrogen excretion factors of livestock in the European Union: a review. *J Sci Food Agric* 95:3004-3014.
- Gale et al., 2006. Estimating plant available nitrogen release from manures composts and specialty products. *J. Environ. Qual.* 35:2321-2332.
- H. Jorgensen, T. Prapasongsa, V.T.K. Vu, and H.D. poulsen. 2013. Models to quantify excretion of dry matter, nitrogen, phosphorus and carbon in growing pigs fed regional diets. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4:42.  
<http://www.rcmdigesters.com/publicaitons/swusa.html>
- Huang et al., 2004. Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. *Waste Management* 24:805-813.
- J. Lally and J. Lawrence, *Manure and nutrient management: Plans, Requirements, and Practice*. CSREES Heatland Regional Water Quality Coordination Initiative
- J.A.D. Ranga, Niroshan-Appuhamy, L.E. Moraes, C. Wagner-Riddle, D.P. Casper, J. France, and E. Kebreab. 2014. Development of mathematical models to predict volume and nutrient composition of fresh manure from lactating Holstein cows. *Animal Production Science* 54(12):1927-1938.
- J.Y. Dourman, D. Guillou, J. Noblet. 1992. Development of a calculation model for predicting the amount of N excreted by the pig: effect of feeding, physiological stage, and performance. *Livestock Production Science* 311:95-107.
- Kirchmann and Witter. 1989. Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic manure decomposition. *Plant and Soil* 115:35-41.
- Linder, J. (2001) *Stank - the official model for input/output accounting on farm level in Sweden*. The Food 21 workshop on 'Element balances as a sustainability tool'.
- Lorimor, J. 2000, *Swine USA Anaerobic Digester*.
- Mahimairaja et al., 1994. Losses and transformation of nitrogen during composting of poultry manure with different amendments : An incubation experiment. *Bioresource*

- Technology 47:26-273.
- Mahimairaja et al., 1994. Losses and transformation of nitrogen during composting of poultry manure with different amendments : An incubation experiment. *Bioresource Technology* 47:26-273.
- Munoz et al., 2004. Comparison of estimates of first-year dairy manure nitrogen availability or recovery using nitrogen-15 and other techniques. *J. Environ. Qual.* 33:719-727.
- Oregon State University Extension Service, 2008. Estimating plant available nitrogen from manure. Oregon State University
- P. Belloir, B. Meda, W. Lambert, E. Corrent. 2017. Reducing the CP content in broiler feeds: impact on animal performance, meat quality and nitrogen utilization. *Animal* (2017), 11:11, pp 1881-1889.
- P.H. Selle, A.R. Walker, and W.L. Bryden. 2003. Total and phytate-phosphorus contents and phytase activity of Australian-sourced feed ingredients for pigs and poultry. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 43(5) 475-479.
- Parkinson et al., 2004. Effect of turning regime and seasonal weather conditions on nitrogen and phosphorus losses during aerobic composting of cattle manure. *Bioresource Technology* 91:171-178.
- Petersen and Sorensen, 2008. Loss of nitrogen and carbon during storage of the fibrous fraction of separated pig slurry and influence on nitrogen availability. *Journal of Agricultural Science* 146:403-413.
- Purdue Research Foundation (2017) Manure management planner.  
<https://www.purdue.edu/agrosoftware/mmp>
- Rotz. 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Journal of animal science* 82:119-137
- S.W. Sheldrick, J.K. Syers, J. Lingard. 2003. Contribution of livestock excreta to nutrient balances. *Nutrient cycling in Agroecosystems* 66: 119-131,2003.
- Sommer and Hutchings. 2001. Ammonia emission from field applied manure and its reduction -invited review paper. *European Journal of Agronomy* 15 1-15.
- Sorensen and Thomsen, 2005. Separation of pig slurry and plant utilization and loss of nitrogen-15-labeled slurry nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69:1644-1651.
- Summer, J.D. 1993. Reducing nitrogen excretion of the laying hen by feeding lower

- crude diets. Poult. Sci. 72: 1473-1487.
- T.D. Nennich, J.H. Harrison, L.M. Vanwieringen, D. Meyer, A.J. Heinrichs, W.P. Weiss, N.R. St-pierre, R.L. Kincaid, D.L. Davidson, E. Block. 2005. Prediction of Manure and Nutrient Excretion from Dairy Cattle. Journal of Dairy Science 88:3721-3733.
- Tiquia and Tam, 2000. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. Environmental Pollution 110:535-541.
- Tiquia et al., 2002. Carbon, nutrient, and mass loss during composting. Nutrient Cycling in Agroecosystems 62: 15-24.
- Tried & Tested (2013) Nutrient management plan.
- U. AFTAB, M. ASHRAF, Z. Jiang. 2006. Low protein diets for broilers. World's Poultry Science Journal. doi: 10.1079/WPS2005121, pp.688-701.
- USDA (2018) Animal waste management software. NRCS. go.usda.govZcr3
- W. Sheldrick, J.K. Syers, J. Lingard. 2003. Contribution of livestock excreta to nutrient balances. Nutrient cycling in Agroecosystems 66: 119-131,2003.
- X.J. Lin, R. Zhang, S. jiang, H.M. Elmashad, F. Mitloehner. 2016. Nutrient flow and distribution in conventional cage, enriched colony, and aviary layer houses. Poultry Science 95:213-224.
- Zhang Hailin, Fertilizer Nutrients in animal manure. Oklahoma Cooperative Extension Service.
- 농림부. (2002). 가축분뇨 액비사용 기술
- 농림축산식품부 농업통계 (2012-2018)
- 농촌진흥청 (2009) 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정.
- 농촌진흥청 (2015) 가축분뇨 처리기준 강화에 대응한 정화처리 실태 및 양분 부하량 조사.
- 농촌진흥청. (2015). 고농도 고형물 혐기소화를 통한 고액분리된 돈분뇨 고형물 바이오가스 생산기술 개발
- 통계청 (2016년 생산량 기준치)
- 통계청. 가축동향 (2011-2018)
- 한국가금사양표준 2017
- 한국가축사양표준 사료성분표 2017
- 한국표준사료성분표 (2007)
- 환경부 배출원단위 (축산과학원 2009)
- 환경부, 농림축산식품부 (2016) 양분총량제 도입을 위한 기반조성 연구.