

발 간 등 록 번 호
11-1480000-001382-01

양분총량제 도입방안 연구

김 창 길 선임연구위원
정 학 균 연 구 위 원
임 평 은 연 구 원
김 태 훈 연 구 원

연구 담당

김창길	선임 연구위원	연구총괄, 이론, 여건분석 및 추진방안
정학균	연구위원	양분관리 실태분석, 제도도입 반응분석
임평은	연구위원	자료수집, 주요국 양분관리제도
김태훈	연구위원	지역단위 양분수지분석

머 리 말

농업생산성 증대를 위해 ‘고투입-고산출’의 집약적 농업 추진으로 농경지에 작물재배에 필요로 하는 양 이상의 화학비료가 사용되고, 또한 축산분야에서 전문화 및 대규모화로 가축분뇨가 대량 발생하면서 환경문제가 발생되었다. 지역단위 양분총량제는 지역별 농경지의 양분 투입과 처리를 종합적으로 파악하여 지역의 환경용량 범위에서 수용할 수 있는 총량 수준으로 관리하기 위한 제도로 친환경농축산업 시스템 구축을 위한 유력한 정책프로그램으로 제시되고 있다. 따라서 체계적인 양분수지 분석을 통해 과잉 양분을 적절하게 관리하기 위한 효과적인 지역단위 양분총량제 도입 방안을 제시하는 연구가 필요하다.

이 보고서는 「양분총량제 도입방안 연구」에 관한 정책과제의 최종결과물이다. 양분총량제의 시행여건을 진단하고, 국내외 농업부문의 양분관리 실태를 분석하였다. 농업부문의 양분수지를 분석하고 양분총량제 도입에 대한 전문가 반응을 분석하였다. 분석결과를 바탕으로 적절한 양분총량의 기준 설정, 질소와 인에 대한 양분수지관리, 양분수지 정도에 따른 차별화된 관리, 양분총량제 운영위원회(가칭)의 구성, 농경지의 양분감축을 위한 다양한 방안의 활용 등 지역단위 양분총량제의 세부 추진방안을 제시하였다. 아무쪼록 이 연구의 결과가 우리나라 농업부문의 과잉양분을 관리하기 위한 효과적인 전략수립의 기초자료로 활용되기를 기대한다.

바쁘신 중에도 귀중한 자문을 해 주신 환경부 유역총량과 전형률 서기관, 농림축산식품부 친환경축산팀 송태복 팀장, 충남대학교 정덕영 교수께 감사드린다.

2015. 3.

한국농촌경제연구원장 최 세 균

요 약

- 농업생산성 증대를 위해 ‘고투입-고산출’의 집약적 농업 추진으로 농경지에 작물재배에 필요로 하는 양 이상의 화학비료가 사용되고, 또한 축산분야에서 전문화 및 대규모화로 가축분뇨가 대량 발생하면서 환경문제가 발생됨.
- 지역단위 양분총량제는 과학적 토대위에서 지역별 농경지의 양분 투입과 처리를 종합적으로 파악하여 지역의 환경용량 범위에서 수용할 수 있는 총량 수준으로 관리하기 위한 제도로, 과잉 양분관리는 물론 친환경농축산업 시스템 구축을 위한 유력한 정책프로그램으로 제시되고 있음. 이 연구는 양분수지 분석을 통해 과잉 양분을 적절하게 관리하기 위한 효과적인 지역단위 양분총량제 도입 방안 제시하기 위해 수행됨.
- 양분총량제 시행방안 수립을 위한 연구방법으로 관련분야 선행연구검토, 지역별 양분수지 관련분야 이론정립, 양분수지 산정 프로그램 적용, 지역별 양분수지 D/B 구축, 전문가협의회를 통한 의견수렴 등을 적용하였음. 특히 환경부에서 추천한 5명과 농림축산식품부에서 추천한 5명 등 총 10명의 지역단위 양분총량제 연구자문단을 구성하여 운용함.
- 지역별 양분수지지표 산정 프로그램을 이용하여 양분수지를 계산하였으며, 이 프로그램은 관련 자료를 입력하면 자동으로 분석지표가 계산될 수 있도록 작성됨. 양분수지를 통한 양분관리 현황을 조사하고, 효과적인 양분총량제 도입방안을 도출하고자 전문가를 대상으로 설문조사를 실시함.

- 우리나라의 도별 평균 양분수지 분석결과, 작물 양분요구량 대비 질소성분 초과량은 경기도가 ha당 242.1kg으로 양분요구량을 233.5% 초과하여 가장 높게 나타났음. 다음으로 전북 169.9kg(154.6%), 충북 164.9kg (167.1%) 등의 순으로 높게 나타남.
- 전국 농경지에 대한 시·군별 양분수지 분석결과, 질소수지를 기준으로 우수지역 12.9%, 관심지역 18.7%, 유도지역 30.3%, 특별관리지역 38.0% 등으로 특별관리지역의 비중이 높아, 보다 체계적인 양분관리가 필요한 것으로 나타남.
- 전문가들은 대부분(85.7%) 양분총량제 시행이 필요하다고 응답하였고, ‘지역(시군)단위가 적당(70.0%)’하며, 대부분(100.0%) 시범지역 시행을 통하여 단계적으로 시행하는 방식을 선호하는 것으로 나타남. 또, 시범지역 선정 기준은 ‘환경민감도가 높은 지역순위에 따라(34.3%)’와 ‘가축사육밀도가 높은 순위에 따라 (25.7%)’가 선호되었음. 양분총량제 시행 시기에 대해서는 ‘2~3년 후 시행(48.6%)’ 의견이 가장 많았음.
- 양분총량제에 의한 초과양분을 줄이기 위한 구체적인 실행 방안에 대해 ‘다양한 메뉴방식의 적용 프로그램을 실천할 경우 직불금 지급(28.6%)’과 ‘양분 초과 지속지역에 대한 비료 및 축산관련 보조금 중단(28.6%)’ 의견이 가장 많았음.
- 전문가들의 양분총량제 시행방안 관련 제언사항을 집계한 결과, 양분총량제 추진방식에 대한 의견이 44.7%로 가장 많았고, DB/정보화/연구 25.5%, 교육 및 홍보 17.0%로 나타남.
- 과잉양분을 관리하기 위한 지역단위 양분총량제의 추진 기본방향 기본방향으로, 사전예방원칙을 기초로 화학비료와 가축분뇨의 종합적 관리방식으로 운영하고, 정책성과를 극대화하고 발생될 수 있는 문제점을 최소화하기 위해

‘시범사업단계-확산단계-정착단계’의 3단계로 접근함.

- 지역단위 양분총량제의 세부 추진방안으로 첫째, 양분총량의 기준을 설정할 때 1) 화학비료와 가축분뇨 퇴·액비로 설정하는 방안 2) 작물에 상관없이 농경지 면적당 적정한 양분투입의 상한선을 설정하는 방안 3) 양분수지에 관계없이 적절한 가축 사육밀도를 유지하는 방안 가운데 가장 적절한 방안을 선택하여 설정하는 것이 필요함.
- 둘째, 지역단위 양분수지 관리대상 물질의 경우 실행 초기단계에서는 질소성분을 관리대상 물질로 정하여 관리하고, 정착단계에 도달하면 인산성분도 관리대상 물질에 포함시키는 것이 바람직함.
- 셋째, 양분수지에 따른 관리대상 지역은 질소성분 기준 양분수지지표([양분투입량-양분반출량]kg/ha)를 기준으로 양분초과율 50% 이하 지역을 ‘양분관리 우수지역’, 양분초과율 50~100% 지역을 양분관리 관심지역, 양분초과율 100~150% 지역을 양분관리 유도지역, 양분초과율 150% 초과 지역을 양분특별관리 지역(I, II)으로 구분하여 관리할 필요가 있음.
- 넷째, 양분총량제가 실제로 작동되기 위해서는 환경부(또는 농림축산식품부)의 부령으로 시행지침(또는 기본방침)이 수립되어야 하며, 양분총량제의 시행체계는 기본방침에 따라 ‘국가전체 농경지 양분총량 관리 기본방침’, ‘지역별 농경지 양분총량관리 시행계획’, ‘지역별 양분관리계획 이행’ 등 단계별로 진행되도록 함.
- 다섯째, 양분분야 전문가와 정책담당자로 양분총량제 운영위원회(가칭)를 구성하여 지역별 양분수지 기초 자료와 산정결과 등에 대해 검토토록 하고, 양분총량제가 제대로 작동되기 위해서는 해당지역에서 양분수지 산출을 위해 보고된 부문별 관련 자료에 대한 확인 작업이 필요함. 또, 유기질비료 등 현

재 국가단위 양분수지에서 계산에 포함되지 않거나, 양분요구량 등 파라미터의 보완이 필요함.

- 여섯째, 농경지의 양분감축을 위해 비료 사용량 감축, 양질의 축분 퇴·액비 공급, 가축분뇨에 포함된 유기 양분성분을 낮추거나 회수, 실용화 기술개발, 가축분뇨 내 질소와 인 자원의 회수 기술의 활용 등 다양한 방안 활용이 필요함.
- 일곱째, 과잉양분 감축정도에 따른 차별적인 인센티브 부여 방식을 도입하고, 양분총량제 시행에 따른 차별적 정책지원 프로그램에 대한 사전예고를 통해 양분관리 정책효과를 극대화할 필요가 있음.
- 여덟째, 지역단위 양분총량제의 효과적인 운영을 위한 전담조직 설치를 검토하고, 축산환경관리원의 목적 달성을 위한 농림축산식품부장관 또는 환경부장관이 인정하는 사업으로 양분총량제 관리를 포함시켜 운영하여 관리하는 방안에 대한 검토가 필요함.
- 아홉째, 공감대 형성을 위해 양분총량제가 기본적으로 공급과잉 상태인 양분을 관리하자는 취지로 가축사육 두수 감축과 연계된 것이 아님을 주지시킬 필요가 있고, 양분총량제 수행 시 국내 현실을 충분히 고려해야 하며, 여론수렴 및 홍보를 추진할 필요가 있음.
- 열째, 정책효과 극대화를 위한 정책연계 및 농림축산식품부, 환경부, 시·군 지방자치단체, 농촌진흥청, 국립농업과학원, 국립축산과학원, 시·군 농업기술센터, 한국농촌경제연구원, 농협 등 관련주체의 적절한 역할 분담이 필요함.

Directions for Introducing Total Maximum Nutrient Loading System of Cultivated Land

Intensive agriculture by 'high input-high yield' for increasing agricultural productivity has contributed to using more chemical fertilizers than required for crop cultivation in cultivated land. Specialized and large-scale livestock farming has contributed to discharging a large volume of livestock excrement to cause environmental issues. This study aims to suggest an effective Total Maximum Nutrient Loading System (TMNLS) on a regional basis for ideally managing excessive nutrient through the nutrient balance analysis.

Preliminary studies carried out for establishing a policy for the TMNLS to be in force include reviewing prior studies, establishing a theory for nutrient balance on a regional basis, applying a program for calculating nutrient balance, building a nutrient balance D/B for each region, and collecting opinions through expert conferences. The nutrient balance was calculated by using the program for calculating nutrient balance indicators for each region, and a questionnaire was used for experts to establish a policy for introducing an effective TMNLS.

An analysis of nutrient balance of each city and gun for cultivated land across the country reveals 12.9% in excellent regions, 18.7% in regions of interest, 30.3% in regions for guidance and 38.0% in specially managed regions with respect to nitrogen balance. The proportion of specially managed regions is the highest, which implies more systematic nutrient management is required. Most experts replied that it is necessary for the TMNLS to be in force (85.7%), 'the unit of regions (city, gun) is ideal (70.0%)', and they

prefer step-by-step enforcement through enforcement in a model region (100.0%). A preferred scheme for selecting the model region was ‘the order of higher sensitivity to the environment (34.3%)’ and ‘the order of higher stocking densities (25.7%)’. The most replies to the period of enforcing the TMNLS were about ‘enforcement after 2 to 3 years (48.6%)’. About the scheme for enforcing the policy for reducing excessive nutrient by means of the TMNLS, the most replies were about ‘direct payment if farmers practice various menu-type application programs (28.6%)’, and suspension of subsidies for fertilizers and livestock farming in the excessive nutrient regions (28.6%)’.

Strategies required for enforcing the TMNLS on a regional basis include : establish a standard ideal nutrient total maximum nutrient loading; manage nutrient balance for nitrogen and phosphor; implement differential management depending on nutrient balance; establish an enforcement guide (or basic policy) in accordance of the Ministerial Ordinance of the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (or Ministry of Environment); organize an TMNLS operation committee (provisional); use various policies for reducing nutrient in cultivated land; use differential incentives depending on the level of reduced excessive nutrient; install a team for effective operation of the TMNLS on a regional basis; collect opinions for consensus and practice public relations; and share roles among involved parties.

Researchers: Chang-Gil Kim, Hak-Kyun Jeong, Pyung-Eun Im and Tae-Hun Kim
 Research period: 2014. 7 - 2015. 3
 E-mail address: changgil@krei.re.kr

차 례

제1장 서 론

1. 연구배경	1
2. 연구목적	3
3. 선행연구 검토	4
4. 연구방법과 범위	8

제2장 양분총량제의 의미와 시행여건 진단

1. 양분총량제의 개념과 중요성	13
2. 양분수지 분석의 기초 이론	16
3. 양분총량제 도입을 위한 시행여건 진단	24

제3장 국내외 농업부문의 양분관리 실태

1. 우리나라 농경지의 양분관리 현황	36
2. 주요국의 양분관리 사례 검토	49

제4장 농업부문의 양분수지 분석

1. 도 단위 농업부문 양분수지 변화	90
2. 시·군 단위 양분수지 실태	93
3. 과다 양분지역의 농경지 토양 특성	103
4. 양분수지 분석결과의 종합 및 시사점	104

제5장 양분총량제 도입에 대한 반응분석

1. 설문조사 개요	106
2. 설문조사 결과	107

제6장 양분총량제 추진 방안

1. 기본 방향과 추진방식 121
2. 양분총량제의 세부 추진방안 124

제7장 요약 및 결론 141

참고문헌 146

- 부록 1. 양분총량제 도입방안에 대한 전문가/정책담당자 설문조사 152
- 부록 2. 양분총량제 보도관련 주요내용(2004~2014) 158
- 부록 3. 시군 지역별 양분수지 분석자료 162
- 부록 4. 농업부문 양분산정 프로그램(AgNAS) 소개 171

표 차 례

제1장

표 1-1. 연구자문단 구성	10
-----------------------	----

제2장

표 2-1. 지역단위 양분수지표 산출을 위해 필요한 자료목록	25
표 2-2. 주요 작물별 표준시비량	27
표 2-3. 주요 작물별 표준시비량(계속)	28
표 2-4. 축종별 가축분뇨 배출 원단위	29
표 2-5. 축종별 가축분뇨의 비료성분 함유량	30

제3장

표 3-1. 연도별 농경지면적	38
표 3-2. 연도별 화학비료 감축 관련사업 현황	41
표 3-3. 연도별 가축사육두수 현황	43
표 3-4. 연도별 가축분뇨 발생량	45
표 3-5. 연차별 화학성 현황(토양별)	47
표 3-6. 연차별 화학성 현황(토양, 도별)	48
표 3-7. OECD 주요국의 질소잉여 집약도	50
표 3-8. 덴마크의 축사에 적용되는 질소 기준	74
표 3-9. 벨기에의 성분별 양분관리 기준	84
표 3-10. 주요국 양분관리의 시사점	92

제4장

표 4-1. 도별 양분수지 분석 결과	94
표 4-2. 도별 양분 공급요인별 비중	95

표 4-3. D도의 시군별 가축사육두수 및 분뇨발생량	98
표 4-4. D도의 가축분뇨 비료성분 활용량 및 화학비료 소비량	100
표 4-5. D도의 시군별 작물 재배면적 및 작물양분요구량	102
표 4-6. D도의 작물양분요구량 및 양분공급구조	103
표 4-7. D도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정	105
표 4-8. D도의 양분 공급요인별 비중	108
표 4-9. 과다 양분 시군지역 농경지 토양특성 현황	111
표 4-10. 전국의 시군별 양분관리 유형별 비중	113

제5장

표 5-1. 응답자 소속기관별 총괄기관 선호도	120
표 5-2. 남북한 전체 대상의 양분수지 논의에 대한 견해	122
표 5-3. 양분총량제 시행의 필요성 여부	123
표 5-4. 응답자 소속기관별 시행규모 선호도	124
표 5-5. 응답자 소속기관별 시행시기 선호도	126

부록

부표 3-1. A도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정	171
부표 3-2. B도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정	172
부표 3-3. C도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정	173
부표 3-4. D도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정	174
부표 3-5. E도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정	175
부표 3-6. F도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정	176
부표 3-7. G도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정	176
부표 3-8. H도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정	177
부표 3-9. I도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정	178

그림 차례

제1장

그림 1-1. 양분총량제 연구 수행관련 자문단 구성 체계	10
그림 1-2. 연구의 흐름도	12

제2장

그림 2-1. OECD 양분수지지표(질소수지) 산정의 기본 골격	17
그림 2-2. 농업부문의 물질균형 투입-산출 양분수지의 개념도	18
그림 2-3. 양분수지의 개념적 체계도	20
그림 2-4. 양분수지지표의 적용범위와 활용	21
그림 2-5. 지역단위 양분수지지표 산출 체계	22
그림 2-6. 농업 및 축산업 지역의 질소 유입 및 유출	23
그림 2-7. 가축분뇨 전자인계시스템의 구조	32
그림 2-8 가축분뇨 전자인계시스템 구성의 기본 틀	33

제3장

그림 3-1. 농경지면적의 변동 추이	38
그림 3-2. 화학비료 사용량 변동 추이(kg/ha)	39
그림 3-3. 화학비료 감축 관련사업 추진 현황	41
그림 3-4. 가축사육두수 변동 추이	42
그림 3-5. 가축분뇨 발생량 변동 추이	45
그림 3-6. OECD 주요국의 질소잉여 집약도(kg/ha) 변동 추이(1990~2010)	50
그림 3-7. 미국의 가축사육시설의 양분관리의 기본 틀	57
그림 3-8. 양분 관리 4R의 원리	61
그림 3-9. EU의 정책수단	65
그림 3-10. 네덜란드 양분관리정책의 단계적 발전 과정	79

그림 3-11. 무기물기장제도의 무기물 투입 및 산출 구조	80
그림 3-12. 네덜란드의 분뇨 관리	82

제4장

그림 4-1. 전국 도별 양분(질소·인산) 초과율	95
그림 4-2. D도의 양분관리 유형별 분포도	104
그림 4-3. D도의 농업생태계 물질순환 구조(2011~2013년)	106
그림 4-4. 전국의 시군별 양분수지 종합	112
그림 4-5. 전국 시군별 양분(질소·인산) 초과율 분포도	114

제5장

그림 5-1. 양분총량제 반응조사를 위한 설문 응답자 구성비	116
그림 5-2. 양분수지지표에 대한 인식	117
그림 5-3. 양분수지지표 활용 및 애로사항	118
그림 5-4. 양분수지지표 접근 경로	118
그림 5-5. 양분수지 지표 이해도 증대 방안	119
그림 5-6. 양분수지지표 활용도 제고 방안(복수선택)	119
그림 5-7. 정책연계 위한 추진사안 및 양분관리 총괄기관	120
그림 5-8. 과잉양분 관리방안	121
그림 5-9. 가장 우선적으로 개발해야 할 과잉양분 감측기술	122
그림 5-10. 양분총량제 인지도 및 적합한 양분총량의 기준	123
그림 5-11. 적당한 양분총량제의 시행 규모	124
그림 5-12. 시범지역 선정기준	125
그림 5-13. 적합한 양분총량제 시행 시기	126
그림 5-14. 초과양분을 줄이기 위한 양분총량제 실행방안	127
그림 5-15. 양분총량제 시행방안 관련 의견	128

제6장

그림 6-1. 양분총량제의 단계별 추진 방식	133
그림 6-2. 질소성분 양분초과량 기준 양분관리지역 지정	135

그림 6-3. 지역단위 양분총량관리 시스템 개념도	136
그림 6-4. 양분과다 지역의 양분감축 방식	137
그림 6-5. 지역단위 양분총량제 시행절차(안)	139
그림 6-6. 가축분뇨의 제철소 연료원 활용 사례	145
그림 6-7. 남북한 농경지의 잉여양분량 및 부족량 추정(2005년 기준)	146

제 1 장

서 론

1. 연구배경

- 농업생산성 증대를 위한 ‘고투입-고산출’의 집약적 농업 추진으로 농경지에 작물재배에 필요로 하는 이상의 화학비료와 가축분뇨 퇴·액비가 투입됨. 또한 축산분야의 전문화 및 대규모화로 인한 가축분뇨의 대량 발생 및 부적절한 처리에 의해 지표수와 지하수 오염 등 환경문제가 발생됨.
 - 특히 가축분뇨의 경우 퇴·액비화 등을 통해 자원화가 이루어지는 경우 화학비료 대체원으로 활용이 가능하나, 농경지에서 작물이 필요로 하는 이상으로 과다하게 투입되거나 부적절하게 처리되는 경우, 작물의 생육을 저해하거나 환경오염원으로 작용하기 때문에 농경지의 적절한 양분관리 대책 마련이 필요함.
- 우리나라의 경우 농경지에 투입되는 전체 비료성분 중 약 절반 정도만이 작

물생산에 활용되고, 나머지는 토양에 축적되거나 하천 등 외부로 배출되어 환경부하에 영향을 미침.

- 양분수지 지표 가운데 질소수지의 경우 우리나라가 OECD 국가 중 1990년대까지 네덜란드에 이어 2위, 2002년부터 2010년까지 1위를 차지하여 질소과잉투입 국가로 나타남.
- 농경지의 과다양분 투입이 지속되는 상황에서 화학비료 사용량은 감소 추세이나 가축 사육두수 증가에 따른 가축분뇨를 이용한 양분투입은 지속적으로 늘어나 양분초과율이 높아짐에 따라 적절한 양분 관리가 필요함.
- 과잉 질소투입이 이루어질 경우 지하수와 지표수 등 농업환경을 오염시키게 되고, 궁극적으로 지속가능한 농업을 저해하는 요인으로 작용함.

○ 지역단위 양분총량제는 과학적 토대 위에서 지역별 농경지의 양분 투입과 처리를 종합적으로 파악하여 지역의 환경용량 범위에서 수용할 수 있는 총량 수준으로 관리하기 위한 제도로 과잉 양분관리는 물론 지속가능한 농축산업 시스템 구축을 위한 유력한 정책프로그램으로 제시되고 있음.

- 2004년 농림부와 환경부가 합동으로 「가축분뇨의 관리·이용대책」을 수립하여 발표하고, 2005~2006년 준비단계를 거쳐 2007년부터 지역단위 양분총량제를 시행하기로 함. 가축분뇨에 의한 문제가 지속되는 경우 ‘가축사육두수 총량제’ 도입을 검토하는 내용도 함께 제시함.
- 농림축산식품부는 2014년 1월 지속가능한 축산시스템 구축을 위해 준비단계-검증단계-실행단계 등 지역단위 양분총량제의 3단계 추진방안을 제시함. 특히 2017년 시범적용을 목표로 관계부처 합동으로 연구용역을 추진하고, 축산농가 등 실행주체의 책임성이 중요한 만큼 이해관계자의 동의과정을 거쳐 단계적 도입방안이 제시됨(농림축산식품부, 2014).
- 환경부는 가축분뇨의 효율적 처리와 적정 자원화 방안을 체계적으로 논의하기 위해 2013년에 관련분야 전문가와 정책담당자로 구성되는 ‘가축분뇨관리포럼’을 운영하면서, 우리나라 농지의 양분수지 분석과 잉여양분

의 효과적인 관리를 위한 지역단위 양분총량제에 대해 심층적인 논의가 이루어짐.

- 농경지의 잉여양분을 효과적으로 관리하기 위해서는, 지역단위 양분수지 분석을 기초로 지역단위 양분총량제 도입방안 연구를 통해 적절한 추진방안 모색이 필요함.
 - 농업활동이 환경에 미치는 영향을 정확하게 평가하기 위해 지역별 물질수지 상태 진단이 선행되어야 함. 이를 위해 지역단위의 양분수지지표를 산정하는 연구가 필요함.
 - 지역단위 양분수지 산정 결과를 바탕으로 농경지 양분수지지표에 따른 관리대상 지역의 구분, 관련주체의 역할분담 등 지역단위 양분총량제 도입방안 등에 관한 체계적이고 심층적인 연구가 필요함.

2. 연구목적

- 농업활동의 환경에 미치는 영향을 진단하고 평가하기 위해, 지역단위의 양분수지지표의 도출과 농경지의 환경부하를 분석함.
 - 농경지의 양분수지 산정 방법 제시 및 양분수지 산정을 위한 관련 통계 D/B를 구축함.
 - 농업활동이 환경에 미치는 영향을 정확하게 평가하기 위해 지역단위의 양분수지지표를 도출함.
 - 지역단위 양분수지를 이용한 지역별 농업환경 상태에 대해 분석함.
- 과잉 양분을 적절하게 관리하기 위한 효과적인 지역단위 양분총량제 도입 방안을 제시함.
 - 지역단위 양분수지 산정 결과를 바탕으로 농경지 양분수지지표에 따른

관리대상지역의 구분, 관련주체의 역할분담 등 지역단위 양분총량제 도입 방안 제시

- 과잉 양분을 적절하게 관리하기 위한 개선방안 및 신규과제 발굴

3. 선행연구 검토

3.1. 국내 선행연구 검토

- 이연 외 2인(2006)은 농업환경지표 관련 질소수지에 관한 자료를 보완하여 질소수지를 계산함. 통계자료 입수가 가능한 대단위 지역을 도시지역과 일반 농경지가 많은 도 단위로 구분하여 양분수지를 분석함. 또, 국내 군 단위의 양분수지의 분포를 엑셀프로그램을 이용하여 계산함.
- 이연(2003)은 전국 농경지에서의 양분투입량과 작물에 의한 탈취량 자료를 수집하여 양분수지를 산출함. 국내의 군 단위에 대하여 비료사용량, 가축 사육두수, 작물생산량 등을 추출하여 엑셀프로그램으로 질소 양분수지를 계산함. 이 연구는 대단위 축산이 발달하고 경지면적이 제한된 지역들은 질소수지가 높다는 결과를 도출함. 또, 5,000ha 이상의 경지를 가진 군의 축분 생산과 질소수지와의 상관관계 분석을 통해 축산업이 군 단위 질소수지에 영향을 미친다는 결과를 제시함.
- 김창길 외 2인(2005)은 지역단위 양분총량제 세부 시행방안 연구에서 OECD 양분수지 지표 분석 방법론을 기초로 지역단위(도별, 시군별) 양분수지 지표를 산출하여 제시하고, 지역단위 양분총량제 도입 방안을 제시함.

- 홍성규·송재욱(2006)은 수자원 보호구역인 충주지역의 양분종합관리 구축을 위하여 독일의 ‘지역별 농업환경정보시스템’의 질소수지 구성요소와 국내 선행연구의 양분수지 구성요소를 결합하여, 충주지역 농경지의 양분수지를 분석하고 양분 관리방안을 제시함. 충주지역의 2005년 양분수지 분석 결과 돼지 또는 닭의 사육두수가 많은 지역에서 양분 과잉량이 높게 나타남을 보임.
- 박우균 외 3인(2008)은 농림부 및 환경부로부터 시·군 행정구역단위의 주요 축종 사육두수와 비료판매량에 근거한 자료를 제공받아, 지역별 논밭 면적에 필요한 평균 표준시비량과 실제 지역별 양분발생량과의 비율을 가지고 잉여 정도를 추정함.
- 김필주 외 4인(2008)은 OECD 양분수지분석법인 Surface balance 법으로 우리나라의 질소와 인산수지를 분석하여, 1985년 이후 지속적으로 증가하여 2006년 현재 OECD 회원국 중에서 가장 높은 수준이라는 결론을 제시함. 주요 축산 선진국의 질소와 인산수지는 강력한 가축사육두수 및 농경지 양분사용량 제한 법률 등의 운영으로 지속적으로 감소하고 있으나, 우리나라는 화학비료 사용량 감소에도 불구하고 가축사육두수 증가에 의해 상대적으로 높은 수준을 유지한다고 밝힘.
- 박재우 외 5인(2012)은 국가 전체의 질소수지의 분석을 위해 보편타당한 정량적 질소수지 인자 도출과 질소수지 산출 및 질소 관리 방안을 제시함. 이 연구에서는 농축산지역, 도시지역, 임야지역 등 세 지역으로 나누어서 지목별 질소수지를 산출함.
- 남역현 외 2인(2011)과 남역현 외 3인(2012) 농업 및 축산업에서의 질소수지 경향을 파악하는 것을 목표로 농경지에 총 유입되는 질소량을 고려한 아산화질소 발생량을 지자체별로 평가함. 2010년 농업과 축산업에서의 유입된 질소

량을 각각 728,043 N ton/yr, 420,807 N ton/yr으로 평가함.

- 문영훈 외 2인(2012)은 광역친환경농업단지의 경축순환자원 활용실태를 파악하기 위해 전북 완주군 고산광역친환경농업단지의 토양특성과 축분 퇴비 소요량 등을 조사하여 분석함. 이 연구는 모든 농경지의 중금속 함량은 토양오염 우려기준을 초과한 경우는 없었으나, 친환경농업단지의 미생물분포는 일반 농경지보다 높았고 호기성균의 경우 친환경농업단지의 밭과 과수원토양에서 가장 높았다는 결과를 제시하였음.
- 한대호 외(2013)는 가축분뇨 처리와 관련 환경부, 농림축산식품부의 제도와 정책을 살펴보고 문제점을 발굴하여, 선진화된 제도 개선을 위한 방향 정립 및 양분총량제와 가축사육두수 관리제, 가축분뇨인계인수제도 도입 등 새로운 제도에 대해 다룸. 이 연구에서는 ‘가축분뇨관리 포럼’을 운영하면서 분야별 이슈에 대한 활발한 논의와 제도 개선방안이 도출됨.
- 최지용(2014)은 환경이 수용할 수 있는 수준에서 경종과 축산이 공존하는 새로운 플랜이 필요하며, 이를 위해 ‘축산업 등록 및 허가제도’와 ‘통합 가축분뇨 정책 및 관리 체계’를 통한 환경부와 농식품부의 협업체계 구축, 가축두수 제한은 불가피하고 전문 분뇨처리기구도 필요함을 제시함. 양분총량제는 다양한 기초자료가 필요하고 이해관계자들의 의견을 반영하여 합의가 이루어져야 하므로, 장기적인 시각에서 추진하는 방안을 제시함.
- 전병준 외 7인(2014)은 전남지역 22개 시·군을 대상으로 수질지표와 양분지표의 상관관계를 규명하여 수질오염의 공간적 변이 해석을 시도함. 전남 지역 하천의 총 질소(Total-nitrogen, TN) 농도는 화학비료는 물론이고 가축분뇨에 의해 영향을 받는 반면, 총 인(Total-Phosphorus, TP) 농도는 화학비료보다는 부적절한 가축분뇨 처리 및 퇴비 과잉 투입으로 크게 영향을 받는 것으

로 분석됨.

3.2. 해외 선행연구 검토

- 松本成夫(1998)는 농업생태계의 질소 순환에 초점을 맞추어 농지에서의 양분수지, 분뇨, 짚 등 잔여물의 처리·이용, 식료 및 사료의 수입 등에 따른 환경부하 메커니즘을 종합적으로 분석함.
- Krug and Winstanley(2002)는 미국 미시시피 지역을 대상으로 질소수지를 기초로 한 양분수지분석을 시도하였고, 이러한 분석모형을 기초로 옥수수과 대두의 윤작시스템이 질소수지에 미치는 영향을 계측하였음.
- 三島愼一郎・秋山博子・八木一行・神山和則(2008)은 축분퇴비에 포함된 비료성분의 평균적 경향과 퇴비화에 따른 질소손실률을 추정하였고, 일본에서 가축분뇨퇴비로서 이용가능한 질소 자원량에 대한 추계를 시도함.
- 三島愼一郎・神山和則(2010)는 1985~2005년까지 5개년 간의 통계자료를 수집하여 최근 일본 도도부현에서의 질소와 인산의 양분 흐름과 잉여 질소 및 잉여인산의 산출방법 및 데이터베이스 운용 사례를 제시함.
- Bassanino, et al. (2011)은 이탈리아 농경지의 양분수지지표를 산출하여 질소 잉여정도를 파악하여 지역별 환경부하 진단 및 농업분야 지속가능성을 평가 지표로 활용함.
- Gaj and Bellaloui(2012)는 OECD에서 개발된 질소와 인산 등 양분수지지표를 이용하여 미국의 폴란드와 미시시피 지역의 1988~2008년까지 환경부하를 진단을

기초로 지속가능농업을 위한 양분사용의 효율성에 미치는 요인을 분석함.

3.3. 선행연구와의 차별성

- 물질수지 분석에 관한 지금까지의 국내외 연구결과를 종합하여 최신 자료를 바탕으로 지역단위 양분실태 분석의 정확도와 신뢰도를 제고시킬 수 있는 사용자 중심의 양분수지 분석모형 제시와 양분수지 관련 데이터베이스 구축
- 잉여양분의 효과적인 관리를 위해 정책담당자와 전문가 및 농가(경종 및 축산농가) 등의 의견을 수렴한 실효성 있는 지역단위 양분총량제 도입방안 제시
- 양분총량제가 지속적이고 효과적으로 작동될 수 있도록 중앙정부와 시군별 모니터링 시스템과 지자체의 반응을 수렴하는 피드백 시스템 제시

4. 연구방법과 범위

4.1. 연구방법

- 국내외 양분총량제 관련문헌 검토
 - 환경부, 농림축산식품부, 국립농업과학원, 국립축산과학원 등 유관기관 및 관련분야 학술지의 선행연구 결과물에 대한 검토
 - 네덜란드, 독일, 덴마크 등 주요국과 OECD, FAO 등 국제기구의 양분총량제 관련 문헌 검토

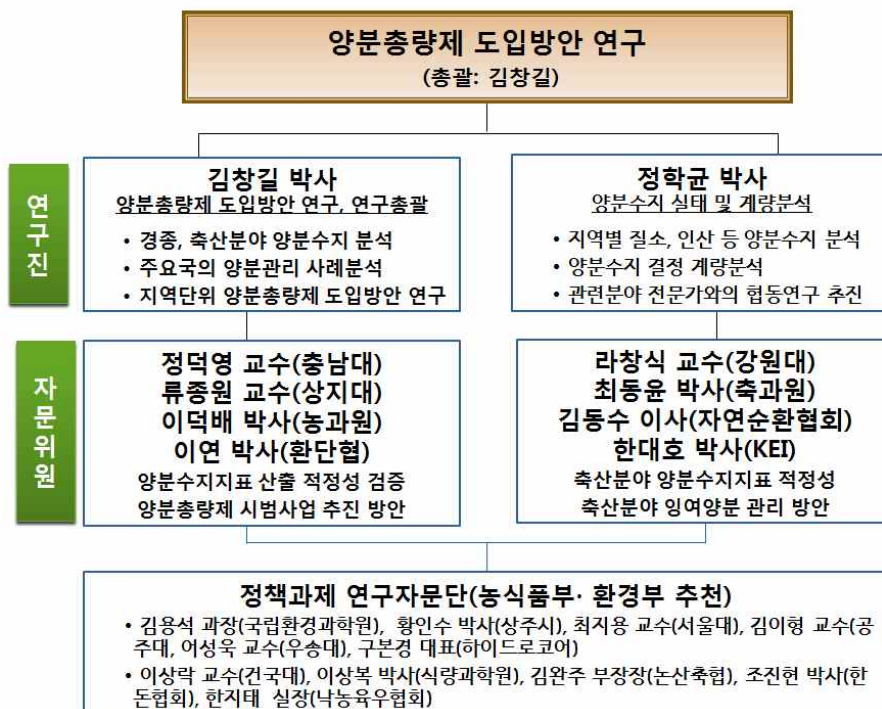
- 지역단위 양분수지 산정을 위한 통계자료 분석 및 계량분석
 - 정책자료, 농업센서스자료 및 관련 문헌 등을 통한 통계자료 및 관련자료 수집
 - 전국 시·군의 양분수지 실태를 파악하기 위해 농림축산식품부에서 각 시·군 행정기관에 공문을 발송하여, 경지면적, 면적별 재배작목, 가축 사육두수, 가축분뇨 처리실태, 화학비료 사용량 등에 관한 자료수집
- 지역단위의 농업부문 오염물질 발생량, 배출량, 양분수지 산정
 - 가축분뇨의 비료성분 환산 및 경지면적의 작물 양분요구량 산정
 - 기초 자료만 입력하면 양분수지표가 산정될 수 있도록 엑셀 매크로 프로그램을 활용
- 국내외 유관기관 현지조사
 - 양분총량제 도입방안 관련한 전문가(정책담당자) 대상 심층면담 조사
 - 양분총량제 관련 연구 과제를 수행하는 기관을 방문하여 관련분야 자료 수집
 - 지역단위 양분관리 시스템이 잘 구축된 해외 선진지역(미국, 캐나다, 네덜란드·덴마크·벨기에 등 EU 지역)에 관한 관련자료 수집 및 분석을 통해 한국형 양분총량제 도입을 위한 벤치마킹 자료로 활용
- 세미나 및 협의회 개최
 - 지역단위 양분총량제 연구자문단은 환경부에서 추천한 5명과 농림축산식품부에서 추천한 5명 등 총 10명으로 구성함<표 1-1>
 - 지역단위 양분총량제 도입과 관련 정보공유시스템 구축을 위해 전문가협의회를 개최하고, 실효성 있는 구체적 실행 프로그램 개발을 위해 전문가, 관련단체, 정책담당자 등으로 연구자문단을 구성하여 의견을 수렴함<그림

1-1>.

표 1-1. 연구자문단 구성

구분	기관	이름
환경부	국립환경과학원	김용석
	상주시	황인수
	서울대	최지용
	공주대	김이형
	우송대	어성욱
농림축산식품부	건국대	이상락
	식량과학원	이상복
	논산계룡축협	김완주
	한돈협회	조진현
	낙농육우협회	한지태

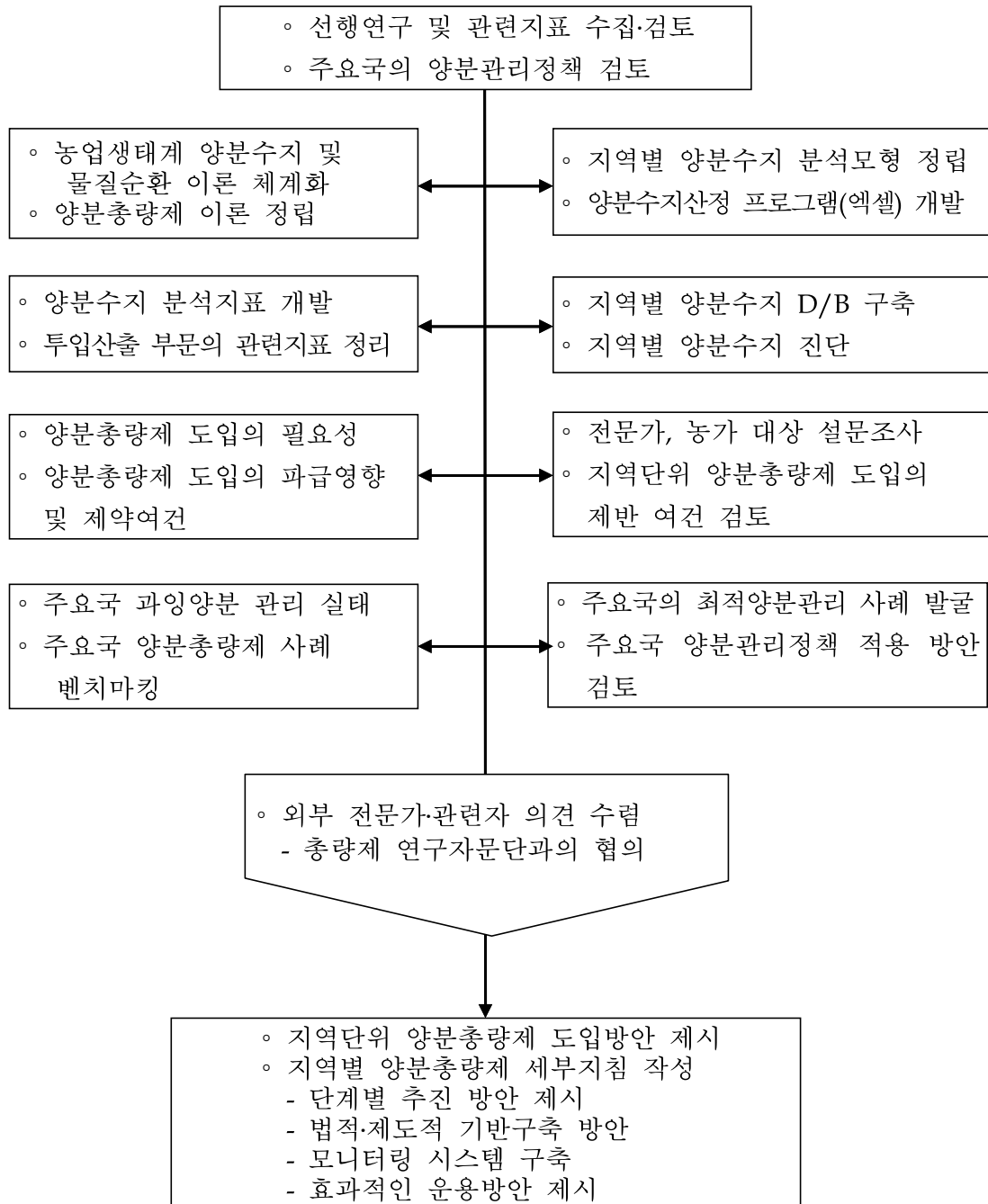
그림 1-1. 양분총량제 연구 수행 관련 자문단 구성 체계



4.2. 연구범위

- 지역단위의 범위 설정
 - 지역단위는 행정적으로 사업집행이 가능한 시·군으로 설정하고, 광역자치단체와 농업의 비중이 적은 시 단위 지역은 제외함.
- 농축산부문 생산 활동의 분석대상
 - 경종부문 양분수지 분석대상은 농경지(논, 밭, 과수원, 목초지, 화훼재배지 등)에 재배되는 모든 작목을 대상으로 함
 - 축산부문의 양분발생량 산정 시 대상 축종은 소(한우, 육우, 젃소), 돼지, 닭, 오리 등 4개 축종으로 한정함.
- 양분수지 분석대상 물질
 - 양분총량제 실행프로그램의 기준 성분은 질소와 인산으로 설정하며, 정책 집행 단계의 최종적인 기준물질 설정은 실행가능성과 지자체의 수용성 등을 종합적으로 고려하여 최종 결정토록 함.
 - 질소의 경우 작물생산에 미치는 영향이 크나 이동성이 커서 토양환경에 축적되는 경향이 적음(지하수는 예외)
 - 인산은 수질의 부영양화 등에 미치는 영향이 크고 토양 중에 집적되어 양분투입이 많은 나라에서 허용량 규제기준으로 이용. 인산의 토양집적이 우려되는 상황인 만큼 인산을 양분허용총량 기준물질로 설정 필요

그림 1-2. 연구의 흐름도



제 2 장

양분총량제의 의미와 시행여건 진단

1. 양분총량제의 개념과 중요성

- 농업분야의 환경관리는 주로 지휘-통제방식(command and control)과 농도규제가 주축을 이루어 왔고, 농도 및 배출량과 관련된 정보는 단위별 환경영향계측과 총량적인 관점에서의 전체 환경영향 평가에 대한 기초 정보를 제공함.
 - 농축산부문의 지속적인 성장으로 투입부문이 증가하면서 농축산 부산물과 폐기물 발생량도 증가하여 환경부하가 지속적으로 증대됨. 이에 따라 농도규제에 의한 환경부하 감축방식에 한계가 있어 총량규제가 보다 효과적인 수단으로 제시되고 있음.
 - 총량규제는 생태계의 수용능력(carrying capacity)을 고려하여 어느 수준 이상으로 오염원 배출을 증가시키지 않는다는 총량원칙(quantity principle) 또는 물질균형(material balance)을 기본으로 함. 총량원칙은 지속가능성 도달을 위한 최소조건 혹은 필요조건이라 할 수 있음.
- 환경오염을 관리 수단으로 농도규제와 총량관리로 대별되며 각 수단별 장단

점을 가짐(김창길, 김태영, 신용광, 2005, p.22).

- 농도규제는 지역별 환경여건에 관계없이 환경기준을 일률적으로 적용하며, 총량관리는 지역별 환경용량을 고려한 오염물질의 총량을 감축 또는 할당하는 방식임.
- 농도규제는 기준설정과 집행이 용이하여 정책비용이 적게 드나, 규제효과가 미흡하고 소규모 배출자에게 불리한 면이 있음. 총량관리는 환경용량 이하로 관리되므로 환경기준이 유지될 수 있고 배출량에 따라 오염부담의 차별화가 가능하여 오염자간 형평성이 유지되나, 지역별 정확한 환경용량 및 양분수지 지표산출이 어려워 높은 정책비용이 수반됨.

○ 양분총량제의 개념

- 지역단위 양분총량제는 과학적 토대 위에서 지역별 농경지의 양분 투입과 반출을 종합적으로 파악하여, 지역의 환경용량 범위에서 수용할 수 있는 총량 수준으로 관리하기 위한 제도임(김창길 · 김태영 · 신용광, 2005, p.21).
- 지역단위 양분총량제는 해당지역 농경지의 양분수지 분석을 기초로 관리하고자 하는 양분관리 목표를 설정하고, 양분수지 목표 달성 · 유지하기 위해 양분 투입을 감축하거나 양분 흡수를 높이는 관리 제도를 의미함.
- 이 제도는 농경지에 투입되는 양분에 대한 과학적인 수지 분석을 기초로 양분관리의 효율성을 제고하고, 경종농가와 축산농가 등 양분관리 관련 주체들의 책임성을 강화하여 관리목표(양분수지 달성 목표)를 적기에 달성하고자 하는 제도임.

○ 지역단위 양분총량제의 특성

- 양분총량제는 가축사육두수 감축과 직접적으로 연계된 정책프로그램이 아니며, 지역 단위(시 · 군 행정구역 기준)에서 양분을 종합적으로 관리하는 정책수단임. 즉, 양분공급이 과다한 지역에서 적절한 수준으로 양분투입을 줄이도록 하며, 양분수용이 가능한 지역에서는 양분과잉 지역으로

부터 양분을 수용하여, 궁극적으로는 양분균형 수준이 유지됨으로써 지속가능한 농업시스템을 구축하는 것이 기본적인 취지임.

- 농경지에 투입되는 양분이 모두 작물에 흡수되어 양분수지가 균형을 이루게 되면 농업생산 활동이 환경에 부정적인 영향을 미치지 않게 됨. 양분총량제는 지역별 농경지의 양분 투입-산출 관계를 기초로 양분수지의 균형달성을 위해 해당지역의 과잉양분을 체계적이고 종합적으로 관리한다는 점에서 농업정책과 환경정책을 통합하는 핵심적인 친환경농업정책 프로그램이라 할 수 있음.

○ 양분총량제의 중요성

- OECD의 회원국별 양분수지 자료에 따르면 우리나라는 회원국 가운데 가장 높은 수준의 “양분과다 사용국(질소성분 기준)”임. 과잉양분을 효과적으로 관리하기 위한 특단의 대책이 요구되고 있는 시점에서, 지역단위 양분총량제는 시행가능성(enforceability)과 유연성(flexibility)이 높은 정책으로 평가되며, 양분총량제 시행을 계기로 지자체의 친환경농업정책 수립 시 양분균형 달성에 관심을 갖게 됨은 물론, 양분수지 산정과 관련된 여러 가지 통계가 정비될 것으로 기대됨.
- 농경지에 투입되는 화학비료 사용량 감축을 위해 친환경농업 육성 정책을 추진하고 있음에도 불구하고, 잉여양분 관리가 적절하게 이루어지지 않고 있음. 양분관리 프로그램으로 양분총량제 도입을 계기로 농업부문도 지역단위 환경용량에 부합하는 과학적이고 환경친화적인 양분관리정책이 이루어질 수 있음.
- 지역단위 양분총량제는 유럽에서 추진하고 있는 농가단위 양분관리제도와는 달리 해당지역의 농경지에 투입되는 무기물은 물론 유기물까지도 종합적으로 관리할 수 있고, 이와 병행하여 경종-축산이 유기적으로 연계된 자원순환형 농업시스템 확산 등 건실한 친환경농축산업 시스템 구축에 기여할 것으로 기대됨.

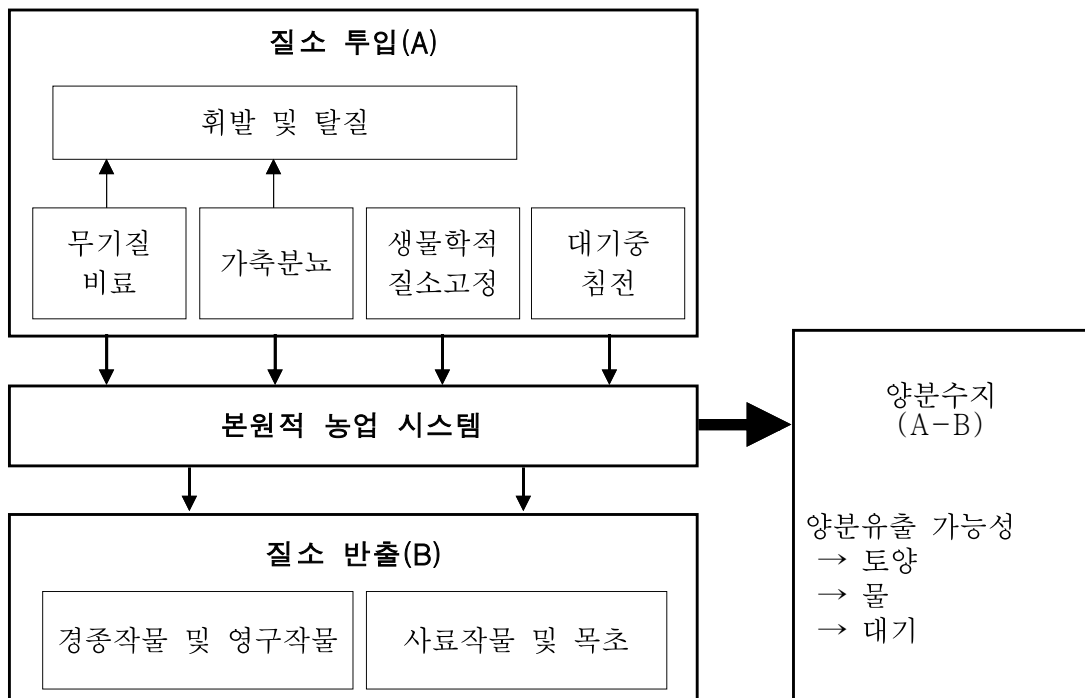
2. 양분수지 분석의 기초 이론

2.1. 양분수지지표

- 양분은 작물 재배에 필요로 하는 질소, 인산 칼리 등의 성분을 의미하며, 양분은 주로 화학비료와 가축분뇨를 이용한 퇴·액비를 통해 공급됨.
 - 토양 속에 있는 양분은 작물이 재배되면서 작물에 흡수되고, 일부는 용탈되거나 빗물과 함께 유실되거나 휘산되어 없어짐. 따라서 작물 생산을 위해서는 작물이 필요로 하는 적절한 수준의 양분을 공급해주어야 함.
 - 농경지 토양에 양분이 과다하게 투입되는 경우 작물 생육에 부정적 영향을 미침을 물론이고, 양분유출을 통해 지표수(부영영화)와 지하수의 오염 등을 유발함.
- 양분수지지표는 농경지에 투입되는 화학비료나 가축분뇨 등의 양분량 (질소, 인산)에서 농작물 생산 등의 반출량을 제외하고 남은 양분량을 나타낸 값을 의미함. 즉, 단위면적당 양분 투입량(input)에서 반출(output)되는 양을 뺀 값을 말함(김창길, 주현정, 김태영, 이상건, 2008, pp.25-27)<그림 2-1>.
 - 투입 양분으로는 화학비료, 가축분뇨, 유기질 비료, 생물학적으로 고정된 질소 및 대기 중 빗물에 의해 투입된 것 등이 있음. 반출 양분으로는 수확된 곡물, 식물체 중 질소, 인산 등의 양분임.
 - 양분수지지표의 값은 양분부족에 의한 토양비옥도 저하와 양분과잉에 의한 토양, 물 및 대기 오염을 초래하는 환경오염의 정도를 나타냄. 양분수지지표는 연도별 농경지의 ha당 킬로그램 단위의 양분과잉(혹은 양분부족)으로 나타냄.
 - 화학비료의 과잉사용은 토양으로 질소화합물이 유입됨으로써 작물에

흡수되고 남은 잔여분은 토양에 집적되거나 하천에 유입되어 부영양화 등을 일으키는 비점오염원으로 작용함. 또한 아산화질소는 대기 중에서 지구온난화를 일으키는 온실가스로 작용함.

그림 2-1. OECD 양분수지 지표(질소수지) 산정의 기본 골격



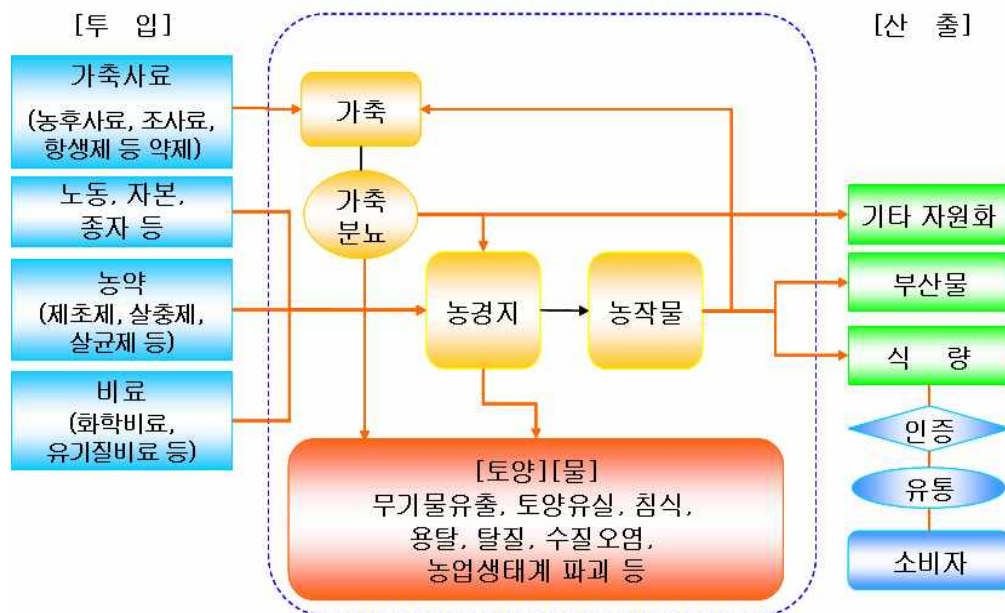
자료: 김창길, 주현정, 김태영, 이상건(2008), p.26.

- 질소는 토양, 물 및 대기환경으로 유실 또는 휘산 되며, 환경이나 국민 건강에 무관한 질소가스의 방출과 온실가스에 영향을 미치는 일산화질소의 방출은 질소 순환에 포함됨. 인산 수지의 각 요소는 질소 수지와 비슷하게 산정할 수 있으나, 탈질, 휘산 및 생물학적 고정 등의 과정은 없음.
- 양분수지 지표는 환경오염 정도를 나타내는 잠재적인 요소임. 양분수지 지표는 실질적인 수질오염이나 농업환경자원의 고갈 등 환경에 직접적

인 악화 정도를 나타내는 지표는 아니나, 농업 및 농업환경 정책이 환경에 미치는 영향을 평가하기 위한 모델 개발 등 환경평가에 유용한 정보를 제공해 줌.

- 지역단위 농업생태계의 물질순환 구조를 파악하기 위해서는 우선 농업계의 범위(농장단위, 마을단위, 지역단위, 국가단위 등)를 결정하고 이 영역에서 투입·산출되는 물질흐름을 파악할 수 있음.
- 농업계의 작물 및 가축생산 활동을 위한 투입물(화학비료, 농약, 퇴비, 사료)과 산출물(농축산물)의 순환구조를 흐름도(flow chart)를 이용하여 설명할 수 있음<그림 2-2>.

그림 2-2. 농업부문의 물질균형 투입-산출 양분수지의 개념도

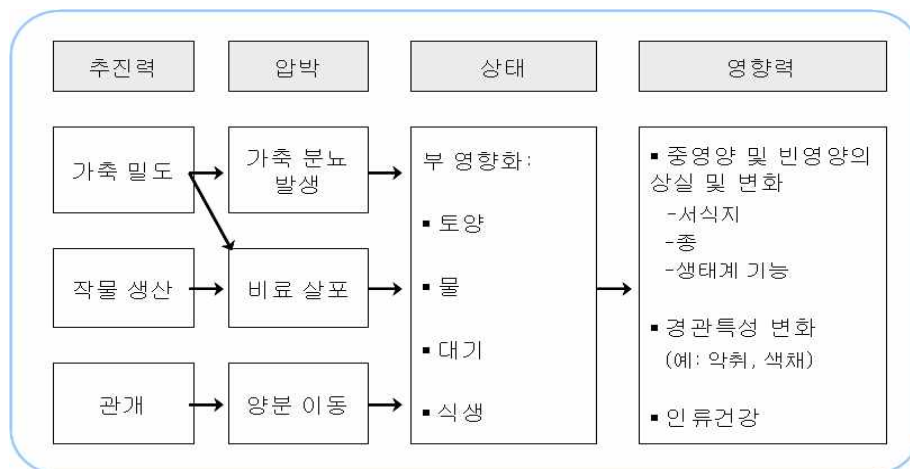


자료: 김창길, 김태영, 신용광(2005), p.24.

- 농업부문의 물질순환 투입-산출의 개념도에서 제시된 점선은 지역 단위 농업계를 나타내며, 외부에서 투입되는 부문은 크게 가축 생산을 위한 농후사료, 일부 조사료 등을 들 수 있음.
 - 농업활동은 식량 생산을 주목적으로 하며 작물 생산의 경우 비료와 농약 등이 투입되고, 고기·우유·계란 등 가축 생산의 경우는 사료와 약품 등이 투입됨.
 - 양축농가의 가축사양에 있어 농후사료는 배합사료의 형태로 구입하여 사용하게 되며, 조사료는 농산 부산물이나 인근의 볏짚 등을 이용하므로 지역 단위 농업생태계 내에서 이루어짐. 투입된 농후사료에 의해 가축 생산이 이루어지면, 이 과정에서 주산물인 고기, 우유, 달걀 등이 생산되어 외부로 나가고, 또한 부산물로 가축 분뇨가 발생함.
 - 가축분뇨가 퇴비화와 액비화 등의 자원화 방식에 의해 농경지에 살포되는 경우 농경지에는 화학비료로 투입된 성분량과 가축 분뇨로부터 공급된 비료성분량이 함께 투입되게 되며, 작물은 이들 양분을 이용하여 식량과 조사료 등을 산출하게 됨.
 - 작물은 생육 과정에서 필요로 하는 양분요구량 이상으로 과잉 투입되는 경우 흡수하지 못하고 무기물의 유출, 침출, 용탈, 휘산 등이 이루어지게 됨. 이 과정에서 양분투입량이 환경의 자정 능력을 초과하는 경우 지역 단위 농업생태계의 환경오염 부하요인으로 작용하게 됨.
 - 발생한 가축 분뇨는 자원화 또는 정화처리 방식에 의해 적절하게 처리되기도 하지만, 만약 부적절하게 처리되는 경우 폐기, 방치, 투기, 야적, 무단 방류 등에 의해 농업생태계의 환경부하 요인으로 작용하게 됨.
- 양분수지표는 OECD 농업환경지표 가운데 핵심지표(core indicator)로 회원국의 농업환경 상태의 비교와 농업환경정책의 평가지표로 널리 활용되고 있음.
- OECD 양분수지표에서는 비료의 삼요소 가운데 질소와 인산 등 두 성분을 대상으로 하고 있으며, 칼리 성분은 환경에 미치는 영향이 적어 지표 산정 대상에서 제외시키고 있음.

- 양분수지지표를 **DSPIR**¹ 측면에서 보면 가축밀도, 작물생산, 관개 등은 추진력 지표임. 또한 가축분뇨 발생, 비료살포, 양분이동 등의 경우 압박 지표이기도 하고, 토양오염과 수질의 부영양화 등을 발생하는 경우 상태 지표이고, 양분유출이 생태계, 경관, 건강 등에 영향을 미치는 경우 영향력 지표의 특성을 가지고 있음<그림 2-3>.

그림 2-3. 양분수지의 개념적 체계도



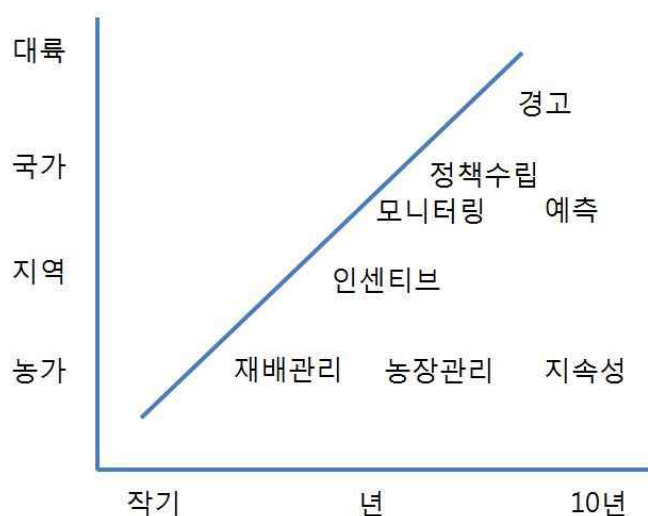
자료: Wascher(2000), p.184.

- 양분수지지표의 경우 대륙, 국가, 지역, 농장, 농경지 등 다양한 공간에 적용가능한 지표로 적용범위에 따라 다른 용도로 활용되는데, 농장이나 농경지의 경우 사용된 양분의 이용효율, 효율적인 양분순환 여부 판별에 이용되는데 반해, 국가의 경우는 양분관련 정책수립이나 환경오염의 간접지표로 활용할 수 있음<그림 2-4>.
- 양분수지지표에서 다루어지는 화학비료와 가축분뇨 등은 대부분 수질, 온실가스 발생, 암모니아 등 다양한 다른 중요 농업환경지표와의 연관성이 큼.
- 양분지표로서의 양분수지가 높다는 것은 작물에 이용되지 못하고 토양

1 OECD에서 정한 농업환경상태 평가모형으로 추진력(Driving force) - 압박(Pressure, P) - 상태(State, S) - 영향(Impact, I) - 반응(Response, R) 등의 DPSIR 구조를 말함.

중에 남거나 지하로 용탈, 지표로 유거 되는 양이 많다는 환경에 부정적인 간접지표가 될 수 있고, 작물에 대한 양분이용효율이 떨어진다는 의미가 될 수 있음. 이러한 지표는 농장내 작물생산의 효율성 지표를 제공함.

그림 2-4. 양분수지 지표의 적용범위와 활용

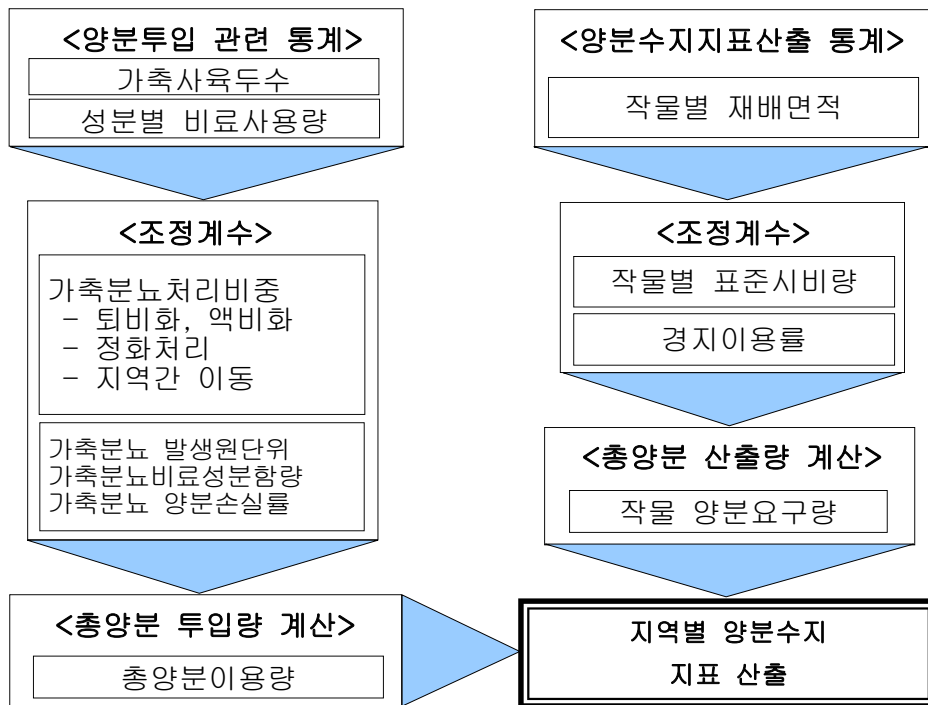


자료: Stoorvogel(1997).

○ 농경지의 양분수지 산정 방법

- 지역단위 양분수지는 양분투입과 산출과의 관계에서 결정됨. 농업부문의 양분산정시스템(Agricultural Nutrient Accounting System, AgNAS) 프로그램을 활용한 지역 양분수지 지표 산출(AgNAS 세부내용은 <부록 4> 참조).
- 지역단위 양분수지 지표 산출: 지역별 양분수지 지표 산출은 농업부문 양분산정프로그램(AgNAS)을 통해 이루어지도록 함. 정책 시행 전에 해당 시군의 양분수지 산출 근거자료와 관련통계자료의 D/B 구축을 통해 기준시점의 지역별 양분수지 산정 결과를 공표함.

그림 2-5. 지역단위 양분수지 지표 산출 체계



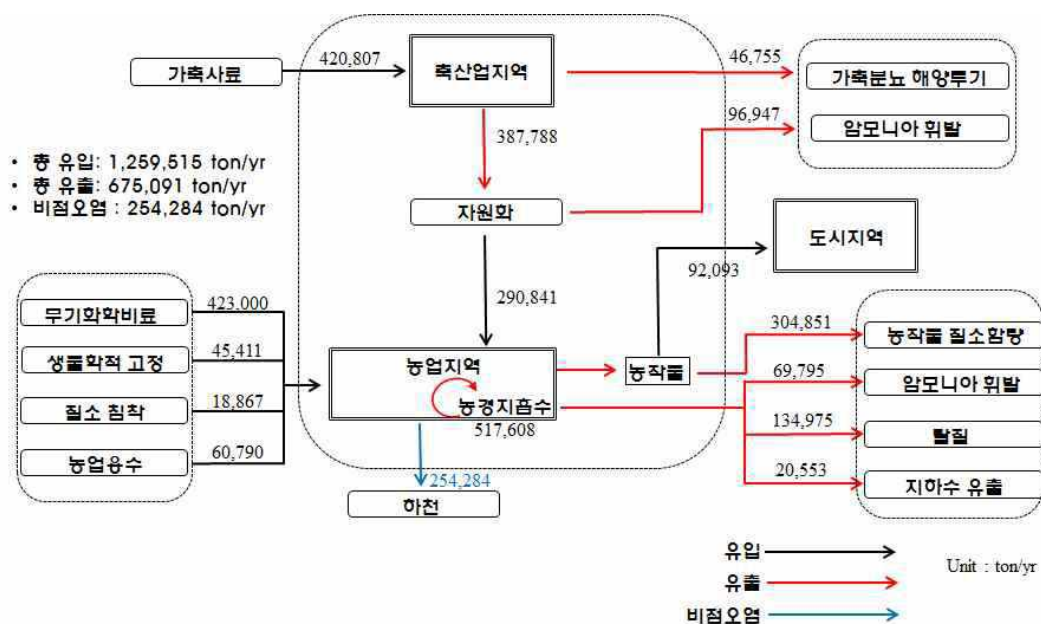
자료: 김창길, 김태영, 신용광(2005), p.27.

- 양분수지는 양분순환의 이해도를 높이거나, 양분관리 계획의 수단으로 활용하거나, 장시간에 걸친 모니터링을 통한 지표로서의 역할, 또는 특정 양분관리를 위한 정책수단으로서의 역할을 위해 활용됨.
 - 양분수지의 정확도는 수지의 계산방식, 자료의 수집능력 등 다양한 요인에 크게 좌우됨. 특히 inputs와 outputs에 필요한 자료의 부정확성은 수지 계산에 큰 오류를 가져올 수 있음. 오류의 원인으로는 개인적인 편견, 샘플과정에서의 오류, 측정오류, 자료산출 과정에서의 오류, 경우에 따라서는 의도적인 기만 등이 작용할 수 있음.
 - 양분수지를 실행하기 위해서는 이와 같은 잘못이 최소화되도록 집행과정을 설계해야 함. 양분수지에서의 불확실성을 최소화하기 위해서는 시스템 내의 모든 가능한 inputs, outputs 요소와 양분 pool에 대한 분석이 이루어져야하고, 장기적인 모니터링과정 및 정확한 해석과정이 필요함.

○ 국가 질소수지 분석에서 농업 및 축산업지역으로 나누어 질소의 유입과 유출에 대해서 접근함(박재우 외 5인, 2012, pp.31-39).

- 농업지역의 질소수지 인자로 작물생산을 위한 화학비료에 의한 토양 내 유입, 건식 및 습식을 포함한 대기로부터의 침착, 질소고정 박테리아에 의한 생물학적 고정, 퇴비에 의한 유입, 농업용수에 의한 토양으로 유입을 포함. 축산업 지역은 가축생산을 위한 가축사료를 통한 유입으로 산정함.
- 질소의 유출은 연간 생산된 농작물 내의 질소, 농경지 질소 흡수, 무기화 학비료 사용에 따른 토양에서의 탈질과 휘발, 지하수 유출 등을 고려함. 축산부문의 유출로는 가축분뇨 발생량 중 휘발되거나 탈질, 퇴비로 재사 용, 가축분뇨 해양투기 등을 고려함.

그림 2-6. 농업 및 축산업 지역의 질소 유입 및 유출



자료: 박재우 외 5인(2012), p.39.

3. 양분총량제 도입을 위한 시행여건 진단

3.1. 양분수지 산정을 위한 자료실태 분석

- 양분총량제 도입을 위해서는 시군별 양분수지를 정확하게 산출하기 위해 경종부문과 축산부문의 신뢰성 있는 세부적인 기초자료를 수집해야 함<표 2-1>, <표 2-2>.
 - 지역단위 양분수지 지표 산출을 위해서는 작물재배 면적, 경지이용률, 화학비료 및 유기질 비료 사용량, 가축 사육두수, 가축분뇨의 처리실태(퇴비화, 액비화, 정화처리 등) 및 자원화 형태로 타지역 이동량 등에 관한 통계자료 및 실적자료가 필요함.
 - 시·군별 양분수지를 결정하는 핵심적인 요소는 양분을 수용하는 농경지이므로 시·군별 작물 재배면적에 대한 세부적인 자료가 확보되어야 함. 시·군별 작물 재배면적에 관한 자료는 시·군 통계연보에 제시되는 행정통계를 이용할 수 있으나 다양한 작물별 재배면적이 누락된 경우가 많아 정확한 양분수지 지표 산출에 어려움이 있음. 시·군별 작물 재배면적에 관한 정밀한 자료는 2010년부터 추진되는 농업경영체 등록관리 시스템에서 체계적으로 관리되고 있어 이들 자료를 활용하였음.²⁾

2 2009년 10월 「농어업경영체 육성 및 지원에 관한 법률」 제정을 통해 융자·보조금을 지원받고자 하는 경영체는 경영정보를 등록(제4조)토록 하였으며, 2010년 1월 농업경영체 등록제 상시관리 체계를 구축함. 농업경영체의 재배면적을 포함하여 인적정보, 농작물생산정보, 가축정보 등 93개 항목이 등록됨. 신청자격은 경영 또는 경작농지가 1,000㎡이상, 농업경영을 통한 농산물 연간 판매액이 120만원 이상, 1년중 90일이상 농업에 종사하는 경우이며, 등록대상 품목은 전체 농산물 및 축산물임. 또, 등록대상 농지는 공부상 지목에 관계없이 실제농업에 이용되는 농지임. 등록기관은 사실여부를 확인하는 절차를 밟게 되며, 확인결과 등록내용이 사실과 다를 경우 등록정보 변경을 하게 됨(농림축산식품부 내부자료).

- 축산분야에서 가축분뇨를 통해 퇴비 또는 유기질비료의 형태로 양분이 공급되므로 가축 사육두수의 정확한 파악이 필요함. 가축 사육두수 통계는 통계청 자료와 시·군별 행정자료를 통해 확보가 가능함.
- 농경지에 투입되는 화학비료 통계는 농협중앙회(지역 농협)의 비료공급량 통계와 시·군 행정통계를 통해 파악이 가능하나 지역별로 통계에 차이가 있는 경우가 있음.
- 유기질비료 통계도 농협중앙회(지역 농협) 비료공급량 통계를 통해 확인할 수 있음.
- 농협중앙회 비료 통계는 해당 시·군에서 농업인들에게 판매되는 양으로 공급량과 창고에 보관중인 재고량으로 관리되고 있음. 농가들이 농협을 통해 구입한 비료가 당해연도에 사용되는 경우도 있고 농가의 창고에 보관되어 차년도 농사에 사용하는 경우도 있으나, 정확한 파악이 어려워 당해연도 농협에서의 공급량을 농가의 비료사용량으로 간주하여 화학비료를 통한 양분공급량 파악이 가능함.
- 농촌 현장에서 농가의 비료공급은 주로 농협을 통해 이루어지고 있지만, 민간 농자재상을 통해서도 구입하여 비료로 사용되는 양도 있음. 이 분야 자료는 입수가 어려워 민간부분의 비료구입량은 화학비료 및 유기질비료 공급량에서 제외기로 함.

표 2-1. 지역단위 양분수지표 산출을 위해 필요한 자료목록

구분	주요 대상	세부항목
가축 사육두수	한육우, 젓소, 돼지, 닭, 오리	축종별 연도말 사육두수
분뇨처리 비중	자원화, 정화처리(공공처리, 개별정화처리), 타 시·군 이동량, 해양배출	액비화, 퇴비화, 정화처리
비료 소비량	화학비료 공급량, 소비량, 재고량, 유기질비료 소비량(볏짚회수율)	질소, 인산, (칼리)

표 2-2. 지역단위 양분수지표 산출을 위해 필요한 자료목록(계속)

재배면적	총 경지면적	논, 밭, 과수원, 초지, 총 경지면적
	작물 재배면적	미곡(논벼, 밭벼), 맥류(겉보리, 쌀보리, 밀, 호밀, 맥주보리), 잡곡(조, 수수, 옥수수, 메밀), 두류(콩, 팥, 녹두), 서류(고구마, 감자), 과채류(수박, 참외, 토마토, 오이, 딸기, 호박), 엽채류(배추, 시금치, 상추, 양배추, 쪽갓, 열무), 근채류(무, 당근), 조미채소(고추, 파, 마늘, 생강, 양파), 특용작물(참깨, 들깨, 땅콩, 유채)
	과수 재배면적	사과, 배, 복숭아, 포도, 감귤, 단감, 뽕은감, 자두, 대추, 매실, 기타 과수
	시설 재배면적	감자, 무, 배추, 시금치, 상추, 토마토, 오이, 딸기, 수박, 참외, 풋고추, 양채류, 포도, 감귤, 메론, 배, 화훼, 버섯, 기타
	화훼 재배면적	장미, 국화, 카네이션, 구근류, 1년초, 기타 화훼류
	기타 면적	연초, 인삼, 기타 특용작물, 약용작물, 기타 작물, 목초

3.2. 양분수지표 산출을 위한 적절한 파라미터 설정

- 농경지의 양분 수용은 작물의 양분 흡수량(nutrients uptake) 수준으로 투입되는 경우 이론적으로 양분 균형(nutrient balance)이 달성되어 토양이나 수질에 환경부하가 없는 바람직한 상태를 이루게 됨.
 - 농경지의 작물재배에 필요로 하는 양분의 요구량인 전체 양분의 총 필요량을 산정하여, 이 필요량에서 환경이 자연적으로 공급해 줄 수 있는 양분의 양과 농가에서 퇴비나 가축분 및 녹비 등으로 공급 가능한 비료의 양을 감안하고, 그 외 부족한 양은 화학비료를 공급하게 되면 양분수지를 이루게 되고 과잉양분은 0이 됨. 즉, 양분수지는 (토양양분 + 시용양분) = (작물흡수 + 과다양분(0이 되는 조건)을 의미함.³

- 환경 친화적인 시비량은 작물체에 의한 탈취 양분량과 용탈·탈질·휘산 등 자연손실량, 천연공급량(재배 직전의 유효태 양분총량, 생물에 의한 양분 고정량, 관개수·강우에 의한 천연공급량 등으로 이루어짐)에 의해 결정됨.
 - 친환경 시비량 = [양분요구량 + 자연손실량] - 천연공급량
- 현실적으로 작물재배의 시비기준은 유효양분인 균형공급과 토양 중 양분축적 경감을 위한 표준시비량과 토양 양분검정에 의한 시비기준인 토양검정시비량이 있음(농촌진흥청·국립농업과학원, 2010).
- 표준시비량은 토양에 잔류하는 비효 성분에 대한 검정 없이 단순히 작물이 요구하는 양으로 농경지의 대표토양에 대하여 비료 적정량 시험 또는 작물양분의 요구도에 따라 설정된 평균시비량을 지칭함. 토양검정시비량은 토양양분 검정을 실시하여 작물 요구량과 비교하고, 부족한 양만의 공급량으로 결정됨.
 - 농경지의 양분수지지표 분석을 위해 필요로 하는 작물별 양분요구량 수준은 환경부하를 최소화하면서 작물생산성이 유지될 수 있도록 권장하는 수준으로 설정되나, 현실적으로 이에 부합되는 정보가 제공되지 않아 표준시비량을 대체하여 활용하였음.⁴
 - 작물별 시비처방기준에서 제시하는 표준시비량의 경우 벼를 예로 들면 10a를 기준으로 보통답에서 480kg의 단수를 상정하면 질소 9.0kg, 인산 4.5kg, 칼리 5.7kg이며, 기비로 퇴비 1,200kg을 추천함. 벼 재배에 있어 퇴비는 토양의 양분 보유력 유지 및 물리성 개선을 위한 유기물 보전을 위한 권장수준으로 볼 수 있어 양분요구량 수준에는 포함시키지 않았고, 표준시비량 만을 양분수지 산정을 위한 기본 파라미터로 적용하였음.

3 작물양분 종합관리 측면에서 양분수지에 대한 보다 상세한 설명은 박양호 외 8인(2005), p.18에 제시되어 있음.

4 양분총량제의 경우 최소 작물수량생산성을 기준한 표준시비량을 고려하여야 하며, 이외 처리하는 비료의 특성에 따라 비료소재 내에 포함된 환경규제 또는 작물위해성 성분에 대한 적정 수준 설정이 필요함. 시비량을 결정하는데 고려할 사항은 토양의 비옥도, 관개수의 종류 (천연공급량에 영향), 기상환경(비료흡수량에 영향), 재배양식(수도의 경우 건답직파와 답수직파 구분), 품종의 조만성과 내비성 등을 고려하여야 하며, 비료의 종류에 따른 흡수 이용율 등에 의해 결정됨(정덕영, 2014).

표 2-3. 주요 작물별 표준시비량

작물명	비료 성분량(kg/10a)			퇴비량 (kg/10a)	비고
	질소	인산	칼리		
벼	9.0	4.5	5.7	1,200	보통답, 480kg/10a
쌀보리	8.8	7.2	3.6	1,500	사질~사양질, 도복 강한품종
밀	8.8	8.0	3.7	1,500	사질~사양질, 중북부지역
콩	3.0	3.0	3.2	1,200	사질~사양질, 기경지
옥수수	15.8	3.0	6.3	2,000	사질~사양질, 보통 옥수수
감자	13.7	3.3	11.4	1,000	준고랭지 및 고랭지
고구마	5.5	6.3	15.6	1,500	기경지, 평탄지~구릉지
참깨	2.9	3.1	3.2	1,200	기경지, 평탄지~곡간지
땅콩	3.0	10.4	9.8	1,200	기경지, 평탄지~곡간지
고추	22.5	11.2	14.3	2,000	노지재배, 평탄지~산록경사지
양파	24.0	7.7	15.4	2,000	노지재배, 사양토~식양토
마늘	25.0	7.7	12.8	2,000	노지재배, 사양토~식양토
수박	20.0	5.9	12.8	1,500	노지재배, 사양토~식양토
참외	25.0	7.7	16.0	1,500	노지재배, 사양토~식양토
오이	24.0	16.4	23.8	2,000	노지재배, 사양토~식양토
딸기	19.0	5.9	10.9	2,000	노지재배, 사양토~식양토
수박(시설)	13.8	4.9	8.7	1,500	시설재배, 사양토~식양토
참외(시설)	18.7	6.3	10.9	1,500	시설재배, 사양토~식양토
오이(시설)	19.7	10.3	12.2	2,000	시설재배, 사양토~식양토
딸기(시설)	9.6	4.9	7.4	2,000	시설재배, 사양토~식양토
무	23.4	5.1	8.1	1,500	노지재배, 양토~식양토
배추	32.0	7.8	19.8	1,500	노지재배, 평탄지
당근	20.0	9.6	12.2	1,500	노지재배, 양토~식양토
시금치	25.0	5.9	11.9	1,500	노지재배, 사양토~식양토
사과	5.0	2.0	3.0	1,000	비옥지, 10~14년 수령
배	3.0	3.0	3.0	1,000	비옥지, 10~14년 수령
복숭아	7.0	4.0	6.0	1,000	비옥지, 5~10년 수령
포도	7.0	4.0	5.0	1,000	비옥지, 5~10년 수령
감귤	14.8	14.0	12.2	1,000	온주, 10년 수령
단감	19.0	8.0	15.5	1,200	사양질~식양질, 9~10년 수령
연초	9.8	5.3	18.8	1,500	곡간지~선상지, 황색종
목초	21.0	15.0	18.0	0	곡간지~산록경사지, 관리용
화훼	46.6	38.0	47.7	3,667	장미·국화·카네이션 평균치

자료: 농촌진흥청(2010).

- 축산부문의 가축분뇨 배출원단위는 환경부에서 제시한 기준을 적용함.⁵
 - 가축분뇨는 오염부하량이 높고, 오염성분량은 노보다 분이 많으며, 오수는 오염농도가 높지만 생물적 처리가 가능함. 또한 질소농도가 높고, 취기가 강한 특성을 가짐. 가축분뇨의 배출량과 성분은 가축의 종류와 연령 및 체중, 사료의 종류와 량, 급수량에 따라 크게 변할 뿐 아니라 계절이나 사양관리 및 축사관리 등의 환경적 요인에 영향을 많이 받음.
 - 가축분뇨 배출부하량은 일반적으로 배출원에 배출원단위를 곱하여 산정되므로 축산부문의 경우 축종별·성장단계별 배출원단위가 설정되어야 함.
 - 환경부는 1999년에 발표된 축종별 배출원단위(환경부 고시 제 99-109호)가 현실 반영에 문제가 있다고 판단하여, 2008년에 축산농가의 품종개량, 사료이용 기술 증진 등 가축관리기술의 향상과 현실적인 세정수 사용량 등을 반영한 가축분뇨 배출원단위 개정판을 발표함.
 - 한우 350kg 1두를 기준으로 분 8.0kg, 노 5.7kg, 세정수 0.0kg으로 전체 13.7kg을 매일 배출함. 젖소 450kg 1두를 기준으로 분 19.2kg, 노 10.9kg, 세정수 7.6kg으로 전체 37.7kg을 매일 배출함. 돼지 60kg 1두를 기준으로 분 0.87kg, 노 1.74kg, 세정수 2.49kg으로 전체 5.1kg을 매일 배출함. 산란계와 육계는 각각 표준체중 1.7kg과 1.3kg을 기준으로 전체 124.7kg과 85.5kg을 매일 배출함<표 2-4>.
 - 분석대상 축종으로 포함된 오리의 경우 가축분뇨 배출원단위가 제시되고 있지 않아 가금류인 닭의 배출원단위를 대체하여 적용함.
 - 가축분뇨 발생량을 추정하는 경우 배출원단위의 세정수를 포함시키나, 양분수지표 도출을 위한 가축분뇨의 비료성분 환산 시에는 세정수를 포함시키지 않고 분과 노의 발생량을 기초로 양분량을 산정함.

5 가축분뇨 배출원단위는 축종, 연령, 사육방식 등에 따라 발생량 차이가 있으므로, 주요 축종별 평균적인 사육 특성을 고려한 배출원단위를 이용하여 통계적으로 추정하여 설정함. 보다 정확한 가축분뇨 배출원단위 설정을 위해서는 축종별 성장단계별 분뇨 발생량 및 주요 성분에 대한 재설정이 필요함. 농촌진흥청 축산과학원에서 한우, 젖소, 돼지, 닭을 대상으로 성장단계별 분뇨 발생량과 주요 성분에 대한 연구결과가 이루어진바 있음(황보종 외, 2009). 우리나라는 아직 축종별 성장단계별 가축분뇨 발생원단위가 설정되고 있지 않고 있음.

표 2-4. 축종별 가축분뇨 배출 원단위

축종 (단위)	표준체중 (kg)	분	뇨	세정수	계
한우 (kg/두/일)	350	8.0	5.7	0.0	13.7
젓소 (kg/두/일)	450	19.2	10.9	7.6	37.7
돼지 (kg/두/일)	60	0.87	1.74	2.49	5.1
닭	산란계 (kg/천수/일)	1.7	124.7		124.7
	육계 (kg/천수/일)	1.3	85.5		85.5

자료: 환경부 수생태보전과-869(2008. 12. 23)

- 축종별 가축분뇨의 양분 환산계수는 국립축산과학원의 가축분뇨 양분환산 파라미터를 적용함. 한우의 경우 질소는 분 0.50, 뇨 0.68이고, 인산은 분 0.60, 뇨 0.07이며, 칼리는 분 0.18, 뇨 0.60임. 젓소의 경우 질소는 분 0.33, 뇨 1.02이고, 인산은 분 0.49, 뇨 0.27이며, 칼리는 분 0.49, 뇨 0.27임. 돼지의 경우 질소는 분 0.96, 뇨 0.80이고, 인산은 분 0.83, 뇨 0.09이며, 칼리는 분 0.42, 뇨 0.53임. 닭은 분만 고려되며, 질소 1.39, 인산 0.62, 칼리 0.68임.

표 2-5. 축종별 가축분뇨의 비료성분 함유량

축종	질소		인산		칼리	
	분	뇨	분	뇨	분	뇨
한우	0.50	0.68	0.60	0.07	0.18	0.60
젓소	0.33	1.02	0.49	0.27	0.49	0.27
돼지	0.96	0.80	0.83	0.09	0.42	0.53
닭	1.39	0.00	0.62	0.00	0.68	0.00

자료: 황보종 외(2009), 농촌진흥청 · 국립축산과학원.

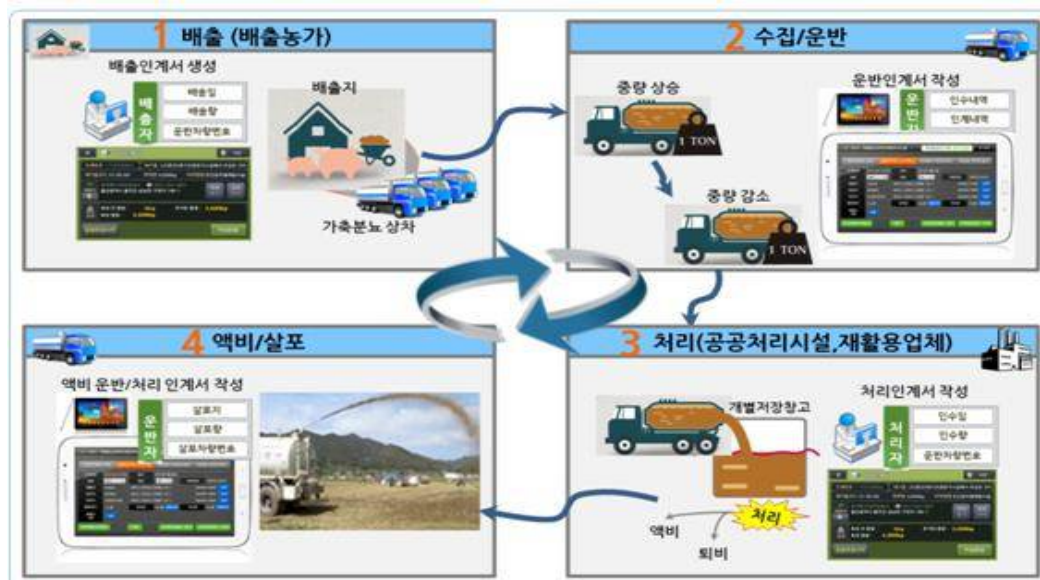
3.3. 지역단위 양분관리 모니터링

- 지역단위 양분총량제가 제대로 작동되고 정착되기 위해서는 경종 및 축산분야 현장에서의 양분관리에 대한 모니터링이 관건임.
- 경종분야 모니터링의 핵심부문은 작물 생산의 투입재로 화학비료와 유기질비료 사용에 대한 파악임.
 - 시·군단위의 비료 사용량에 대한 파악은 농협중앙회 자재부의 비료공급량 자료를 기초로 모니터링이 가능함. 다만 해당 시·군의 민간 자재상을 통해 구입한 화학비료의 사용량에 대한 파악이 힘들기 때문에, 화학비료의 정확한 사용량을 산정하는데 어려움이 있음.⁶
- 축산 분야 양축농가의 가축분뇨(액비화) 처리와 경종농가로의 이동 및 농경지 살포 등은 환경부에서 총괄하는 가축분뇨 전자인계관리시스템(Electronic Transfer System of Livestock Manure, <https://www.lsns.or.kr/>)을 통해 모니터링이 가능함.
 - 가축분뇨 전자인계관리시스템은 축산농가에서 발생하는 가축분뇨의 배출, 수집·운반, 처리 전 과정과 재활용 사업장에서의 업무 처리과정을 인터넷을 통해 실시간으로 투명하게 관리하는 시스템으로 가축분뇨의 불법 투기 방지 및 가축분뇨의 적정 처리에 대한 모니터링이 가능함(환경부, 한국환경공단, 2014). 이 시스템의 주관은 환경부이고 운영기관은 한국환경공단이며, 현재 제주도와 전라북도 새만금유역 4개 시군(완주군, 김제시, 정읍시, 부안군)에서 가축분뇨 전자인계관리시스템 운용 시범사업이 추진되고 있음.

6 벼 재배가 농가가 필요로 하는 화학비료는 농협을 통해 공급되며, 나머지 작목의 재배에 필요로 하는 화학비료 공급량의 거의 대부분도 농협에 의해 이루어지고 있음. 원예용의 경우 농가가 생산량 및 품질 제고를 위해 민간 자재상(지역 대리점)을 통해 구입하는 경우도 있는데, 전체 원예용 비료소비량의 8~9% 정도를 차지하는 것으로 보고 있으며, 지역별 편차도 큰 것으로 지적함. 비료 공급량에 관한 정보는 농협중앙회 자재부 비료 담당자들과의 면담을 통해 파악된 내용임.

- 축산농가에서 수거되는 분뇨 수거량을 집계하여 총 발생량 대비 자가처리량 및 처리장을 통한 분뇨처리량 파악이 가능하고, 또한 액비 살포에 대한 모니터링도 가능함.
- 전자인계관리시스템의 구축·운영과 가축분뇨 등의 전자인계 관리의 법적 근거는 ‘가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률’(법률 제12516호 일부개정 2014. 03. 24) 제 6장 제37조의 2항과 3항에 제시되어 있음. 가축분뇨 전자인계시스템 사용 의무화는 2017년 1월 1일 부터 시행될 예정임. 하지만 가축분뇨 또는 액비의 인계·인수, 처리 또는 살포에 관한 자료가 입력되어야 이 시스템의 효과가 발생할 수 있으나, 입력하지 않는 자에 대한 페널티 혹은 인센티브와 관련되어 있는 내용이 제시되어 있지 않음.

그림 2-7. 가축분뇨 전자인계시스템의 구조



자료: <https://www.lsns.or.kr>

- 가축분뇨 전자인계관리시스템은 인계관리, 대장관리, 실적관리, 정보관리 등 분야별 관리업무가 체계적으로 이루어짐.

그림 2-8 가축분뇨 전자인계시스템 구성의 기본 틀



자료: <https://www.lsns.or.kr>

- 가축분뇨의 효과적이고 체계적인 양분관리를 위해서는 국가동물방역통합시스템(Korea Animal Health Integrated System, KAHIS, <http://www.kahis.go.kr/>)과의 연계 활용이 필요함.
 - KAHIS는 가축질병의 예찰, 예방, 역학, 통제 등 방역업무를 지원하기 위한 IT기반의 첨단 방역관리시스템임. 축산차량등록제에 따라 가축분뇨 운반차량 이동 실태의 GPS에 의한 체계적인 관리가 가능함.

3.4. 양분총량제 추진 관련 법적 근거 검토

- 양분총량제 시행의 법적 근거는 ‘가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률’(법률 제12516호 일부개정 2014. 03. 24) 제 2장 제7조를 보면 가축분뇨의 관리에 대하여 제시되어 있음. 제7조(축사이전 비용 등의 지원) ①항과 ②항, 그

리고 제7조(가축분뇨실태조사 등)의 ③항이 양분총량제 도입과 연관된 것으로 볼 수 있음.

－ 제7조 ①항에서 ‘농림축산식품부장관은 지방자치단체별로 농경지의 양분 현황을 고려하여 적정한 규모의 가축이 사육될 수 있도록 유도하기 위하여 농림축산식품부령이 정하는 바에 따라 주요 작목별 비료의 수요량, 농경지에 포함된 비료의 함량, 비료의 공급량 등을 조사할 수 있도록’하고 있음.

→ 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률은 가축분뇨 만을 대상으로 한 법으로 이해할 수 있으나, 제7조에서 화학비료(유기질비료 포함)와 가축분뇨 모두를 포괄하여 제시하고 있어, 양분총량제 도입과 연계된 조항으로 해석될 수 있음.

○ 제7조(축사이전 비용 등의 지원) ①항을 보면 농림축산식품부장관은 지자체별로 농경지의 양분 현황을 고려하여, 적정한 규모의 가축이 사육될 수 있도록 유도하기 위하여 주요 작목별 비료의 수요량, 농경지에 포함된 비료의 함량, 비료의 공급량 등을 조사할 수 있음.

→ 이는 양분수지 분석을 기초로 적정한 규모의 가축이 사육될 수 있도록 유도하는 정책을 시행할 수 있음을 시사함.

○ 제7조(축사이전 비용 등의 지원) ②항의 경우 농경지에 포함된 비료의 함량 및 비료의 공급량이 비료의 수요량을 초과하는 지역의 축산농가가 축사를 이전하거나 철거하는 경우에는 농림축산식품부령이 정하는 바에 따라 그 축사의 이전비 또는 철거비 등을 지원할 수 있음.

→ 양분 과잉지역의 축산농가가 축사를 이전하거나 철거하는 경우 지원 근거가 있으며, 이는 양분총량제 시행에 따른 보완대책의 근거가 됨. 하지만 양분 과잉지역이라 할지라도 해당 지역의 축산농가가 강제적으로 축사를 이전하거나 철거하는 근거는 아닌 것으로 사료됨.

○ 제7조(가축분뇨실태조사 등)의 ③항에 의하면 농림축산식품부장관 또는 환경부장관이 가축분뇨실태조사를 하는 때에는 해당 지방자치단체의 장은 가축분뇨실태조사가 원활히 수행될 수 있도록 협조하여야 한다고 되어 있음.

→ 이는 양분수지 분석을 위한 자료 협조를 지자체로부터 받을 수 있음을 의미함.

<가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률>

(법률 제12516호 일부개정 2014. 03. 24)

제2장 가축분뇨의 관리 [개정 2014.3.24] [[시행일 2015.3.25]]

제7조 (축사이전 비용 등의 지원)

- ①농림축산식품부장관은 지방자치단체별로 농경지의 양분 현황을 고려하여 적정한 규모의 가축이 사육될 수 있도록 유도하기 위하여 농림축산식품부령이 정하는 바에 따라 주요 작목별 비료의 수요량, 농경지에 포함된 비료의 함량, 비료의 공급량 등을 조사할 수 있다. [개정 2008.2.29 제8852호(정부조직법), 2013.3.23 제11690호(정부조직법)]
- ②농림축산식품부장관은 제1항의 규정에 따른 조사 결과 농경지에 포함된 비료의 함량 및 비료의 공급량이 비료의 수요량을 초과하는 지역의 축산농가가 축사를 이전하거나 철거하는 경우에는 농림축산식품부령이 정하는 바에 따라 그 축사의 이전비 또는 철거비 등을 지원할 수 있다. [개정 2008.2.29 제8852호(정부조직법), 2013.3.23 제11690호(정부조직법)]

제7조 (가축분뇨실태조사 등)

- ① 농림축산식품부장관, 환경부장관, 시·도지사, 특별자치시장 또는 특별자치도지사는 가축분뇨의 관리 및 이용과 관련된 정책을 효율적으로 수립·추진하기 위하여 농경지에 포함된 비료의 함량, 비료의 공급량 및 가축분뇨 등으로 인한 환경오염의 실태 등을 조사(이하 “가축분뇨실태조사”라 한다)할 수 있다.
- ② 가축분뇨실태조사의 조사목적별 조사항목, 조사대상 지역의 선정, 조사의 방법, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
- ③ 농림축산식품부장관 또는 환경부장관이 가축분뇨실태조사를 하는 때에는 해당 지방자치단체의 장은 가축분뇨실태조사가 원활히 수행될 수 있도록 협조하여야 한다.
- ④ 시·도지사, 특별자치시장 또는 특별자치도지사가 가축분뇨실태조사를 하는

때에는 환경부령으로 정하는 바에 따라 가축분뇨실태조사의 계획 및 결과를 농림축산식품부장관 또는 환경부장관에게 보고하여야 한다.

- ⑤ 농림축산식품부장관은 가축분뇨실태조사 결과 농경지에 포함된 비료의 함량이 과다하거나 비료의 공급량이 비료의 수요량을 초과하는 지역의 축산농가가 축사를 이전하거나 철거하는 경우에는 농림축산식품부령으로 정하는 바에 따라 그 축사의 이전비 또는 철거비 등을 지원할 수 있다.

[전문개정 2014.3.24] [[시행일 2015.3.25]]

제7조의2 (타인 토지에의 출입 등)

- ① 농림축산식품부장관, 환경부장관, 시·도지사, 특별자치시장 또는 특별자치도지사는 가축분뇨실태조사를 위하여 필요하면 관계 공무원에게 해당 지역 또는 그 지역에 인접한 타인의 토지에 출입하게 하거나 조사에 필요한 최소량의 시료(試料)를 채취하게 할 수 있으며, 특히 필요한 경우에는 수목, 그 밖의 장애물(이하 “장애물등”이라 한다)을 제거하거나 변경할 수 있다.
- ② 제1항에 따라 타인의 토지에 출입하려는 사람은 미리 해당 토지의 점유자에게 통지하여야 하며, 타인의 토지를 사용하거나 장애물등을 제거 또는 변경하려는 경우에는 미리 소유자 및 점유자에게 통지하고 그 의견을 들어야 한다. 다만, 미리 통지하기 곤란한 때에는 대통령령으로 정하는 방법에 따라 통지할 수 있다.
- ③ 해뜨기 전 또는 해진 후에는 해당 토지의 점유자의 승인 없이 택지 또는 담장이나 울타리로 둘러싸인 타인의 토지에 출입할 수 없다.
- ④ 토지의 점유자는 정당한 사유 없이 제1항에 따른 출입 또는 사용을 거부 또는 방해하여서는 아니 된다.
- ⑤ 제1항에 따라 타인의 토지에 출입하려는 사람은 그 권한을 표시하는 증표를 지니고 관계인의 요구가 있을 때에는 이를 보여주어야 한다.
- ⑥ 제5항에 따른 증표에 관하여 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

[본조신설 2014.3.24] [[시행일 2015.3.25]]

제 3 장

국내외 농업부문의 양분관리 실태

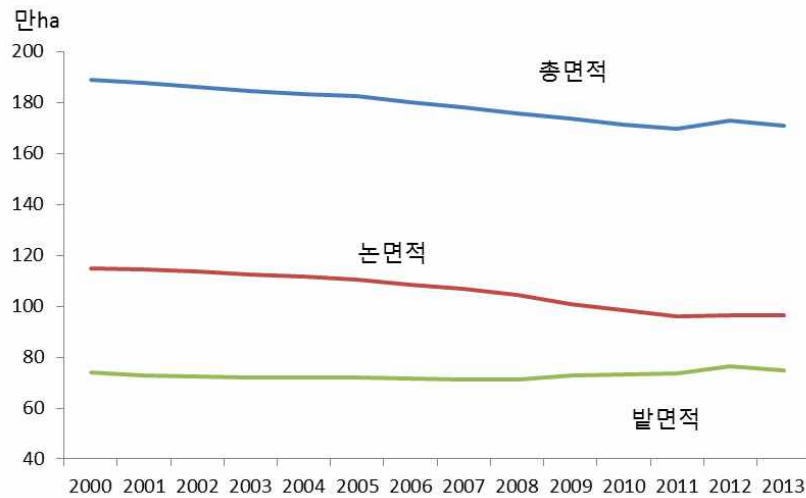
1. 우리나라 농경지의 양분관리 현황

1.1. 농경지 면적 및 비료 사용량 변화

- 농경지는 농산물 생산의 기초로 되는 요소로 양분을 필요로 하고, 또한 축산 부문의 가축분뇨를 이용한 퇴·액비의 수용처 이기도 함. 따라서 충분한 농경지가 확보되는 경우 양분관리가 쉽게 이루어질 수 있으나, 농경지 면적의 제약으로 집약적 농업이 이루어지는 경우 과도한 양분투입으로 환경문제가 발생될 수 있음.
- 우리나라의 농경지면적은 2000년 189만ha에서 2013년 171만ha로 매년 0.8%의 지속적인 감소추세에 있음. 이는 논 면적이 도시개발 등에 따른 농지 전용 등의 영향으로 2000년 115만ha에서 2013년 96만ha로 연평균 1.3% 감소하였기 때문

임. 한편, 밭은 2000년 74만ha에서 2013년 75만ha로 연평균 0.1% 증가함. 우리나라 농경지면적은 지속적으로 감소하여 2023년에는 2013년보다 12.3만ha 감소한 159.7만ha가 될 것으로 전망됨(한국농촌경제연구원, 농업전망 2014).

그림 3-1. 농경지면적의 변동 추이



자료: 통계청. 각 연도.

표 3-1. 연도별 농경지면적

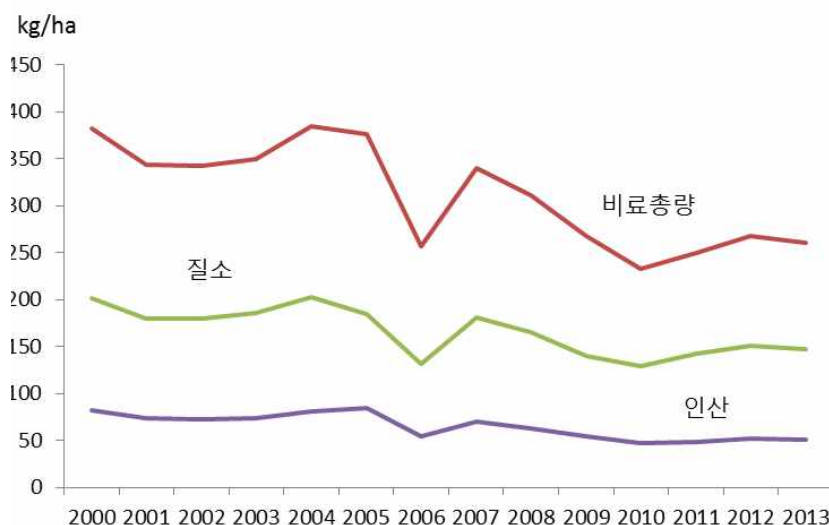
							단위: 만ha, %
	2000	2005	2010	2011	2012	2013	연평균
논	115	110	98	96	97	96	-1.3
밭	74	72	73	74	76	75	0.1
계	189	182	172	170	173	171	-0.8

자료: 통계청. 각 연도.

- 비료는 식물에 영양을 주거나 식물의 재배를 돕기 위해 흙에서 화학적 변화를 가져오게 하는 물질과 식물에 생장을 주는 물질을 의미하며, 통상적으로 보통비료와 부산물비료로 대별됨(박양호 외 8인, 2005, p.32). 농작물 생산을 위해 농경지에 투입되는 핵심적인 양분공급원으로 화학비료와 유기질 비료 및 부산물비료 등을 들 수 있음.⁷

- 2000년대 화학비료 사용량을 보면, 연평균 1.8%의 감소 추세를 보여 왔음. 2004년 ha당 기준으로 385kg까지 증가하였으나 2005년 이후 감소하는 추세를 보여 2010년 233kg까지 줄었음. 다시 2011년 이후 완만한 증가세를 보이고 있으며, 2013년 현재 260kg을 기록하고 있음.
- 질소와 인산 모두 지속적으로 감소하여 2013년 기준 각각 ha당 147kg, 50kg을 기록함.

그림 3-2. 화학비료 사용량 변동 추이(kg/ha)



자료: 농림축산식품주요통계(2014).

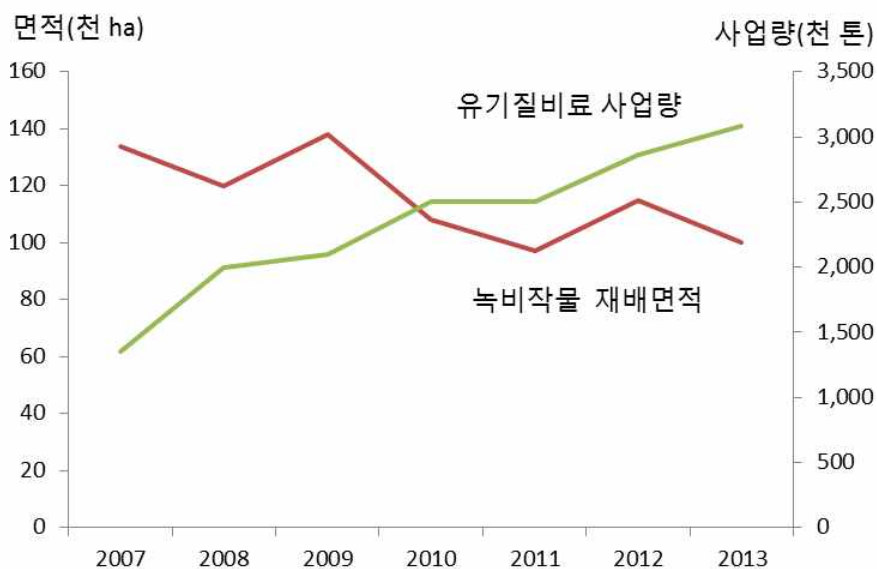
- 2000년대 화학비료 사용량이 감소추세를 보인 것은 정부가 화학비료 사용량

7 부산물비료는 농림축수산 및 제조업 또는 판매업을 영위하는 과정에서 나온 부산물(퇴비, 구비, 부숙겨 등), 인분뇨, 음식물 폐기물, 토양미생물제, 토양활성화제 등 비료 성능이 있는 물질로써 농림축산식품부 장관이 지정한 것을 의미함. 유기질비료는 동물질의 어박과 골분 및 계분가공비료 등을 포함하고, 또한 식물성으로는 대두박, 채종유박, 면실유박, 깻묵, 혼합유박 등이 포함됨. 부산물비료는 비료의 3요소 성분량은 고려하지 않고 유기물함량에 중점을 두며, 유기질비료는 유기물 함량보다는 3요소 비료성분 함량에 중점을 둠(박양호 외 8인, 2005, p.34).

을 줄이기 위해 친환경농업의 일환으로 맞춤형 비료 사업, 녹비작물 종자대 지원 사업, 유기질비료 사업을 시행한 것과 무관하지 않은 것으로 보임.

- 맞춤형 비료 지원 사업은 전국 지역별 토양을 분석해 농사에 필요한 성분을 배합해 만든 비료를 정부가 보조하는 것으로, 화학비료 사용량을 최고 33% 줄이고 생산비 절약, 토양환경 개선, 벼 쓰러짐 예방 등 다양한 효과가 있는 것으로 보고되고 있음. 그러나 이 사업은 2012년까지만 실시함.
- 녹비작물 종자 공급 지원은 토양 지력 증진 및 비료 사용량 절감을 목표로 추진하였음. 이 사업은 2008년 79억 원, 2009년 135억 원, 2010년 150억 원, 2011년 122억 원, 2012년 104억 원, 2013년 94억 원(2008년 대비 64.9% 증가)을 지원하였음.
- 유기질비료 지원 사업은 2007년 473억 원(1,350천 톤)에서 2013년 1,613억 원(3,081천 톤)으로 241.0% 증가함.

그림 3-3. 화학비료 감축 관련사업 추진 현황



자료: 농림축산식품부 친환경농업과 내부자료(2014).

표 3-2. 연도별 화학비료 감축 관련사업 현황

단위: 억 원, 천ha, 천 톤, %

구 분		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	'13/'07
맞춤형 비료사업 포대당 지원단가		-	-	-	1,800	1,100	800	-	-
녹비작물 종자대 지원	지원액	57	79	135	150	122	104	94	64.9
	사업량	134	120	138	108	97	115	100	-25.4
유기질비료 지원 사업	지원액	473	1,160	1,218	1,450	1,250	1,434	1,613	241.0
	지원량	1,350	2,000	2,100	2,500	2,500	2,858	3,081	128.2

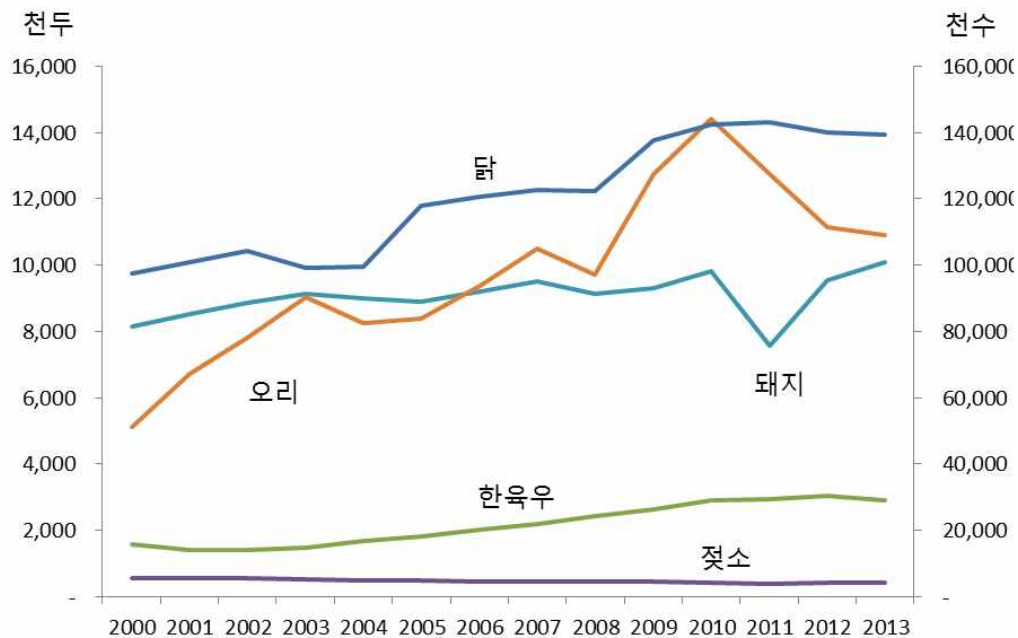
자료: 농식품부 친환경농업과 내부 자료.

1.2. 가축 사육두수 변화

- 가축사육두수는 2000년 한육우 159만 두, 젓소 54만 두, 돼지 815만 두, 닭 9,740만 수, 오리 513만 수에서 2013년에는 한육우 292만 두('00대비 83.5%), 젓소 42만 두('00대비 -22.0%), 돼지 1,001만 두('00대비 23.9%), 닭 1억 3,900만 수('00대비 42.9%), 오리 1,090만 수('00대비 112.3%) 등으로 젓소를 제외하고 모두 증가함.

- 소득 증가에 따른 육류 소비량의 증가로 한육우, 돼지, 닭 등의 사육두수가 증가한 것으로 보임. 한편, 젓소는 농가 폐업 증가로 지속적인 감소세를 보인다, 2010년 말 구제역 발병 이후 원유 생산량 증가를 위한 정책 시행과 원유기본가격 인상 등으로 2012년 이후 증가함.

그림 3-4. 가축사육두수 변동 추이



자료: 통계청. 각 연도.

표 3-3. 연도별 가축사육두수 현황

단위: 천 두(수), %

년도	한·육우	젖소	돼지	닭	오리
2000	1,590	544	8,150	97,433	5,134
2005	1,819	479	8,895	117,825	8,389
2010	2,922	430	9,819	142,355	14,397
2011	2,950	404	7,580	143,224	12,735
2012	3,059	420	9,534	139,907	11,161
2013	2,918	424	10,097	139,250	10,899
'13/'00	83.5	-22.0	23.9	42.9	112.3

자료: 통계청 각 연도.

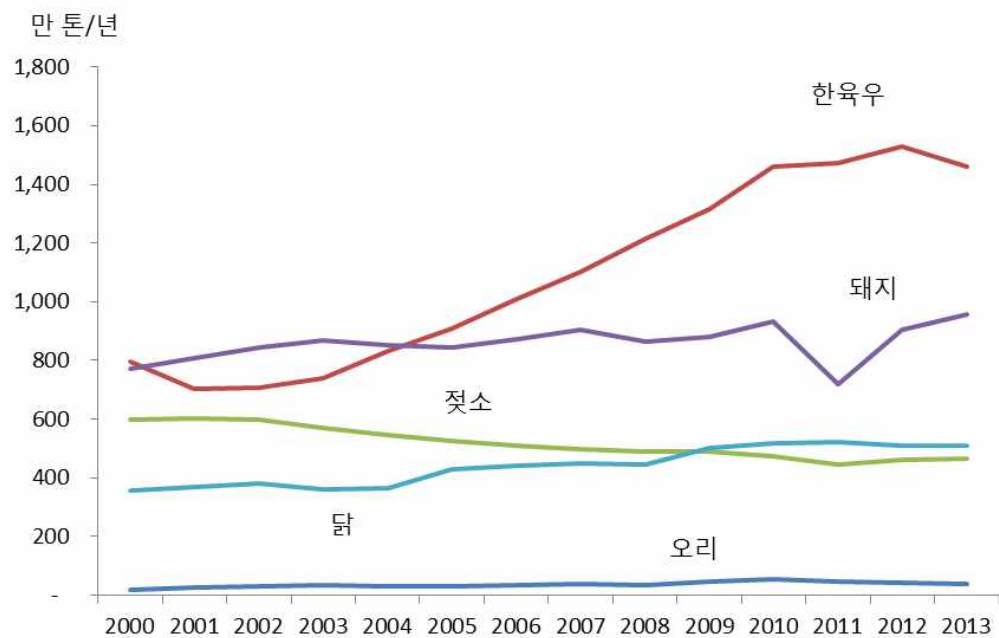
○ 가축분뇨의 특성

- 가축분뇨는 자원과 오염물질이라는 양면성을 가지고 있음. 자원으로 활용할 경우 유기물 및 양분공급원으로 활용이 가능하여 토양환경 개선과 자원순환 친환경농업 추진이 가능하나, 적정하게 관리되지 않을 경우 점오염원 또는 비점오염원으로 작용하여 수질에 큰 영향을 미침.
- 가축분뇨에는 질소(N)를 비롯한 인산(P_2O_5), 칼리(K_2O) 등 3대 비료성분과 유기물, 기타 작물생육에 필요한 각종 미량물질이 다량 함유되어 있으며, 토양개량제 역할도 함께 담당함.
- 가축분뇨가 제대로 관리되지 않고 수계에 유입되는 경우에는 심각한 오염원으로 작용함.
- 가축분뇨는 다른 폐수보다도 높은 농도의 유기물질과 영양염류를 함유하여, 유기물에 의한 직접적인 수질오염은 물론 질소·인 유입으로 인한 부영양화, 녹조 등을 유발함.

○ 가축분뇨 발생량

- 가축분뇨 발생량은 가축 사육두수에 축종별 배출원단위와 배출일수를 곱하여 결정됨.
- 가축 사육두수는 2000년 한육우 795만 톤, 젓소 597만 톤, 돼지 773만 톤, 닭 356만 톤, 오리 19만 톤에서 2013년에는 한육우 1,459만 톤('00 대비 83.5%), 젓소 466만 톤('00대비 - 22.0%), 돼지 958만 톤('00대비 23.9%), 닭 508만 톤('00대비 42.9%), 오리 40만 톤('00대비 112.3%) 등으로 젓소를 제외하고 모두 증가함.
- 2013년 가축분뇨 발생량은 3,431만 톤이며, 한육우 분뇨발생량이 1,459만 톤으로 42.5%를 차지하고, 돼지가 958만 톤으로 27.9%, 닭이 508만 톤으로 14.8%, 젓소가 466만 톤으로 13.6%를 차지함.

그림 3-5. 가축분뇨 발생량 변동 추이



자료: 한국농촌경제연구원 산정치(2015).

표 3-4. 연도별 가축분뇨 발생량

년도	단위: 만 톤/년, %					
	한우	젓소	돼지	닭	오리	합계
2000	795	597	773	356	19	2,540
2005	909	526	844	430	31	2,740
2010	1,461	472	932	520	53	3,437
2011	1,475	444	719	523	46	3,207
2012	1,529	462	905	511	41	3,447
2013	1,459	466	958	508	40	3,431
'13/'00	83.5	-22.0	23.9	42.9	112.3	35.1

자료: 한국농촌경제연구원 추정치(2015).

1.3. 농경지의 토양특성 변화

- 토양은 적절한 생태계 관리와 농산물 생산성 증대를 위하여 중요한 역할을 담당함. 환경성과 경제성이 보장되는 지속가능 농업이 이루어지는 데에는 적절한 토양관리가 관건이며, 여기에는 토양의 변동성에 대한 과학적인 진단과 평가가 필요함.
- 토양 변동성 실태를 알아보기 위해 국립농업과학원에서 수행한 농업 환경 변동 조사 사업의 자료를 이용함(국립농업과학원 2012, 2013). 농업 환경 변동 조사 사업은 친환경농업육성법 제3조 “농업자원 및 농업 환경 실태 조사”에 근거하여 1999년부터 실시되고 있음. 이 사업을 통해 농업 환경 자원인 토양과 물, 미생물의 질적 관리, 비료 사용 체계 개선 및 농업 환경오염 모니터링 등으로 농경지에 대한 토양개량 정책의 기초 자료를 제공함(흙토람<soil.rda.go.kr>, 토양환경정보시스템).
- 토양의 화학성은 토양산도, 유기물, 유효인산, 치환성양이온인 칼륨, 칼슘, 마그네슘 등의 지표를 통해 평가할 수 있음(김창길 외 4인, 2013).
 - 토양별로 토양환경 변화 실태를 분석한 결과, 유효인산의 경우 논토양 적정 범위 평균을 1.3배, 밭이 1.4배, 과수원이 2.1배, 시설재배지가 2.1배 높은 것으로 나타났음. 시설재배지 토양의 유기물은 1.2배 높아 유효인산과 함께 양분 집적이 상당히 이루어진 것으로 보임<표 3-5>.
 - 국내 농경지의 인산 축적이 1970년대 중반 이후 현재까지 지속적으로 증가하고, 평균 유효인산 함량이 작물재배에 필요한 적정수준을 초과하는 것으로 나타남. 농경지 유효인산 축적은 수용성 인산의 용출을 초래하여 부영양화 등 수질오염의 원인이 됨.
 - 현행 농경지의 양분이 과다한 상황에서 화학비료는 감축추세이나 가축분뇨 발생에 따른 양분공급은 지속적으로 늘어나 정부가 추진 중인 환경 친화적 지속가능한 농경지 관리에 장애요인이 되고 있음.

표 3-5. 연차별 화학성 현황(토양별)

구 분		산도 (pH)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmolc/kg)		
					칼륨	칼슘	마그네슘
논	'64~'68	5.5	26	60	0.23	4.5	1.8
	'76~'79	5.9	24	88	0.31	4.4	1.7
	'80~'89	5.7	23	107	0.27	3.8	1.4
	'90~'99	5.7	25	122	0.3	4.1	1.4
	'07	5.8	24	132	0.29	4.7	1.3
	'11	5.9	26	131	0.30	5.1	1.3
	적정 범위	5.5~6.5	25~30	80~120	0.25~0.30	5.0~6.0	1.5~2.0
밭	'64~'68	5.7	20	114	0.32	4.2	1.2
	'76~'79	5.9	20	195	0.47	5.0	1.9
	'85~'88	5.8	19	231	0.59	4.6	1.4
	'92~'93	5.5	24	538	0.64	4.2	1.3
	'97~'01	5.8	24	562	0.81	5.2	1.5
	'05	5.9	25	567	0.81	6.2	1.7
	'09	6.2	24	679	0.79	5.9	1.8
	적정 범위	6.0~6.5	20~30	300~500	0.5~0.6	5.0~6.0	1.5~2.0
과수원	'93~'98	5.7	27	662	0.80	5.3	1.4
	'06	5.9	27	696	0.94	6.7	1.8
	'10	6.3	29	636	1.00	6.5	1.9
	적정 범위	6.0~6.5	25~35	200~300	0.3~0.6	5.0~6.0	1.5~2.0
시설	'91~'93	6.0	31	861	1.07	5.9	1.9
	'95~'00	6.2	33	1,040	1.37	6.8	2.8
	'08	6.4	35	1,072	1.52	10.4	3.4
	'12	6.6	37	1,049	1.58	10.6	3.3
	적정 범위	6.0~7.0	25~35	350~500	0.7~0.8	5.0~7.0	1.5~2.5

주: 과거 자료는 토양검정 자료를 이용하였으며 논·밭의 경우 1999년 이후, 과수원의 경우 2001년 이후, 시설재배의 경우 2000년 이후는 토양 변동 자료를 이용하였음.

자료: 김창길 외 4인(2014).

- 도별 농경지 토양특성을 보면 산도와 유기물의 경우 도별로 약간의 차이가 있으나 대체로 적정범위에 있으며, 유효인산의 경우 밭, 과수원, 시설재배지 등에서 거의 모든 도에서 적정범위를 초과하는 것으로 나타남.

표 3-6. 연차별 화학성 현황(토양, 도별)

	도 별	연 도	산도	유기물	유효인산	치환성양이온(cmolc/kg)		
			(pH)	(g/kg)	(mg/kg)	칼륨	칼슘	마그네슘
논	경기	'11	5.7	24	84	0.3	4.7	1.3
	강원	'11	5.8	26	104	0.19	4.4	0.8
	충북	'11	5.9	24	96	0.18	4.2	1.1
	충남	'11	6.1	21	102	0.28	5.2	1.3
	전북	'11	5.7	22	122	0.24	5.2	1.5
	전남	'11	5.9	31	126	0.4	5.5	1.4
	경북	'11	6.1	26	160	0.4	5.4	1.3
	경남	'11	6.1	31	235	0.37	6.2	1.4
	제주	'11	5.9	90	64	0.62	13.4	4.9
밭	적정		5.5~6.5	25~30	80~120	0.25~0.30	5.0~6.0	1.5~2.0
	경기	'09	6.3	21	812	0.92	5.7	1.8
	강원	'09	6.3	20	699	0.63	4.4	1.1
	충북	'09	6.2	18	435	0.55	6.8	1.9
	충남	'09	6.2	21	755	0.65	6	1.7
	전북	'09	6.0	19	646	0.93	6.1	2.1
	전남	'09	6.2	38	744	0.92	5.1	2.2
	경북	'09	5.9	23	549	0.91	5.6	2.3
	경남	'09	6.3	25	666	0.86	8.5	1.7
과수원	제주	'09	6.1	66	364	0.97	7.7	2
	적정		6.0~6.5	20~30	300~500	0.5~0.6	5.0~6.0	1.5~2.0
	경기	'10	6.3	21	653	0.72	6.1	1.9
	강원	'10	5.9	28	791	0.97	4.9	1.3
	충북	'10	6.6	29	577	0.66	6.4	1.6
	충남	'10	6.4	23	716	0.78	7.3	1.9
	전북	'10	6.3	31	703	1.24	5.5	2.4
	전남	'10	6.2	37	573	1.1	7.6	2
	경북	'10	6.1	28	562	1.2	6.3	2
시설 재배지	경남	'10	6.2	31	752	1.27	8.3	2.1
	제주	'10	5.1	90	381	0.47	3.7	1.2
	적정		6.0~6.5	25~35	200~300	0.3~0.6	5.0~6.0	1.5~2.0
	경기	'08	6.4	34	1747	1.67	12.2	4.3
	강원	'08	6.3	33	1179	1.42	8.8	2.5
	충북	'08	6.5	29	988	1.3	9.8	2.9
	충남	'08	6.4	28	1014	1.06	8.7	2.5
	전북	'08	6	36	1054	1.58	10.3	4
	전남	'08	6.3	47	936	2.7	11.5	4.2
시설 재배지	경북	'08	6.6	34	698	1.21	12.9	3.6
	경남	'08	6.3	35	1258	1.93	10.5	3.9
	제주	'08	5.9	67	771	1.78	8.9	3.2
	적정		6.0~7.0	25~35	350~500	0.7~0.8	5.0~7.0	1.5~2.5

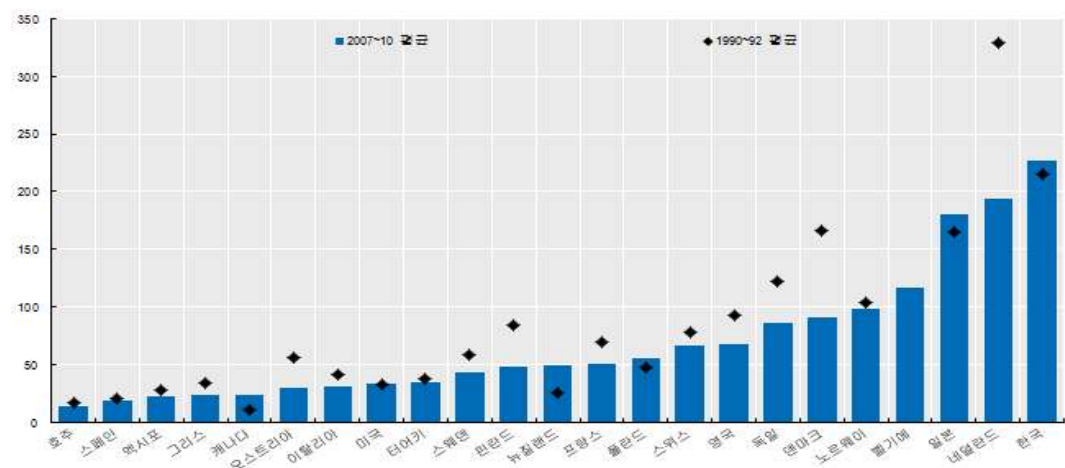
자료: 국립농업과학원(2013).

1.4. OECD 양분지표의 변화⁸

- 한국은 총질소 수지지표는 1990~92년 평균은 215.2kg/ha에서 2007~2010 평균은 226.4kg/ha(1990~92년 평균대비 5.0% 증가)로 가장 높은 수준으로 나타남. 이는 OECD 평균치인 61.5kg/ha에 비해 3.7배 높은 수준임. 우리와 농업 여건이 비슷한 일본의 180.2kg/ha에 비해서도 1.3배 높은 수준임.
- 대부분의 OECD 국가들의 질소잉여 집약도가 1990~92년 평균치에 비해 2007~2010 평균이 낮거나 비슷한 수준을 보이고 있음. 특히 네덜란드는 1990~1992년 평균은 328.7kg/ha로 가장 높은 수준이었으나, 잉여양분 관리를 위한 특단의 조치를 추진하여 2007~2010년 평균은 193.3kg/ha로 크게 감소하여, 우리나라 다음으로 높은 수준을 나타냄.
- 일본, 폴란드, 뉴질랜드, 캐나다 등은 2007~2010 평균치가 1990~92년 평균치에 비해 각각 9.0%, 15.0%, 98.0%, 107.0% 증가하였음. 한편, 영국은 네덜란드와 같이 2007~2010 평균치가 1990~92년 평균치에 비해 28.0% 낮아짐.
- OECD 전체국가들을 살펴보면, 2007~2010 평균치가 1990~92년 평균치에 비해 20.0% 감소하여, 전체적으로는 환경농업정책 추진 등에 의해 질소잉여 집약도가 낮아진 것으로 나타남.

8 1994년 12월부터 1996년 12월에 걸쳐 OECD 농업환경정책위원회 공동작업반은 7차례의 회의를 거쳐 13개의 농업환경지표(① 농업양분균형지표, ② 농약사용지표, ③ 농업용수사용지표, ④ 농업용수수질지표, ⑤ 토지사용 및 국토보전지표, ⑥ 토양질 지표, ⑦ 농업온실가스지표, ⑧ 농업경관지표, ⑨ 농장관리지표, ⑩ 농장재정지표, ⑪ 농업의 사회문화지표, ⑫ 생물다양성지표, ⑬ 야생동물 서식지지표)를 개발키로 결정하고 지표별 선도국가를 선정하여 지표개발이 추진되어 왔음. 양분균형지표는 핵심지표로써 농업으로부터 환경오염을 나타내는 하나의 지표임. 농경지에 투입되는 화학비료나 가축분뇨 등의 양분량(질소, 인산)에서 농작물 생산 등의 반출량을 제외하고, 남은 양분량을 나타낸 값을 의미함. 양분수지지표의 값은 양분부족에 의한 토양비옥도 저하와 양분과잉에 의한 토양, 물 및 대기 오염을 초래하는 환경오염의 정도를 나타냄. 양분수지지표는 연도별 농경지의 ha당 킬로그램 단위의 양분과잉(혹은 양분부족)으로 나타냄.

그림 3-6. OECD 주요국의 질소잉여 집약도(kg/ha) 변동 추이(1990~2010)



자료: OECD(2013).

표 3-7. OECD 주요국의 질소잉여 집약도

	단위: kg/ha, %							
	OECD	한국	네덜란드	일본	영국	캐나다	뉴질랜드	폴란드
1990-92	76.9	215.2	328.7	165.3	93.6	15.0	24.7	47.8
2007-10	61.5	226.4	193.3	180.2	67.4	23.0	49.0	55.0
증감률 (%)	-20.0	5.0	-41.0	9.0	-28.0	107.0	98.0	15.0

자료: OECD(2013).

2. 주요국의 양분관리 사례 검토

2.1. 미국

2.1.1. 양분관리 체계

- 미국은 농무부(USDA)의 자연자원보전청(Natural Resources Conservation Service, NRCS)에서 농경지의 양분관리를 총괄하며, 양분관리지침에 따라 양분의 투입량, 원료, 적용방식, 작물양분 적용 시기, 토양개량제 등을 제시함.
 - NRCS는 농경지의 양분관리 지침으로 양분관리보전방법표준(Nutrient Management Conservation Practice Standard, Code 590)을 제정하여 관리함.⁹ 이를 기초로 미국은 주단위로 양분관리 방안을 수립하여 실천하고 있음.
 - 허가기관은 시비용 토지의 테스트 결과에 따라 시비량을 질소 기준으로 산정할지, 인 기준으로 산정할지, 시비를 금지할지를 결정함. 이 때 주로 보는 것은 인 지수, 토양 인 한계치 레벨, 토양 검사 인 레벨 등이며 주에 따라 다른 자료를 참고하기도 함.
- 양분관리와 관련하여 축산분야의 가축분뇨 배출시설에 대한 관리는 크게 환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)이 주관하는 국가오염물질 삭감시스템(National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES)에 의한 허가제도와 USDA가 추진하는 종합양분관리계획(Comprehensive Nutrient

⁹ NRCS의 양분관리 지침인 CODE 590은 작물의 양분수지, 공급, 보전 등과 지표수와 지하수 자원의 비점오염원의 최소화, 작물양분 공급원으로 가축분뇨와 유기물을 적절하게 이용하기 위한 분야별 세부 내용을 담고 있음(NRCS, 2013).

Management Plan, CNMP)으로 분리되어 관리되고 있음.

- EPA는 각 주의 허가기관이 기술표준을 만들 때 이 NRCS 표준에 근거하여 개발할 것을 권하고 있음. EPA는 또한 국가양분관리기술표준(National Nutrient Management Technical Standard)을 개발하여 허가기관의 기술표준 개발을 위한 모델로 제시하고 있음.

2.1.2. 작물분야 양분관리

- 농경지에 비료를 시비하는 경우 작물이 필요로 하는 추천 양을 초과하지 않도록 함.
 - 토양 내 총 사용 가능한 질소의 양은 비 콩과식물의 연간 질소 요구량 또는 콩과식물의 연간 질소 요구량을 초과하면 안 됨.¹⁰ 질소와 가축분뇨 적용으로 작물 재배에 필요한 총 질소 요구량을 달성한다면, 콩과식물, 가축분뇨, 그리고 유기 부산물 등의 추천 질소 비율은 기존의 기준보다 20% 초과하는 양 까지 허용됨. 그러나 경작지에 시비하는 가축분뇨만 보았을 경우, 가축분뇨에 포함된 질소의 양이 해당 경작지의 콩과식물 및 다른 작물에 의해 사용되는 연간 질소 필요량을 넘기지 않도록 해야 함.
- 다음 해 작물의 성장을 위하여 가축분뇨를 늦은 여름이나 가을에 살포할 경우, 토양의 온도가 50°F(10°C)을 넘을 때에는 양분의 지하수 유입을 최소화하기 위해 다음의 조건 중 한 가지를 적용해야 함.
 - 액체 가축분뇨에 질산화 억제제를 첨가하여 사용하며, 헥타르 당 사용 가능한 질소를 22.0kg으로 제한하며, 9월 15일 이후가 될 때 까지 시비 시기를 늦추고, ha당 사용가능한 질소를 16.5kg으로 제한함.
 - 다년생 작물이 심겨있거나 가을에 열매 맺는 작물의 경우에는 가축분뇨의 살포를 허용함. 질소의 적용은 ha당 48.6파운드를 초과하지 않아야

¹⁰ Carrie A.M. Laboski and John B. Peters(2012)

하며 작물의 질소 요구량이 48.6파운드(22.1kg)보다 낮다면 그 양을 넘기지 않도록 해야 함.

- 목초지에 ha당 투입 가능한 가축분뇨의 투입량 수준은 질소 6.4kg, 인산 4.6kg, 칼리 14.7kg를 초과하지 않도록 하며, 고체 분뇨는 4톤을 초과하지 않도록 해야 함.
- 양분관리 계획(NMP)의 요소로는 해당 장소에 대한 토양 지도와 공중 촬영사진, 현재 생산중인 작물 및 경작 계획인 작물과 작물 산출량 및 현실적 산출목표량, 토양·작물·가축분뇨 또는 유기 부산물 샘플분석 결과, 추천 양분 적용률, 문서화 된 실제적인 양분의 적용, 각 경작지의 양분 수용 가능성과 실제 토양손실, 인 수치(Balance) 또는 인 지수에 대한 토양 검사, 규제 및 프로그램 요구사항 또는 생산자의 목표에 부합하는 다른 관리 활동 등을 들 수 있음.
- 토양의 양분 중 인의 과다를 최소화 하는 추가적인 조항으로 작물 윤작 중 사용되는 가축분뇨 또는 유기 부산물이 포함하는 인을 관리하도록 하는 전략을 개발하는 조항이 있음. 인 지수(Phosphorus Index, PI) 또는 인 관리 전략으로서의 토양 검사를 사용해야 하며, 둘 중 한 가지 전략을 선택했다면 일관적으로 농장의 모든 경작지에 동일한 방식을 적용해야 함.
- 농경지에 투입되는 시비량은 곡물 생산량과 이에 따른 양분 필요량, 토지잔존 양분, 비료, 관개용수 중 양분 등을 근거로 결정됨. 시비량 계산방식을 간단히 나타내면 다음과 같음.
 - 작물학적 시비율 = 곡물의 양분필요량 - 양분크레딧
 - 곡물의 양분필요량 = 곡물의 양분흡수량 × 곡물생산량
 - 질소크레딧 = 콩과식물의 질소크레딧 + 이전 분뇨시비에 의한 잔존 질소 + 시판비료 시비에 의한 질소 + 관개용수 중 질산성 질소 + 곡물잔여물 + 기타 질소크레딧

※ 미국은 수질개선을 위한 시장지향적 양분관리 수단으로 환경보전처와 미국 농무부가 공동으로 양분 크레딧 거래프로그램(Nutrient Credit Trading Program, NCTP)을 수립하여 추진하고 있음. NPDES(National Pollutant Discharge Elimination System)에서 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 됨.

<미국의 양분크레딧 제도>

- 양분크레딧 거래(Nutrient Credit Trading)는 오염원들 간 오염물질 방출 할당량과 관련된 시장 지향적인 정책수단임. 농장에서 규정을 지킨다면 금전적인 보상을 받을 수 있는 수단으로 사용되며 전체적인 오염물질을 줄이는 데도 도움이 되는 제도임. 처음 양분크레딧 거래제는 수질 개선에 주요 목적을 두고 있어 수질 거래로 불리며, 생산자들은 그들의 자연자원 보존 활동에 관한 대가를 받음.
- 오폐수를 처리하는 시설에서 생산자들이 자연자원 보존 활동을 통해 모아둔 크레딧을 구입함. 이러한 시설에서는 국가 오염물질 제거 시스템(National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES)에서 제한한 규정을 지켜야 하기 때문에 새로운 오염물질 저감 장치를 설치하는 것 보다 다른 사람으로부터 크레딧을 구입하는 것이 규정 준수에 도움이 됨. 이러한 방식을 최적관리기법 ‘(Best Management Practices, BMPs)’으로 지칭함.
- 양분크레딧 거래는 자발적인 방식으로 이루어지며, 농업인들은 오염물질 저감활동에 참여해야만 하는 의무는 없음. 법이나 규정은 없지만 오수 처리시설들은 토지소유주들이 참여하도록 하여 발생된 크레딧을 구입하고자 함. 이러한 활동은 US 농무부(US Department of Agriculture, USDA)나 US 환경보전청(US EPA)의 지원을 받음.

<미국의 양분크레딧 제도(계속)>

- 양분크레딧 거래의 종류에는 제한을 정해두고 거래하는 방법과 현장에서 거래하는 두 가지 방법이 있음. 제한을 정해두고 거래하는 방법은 기관에서 규정을 만들어 규제를 하는 방법이며 현장에서 거래하는 방법은 정해진 제한 없이 전체 생태계의 질을 발전시키도록 고안된 제도임. 두 가지 방법 모두 오폐수 처리시설과 같은 점 오염원의 오염물질을 줄일 수 있는 시스템이며, 질소, 인이나 퇴적물과 같은 한 가지 오염원에 대해서만 거래하거나 습지보존과 같이 자연보존과 관련된 전체적인 활동에 대해서 거래할 수 있음. 이러한 거래는 생태계 거래라고도 함. 생산자는 한 가지 자연보존 활동으로 크레딧을 만들어 여러 시장에 판매하는 것이 가능함. 두 가지 방법 이외에 양분을 거래하는 경우 오염물질의 감축량 무게로 거래되기도 함.
- 제한을 정해두고 거래하는 방법은 오염물질이 수역에 방류되는 제한된 양을 정해놓는 것을 기반으로 됨. 이 방법은 청정수법(Clean Water Act)이 각 지역에 요구하는 일간 총 최대방출량(Total Maximum Daily Loads, TMDLs)을 규정하여 적용함. 주와 연방의 EPA와 같은 기관이 양분크레딧 거래를 지원하며 관련된 단체에 방법을 제시하여 도움을 줌.
- 거래 프로그램이 다양하며 각기 다른 방식으로 기준선을 고정함. 기준선에는 상세한 오염물질 감축량을 파운드로 나타내야 하고, 오염물질 감축 비율과 자연 보존 활동이 실행되기 위한 최소한의 오염물질 요구량이 포함되어야 함.¹¹
- 양분 거래를 위한 도구로는 NutrientNet, WRI Spreadsheets, Nitrogen Trading Tool(NTT)이 있음.

11 Harbans Lal, WNTSC/NRCS/USDA, Nutrient Credit Trading – a Market-based Approach for Improving Water Quality

2.1.3. 축산분야 양분관리

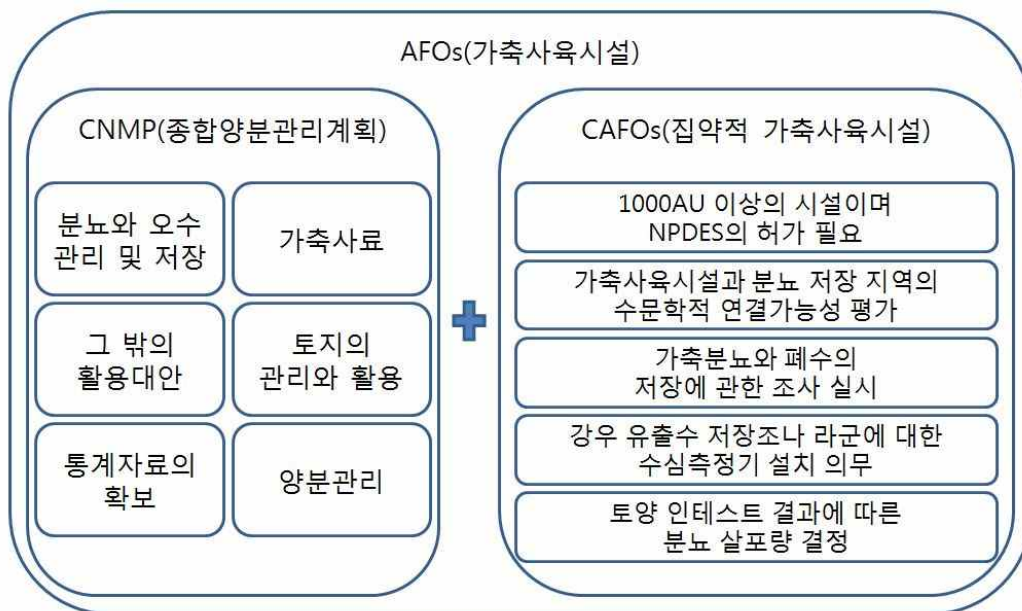
- 종합양분관리계획(CNMP)은 토양, 수질, 공기자원에 대한 가축분뇨의 양분부하를 최소화하는 세부적인 관리기법으로 미국 환경보전청(EPA)과 농무부에서 도입하였음.
 - 환경보전청은 축산분야의 양분관리를 가축사육시설(Animal Feeding operations, AFOs)과 집약가축사육시설(Concentrated Animal Feeding Operations, CAFOs)나누어 관리하고 있음.¹² CAFO는 사육두수 규모에 따라 대규모 CAFOs(축우 1,000두 이상, 25kg 이상 돼지 2,500두 이상), 중규모 CAFOs(축우 300~999두, 돼지 750~2,499두), 소규모 CAFOs(축우 300두 미만, 돼지 750두 미만)으로 분류하며, 대규모 CAFOs는 양분관리 계획의 이행, 허가당국에 연간보고서 제출, 양분관리실적 기록을 5년 이상 보관 등의 의무사항을 실천해야 하며, 중규모 CAFOs의 경우 환경오염에 문제가 있는 경우 의무사항을 실천해야 함.
 - CNMP는 가축분뇨 관리를 위한 도구로 수질 및 건실한 토양 유지를 위해 체계적인 양분관리를 적용함. 이는 좀더 복잡한 보전계획인 가축사육시설(Animal Feeding Operations, AFO)의 관리의 일부로 볼 수 있으며, AFO의 자원 목록과 관련하여 환경적 위험이 있을 때 적용됨.¹³
 - 가축관리 측면에서 자연자원 보존과 생산 시스템을 동시에 고려하여 양분의 투입과 산출의 균형을 맞추고자 함. 각 주별로 다르게 적용되는 CNMP의 주요 요소를 크게 나누어보면, 분뇨와 오수의 관리 및 저장, 가축사료, 토지의 관리와 활용, 양분관리, 통계자료의 확보, 여타 활용 대안 등 여섯 가지를 들 수 있음.
 - 필요로 하는 정보를 상세히 조사하여 양분의 적용률, 적용형태, 적용시기,

12 AFO 및 CAFO는 작물 재배를 지속적으로 하지 않는 상당히 좁은 지역 내에서 가축을 사육하고 분뇨를 처리하며 방목을 위한 초지는 제외하고 있는 시설을 의미함.

13 CNMP는 NRCS의 National Planning Procedures Handbook, Subpart B, Part 600.54.의 적용 가능한 기준을 모두 사용함.

적용방법 등을 포함하여 실제로 적용되는 양분에 관해 문서화 하여 정리함. 작성한 문서를 바탕으로 현재 경지의 조건이나 예보된 날씨에 기반을 두어 단발적인 양분 유출 사건이 발생하였을 때 양분 유출이 심하게 일어날 위험을 줄이기 위한 경지 관리 목록을 수정할 필요가 있는지를 평가함. 토지에 비료를 사용하는 것이 적절하지 않은 기간인 경우, 가축분뇨는 가축분뇨 저장소에 저장하여야 함.

그림 3-7. 미국의 가축사육시설의 양분관리의 기본 틀



- USDA에 따르면 미국에 약 450,000개의 가축사육시설(Animal Feeding Operations, AFOs)가 운영되고 있고, 이 중 약 15%가 집약적가축사육시설(Concentrated Animal Feeding Operations, CAFOs)임. CAFO가 전체 가축 사육두수의 50% 정도를 차지하고, 과잉양분의 65% 이상을 차지하고 있으므로 미국의 가축분뇨 관리는 CAFO 관리에 집중되고 있음.

- 모든 CAFO는 생산 과정에서 질소와 인이 지표수로 유입되는 것을 최소화하기 위해 양분의 형태, 출처, 살포량, 살포시기, 시비방법 등을 관리하는데 사용되는 NMP를 개발하여 시행해야 함.¹⁴
- NMP는 특별한 양식이 정해져 있지 않으며, 각 CAFO는 각 주가 대부분 가지고 있는 자체적인 양분관리 관련 계획에서 위의 요소들 중 빠진 부분에 대해 보완하면 됨. EPA는 CAFO가 최소 필수요소 이상의 좀 더 종합적인 계획을 마련할 것을 장려하고 있음. NMP를 개발함에 있어 USDA의 CNMP 안내서를 따를 것을 권함.

2.2. 캐나다

2.2.1. 양분관리 체제¹⁵

- 캐나다의 양분관리업무는 농식품부(Ministry of Agriculture and Agri-Food Canada)에서 총괄하며, 각 주 정부에서는 양분 관리에 관한 안내와 농장에서 적용할 수 있는 양분 계획 수립을 지원하고, 양분관리 전문가 육성을 위한 교육과정도 제공함.
- 농경지 양분관리의 기본 지침은 과학적 분석(science-based approach)을 기초로 양분수지를 관리하며, 양분수지 방정식(nutrient balance equation)을 활용함. 즉,

$$[\text{토양의 양분요소} + \text{추가된 양분요소} = \text{토양의 작물양분요구량} + \text{추가된 초과양분량}(0\text{이 되도록 함})]$$
- 캐나다 농경지의 양분관리는 작물이 필요로 하는 양분요구량(Soil Nutrients Crop Requirement) 만큼만 투입되도록 함으로써 초과양분량(excess nu-

¹⁴ 40 CFR 122.42, 412.4

¹⁵ Legislation and Farming Practices: Nutrient Management Act, 2002, S.O. 2002, c.4, as amended

trient)을 제로(0)가 되도록 관리하는 것이 목적임.

- 4R을 기초로 한 양분적정관리의 기본 틀
 - 양분관리를 위한 최적관리기법(Best Management Practices, BMP)으로 4R 양분적정관리(4R Nutrient Stewardship) 프로그램을 수립하여 추진하고 있음. 4R은 적절한 비료원(Right source), 적절한 비율(Right rate), 적절한 시간(Right tim), 적절한 장소(Right place)로 구성되어 있으며, 농업인이 생산과정에서 4R을 고려하여 영농을 해야 지속가능한 농업이 실현될 수 있다고 봄.
- 4R 양분적정관리는 생산성 증대, 농가수익성 증대, 환경보전 강화와 지속가능성 개선 등의 작물재배시스템(cropping system)의 다목적의 프레임을 제공한다. 이들 목적 달성을 위해 적절한 비료원(Right fertilizer source), 적절한 비율(Right rate), 적절한 시간(Right time), 적절한 장소(Right place)를 지칭함.
 - 적절하게 관리된 비료는 경제적, 사회적 및 환경적 편익을 제공하는 작물 재배 시스템을 지원함. 한편 부적절한 양분관리는 수익성을 감소시키고 양분실의 증가로 잠재적으로 물과 대기를 악화시키는 요인으로 작용함.
 - 4R 양분적정관리는 비료이용의 효율성을 최적화시키는 최적관리기법(Best Management Practices, BMP)의 운용을 필요로 함. 비료 BMP의 목적은 작물이 필요로 하는 양분의 공급과 농경지로부터 양분 손실(nutrient loss)을 최소화하는데 있음.
 - BMP의 선택은 위치에 따라 다르며, 농가가 위치한 지역적 토양 및 기후 보전, 작물, 관리조건 및 여타 특성 등에 따라 결정됨. 무경운과 피복작물(cover crops)과 같은 여타 농학적 보전기업은 4R 양분적정관리를 지원함에 있어 중요한 역할을 함. 결과적으로 비료 BMP는 여타 농학적·보전적 기법이 적용될 때 아주 효과적임.
- 4R의 원칙은 과학적 분석을 기반으로 전역적으로(globally) 동일하나, 토양,

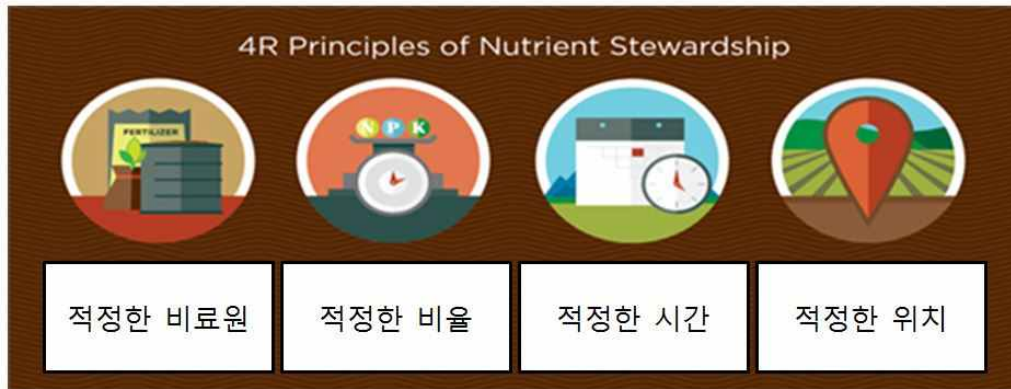
작물재배, 관리기법과 기후 등 지역적 특성에 따라 다른 방식으로 적용됨.

- 적절한 비료원: 식물이 이용가능한 형태에서 자연적으로 이용가능한 원천과 특정 작물의 특성 모두를 고려하여 필수 영양소의 균형 공급하는 비료원(상업적 화학비료, 가축분뇨, 유기질비료 등)의 선택
- 적절한 비율: 토양검정을 기초로 토양양분 공급과 식물수요를 기초로 한 평가와 의사결정
- 적절한 시간: 작물 양분요구량(crop uptake)의 동태성, 토양 공급, 양분유실 위험, 농경지 경작 위치 등을 고려하여 평가하고 결정함.
- 적절한 위치: 특정 재배지역에 작물이 필요로 하는 요구량을 충족시키고 재배지로부터 잠재적 손실을 제한하는 뿌리-토양의 동태성과 양분 이동을 다루고 공간적 변동성을 관리

○ 4R 양분적정관리는 경작지 경영의 효율성을 강화하는 새로운 기술(emerging technology)의 사용과 농가 노동력과 생산성 개선, 수확 작물당 비용의 절감 등의 농가경영 의사결정을 지원하는 정보원의 접근 개선을 통해 경제적 및 사회적 목적을 달성함.

- 농가들의 경영방식에 따라 다를 것이며, 경작지에 따라 다르나, 공통의 목적으로는 농가순수익을 개선하고 지역경제 발전에 기여하는 경제적 목적과 농가구의 삶의 질과 식이 및 교육 등을 개선하는 사회적 목적을 달성함.
- 환경으로 원치 않은 양분유출을 줄이고, 토양입자가 포함된 양분의 토양 침식을 줄이고 휘발성 암모니아 유출을 줄이며, 아산화질소와 이산화질소의 질산화와 탈질화를 감소시킴으로써 환경개선에 기여, 농가생산 단위당 에너지 사용을 줄이며, 작물부산물과 가축분뇨의 작물양분원으로 재활용 등을 통해 환경적 목적을 달성함.

그림 3-8. 양분 관리 4R의 원리



- 농업부문 양분관리 민간기관으로 캐나다 비료연구원(Canadian Fertilizer Institute)이 양분관리 교육기관으로 참여하고 있음.¹⁶ 이 연구원에서는 주로 4R 양분적정관리(Nutrient Stewardship)에 초점을 맞추어 교육을 진행함.

2.2.2. 양분관리 전략과 계획¹⁷

- 캐나다에서는 자연 환경을 보호하고, 지속 가능한 농업과 농촌의 발전을 위해 양분관리 전략(Nutrient Management Strategy, NMS)과 계획(Nutrient Management Plan, NMP)을 수립하여 추진하고 있음. 각 주별로 농경지의 양분 관리방법에 대한 세부적인 규정을 제정하여 체계적으로 관리하고 있음.
 - 온타리오 주의 양분관리 규정을 보면 최소 크기(5양분 단위 이상)의 가축을 사육하는 경우 축사 건축, 분뇨 저장 및 혐기성 소화조를 통한 분뇨처리 관련 허가 등을 받아야 함. 이러한 가축 관리는 NMS가 요구되며 NMP

¹⁶ <http://www.cfi.ca/>
<http://www.farming4future.ca/>

¹⁷ NMA Records and Renewals: Nutrient Management Act, 2002

도 요구될 수 있음. NMP는 적용되는 장소와 크기에 따라 필요하며, 가축 분뇨를 토지에 저장하기 위해 허가를 받는 경우에도 NMS와 NMP의 요구사항은 같아짐.

- 양분 관리 법안은 경작지에 사용되는 물질인 양분이나 하수에서 재사용된 유기물(biosolids), 펄프와 종이에서 재사용된 유기물, 식량으로 재배된 채소, 세정수, 유기 폐기물과 같은 몇몇 부산물을 포함하는 물질에도 적용됨. 이러한 농업 자원이 아닌 물질(Non-Agricultural Source Materials, NASM)은 3개의 큰 범주로 분류됨. 범주 1,2,3으로 나누는데, 범주 2와 3의 모든 물질에 NASM 계획이 필요함. 몇몇 NASM은 저장되거나 땅에 사용되기 전에 온타리오 농식품부 관료의 승인을 받아야 함.¹⁸
- 축사를 신축하거나 확장할 때, 가축분뇨 분뇨 처리 및 저장 시설 설치시 농장이 5양분 단위(Nutrient Units, NU) 이상이면 OMFRA(온타리오 농식품부)에 승인받기 위해 NMS를 제출해야 함. 만일 농장 단위가 300 양분단위(NU)보다 큰 경우는 NMS와 NMP가 반드시 준비되어야하고 유지되어야 함.
- 질소와 인산 등 주요 양분의 관리
 - 질소 성분의 관리와 관련하여 가축분뇨의 불안정적인 질소는 노에서 요소의 형태로 발생하고, 이것은 가축분뇨의 총질소의 50% 이상을 차지하며, 분에서는 더욱 안정적인 유기 질소가 발생하며 서서히 배출됨.¹⁹ 가축분뇨를 비료원으로 즉시 투입하지 않는 경우 휘발성 질소에서도 비슷한 손실이 예상됨. 휘발성 질소는 하수의 오염물을 재활용한 비료와 같은 농업 자원이 아닌 물질(non-agricultural source materials, NASM)에 들어 있으며, 가축분뇨 투입 시 경제성이 좋다는 점과 표면적인 질소 유출을 줄일 수 있음.
 - 인은 토양 속에 있는 식물 성장에 필수 요소가 되는 영양분 중 가장 적게

¹⁸ 온타리오 법안 267/03

¹⁹ Incorporation of Liquid and Solid Prescribed Materials: Nutrient Management Act, 2002

움직이는 요소임. 인은 흙 속에 결합되어 있고 소량만이 유출되는 경향이 있기 때문에, 수질과 관련된 가장 중요한 특징은 일반적으로 표면에서의 유출과 침식임.²⁰

- 칼리는 현재 수질에 위협을 주는 요인으로 간주되고 있지는 않으며, 비교적 흙 속에서 부동성을 갖고 있는 특징을 가지고 있어 토양 내에 필요량 보다 초과되지 않도록 관리해야 함.

2.3. EU

2.3.1. 양분관리 현황²¹

- 가축분뇨와 비료를 사용하는 농업은 EU농업정책의 핵심인 공동농업정책에 영향을 받게 됨. 농산물 잉여와 농업이 환경에 부하를 준다는 인식이 커짐에 따라 규제가 포함하는 CAP의 개정이 추진됨.
 - CAP 개정을 실행하는 주된 정책 수단은 ‘상호준수(cross-compliance)’임. 상호준수에 의해 환경정책과 다른 농업지원정책 사이에 연결고리가 생겨났고, ‘단일농가지불금이 시행됨. 좋은 농업환경조건(Good Agricultural and Environmental Condition, GAEC)은 국가나 지역 단계에서 세부적으로 정해지며, 토양에 포함된 양분, 토양 침식, 토지 유지 등 자연의 생물 거주지 파괴를 피하는 것이 포함됨.
 - CAP의 농촌 발전 정책은 2007년부터 2013년까지 착수되었으며, 농업과 삼림지 분야의 경쟁력 제고, 지방과 환경의 발전, 농촌 지역의 삶의 질 향상 및 농촌 경제의 다양화 장려 등 세 개의 주제에 집중되어 농촌 발전 정책이 시행됨.

20 인 침식에 관한 더 자세한 정보는 OMAFRA Factsheet Determining the Phosphorus Index for a Field, Order No. 03-109에 나와 있음.

21 Oenema. Governmental Policy Measures Dealing with Nutrient Management in Agriculture

- EU의 27개국은 1960년에 약 4Tg의 질소비료를 사용하였고, 비료를 가장 많이 사용했던 1980년대 후반에는 12Tg을 사용함. 2002년에는 약 10.5Tg의 비료를 사용하였고, 가축에서 나오는 질소의 양은 1960년에 7~8Tg, 1980년대 후반에는 11Tg으로 상승하였다가, 그 이후 2000년에는 10.3Tg으로 하락하는 경향을 보임.
 - 2005년 세계 인구의 10% 미만인 EU 27개국의 4억 9천만 명 인구는 비교적 높은 비중(13%)으로 질소 비료를 사용하였으며, 가축분뇨로 질소를 배출한 것은 10%였으며, 사용된 질소보다는 외부로 유출된 양이 많았음.
 - NH₃ 배출량의 약 90%와 N₂O 방출량의 60%, 지표수로 흘러들어간 질소의 40~60%가 농업계에서 배출된 것임. 1990년대에는 농업에서 방출되는 질소가 줄어드는 추세였지만, 산업이나 가정, 폐수 처리과정에서 질소의 방출량이 줄어드는 추세가 훨씬 강함.

2.3.2. 양분관리 법규²²

- 양분 오염원의 가장 중요한 원천은 농업임. 농업 과정에서 질소와 인과 같은 양분이 유출되어 토양이나 물을 오염시킴. 농업의 부정적인 효과를 줄이기 위해 EU 나라들이 입법과 정책을 만듦. 양분 관리에 관한 유럽국가 양분관리법규(Nutrient Management Legislation in European Countries, NUMALEC)의 모든 정책 실행을 수록할 수 없으므로 몇몇 주요 국가들의 주요 차이점을 설명할 수 있는 다른 상황, 유형, 나라의 지리적 위치별로 몇 가지를 예시함.²³
 - NUMALEC은 유럽 나라들 사이에 정책 입안과 실행에 큰 차이점들이 있음을 설명함. 어떤 경우에 농장 구조, 자연 자원과 지리적 조건으로 차이

²² Nutrient Management Legislation in European Countries의 final workshop에서 프레젠테이션이 진행됨(2002년 4월 18일, Gent, 벨기에)

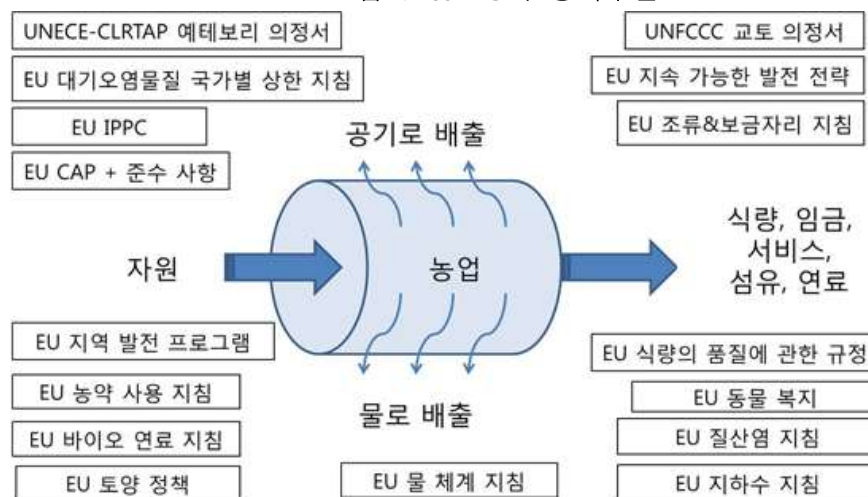
²³ Christine Jakobsson et al.(2002). The policy implementation of nutrient management legislation and effects in some European Countries

점이 설명될 수 있지만, 여러 나라들은 그렇지 않은 경우에도 차이점이 생김. 국경을 맞대고 있는 나라의 경우에도 완전히 다른 유형의 법안이 생겨날 수 있으며, 환경 문제의 허용 범위도 다름.

- 네덜란드, 벨기에, 독일, 프랑스, 덴마크는 비교적 높은 가축 사육 밀도를 갖고 있어, 그에 따른 부영양화나 수질 악화 문제를 갖고 있음. 덴마크, 네덜란드, 스웨덴, 영국은 법안에 엄격한 기반을 둔 시스템을 갖고 있는 반면, 대부분의 나라들은 자발적인 접근을 기대하며 모범영농기법 코드(The Codes of Good Agricultural Practice)와 같은 지시사항만 갖고 있음. 하지만 미래에는 더 엄격한 규범이 적용될 것임.

- 현재 EU 정책과 법안 중 CAP(Common Agricultural Policy)의 개정, 질산염과 지하수 지침을 포함한 물 관련 지침, 공기 관련 지침, 자연보호 법안 등 네 가지 분야에 농업이 영향을 주고 있음. 농업이 특히 가축분뇨와 비료를 사용하기 때문에 EU의 다양한 정책 수단에 영향을 미침. 농업 분야에 시행되고 있는 EU 정책과 그 정책이 직간접적으로 비료와 축산분뇨와 그에 따른 질소의 방출에 미치는 영향을 상호 긴밀하게 연계되어 있음<그림 3-9>.

그림 3-9. EU의 정책수단



자료: Onema(2013), p.7.

- 질소 지침을 대신할 수 있는 다른 대안적인 방법은 인 기반의 시스템임. 스웨덴에서는, 가축분뇨 내 함유된 인의 허용 정도를 22kg P/ha로 정함. 이 기준을 만족시킨다면 질소 지침에 정의된 가축 배설물의 170kg N/ha의 기준을 충족시키는 것은 어렵지 않게 됨. 질소보다 인산을 우선시하여 관리하면 발생하는 이점 중 하나는 가축분뇨 내 존재하는 인에 대한 정보가 질소보다 더 신뢰할 만하다는 점임. 축사에서와 저장할 때 새어나가는 것이 거의 존재하지 않으므로 농업인의 입장에서는 계산하기가 더 쉬움. 덴마크에서도 실행계획II(Action Plan II) 기간이 만기되면, 인을 사용한 규제를 하려고 함.
- 덴마크는 1987년에 농업으로부터 수생환경으로 연간 질소 유출을 줄이기 위해 실행계획 I 을 시행함. 실행계획 I 의 시행으로 인해 1987년에 23만 톤이던 질소가 2003년 이전에 13만 톤으로 줄어들게 됨. EU- 질소지침을 적용함에 따라 목표가 달성되지 않다가, 덴마크 정부가 실행계획II를 시행하면서 추가적인 4만 톤의 연간 질소 유출을 줄일 수 있게 됨. 2001년 5월에 추가적으로 7,400kg의 질소를 줄이기로 결정됨.

2.3.3. 양분 관리 방안의 적용

- EU 양분관리의 핵심적인 가이드라인인 질산염 지침(91.676/EEC)은 1991년 공포됨. 이 지침의 실행 목표는 농업 과정에서 유출되는 질소를 줄여 수질오염을 줄이고 또 그러한 오염을 방지하는 것이 목적임. 회원국들은 질소취약지역인 NVZ를 지정하여 감시할 수 있도록 해야 함. 오스트리아, 덴마크, 핀란드, 독일, 네덜란드의 국토 전체가 NVZ로 지정되어 있음.
 - 질산염 지침의 주요 내용을 보면 농민들이 자발적으로 구현할 질소균형 시비를 포함하여, 바람직한 농업 관행 규정 수립하고, 질산염 취약지구 지정하며, 질소시비 한도를 포함하여, 취약지구 내 의무적 수단을 포함하는 활동 프로그램 수립 등을 제시함. 수질기준으로는 지하수 및 표층수 내 질산염은 50mg/l, 표층수의 부영양화 상태로 설정함.

- 이 지침은 수질 관리가 필수적임. 행동 프로그램에는 가축분뇨 및 비료를 농경지에 투입하는 것을 금지하는 기간을 설정하고, 가축분뇨의 최대 허용량이 포함되어있으며 2002년 12월 중반까지는 연간 210kg N/ha 이었으나 그 이후에 170kg N/ha로 줄어들었음.
- 나라의 모든 구역의 지표수와 지하수에 질소가 EU 평균보다 높은 곳이 있으며, 어떤 나라들은 하나의 환경 기준을 모든 농가가 지킬 수 있도록 함. 수질 관련 환경적 문제들은 모두 중앙정부에서 관리함. 연방 구조를 가진 오스트리아나 독일은 지역적 입법기구에서 필요하다면 더 엄격한 기준을 정할 수 있음.
- 가축분뇨와 오염에 관한 문제를 발생시키는 여러 요소들 중 한 가지는 경작 가능한 땅이 없는 가축 농장의 존재임. 플랜더스에서는 대부분의 돼지 사육 농장이 경작 가능한 땅이 없음. 너무 높은 가축 사육 밀도가 유럽연합의 많은 지역에서 문제점이 되며, 앞으로도 오염과 관련된 문제가 발생하도록 하는 계기로 작용될 것임. 같은 지역 내의 작물이 필요로 하는 양분량과 가축분뇨 생산량이 균형을 이루지 못하여 오염에 관한 문제가 발생하게 됨.
- 농장 단위의 양분 수지 관리 방안은 스웨덴과 네덜란드 및 다른 여러 유럽 나라들이 사용해 왔음. 농장 단계에서의 양분 수지 측정은 농업인들이 직접 시스템에 대해 이해할 수 있으며, 비료사용과 가축분뇨 사용에 대한 토론을 더 열린 마음으로 하고자 한다는 데 있음. 하지만 농장 단계의 양분수지와 질소 유출 간 상관관계가 항상 명확하지는 않다는 문제가 있으며, 질소고정을 양분 수지에 추가하지 않는 몇몇 나라가 있어서 단순 비교 시 문제가 될 수 있음.
- 노르웨이를 제외한 모든 나라에 도입된 좋은 농업 실행 코드는 각 작물별로 다른 가축분뇨의 적용과 저장 및 적용되는 기술과 방법에 대한 시간과 환경에 관해 정의함. 영국과 같은 몇몇 나라는 코드가 매우 상세하며 농업인들에게 지침이 될 수 있도록 쓰임. 그 밖에 재정적인 규제를 통해서도 양분을 관리함.

2.4. 덴마크

2.4.1. 농업부문 양분관리 체제²⁴

- 덴마크의 양분관리 담당기관은 농식품수산부임.²⁵ 덴마크는 국토면적의 반 이상이 농경지이며, 2011년 총 덴마크 수출의 17%를 농업 부문에서 차지함. 양분관리와 관련하여 비료 부문의 규제시스템은 농식품수산부가 담당하고, 축산부문의 사육두수와 가축분뇨 관리는 환경부가 담당함.
- 가축 사육과 환경 허가에 관한 법안 및 관련 법정 명령은 환경영향평가 (Environmental Impact Assessment, EIA) 지침, IPPC 지침 등과 같은 유럽의 지침에서 나온 규정을 이행함. 질산염 지침과 물 관련 지침에 따른 환경적 목표를 달성하는 것도 가축사육을 위한 환경 허가 법안의 목표 중 하나임.
- 가축 사육 허가 법안은 3 단위를 넘는 가축을 기르는 모든 농장에 적용됨. 75 가축단위 이하의 농장은 대부분의 경우 간략화 된 허가를 받는 반면, 더 큰 농장은 더 상세한 환경 허가 과정을 거쳐야 함. 환경 허가는 8년마다 다시 받아야 함.
 - 승인을 위한 모든 신청서는 온라인으로 제출되어야 하고, 가축, 사육시설 및 저장시설, 적용 기술의 선택 등 자세한 세부사항이 요구됨. 또한, 작물 시스템과 가축분뇨가 적용될 공간에 대해서도 반드시 명시되어야 함.
 - 환경적인 표준은 보호 단계에서 확립되었음. 일반적으로 물 환경의 보호를 위한 규제에 있어서, 규칙에 의해 명시된 것 보다 더 강력한 정도의

24 Lasse Baaner, Helle Tegner Anker(2013), Danish Law on Controlling Emissions of Nutrients in the Baltic Sea Region, 4. Regulation on Nutrient Pollution from Agriculture.

25 Minister for Food, Agriculture and Fisheries(Denmark), Healthy and sustainable agriculture.

보호가 실현되는 것은 불가능함. 하지만 물과는 독립적인 보호에 관해 Natura 2000²⁶ 사이트에 수록된 내용을 보면 가이드스 노트와 개별적인 허가 둘 다 각각 더욱 엄격한 규정이 제시되어 있음. 가축 지수의 각각 다른 요구사항을 포함한 보호 단계의 정도는 물 환경에 더 민감한 곳을 기반으로 하고 있으며 세 가지 형태로 나뉘는데, 질산 등급이라고 부름. 질산염과 비슷하게 암모니아도 암모니아에 민감한 지역에 따라 차별화된 임계값이 있음.

2.4.2. 농경지의 양분사용 규제

- 농업에서의 비료 사용 규제와 물로 흘러드는 비료의 규제, 물 환경으로 흘러드는 여과액 배출구의 규제는 모든 농업 활동의 일반 규제를 기반으로 하고 있음.
- 가축 사육에 관한 개별적인 허가 및 가축분뇨로 만든 비료의 일반적 규제는 Natura 2000에 수록되어 있음. 수질과 관련된 규제의 범위는 다양함. 개별적인 허가는 수질과 수질 기준에 밀접하게 연관되어 있으나 비료의 사용에 관한 일반적인 규제는 전체적인 단계에서 볼 때 수질과 직접적인 연관은 없음. 그러나 강 하구 관리 계획의 몇몇 일반적인 수단은 더욱 민감하고 환경적인 물 문제에 대해 더욱 직접적인 연관이 있을 것임.
- 수생 환경으로의 양분 유출을 줄이는 데 목적이 있는 일반적인 규제는 특히 다음을 포함함
 - 다양한 작물에 대한 일반적인 질소 규범의 확립
 - 가축과 분뇨에 대한 질소 등가물의 확립
 - 가축분뇨 내의 질소 사용률의 효율성

²⁶ 1992년 동물 서식지 보호 지침 하에 설정된 Natura 2000은 유럽연합을 가로지르는 자연 보호 구역에 관한 네트워크임. http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm

- 질소 규범과 질소 등가물로 알 수 있는 농장 단계에서의 비료사용에 대한 요구사항
 - 연중 특정 기간 동안과 배수로나 호수를 따라 있는 완충지역에서 경작 금지
 - 간작 작물(catch crop)의 요구사항
 - 가축분뇨의 저장, 관리와 적용에 관한 규정
- 비료 사용량에 대한 규제시스템은 비료 사용과 작물에 관한 법안을 통해 진화되어 왔음. 농장의 총 비료 사용량 파악을 위해 각 농장의 연간 비료 사용량을 준비하고 제출하는 것이 의무임.
- 연간 비료사용량은 질소 할당량을 넘어서서는 안 되며, 질소 할당량은 선택한 작물과 질소 규범에 일치하는 양으로 확립됨. 비료 사용량은 가축 수지 요구조건이 가축분뇨 사용과 동등한지 상세히 기록하게 되며, 가축 분뇨 적용 기준은 ha당 질소 140~230kg으로 제시됨.
 - 비료사용량은 온라인에 보고되며 감시와 통제를 위함임. 농장 단위로 농업인이 질소 사용에 관한 규정을 준수해 왔는가를 알 수 있으며, 해당 농장의 질소 할당량을 산출할 수 있게 됨.
 - 농가 별 산출된 질소 할당량은 수생 환경으로의 질소 유출을 줄이는 데 사용되는 중심적인 규제 수단이 됨. 할당량은 세 가지 주요 규제의 특성에 기반을 두는데, 1) 생산되거나 구입한 가축분뇨 속의 질소 양, 2) 선택된 작물의 질소 규범, 3) 법정 주문에 규정된 연간 질소 전망치 등임.
 - 적용할 수 있는 질소 기준에는 질소 규범, 질소 등가물, 질소 전망이 있음. 다양한 작물의 질소 규범과 다양한 가축 유형별 가축 분뇨에 적용되는 질소 등가물은 질소 규범 위원회로부터 확립됨. 매년 봄, 질소 규범 위원회는 여러 작물에 대한 경제적으로 최적인 질소 기준과 연간 질소 전망에 따른 가축분뇨 내 질소 함량의 기준 수치를 추천함.
 - 질소 규범과 질소 등가물은 국립농업기관에 의한 법정 주문에 의해 확정되며 법적으로 정해짐. 질소 위원회의 추천에 기반을 두는데, 질소 위원회

는 경제적으로 최적인 비료 투입량을 결정하며 이러한 수치는 정치적인 합의로 확립된 기관의 기준 감량 비율인 14% 포인트를 따름.

- 질소 규범은 다양한 작물에 대해 할당된 질소 할당량의 허용가능한 양을 확립함. 경제적으로 최적인 비료 투입량은 질소 위원회에 의해 정해진 것처럼 작물 산출량과 작물 가격과 질소의 가격의 가격 연관성을 기반으로 계산되며, 실험적 조사로 산출량과 질소 투입 간 연결고리를 알 수 있음. 질소 규범 위원회는 이러한 계산과정에서 토양의 타입, 지역 또는 다른 연관된 구역 간 차이를 고려해야 함.

- 국립농업기관이 다양한 작물에 관해 질소 규범을 확립할 때, 질소위원회의 추천 값은 정치적으로 결정된 국가의 할당량과 현재 토지 사용과 작물 조사, 연간 질소 전망을 참조하여 계산하여 조정함.

- 질소 전망은 성장 계절의 시작 시기에 작물이 사용할 수 있는 질소의 양을 예측하는 것임. 겨울에 비가 많이 왔다면 질소가 물로 흘러들어가 식물이 사용할 수 있는 양은 적어지므로 평소보다 더 많은 비료의 사용이 허용되지만, 반대로 매우 건조했던 겨울이 지났다면, 토양 내의 사용 가능한 질소의 양이 평소보다 많을 것이므로, 질소 전망은 음수로 나타나며 질소 규범은 일반적으로 줄어듦.
- 질소 전망은 토양 내의 질산염 질소와 암모늄 질소의 구성요소를 분석함으로써 확인됨. 국가 단위의 총 질소 전망은 1994년과 1995년에 질소 +14,000톤에서 1996년 질소 -30,000톤까지 수치가 다양함. 1990~2007년 기간 동안 평균은 질소 -2,700톤임.
- 가축 분뇨 내 질소 등가물은 가축, 가축분뇨와 가축의 먹이에 관한 법정 주문에 의해 확립됨. 농업인이 가축 분뇨 내 총 질소 함량을 계산하는 데 관한 상세한 규칙을 포함하고 있음. 주요 요소는 연간 업데이트 되는 가축분뇨의 질소 등가물임. 작물에 대한 질소 규범과 마찬가지로 국립 농업 기관이 질소 위원회로부터의 추천을 받아 확립함.
- 가축분뇨 내 질소 함량의 질소 등가물은 몇몇 기관의 연구, 조사와 통계

- 에 기반을 둬. 새로운 정보가 모이면 등가물 정보도 매년 업데이트 됨.
- 가축의 질소 전망과 질소 등가물은 원칙적으로 과학적인 결정 과정을 거치는 반면, 다양한 작물에 적용되는 질소 규범은 감축량이 정치적으로 정해짐.
 - 질소 규범은 질소 위원회의 추천에 따라 국립농업기관에 의해 법적으로 결정됨. 위원회는 경제적으로 최적의 비료 투입량을 결정하며, 기관에서 국가적인 질소 사용과 유출에 관한 정치적인 합의에 따라 비료 투입 감축비의 정확한 수치를 정함. 작물의 크기나 경작지의 변화와 같은 다른 요소들도 고려되어야 함. 기본적으로 기준이 되는 감축 비는 질소 감축에 관한 정치적인 합의에 따라 전국적인 비료 사용이 이루어지도록 하는 데 목표를 둬. 국가 차원의 장소 사용 변화에 의한 조정은 감시 시스템에 기록되기 때문에 2년간의 시간차가 발생함.

- 개별 농장에서의 인의 최대 사용은 질소의 조절을 위해 세운 규제 시스템과 같은 복잡한 시스템에 의해 관리되지 않음. 인의 사용은 ha당 최대 허용 가축 사육두수에 의해 관리되며, 장소의 민감도에 따라 가축을 사육할 때 개별적인 허가를 받아야 하는 시스템의 특정 인 수지에 대한 요구사항에 의해서도 인 사용량이 관리됨. 그러나 덴마크의 인 사용량이 매우 과다하므로, 인의 사용량을 줄이는 규제로는 불충분하다는 평가를 받음.

2.4.3. 질소 유출 방지 수단

- 덴마크의 질소 유출 방지 수단에는 질소 기준 이외에, 완충지 설치, 특정 기간 동안의 경작 금지, 간작 작물이 있음.
 - 토양의 경작을 봄까지 미루면, 겨우내 들판으로부터의 질소 유출을 줄일 수 있음. 잡초와 다른 작물의 존재가 질소를 흡수하거나 유지시킴으로서 질소의 유출과 여과를 줄이는 데 도움을 줌. 11월 1일 이전까지는 진흙과 부식토에 봄에 싹 틔우는 작물의 경작은 금지되며, 모래 토양에는 2월 1일까지 금지됨.²⁷ 목초지의 변환도 많은 양의 질소를 유출하기 때문에, 목

초지의 변환 시기를 가을에서 봄으로 연기함으로써 질소의 유출을 줄일 수 있음. 그러므로 6월 1일과 2월 1일 사이에는 목초지의 변환을 금지함.²⁸

- 수질 관련 지침의 환경적인 목적을 달성하려는 필요 수단으로 사용하기 위해 비용 효과적인 환경적 수단으로서 완충지가 추진되어 옴. 그러므로 2011년의 수로와 호수 따라 위치한 완충지에 관한 법안의 제 1항은 농경지의 배수로와 호수(100m² 이상) 주변에 질소와 인과 살충제가 물로 방출되는 것을 줄이기 위하여 10m의 완충지를 설립하라는 요구조건이 수록됨. 완충지 내에는 경작 뿐 아니라 비료와 살충제의 사용도 금지됨.
- 간작 작물은 질소가 물로 녹아드는 것을 막는 효과를 갖고 있음. 그러므로 농업인들은 비료 사용과 작물에 관한 법안의 요구조건을 간작 작물을 이용하여 만족시켜야 함. 농업인이 기르는 가축이 ha당 0.8가축단위 이상일 때, 간작 작물이 10~14%로 설정되어야 함.²⁹

2.4.4. 축사에 적용되는 질소 기준

- 덴마크의 가축단위³⁰로 1 가축단위(Livestock unit, Lu.)는 최적의 시스템을 위해 100kg N을 저장함.

표 3-8. 덴마크의 축사에 적용되는 질소 기준

가축 종류	ha당 최대 가축단위	가축단위 구성 마리 수
젖소, 홀스타인	1.7	소 한 마리 = 1.33Lu.
도축 대상 돼지	1.4	36 돼지 32~107kg = 1Lu.
새끼 돼지	1.4	200 새끼돼지 7.2~32kg = 1Lu.
암돼지	1.4	4.3 암돼지 = 1Lu.

27 비료와 작물에 관한 법정 주문 34항

28 비료와 작물에 관한 법정 주문 35항

29 Aquatic Action Plan III

30 <http://www.aquarius-nsr.eu/NR/rdonlyres/FF493A11-5DE9-47D9-9534-4B07228306CC/0/Endconferenceday2Demotour.pdf>

닭	1.4	다 자란 2900마리의 닭, 40일 = 1Lu.
---	-----	----------------------------

- 가축을 기르는 농장에 환경적인 허가를 발행할 때, 방출량이 가축 사육 허가에 관한 법정 주문에서 정의하고 있는 ‘보호 단계’를 넘지 않도록 지방 자치 기구가 관리해야 함.³¹
 - 가축과 가축분뇨 및 가축 먹이에 관한 일반적인 규칙들을 기준으로 ha당 적용될 수 있는 가축분뇨의 양을 제한하고 차별화해야 함. 만일 그 지역이 민감 지역이 아니라면, 보통은 일반적인 요구사항을 넘어서는 조건들이 없음.
 - 가축분뇨 사용 시 토양과 빗물이 함께 모이는 구역과 온라인 적용 시스템에 제시된 질소 정보에 따라 규제 정도가 달라짐.
 - 만일 토양이 질소 유출에 취약하여 질소가 지하수로 들어간다거나, 민감한 Natura 2000 지역의 지표수에 흡수될 가능성이 있을 때, 가축분뇨의 허용량은 일반적인 최대 허용량보다 50%이상 줄어듦.
- 가축분뇨의 적용에 대한 강력한 규제는 같은 효과를 내는 질소 방출의 방법을 대안적인 방식으로 만족시킬 수 있음. 간작 작물의 사용이 주요한 방법이 될 수 있음.
 - 2007년에 농업규제의 공식적인 밑그림이 그려짐. 독일로부터 수입된 비료는 덴마크의 공급자나 구매자로 등록되어있지 않으며, 농장의 비료 계정에도 포함되지 않기 때문에 농장에 질소가 초과되는 요인이 됨.
 - 지자체는 일반적인 농장 단계에서 환경보호 법안과 가축사육 허가에 관한 법안 준수 여부를 감시함. 환경 입법에 더하여 지자체는 자연보호 입법의 통제와 감시에도 책임이 있음. 환경부와 지자체가 함께 정한 조항으로, 75 가축단위를 넘는 모든 농장은 3년 이상의 기간 동안 지자체에 의해 관리 받아야 하며, 3~75 가축단위인 농장은 4년 이상 관리 받아야

³¹ ‘보호 단계’는 질소 오염에 민감한 ‘wet’Natura 2000 지역을 보호하고자 만듦. Natura 2000은 EU의 환경과 생물다양성 정책의 주요 사항임.

함. 지자체는 조사 후 환경 보호 기관에 자료를 보고해야 하며 모든 자료는 www.tilsynsdatabasen.dk에 수록됨.

2.5. 네덜란드

2.5.1. 양분관리 체제³²

- 네덜란드의 농업은 매우 생산적이며 농산품 판매를 위한 산업도 매우 잘 발달되어 있고 농산품 총 수출액으로 세계 2위에 이르는 규모를 자랑함. ha당 가축 밀도와 축산 분뇨 생산과 비료사용도 세계에서 순위권임. 네덜란드의 인프라·환경부(Ministry of Infrastructure and the Environment)에서 양분 관리를 담당함.
- 네덜란드에는 양분 관리 기관인 양분관리연구원(Nutrient Management Institute, NMI)가 있음. 연구와 컨설턴트를 담당하는 회사이며, 10명의 인력으로 구성되어 있고, 70년이 넘는 연구 경험을 축적하고 있어 관련분야 이슈에 대한 연구와 컨설팅을 담당함.

2.5.2. 단계적 양분관리 정책 추진

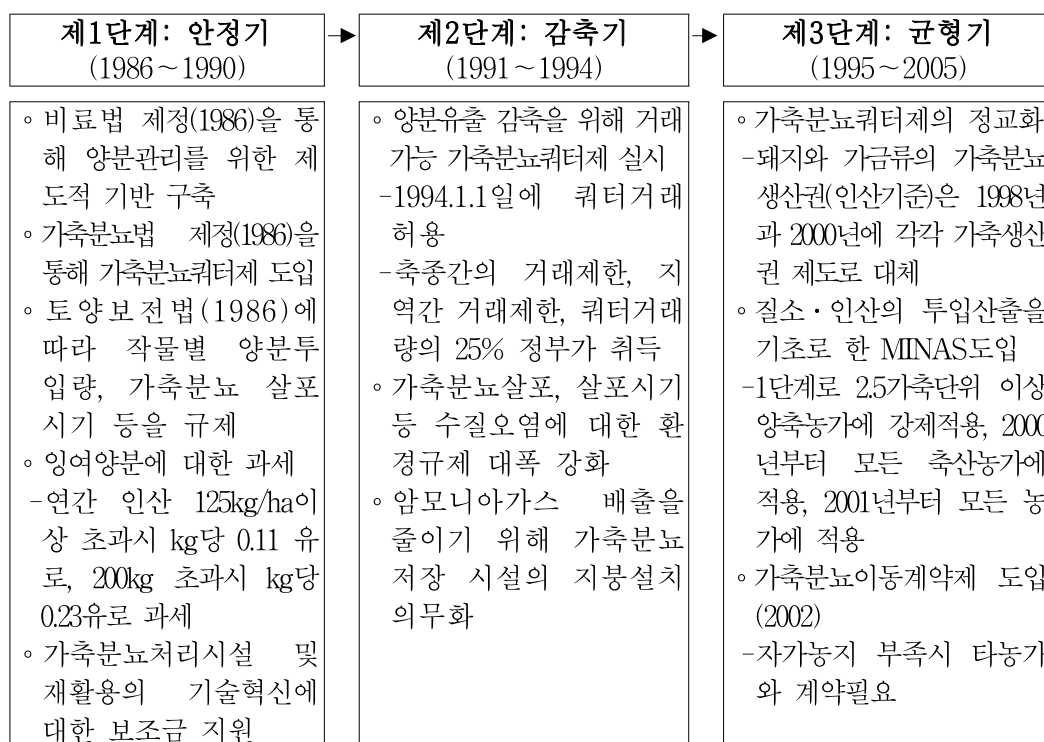
- 네덜란드 축산업은 1980년대 초 EU의 곡물생산 지지정책에 힘입은 프랑스의 사료곡물 생산 급증과 미국의 대두 생산증가에 따른 국제가격 하락으로 대량의 사료곡물이 수입이 이루어졌고, 고도로 발전된 수송업으로 급속한 축산업 발전을 이룸,
 - 1980년대 중반까지 축산물의 국제가격이 높아 수익성이 높아지자 양돈 농가를 중심으로 축산농가가 급속하게 증가하였고, 전문화된 대규모 농가도 크게 증가함. 한편 대규모 양돈농가는 대부분이 농지를 소유하고 있지 않아 부적절한 가축분뇨 처리로 인한 부영양화, 지하수 오염 등 환경문제가 발생하여 사회적인 이슈로 대두됨.

32 Oenema. Governmental Policy Measures Dealing with Nutrient Management in Agriculture

○ 네덜란드 정부는 심각한 환경문제를 관리하기 위해 1980년대 중반부터 과잉 양분 감축을 위한 특단의 조치로 안정기인 제1기, 감축기인 제2기, 균형기인 제3기에 걸쳐 단계적인 정책을 추진함.

- 제1기(1986~1990)는 축산부문의 양분유출 증가에 따른 환경부하를 줄이기 위해 우선 가축 사육두수를 당시 수준에 안정화시키는 것을 목표로 여러 가지 법을 제정하여 제도적인 틀을 구축한 시기임. 1986년에 과잉양분에 의한 지하수와 지표수의 오염 방지를 목적으로 「비료법(Fertilization Act)」이 제정됨. 이어 가축분뇨법이 제정되어 가축분뇨의 처리의 기록의 무화, 처리방법과 살포기준 등 가축분뇨 관리기준이 만들어졌고, 토양보전법이 제정되어 작물별 양분투입량, 가축분뇨 살포시기 등을 규제하게 되었으며, 잉여양분에 대한 부과금제도도 도입됨.
- 제2기(1991~1994)는 잉여양분 유출의 감축기로 1994년 초부터 가축생산쿼터제(livestock production quota system)가 추진되었고, 가축분뇨 살포기준, 살포시기 등 수질오염 기준이 대폭 강화됨. 특히 이 시기에는 암모니아 배출을 줄이기 위해 가축분뇨 저장시설에 대한 지붕 설치를 의무화하는 규정이 도입됨.
- 제3기(1995~2000)는 양분관리에 있어 투입-산출의 물질균형을 통해 환경부하를 최소화하기 위한 새로운 제도적 장치를 도입한 시기임. 1998년에 「비료법」을 개정하여 “EU 질산염 지침(91/676/EEC)”에 부합하도록 하기 위해 돼지와 가금류의 사육농가를 대상으로 무기물기장제도(MINAS)를 도입함. MINAS는 네덜란드 양분관리의 핵심적인 정책프로그램으로 2001년부터는 모든 농가를 대상으로 확대됨. 또한 2000년과 2001년에는 가축사육두수를 줄이기 위해 가축생산 쿼터를 처분토록 하는 폐업 프로그램(buying up program)을 실시하였고, 2002년에는 가축분뇨이동계약제(Manure Transfer Contracts)를 도입함.

그림 3-10. 네덜란드 양분관리정책의 단계적 발전 과정

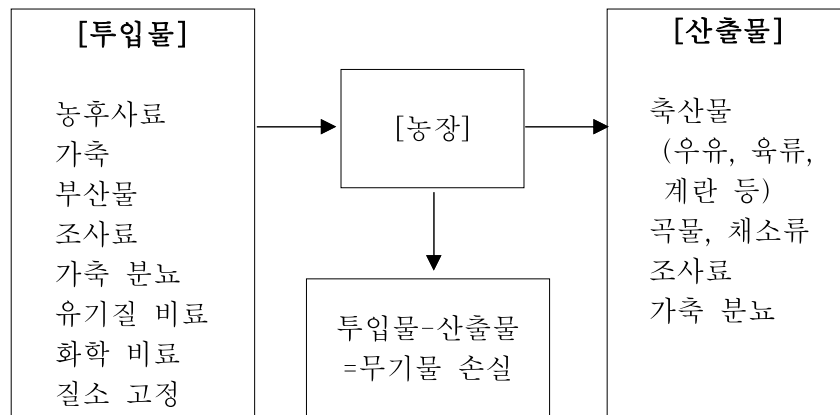


- MINAS는 규제와 경제적 유인책이 결합된 네덜란드만이 가지는 독특한 양분관리 시스템으로서, 이 시스템의 핵심은 농민들은 누구나 농장에서의 무기물(양분) 투입물과 산출물을 정확하게 기록하고 매년 무기물기장 보고서를 해당기관에 제출하는 것이며, 제출된 자료는 국가적인 양분관리의 기초 자료로 활용함.

- MINAS에서는 개별 농가가 작성한 무기물의 투입과 산출의 차이가 농장의 무기물 손실 또는 잉여양분이 되며, 화학비료 또는 가축분뇨를 농경지에 살포하는 경우 일정량의 무기물 손실(loss standard)이 발생됨.
- 농가가 작성한 기록 장부를 기초로 제대로 기록된 것인지에 대한 확인 작업이 이루어지고, 농가단위의 양분관리(인산과 질소 성분)에 있어서 정해

진 기준보다 잉여양분이 발생하는 경우 세금이 부과됨. MINAS는 양분관리에 있어서 가축분뇨, 화학비료, 퇴비 등 양분공급원 모두에 적용되며, 환경기준 목표달성에 있어서는 승인된 범주 내에서는 어떤 수단을 사용해도 무방함. 농민은 잉여양분 발생으로 세금을 지불하는 것이 유리한지 아니면 잉여양분을 줄일 수 있는 여러 가지 방법 가운데 한 가지를 선택하는 것이 유리한지 판단하고, 보다 경제적인 수단을 선택하게 됨.

그림 3-11. 무기물기장제도의 무기물 투입 및 산출 구조



2.5.3. 새로운 비료 정책

- 네덜란드의 양분관리정책의 핵심적인 프로그램인 무기물기장제도(MINAS)가 2003년 10월 2일에 EU 법무청으로부터 「질산염 지침」을 위반하는 제도로 판정됨. 2006년부터 작물과 토양에 관한 질소비료의 기준을 적용하는 새로운 비료정책으로 전환됨.
- 새로운 비료정책은 가축 분뇨로부터 나오는 질소의 적용 제한, EU의 질소 지침과 물 체계 지침의 목표치에 도달할 때 까지 단계적으로 작물과 토양의 특

정 질소와 인산 비료의 제한, 가축분뇨와 특정 질소비료를 교체하는 가치는 일반 질소비료처럼 사용될 수 있는 가축분뇨 안의 질소 비율을 나타냄. 가축 분뇨와 비료를 사용하거나 저장하는 방법과 시기에 대한 다양한 제한과 규제 등 네 가지 요소로 이루어져 있음.

- 네덜란드의 가축분뇨 정책은 완고하며 어려운 문제를 안고 있는 복잡한 정책임. 가축분뇨 정책은 지난 20년 동안 변화하며 성공과 실패의 사례들을 만들어냄. 1998년에 질소와 인산이 포함된 MINAS를 농장 단계로 적용시킨 것은 가축분뇨 정책의 세 번째 단계의 핵심 도구였음. 또한 가축분뇨 정책을 규제 조치에서 시장지향적인 정책으로 전환함. 그러나 유럽 위원회의 압력으로 MINAS는 2006년부터 폐지되어 다시 규제 중심의 정책으로 전환됨.

- 2006년 1월 1일에 네덜란드는 지수 기반의 기준인 MINAS를 적용 기준의 새로운 비료 정책(New Fertilizer Policy, NFP)으로 대체하였고, 농장의 환경에 따라 비료의 사용이 평균 50kg N/ha만큼 줄어들었음.³³

- 2014-2017의 개정안이 제시되어 목초지 농장은 특정 조건에서 연간 250kg N/ha까지 적용 가능함. 연간 보고 결과가 좋은 경우에도, 더 엄격한 요구사항이 제시될 수 있음. 목초지 요구사항은 70%에서 80%의 목초지로 요구사항이 강화됨. 네덜란드의 남쪽과 중앙 지역의 모래와 황토 토양의 연간 적용기준을 230kg/ha로 낮춤. 인산염이 함유된 화학비료는 사용을 금지하며 토지의 현장 검사 비율은 7%로 늘임.

- 현재 가축분뇨에 관한 네덜란드 법안은 가축분뇨의 적용 기준과 적용 제한, 가축 생산에 관한 법안, 의무적인 가축분뇨 처리과정으로 크게 세 부분으로 나누어져 있음.

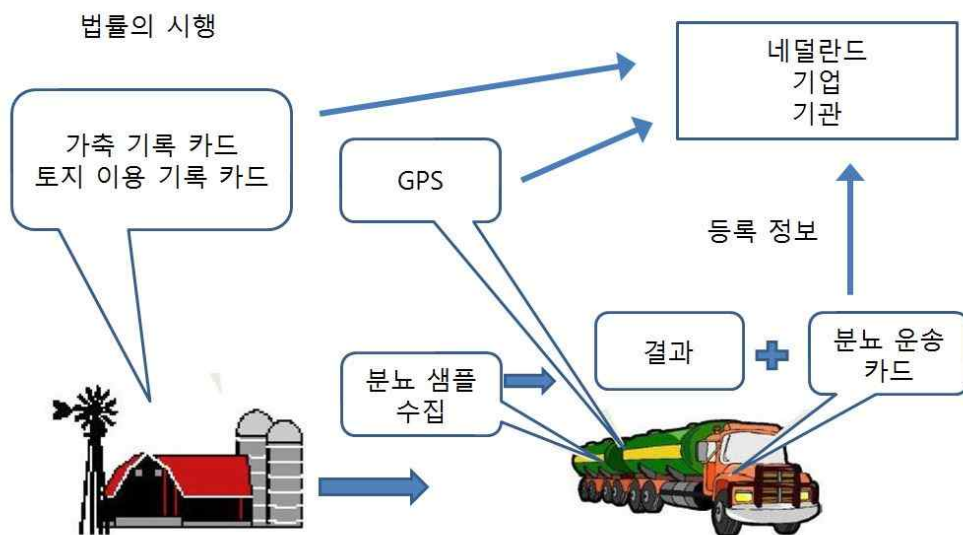
- 가축분뇨가 100% 완전하게 처리되거나 분뇨 처리를 위한 추가적인 경지 구입을 통해서만 농장이 확장될 수 있음. 가축분뇨 처리과정의 의무사항은 네덜란드 가축분뇨 시장의 압력을 해소하기 위하여 도입됨. 처리과정

33 J.J. Schröder, J.J. Neeteson, Geoderma 144(2008) 418-425, Nutrient management regulations in The Netherlands.

은 연소시키거나 수출하는 방법이 있으며, 이 과정에도 모든 관련 규제들이 적용됨.

- 가축분뇨를 옮겨갈 때에는 등록된 회사와 운반자가 운반해야 하며 운반 차량에는 자동정보기록장치(automatic data recording)와 GPS를 부착해야 함. 가축분뇨의 상하차 장소가 GPS를 통해 기록되어야 하며 가축분뇨의 양을 나타낼 수 있는 중량도 기록되어야 함.

그림 3-12. 네덜란드의 분뇨 관리



2.6. 벨기에

2.6.1. 양분관리 체계³⁴

- 벨기에의 양분관리는 녹지공간의 파트너라는 VLM(Vlaamse Landmaatschappij)이 담당함.
 - VLM은 1988년도 설립된 공공기관으로 환경과 자연, 에너지를 담당하며, 핵심적인 업무로는 농촌개발과 비료정책, 토지개발, 비료은행이 핵심 업무임. 그 밖에 일반서비스(통신, 금융법률서비스) 등을 지원함. 또한 농업용 토지개발 및 통합 등의 업무도 실시함. VLM은 농업인과 환경관련 협약을 맺고, 농업인에게 조언과 관리를 하고 있으며, 토지의 영양관리(화학성분 관리)를 통해 수질개선 및 비료수지 조절, 가축분뇨처리 등의 관리 업무를 총괄함.
- 벨기에의 대규모 양돈지역인 Flemish 지역은 가축분뇨 관리 법령에 따라 농경지의 양분관리를 다루고 있음. 특히 가축분뇨의 적절한 처리를 위해 가축분뇨 계획을 통해 가축분뇨 잉여와 비료 한도를 설정하고, 토양 양분의 현명한 사용 및 모범영농지침 적용 등을 다루고 있음.

2.6.2. 양분관리 기준

- 시비기준과 관련하여, 농민들은 고정시스템(fixed system)과 양분수지시스템(nutrient balance system)의 두 가지 시스템 중에서 선택할 수 있음. 고정시스템을 선택하면, 농민들은 법에 규정된 시비규정을 따라야 하며, 질소·인

³⁴ <http://www.vlm.be/algemeen/voordepers/Flemish%20Land%20Agency/Pages/default.aspx>

산 비료의 한도는 시간이 지남에 따라 점점 강화되고 있음.

- 벨기에의 양분관리 법안에서 제시한 연간 양분별 비료성분 투입 기준은 다음과 같음.³⁵

표 3-9. 벨기에의 성분별 양분관리 기준

양분 성분	기준	비고
질소	모래 토양 : 190kg/ha 그 밖의 토양: 210kg/ha 가축분뇨로만 : 170kg/ha	가축분뇨 기준은 EU의 질소지침과 같음.
인산	40-95kg/ha ³⁶	2014년에 결정되어 2015년부터 적용

자료: Jan Bries, Annemie Elsen(2013).

- Flemish 정부는 민감지역을 민감수역(sensitive waters), 생태적으로 가치 있는 농업지역, 자연보전지역, 인산집적 지역 등 네 가지 유형으로 구분하고, 각각 차별화된 실행프로그램을 적용함.

- 토양에 사용가능한 가축분뇨량은 공통적으로 연간 170kg/ha로 제한됨. 이 지역 내에서 토지이용자는 환경 질을 개선시키기 위한 더 나은 방법을 채택하기 위해 정부와 관리협약을 맺을 수 있음.
- 1991년에 설립된 가축분뇨은행은 가축분뇨법(manure decree) 이행을 위해 Flemish 정부로부터 다중데이터(예: 경지면적, 가축단위, 가축분뇨 및 비료 사용량 등) 등록, 가축분뇨 처리 및 농가 지원과 관련한 연구 촉진 등 광범위한 책임을 부여받음. 이외에도 가축분뇨 운송 및 처리의 중계자 역할과 가축분뇨 운송업자의 인가도 담당함.

- 모범영농준칙

- 플랑드르 지역에 대한 모범영농준칙이 ALT(Administration of Agriculture

35 Jan Bries, Annemie Elsen(2013), Nutrient Legislation Versus Fertilisation Practices in Potato Fields in Flanders, Belgium.

36 http://www.ilvo.vlaanderen.be/Portals/68/documents/Mediatheek/Phosphorus_Legislation_Europe.pdf

and Horticulture)에 의해 공포됨. 경종작물 양분관리, 초지 및 사료작물 양분관리, 채소·과일류의 양분관리 등 3종류의 책자로 배부함.

- 각 책자는 동일한 구조로 되어 있음. 첫 번째 부분은 시비, 녹색-피복 및 침식에 대한 원리로 구성되며, 두 번째 부분은 다양한 작물에 대한 최적 및 생태적으로 적절한 시비 계획 지침 및 기술이 제공됨.
- 예를 들어 경종작물에 대한 책자에서는 ① 윤작, 전작, 피복작물 ② 기본 시비 기준 ③ 질소비료 사용방법(필요량, 시비 추천, 시비 시기 및 순서 등)을 다룸

○ 양분 관련 Walloon 지역의 환경 규제

- Walloon 지역은 Flanders 지역에 비해 조방적인 농업생산 지역임. Walloon 지역의 농업의 질산염 오염에 대한 지하·지표수 보호 수단임. 1994년 5월 5일에 EU 질산염지침을 채택하면서, 두 개의 취약지구를 설정함.

○ 취약지구에 대한 모범영농준칙

- 비료, 가축분뇨, 오수에 대한 저장 및 처리 조건 규정
- 눈 덮인 토양, 포화상태의 토양, 지표수와 4m 미만, 두과작물로 피복된 토양에 대한 유기질 비료 살포를 금지함. 무기질 비료 살포는 9월 1일부터 1월 31일까지 금지됨.
- 총 질소 사용은 350kg N/ha를 초과해서는 안 됨. 기타 몇몇 작물에 대한 최대 질소 사용율(예: 감자 330kg, 옥수수 300kg total N/ha/y)이 설정되어 있음.

○ 벨기에의 대표적인 축산단지인 Flemish 지역은 체계적인 양분관리정책이 적용되는 지역임.

- Flemish 정부는 1989년에 환경자연계획(MINA plan 2000)을 수립하여 운영해오고 있고, 1991년부터 비료 생산 및 사용에 따른 환경오염 방지를

위한 가축분뇨법령(manure decree)을 제정함. 이 법의 목적은 플랑드르 지역에서 지속가능한 양분수지에 도달하여 질산염 지침의 규정을 준수하기 위한 것임.

- 벨기에는 국가적인 양분관리 차원에서 가축분뇨를 효과적으로 관리하기 위해 가축분뇨은행(Manure Bank)을 설치하여 운영하고 있음. 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 담당함.

- 과잉 양분문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 가축분뇨처리 및 비료(화학비료, 유기질비료 등)의 사용실태를 정확하게 파악하는 것이 필수적이므로, 매년 농가들의 관련정보(평균 가축사육두수, 농가 경작면적 및 위치, 작부체계, 화학비료 및 기타 비료 사용량, 창고 저장용량 및 연말 기준 저장된 가축분뇨량 등)를 상세하게 기록하고 관리함. 기록된 자료를 기초로 관리영역에 따라서 조합단위, 지구단위(또는 지역단위) 및 도 단위 등 다양한 단위로 양분수지 산출과 과잉양분을 관리함.
- 비료 유통경로를 추적할 수 있도록 모든 비료 이동 및 저장고에 대한 체계적인 도표 작성 및 당해년도 농가간 비료 판매 현황까지도 기록하여 관리함.
- 가축분뇨 수요 촉진 및 생산자와 사용자 간의 비료판매 중계 업무도 수행하며, 비료 잉여분에 대한 판로가 없는 업체에 대해서는 판로확보를 위한 역할도 수행함.
- 과세 및 행정상 과태료 수금, 보상금 지불 업무도 담당함. 이밖에도 행정상 점검 및 확인 업무로 각종 신고서 점검, 행정상 과태료와 관련된 서류 점검, 비료판매 및 공식적으로 허가된 비료 수송업자에 대한 수송 규정 점검 등의 업무도 담당함.
- 농민 또는 영농단체를 대상으로 관련정보를 제공하는 업무와 경제적·과학적 연구에 대한 지원업무도 담당함.

2.6.3. 가축분뇨의 효과적인 관리를 위한 분뇨은행³⁷

- 벨기에는 국가적인 양분관리 차원에서 가축분뇨를 효과적으로 관리하기 위해 가축분뇨은행(Manure Bank)을 설치하여 운영하고 있음.
 - 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 담당함.
- 벨기에 분뇨은행(Manure Bank)의 운영 상황
 - ① 신고 및 등록(Declaration and Registration)
 - 등록 과정의 첫 단계로 신고 절차가 포함됨. 모든 Flemish 농민들은 전년의 농장(축산농가)운영 실태에 관해 상세한 연차 신고서를 제출해야 함. 분뇨은행은 Flemish 농가들의 중요한 정보(예: 평균 가축 사육두수, 농가 경작면적 및 위치, 작부체계, 화학비료 및 기타 비료 사용량, 창고 저장용량 및 연도말 저장된 가축분뇨량 등)를 기록함.
 - 국경 통과 농가(Flanders지역에서 농사를 지으면서 Flanders 외부에 사는 농가), 기타 비료(퇴비 등) 생산자, 저장고(depots), 비료 처리 및 제조 단위 등에 관한 정보도 요구함. 이들 정보를 이용하여 인산 및 질소의 총생산량과 지역내 분뇨판매량 등을 계산할 수 있음.
 - 분뇨 잉여는 회사단위(company level), 지구(local)단위, 또는 지역(regional)단위 및 도(provincial)단위 등 다양한 단위로 고려 가능함.
 - ② 유통: 가축분뇨 판매와 관련된 모든 것을 포함함.
 - Flanders 지역에서의 가축분뇨 유통경로를 추적함. 모든 가축분뇨 이동 및 저장고에 대한 체계적인 도표 작성 및 당해년도 농가 간 분뇨 판매 현황 까지도 기록함.

³⁷ <http://www.vlm.be/algemeen/voordepers/Flemish%20Land%20Agency/Pages/default.aspx>

- 가축분뇨 수요 촉진 및 생산자와 사용자 간의 분뇨 판매매 중계 업무를 수행함. 양분 잉여분에 대한 판로가 없는 업체에 대한 안전망(safety net) 역할을 수행함.

③ 재정(Finance): 과세 및 행정상 과태료 수금, 보상금 지불 업무 담당함.

- 신고를 통해 농민들은 업체에서 사용하는 사료, 인공 비료 및 기타 비료에 포함된 무기물(질소, 인산)의 양을 추적하고, 얼마나 더 많이 비료로 사라졌는지를 추적함. 이에 대해 세금 또는 기본 세금을 청구 받음. 또한 전년도에 분뇨은행에 양분 잉여분을 제공한 생산자들에 대한 공탁금(deposit levy)도 받음. 끝으로 super levy는 전년도 허용된 양을 초과하여 양분을 생산한 농민, 그리고 가축분뇨의 가공 및 반출과 관련한 요구조건을 충족하지 못한 농민에게 적용됨.

④ 통제와 감시: 행정상 통제 업무에는 신고서 점검, 행정상 과태료과 관련된 서류 점검, 가축분뇨 판매 및 공식적으로 허가된 분뇨 수송업자에 대한 수송 규정 점검 등이 있음.

⑤ 면허(Licenses)

- 특별 자치기구의 기관장과 지역 대표자는 영농업체에게 환경 면허를 수여하거나, 면허 양도 및 변경을 승인하기 전에 비료은행의 협조가 필요함.
- 비료 수송업자와 저장소에 대한 모든 공식적인 인허가 신청 업무 관장.

⑥ 관리업무(Management Tasks)

- 정보제공 서비스, 서비스 및 통신 제공: 주로 농민 또는 영농단체를 대상으로 정보를 제공하지만, 그 외에도 농업 및 원예 교육, 지역의회 등에도 제공됨. 또한 여행, 기자회견, 워크숍, 전시회 등의 서비스도 제공함.
- 과학적 연구에 대한 추적(follow-up) 및 지원함.
- Flemish 당국에 권고: 현행 양분관리 정책 평가 업무 등임.

2.7. 주요국 사례의 시사점

- 미국은 중앙정부의 USDA NRCS에서 양분관리를 하고 있으며, 각 주 별 여건에 적합한 양분관리 방안을 추진함. 또한 배출권 거래제도와 같이 양분 크레딧도 시장에서 거래될 수 있도록 시장 지향적 수단을 고안하여 활용하고 있음. 특히 축산분야에서 가축사육시설(AFO)의 종합양분관리계획의 이행과 집약 가축사육시설의 보다 엄격하고 철저한 양분관리이행으로 환경문제 발생을 선제적으로 대응하는 방안에 대한 벤치마킹이 필요함.
- 캐나다의 양분관리 계획과 전략인 NMP와 NMS에는 상세한 세부 사항을 바탕으로 구체적이며 실현가능한 양분관리 방안을 추진하고 있음. 농가단위에서 최적양분관리가 이루어지도록 4R(적정한 비료원, 적정한 비율, 적정한 시간, 적정한 장소) 양분적정관리는 미래 양분관리방안 모색 시 적극적인 검토가 필요함.
- EU는 회원국의 농업과 축산업의 형태가 다르지만 모든 회원국에 적용할 수 있는 최소한의 기준으로 질산염 지침을 운용하고 있음. 회원국들은 우선 질소취약지역인 NVZ를 지정하여 감시해야 하며, 특정 나라의 경우 국토 전체가 NVZ로 지정되기도 함. EU의 경우에도 우리나라와 같이 수질오염을 관리하는 과정에서 양분을 관리하게 되었기 때문에 인 보다는 질소에 중점을 두고 관리하는데, 그 기준으로 질산염 지침을 정해 EU 회원국 전역에 지침을 적용함. 가축분뇨의 질소 함유량은 170kg N/ha가 최대 허용량이며, 가축분뇨의 인 함유량 기준인 22kg P/ha의 경우 질소 함유량보다 더 엄격한 기준을 적용함. 상한선 설정하는 방식의 양분관리방안 도입 시 벤치마킹할 필요가 있음.
- 덴마크도 물 환경의 보호를 위해 양분 관리를 도입하였음. 특히 질소 유출을 방지하는 수단으로 질소기준 이외에 완충지 설치, 특정 기간 동안의 경작 금

지, 간작 작물의 재배 등의 규제조치가 이루어지고 있음. 또한 농가의 비료 구입, 비료판매처의 농가판매 정보의 상호확인 등 비료투입의 철저한 모니터링 시스템이 작동되고 있어 양분관리가 철저하게 이루어지고 있음. 화학비료의 양분투입에 대한 모니터링 방안 모색 시 기초자료로 활용할 수 있을 것임.

- 네덜란드의 농업은 매우 발달되어 있으며, 우리나라와 같이 OECD 기준 양분 초과율이 높은 나라였으나 성공적으로 잉여 양분관리를 이룬 나라로 시사하는 바가 큼. 네덜란드는 궁극적으로 가축이 밀집되어있는 사육지에서 잔여 가축분뇨를 수용할 능력이 있는 농장으로 운송하거나 수출하여, 각 토지에서 환경이 감당할 수 있는 수준만큼의 양분투입이 이루어져 물질균형이 이루어지도록 관리함. 특히 효과적인 잉여양분관리를 위해 도입된 무기물기장제도(MINAS)는 우리나라가 미래 양분관리방안으로 벤치마킹할 필요가 있음.
- 벨기에에서는 대규모 양돈지역인 플라망 지역의 가축분뇨 관리가 양분 관리의 관건인데, 이 지역의 가축분뇨 관리를 위하여 가축분뇨은행을 설립하여 추진함. 가축분뇨은행에서는 경지면적, 가축단위, 가축분뇨 및 비료의 사용량을 기반으로 가축분뇨의 운송 및 처리를 담당함. 필요한 경우 부과금을 부과하기도 하며 행정상의 과태료를 받기도 하고, 보상금을 지불하는 등 통제와 감시업무까지 담당하고 있는 기관임. 최근 국내 축산분야 양분관리 전담조직으로 축산환경연구원 설치를 추진하고 있음. 미래 가축분뇨의 효과적인 기구로 가축분뇨은행의 설치에 대한 검토가 필요한 것으로 사료됨.

표 3-10. 주요국 양분관리의 시사점

국가	주요 특징	국내 적용 시사점
미국	<ul style="list-style-type: none"> •농경지에 작물양분 요구량만큼의 양분투입 •시장 지향적 양분크레딧 제도 운영 •축산분야의 종합양분관리계획 실천(AFO, CAFOs) 	<ul style="list-style-type: none"> •작물요구량 수준의 양분투입 기준 활용 •양분크레딧 제도를 미래 양분관리방안으로 검토 •축산분야 허가대상 이상의 종합양분관리 연계방안 검토
캐나다	<ul style="list-style-type: none"> •양분요구량 기준 양분투입 (양분수지 방정식 활용) •4R(적정한 비료원, 적정한 비율, 적정한 시간, 적정한 위치 등)의 적정양분관리 지침 운용 •양분관리전략과 양분관리계획 활용 	<ul style="list-style-type: none"> •양분투입 기준 제시에 양분수지방정식 활용 검토 •4R 양분관리지침을 미래 양분관리방안 활용 검토 •양분관리전략과 계획을 양분관리종합대책 마련 시 활용 검토
EU	<ul style="list-style-type: none"> •잉여양분 관리를 위해 유럽국가 양분관리법규 적용 •질소지침을 통하여 농경지 양분투입 상한선 설정 관리 	<ul style="list-style-type: none"> •양분관리 법적·제도적 기반 구축 시 기초자료 활용 •양분관리방안으로 상한선 설정 방안으로 활용 검토
덴마크	<ul style="list-style-type: none"> •가축분뇨와 비료를 대상으로 강력한 규제정책 적용 •비료투입의 철저한 관리시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> •양분관리 특단의 대책 마련 시 기초자료로 활용 •양분투입 모니터링 방안 모색 시 활용
네덜란드	<ul style="list-style-type: none"> •가축분뇨 관리를 위한 단계적 조치 추진 •잉여양분관리를 위한 특단의 조치로 MINAS 추진 •양분투입 상한선 설정의 규제 중심 정책으로 전환 	<ul style="list-style-type: none"> •양분수지 관리 목표달성을 위한 단계적 추진방안 활용 •미래 양분관리방안으로 MINAS 활용 검토
벨기에	<ul style="list-style-type: none"> •고정시스템과 양분수지시스템이 두 가지 가운데 선택 •가축분뇨 은행 운영 	<ul style="list-style-type: none"> •신축적인 양분관리방안 모색 시 기초자료로 활용 •가축분뇨의 효율적 관리를 위해 가축분뇨은행 검토

제 4 장

농업부문의 양분수지 분석

1. 도 단위 농업부문 양분수지 변화

- 양분수지분석 방법론³⁸을 적용하여 우리나라의 도단위 농업부문 양분수지 변화를 분석하였음. 우리나라의 도별 평균 양분수지(양분초과량) 분석결과, 작물 양분요구량 대비 질소성분 초과량은 경기도가 ha당 242.1kg으로 양분요구량을 233.5% 초과하여 가장 높게 나타났음. 다음으로 전북 169.9kg(154.6%), 충북 164.9kg (167.1%) 등의 순으로 높게 나타남. 반면 제주도와 경상남도는 질소성분 초과량이 각각 77.4kg(51.8%), 83.8kg(68.6%) 정도로 비교적 낮게 나타남<표 4-1>, <그림 4-1>.
- 한편 양분요구량 대비 인산성분 초과량은 경기도가 ha당 173.0kg으로 양분요구량을 315% 정도 초과하여 가장 높았으며, 충북 92.5kg(175.3%), 경북 91.0kg(172.1%), 충남 80.7kg(142.9%) 등의 순으로 나타남.

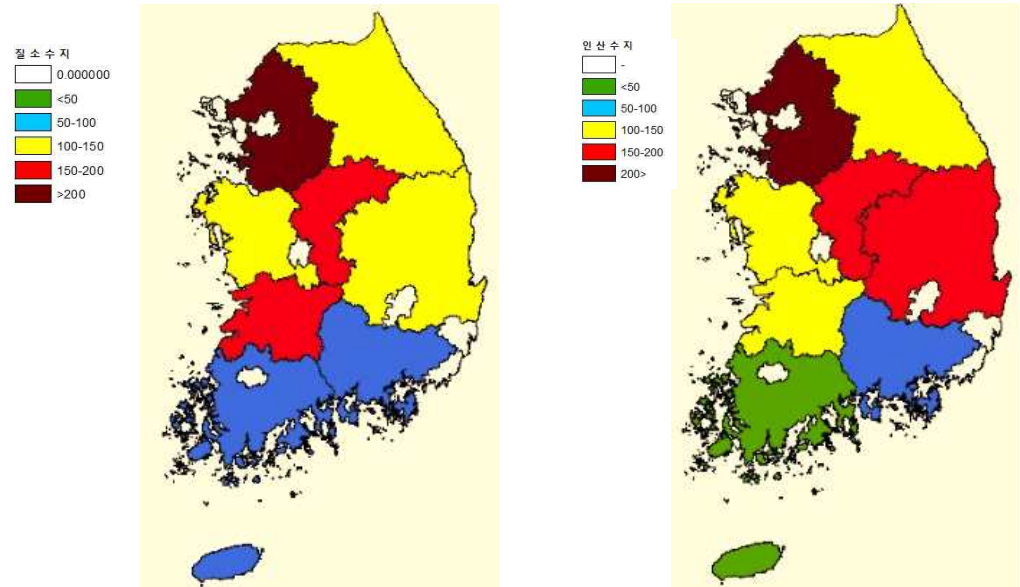
³⁸ 양분수지분석 방법론은 제2장 2절에서 제시됨.

표 4-1. 도별 양분수지 분석 결과

도 명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
	질소	인산	계	질소	인산	평균
경 기 도	242.1	173.0	415.0	233.5	314.8	274.1
강 원 도	150.1	80.2	230.4	125.8	142.5	134.2
충청북도	164.9	92.5	257.4	167.1	175.3	171.2
충청남도	155.1	80.7	235.8	147.9	142.9	145.4
전라북도	169.9	78.1	248.0	154.6	120.3	137.5
전라남도	107.3	33.9	141.2	87.4	50.0	68.7
경상북도	144.9	91.0	235.9	142.6	172.1	157.4
경상남도	83.8	48.6	132.3	68.6	78.3	73.4
제 주 도	77.4	42.5	119.9	51.8	45.9	48.9
계/평균	143.9	80.0	224.0	131.0	138.0	134.5

주: 도별 양분수지는 2014년 기준 작물재배면적(품관원), 성분별 화학비료 판매량(농협 중앙회 제공), 가축사육두수(시·군청 제공) 자료를 이용하여 분석함.

그림 4-1. 전국 도별 양분(질소 · 인산) 초과율



- 도별 양분공급 요인별 비중을 살펴보면 질소의 경우는 화학비료의 비중이 대체로 높고, 인산은 가축분뇨의 비중이 높은 것으로 나타남<표 4-2>.
- 질소의 경우 제주도가 화학비료의 비중이 71.9%로 가장 높고, 강원도 67.6%, 전라남도 65.7% 등의 순으로 나타남. 한편 화학비료의 비중이 가장 낮은 지역은 경기도(36.9%)로 나타남.
 - 인산의 경우 경기도가 가축분뇨의 비중이 78.1%로 가장 높고, 전라북도 68.7%, 충청남도 64.4% 등의 순으로 나타남. 한편 가축분뇨의 비중이 가장 낮은 지역은 제주도(28.0%)로 나타남.

표 4-2. 도별 양분 공급요인별 비중

단위: 톤, %

	질소				인산			
	가축 분뇨	화학 비료	유기질 비료	합계	가축 분뇨	화학 비료	유기질 비료	합계
경기도	33,583	20,403	1,279	55,266	28,454	7,466	512	36,432
	(60.8)	(36.9)	(2.3)	(100.0)	(78.1)	(20.5)	(1.4)	(100.0)
강원도	7,860	19,982	1,695	29,538	7,180	7,109	678	14,966
	(26.6)	(67.6)	(5.7)	(100.0)	(48.0)	(47.5)	(4.5)	(100.0)
충청북도	11,247	14,271	1,663	27,181	9,421	4,888	665	14,974
	(41.4)	(52.5)	(6.1)	(100.0)	(62.9)	(32.6)	(4.4)	(100.0)
충청남도	25,225	35,295	1,051	61,570	20,902	11,152	420	32,474
	(41.0)	(57.3)	(1.7)	(100.0)	(64.4)	(34.3)	(1.3)	(100.0)
전라북도	27,894	35,194	1,512	64,601	22,691	9,721	605	33,017
	(43.2)	(54.5)	(2.3)	(100.0)	(68.7)	(29.4)	(1.8)	(100.0)
전라남도	23,558	52,751	3,950	80,259	20,280	13,676	1580	35,536
	(29.4)	(65.7)	(4.9)	(100.0)	(57.1)	(38.5)	(4.4)	(100.0)
경상북도	26,329	35,011	4,458	65,798	23,348	13,264	1783	38,396
	(40.0)	(53.2)	(6.8)	(100.0)	(60.8)	(34.5)	(4.6)	(100.0)
경상남도	14,826	22,672	1,549	39,048	12,648	7,703	620	20,971
	(38.0)	(58.1)	(4.0)	(100.0)	(60.3)	(36.7)	(3.0)	(100.0)
제주도	3,321	10,917	946	15,185	2,530	6,125	379	9,034
	(21.9)	(71.9)	(6.2)	(100.0)	(28.0)	(67.8)	(4.2)	(100.0)

2. 시·군 단위 양분수지 실태

- 지역단위의 양분수지 실태를 분석하기 위해서는 농업생태계의 투입과 산출 부문에 대한 정확한 자료가 필요함.³⁹
 - 양분수지 지표 산출을 위해 필요한 기초 자료는 투입부문의 경우 가축사육두수와 성분별 비료사용량에 관한 자료가 필요하며, 산출부문의 경우 작물별 재배면적이 필요함. 이들 자료는 시군 통계자료나 유관기관(비료출하량에 관한 자료는 시군 농협)의 통계자료를 통해 구할 수 있음<표 4-3>.
 - 투입부문의 조정계수와 관련 투입부문에서 가축분뇨처리 방법별 실태에 관한 자료는 공식적인 자료는 발표되고 있지 않으나, 해당 시군 축산담당(또는 환경업무 담당) 부서에서 개략적인 실태 관련 자료를 파악하고 있음. 그러나 가축분뇨자원화를 통한 지역 간 이동에 관한 자료는 거의 구할 수가 없어, 여기서는 지역 간 이동은 고려하지 않았음을 밝혀둠.
 - 산출부문의 조정계수 중에서 경지이용율은 지역의 입지적 특성과 노동력 여하에 따라 큰 차이가 있으므로 반영하지 않았음을 밝혀둠.
- 지역별로 개략적인 양분수지 상태를 진단하기 위해 농림축산식품부를 통해 각 시도에 관련 자료를 요청하여, 입수된 자료를 기초로 양분수지 지표를 산출하여 결과치를 제시하였음.
 - 지역별로 산출된 양분수지 지표에 대한 공개는 제출된 자료의 정확성에 대한 검토가 완벽하게 이루어지지 않았고, 가축분뇨의 지역 간 이동에 관한 정확한 통계가 구축되어 있지 않아, 각 시군의 실명을 공개하지는 않았음. 다만 각 시도의 지역별 환경부하 실태를 개략적으로 파악

39 지역단위 환경부하 분석과 토지계의 물질순환 구조 및 양분수지 산정방법에 관한 상세한 설명은 김창길 외 7인(2004, pp21-27)에 상세하게 제시되어 있음.

할 수 있도록 지역 명칭은 문자를 사용하여 제시하였음을 밝혀둠. 각
도별·시군별 지역단위의 양분수지지표 산출결과와 양분초과율 분포
도는 「부록 3」에 상세하게 제시하였음.

표 4-3. D도의 시군별 가축사육두수 및 분뇨발생량

시군명	사육두수(두, 수)					분뇨발생량(톤)		
	한우	젓소	돼지	닭	오리	분	뇨	총계
D1	38,650	2,768	47,926	215,878	10,457	157,390	121,862	279,252
D2	78,809	12,463	121,054	2,134,255	9,532	449,805	290,430	740,234
D3	17,408	515	122,557	211,795	715	102,665	116,101	218,766
D4	39,372	1,025	56,046	530,764	336	163,208	121,585	284,793
D5	15,883	1,286	108,755	1,372,903	419	150,078	107,232	257,310
D6	34,350	4,610	47,656	3,772,759	531	313,013	120,073	433,086
D7	32,537	1,486	45,962	1,092,857	9,689	168,310	102,796	271,106
D8	22,376	128	22,833	1,400,851	7,104	135,157	61,566	196,723
D9	74,054	2,864	52,774	3,417,535	4,294	402,944	198,981	601,926
D10	19,825	987	104,919	990,936	17,503	142,290	111,805	254,095
D11	45,731	363	76,579	2,036,421	12,401	250,136	145,224	395,360
D12	7,759	72	11,251	74,440	33	29,996	23,575	53,570
D13	4,330	147	1,180	5,500	-	14,292	10,344	24,636
D14	51,667	1,178	50,735	3,525,008	20,121	330,508	144,400	474,909
D15	47,011	2,597	200,641	1,870,689	1,095	301,169	235,565	536,734
D16	44,148	550	39,818	607,505	113,265	176,980	119,326	296,305
D17	612	-	-	825	21	1,825	1,274	3,099
D18	11,327	-	4,239	13,877	19	35,028	26,257	61,286
D19	36,787	831	82,522	2,907,213	911	266,821	132,251	399,072
D20	28,164	779	41,926	204,034	170	109,957	88,323	198,279
D21	6,306	410	7,210	595,833	-	49,674	19,330	69,004
D22	14,572	828	37,267	1,618,333	933	131,111	57,279	188,390
D23	25,442	1,561	33,342	613,413	343	122,702	80,319	203,021
계	697,121	37,449	1,317,192	29,213,624	209,892	4,005,058	2,435,899	6,440,957

- 우선 D도의 축산에 의한 양분투입량 산출을 위해 D도의 시군별 가축사육두수 현황을 보면, D도 전체 가축 사육두수는 한우가 약 70만두, 젓소가 약 4만두, 돼지가 132만두, 닭이 2,921만수, 오리가 21만수로 나타났으며, 특히 D2 지역의 경우 한우, 젓소 등의 사육두수가 다른 시군에 비해 가장 많은 것으로 나타남<표 4-3>.
 - 가축사육두수와 가축분뇨발생원단위를 통해 계산된 D도의 가축분뇨 발생량은 약 644만 톤이며, 역시 D2 지역이 약 74만 톤(11.5%)으로 가축분뇨 발생량이 가장 많고, 다음으로 D9 지역이 약 60만 톤, D15 지역이 54만 톤 등으로 나타남.
- D도의 시군별 가축분뇨 처리경로를 보면 퇴비화가 평균 73.8%, 액비화가 평균 13.2%로 총 자원화율은 87.0%로 나타났으며, 그밖에 공공처리가 3.4%, 개별정화처리가 평균 7.1%으로 나타남.
- 가축분뇨발생량에서 가축분뇨 비료성분량을 계산한 후, 지역별 가축분뇨 자원화율과 양분손실율을 고려하여 가축분뇨 비료성분 활용량을 계산함. D도의 가축분뇨 비료성분 활용량은 질소 26,329톤, 인산 23,348톤 등 총 49,677톤으로 나타남.
- 또한 D도의 화학비료 성분투입량을 시군별 화학비료 소비량(농가판매분)을 통해 보면, 질소 35,011톤, 인산 13,264톤 등 총 48,276톤으로 나타남<표 4-4>.
- 또한 D도의 유기질비료 성분투입량을 시군별 유기질비료 소비량(농가판매분)을 통해 보면, 질소 4,458톤, 인산 1,783톤 등 총 6,241톤으로 나타남<표 4-4>.

표 4-4. D도의 종류별 비료 소비량

시군 명	분뇨 비료성분 활용량(톤) (자원화율, 손실율 고려)			화학비료 소비량(톤)			유기질비료 소비량(톤)		
	질소	인산	계	질소	인산	계	질소	인산	계
D1	973	959	1,932	1,314	500	1,814	143	57	201
D2	2,944	2,777	5,721	2,532	771	3,303	36	14	50
D3	672	543	1,215	975	338	1,313	64	25	89
D4	1,058	997	2,056	1,543	533	2,076	65	26	90
D5	1,133	904	2,037	971	381	1,352	52	21	73
D6	2,204	1,887	4,091	1,963	799	2,762	393	157	551
D7	1,134	1,030	2,164	1,318	463	1,781	208	83	291
D8	1,017	886	1,903	1,508	681	2,189	290	116	406
D9	2,668	2,427	5,095	2,898	929	3,826	452	181	632
D10	1,072	877	1,948	595	345	940	45	18	64
D11	1,364	1,195	2,559	3,488	1,307	4,795	437	175	611
D12	177	167	345	977	373	1,351	59	24	82
D13	88	94	182	804	403	1,206	99	39	138
D14	2,129	1,855	3,983	1,825	603	2,429	363	145	508
D15	2,092	1,758	3,849	2,176	1,030	3,206	323	129	453
D16	589	563	1,153	1,659	545	2,204	185	74	260
D17	9	10	20	81	26	107	27	11	38
D18	218	229	447	628	259	887	103	41	144
D19	1,848	1,552	3,400	2,849	1,047	3,895	526	210	736
D20	795	759	1,554	1,368	503	1,871	153	61	215
D21	358	306	664	999	487	1,485	285	114	399
D22	917	758	1,674	615	277	892	44	18	62
D23	872	814	1,686	1,926	664	2,590	106	42	148
계	26,329	23,348	49,677	35,011	13,264	48,276	4,458	1,783	6,241

○ 투입된 양분의 흡수량을 계산하기 위해 D도의 작물 재배면적을 통해 작물 양분요구량을 계산함.

- D도의 작물재배면적은 노지면적과 시설면적을 합하여 총 266,911ha에 이르는 것으로 조사됨.

- 이러한 작물 재배면적에서의 작물 양분요구량은 질소 27,117톤, 인산 14,111톤, 칼리 18,532톤 등 총 59,760톤으로 계산되었으며, 작물 양분요구량이 가장 높은 지역은 D11 지역으로 5,725톤(9.6%) 수준에 이르는 것으로 나타남<표 4-5>.

표 4-5. D도의 시군별 작물 재배면적 및 작물양분요구량

시군명	재배면적 (ha)	작물양분요구량(톤)			
		질소	인산	칼리	합계
D1	6,797	620	363	456	1,439
D2	18,354	1,922	1,036	1,280	4,237
D3	6,726	761	362	495	1,619
D4	12,025	1,209	661	810	2,680
D5	7,278	758	408	510	1,675
D6	15,896	1,606	837	1,143	3,586
D7	11,838	1,079	572	753	2,404
D8	12,027	1,221	648	862	2,731
D9	25,273	2,510	1,318	1,743	5,571
D10	9,170	1,205	525	766	2,496
D11	24,719	2,588	1,359	1,777	5,725
D12	5,445	547	289	373	1,209
D13	8,840	994	484	681	2,159
D14	12,265	1,079	587	756	2,422
D15	12,310	1,221	649	838	2,708
D16	17,747	1,664	897	1,141	3,701
D17	589	77	56	52	185
D18	4,397	478	251	321	1,051
D19	21,040	2,121	1,060	1,389	4,569
D20	9,541	965	483	709	2,157
D21	7,676	704	364	492	1,560
D22	5,308	596	296	391	1,282
D23	11,650	1,193	607	795	2,594
계	266,911	27,117	14,111	18,532	59,760

○ D도의 농경지의 양분수지 분석은 작물의 양분요구량에 의한 양분산출량과 화학비료 및 가축분뇨에 의한 양분투입량의 차이를 통해 이루어짐.

- D도의 작물양분요구량을 충족시키기 위해 외부에서 공급되는 총양분량은 화학비료, 유기질비료, 가축분뇨 양분 실제이용량을 합한 질소 65,798톤, 인산 38,395톤 등 총 104,193톤이며, 이중에서 작물양분요구량을 제외한 양분초과량은 질소 38,681톤, 인산 24,284톤 등 총 62,965톤으로 분석됨.
- 한편, D도의 ha당 작물요구량은 질소 101.6kg, 인산 52.9kg이며, 화학비료, 유기질비료, 가축분뇨에 의한 ha당 양분투입수준은 질소 246.5kg, 인산 143.8kg으로 나타나, ha당 양분초과량(양분수지)은 질소 144.9kg, 인산 91.0kg으로 양분초과율이 평균 157.4%에 이르는 것으로 나타남<표 4-6>.

표 4-6. D도의 작물양분요구량 및 양분공급구조

구 분		질소	인산	계/평균
작물양분요구량(A)	(톤)	27,117	14,111	41,228
화학비료 소비량(B)		35,011	13,264	48,275
유기질비료 소비량(C)		4,458	1,783	6,241
가축분뇨 양분 실제이용량(D)		26,329	23,348	49,677
총양분이용량(B+C+D)		65,798	38,395	104,193
양분초과량(B+C+D-A)		38,681	24,284	62,965
경지면적당 작물양분요구량	(kg/ha)	101.6	52.9	154.5
경지면적당 화학비료 소비량		131.2	49.7	180.9
경지면적당 총양분이용량		246.5	143.8	390.4
경지면적당 양분초과량(양분수지)		144.9	91.0	235.9
양분초과율((B+C+D-A)/A)	(%)	142.6	172.1	157.4

○ D도의 시군별 양분수지 시산 결과를 통해 양분초과량(질소성분 기준) 수준별 양분관리 지역을 지정함<표 4-7>, <그림 4-2>.

- 질소성분을 기준으로 양분초과율이 50% 미만인 D13 지역을 비롯한 3개 지역은 양분관리가 우수한 지역으로 분류됨.
- 양분초과율이 50~100%인 D17과 D18 지역은 양분관리 관심지역으로 분류됨. 적정한 양분수지 수준을 벗어날 가능성 여부에 대해 관심을 가지고

모니터링을 할 필요가 있는 지역임.

- 양분초과율이 100~150%인 D11을 비롯한 11개 지역은 지자체의 노력을 통해 적정한 양분수지 달성이 가능한 지역으로서, 지자체가 자발적으로 양분수지 목표 달성을 위해 노력하도록 적절한 유인책이 필요한 지역임.
- 양분초과율이 150~200%인 D22를 비롯한 4개 지역(양분특별관리 I지역)은 자발적 양분관리가 미흡한 지역으로서, 적극적인 양분관리 특별대책이 필요한 지역임.
- 양분초과율이 200% 이상인 지역(양분특별관리 II지역)은 D15, D1, D14 등 3개 지역이며, 이 지역은 양분 특별관리지역으로서 양분수지 달성을 위한 강력한 규제수단 등 특단의 대책을 강구할 필요가 있는 지역임.

그림 4-2. D도의 양분관리 유형별 분포도

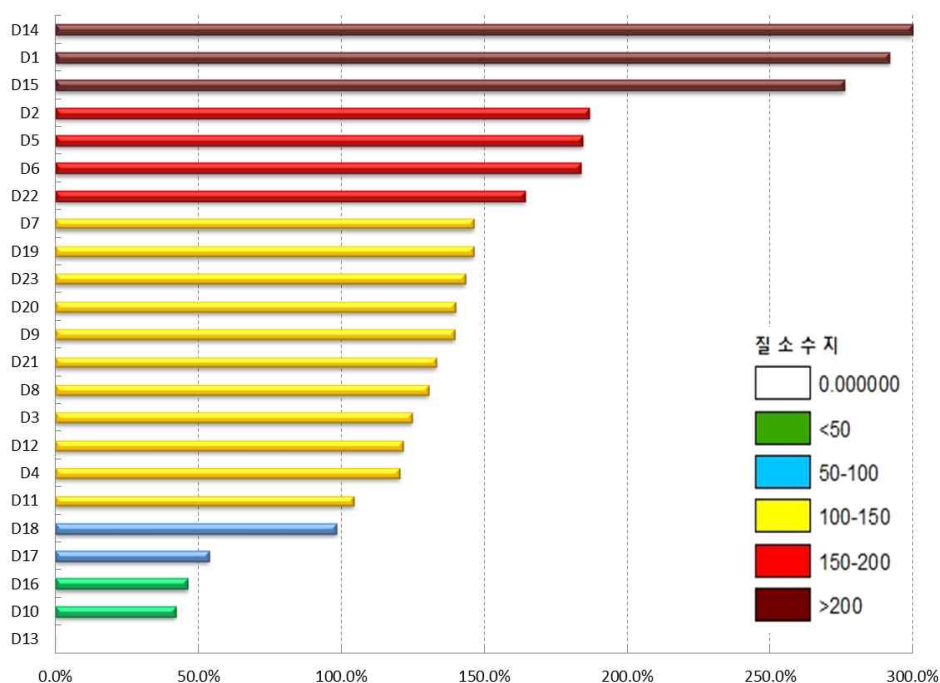
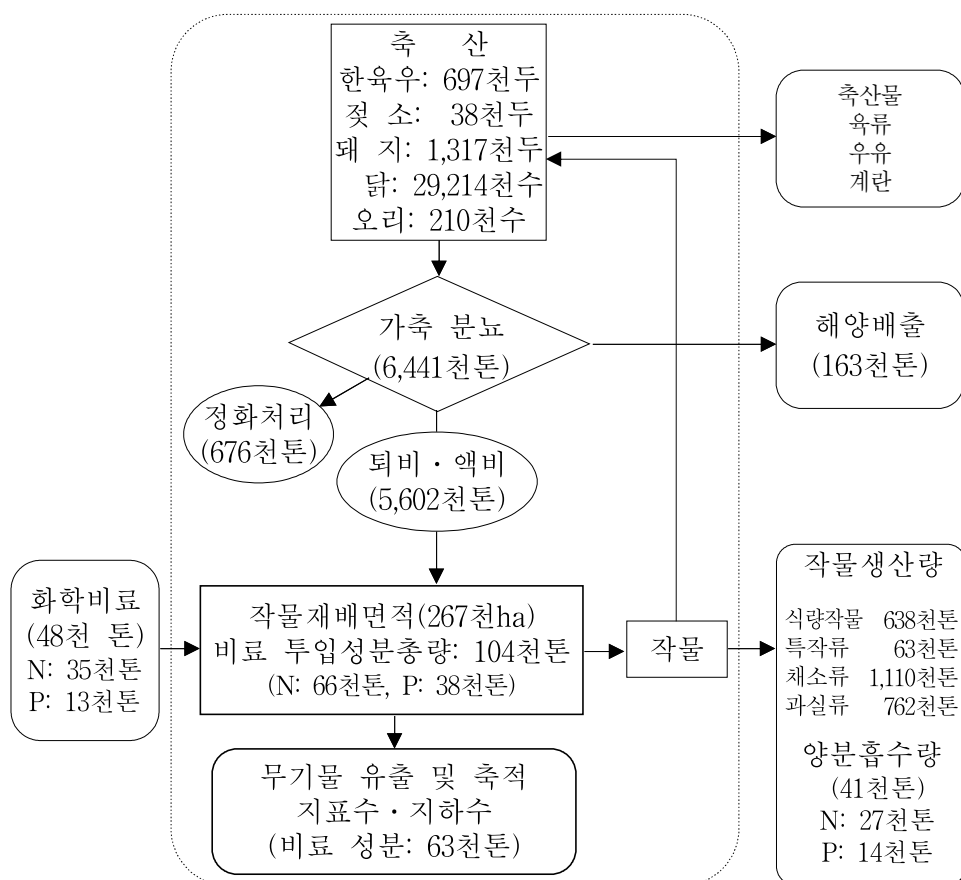


표 4-7. D도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정

지역구분	시군명	양분초과율(%)			양분초과량(kg/ha)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
특별관리 II지역 (200 이상)	D14	300.0	343.3	321.6	264.0	164.4	428.3
	D1	291.8	317.9	304.9	266.3	169.7	436.0
	D15	276.1	349.6	312.9	273.8	184.3	458.1
특별관리 I지역 (150~200)	D2	186.8	243.9	215.4	195.6	137.7	333.3
	D5	184.6	220.1	202.4	192.1	123.3	315.4
	D6	183.9	239.9	211.9	185.9	126.2	312.1
	D22	164.5	255.9	210.2	184.6	142.6	327.2
유도 지역 (100~150)	D7	146.4	175.5	160.9	133.5	84.8	218.3
	D19	146.3	165.0	155.7	147.4	83.1	230.6
	D23	143.4	150.5	147.0	146.8	78.4	225.2
	D20	139.9	173.9	156.9	141.5	88.1	229.6
	D9	139.7	168.4	154.0	138.7	87.8	226.5
	D21	133.3	149.4	141.4	122.2	70.8	193.0
	D8	130.5	159.8	145.1	132.5	86.0	218.5
	D3	124.8	150.3	137.5	141.2	80.9	222.1
	D12	121.6	95.1	108.3	122.3	50.5	172.8
	D4	120.5	135.4	127.9	121.1	74.4	195.6
	D11	104.4	96.9	100.6	109.3	53.3	162.6
관심지역(50~100)	D18	98.3	110.7	104.5	107.0	63.2	170.2
	D17	53.8	-14.9	19.5	69.9	-14.0	55.9
우수 지역 (50% 미만)	D16	46.3	31.9	39.1	43.4	16.1	59.5
	D10	42.1	136.2	89.2	55.3	78.0	133.3
	D13	-0.4	10.9	5.3	-0.4	6.0	5.5
계		142.6	172.1	157.4	144.9	91.0	235.9

⇒ D도의 양분균형 측면에서의 분석결과를 물질순환 흐름도를 통해 종합해보면, 전체 농경지면적 267천ha에 화학비료, 유기질비료, 가축분뇨를 통해 투입되는 비료성분(질소·인산) 총량은 104천 톤이며, 이중 약 40%인 41천 톤이 작물에 흡수되고 나머지 60%인 약 63천 톤이 유출되어 지하수와 지표수를 오염시키는 요인으로 작용하는 것으로 나타남. 따라서 D도의 과잉양분을 효과적으로 관리할 수 있는 특단의 조치가 필요한 것으로 판단됨<그림 4-3>.

그림 4-3. D도의 농업생태계 물질순환 구조(2011~2013년)



- D도의 양분공급 요인별 비중을 살펴보면 질소의 경우는 화학비료의 비중이 대체로 높고, 인산의 경우는 가축분뇨의 비중이 높은 것으로 나타남.
- 질소의 경우 D13의 화학비료의 비중이 90.1%로 가장 높고, D17 89.5%, D12 84.7% 등의 순으로 나타남. 한편 화학비료의 비중이 가장 낮은 지역은 D10(35.7%)로 나타남.
 - 인산은 D2가 가축분뇨 비중이 78.3%로 가장 높고, D14 75.5%, D22 73.2% 등의 순으로 나타남. 가축분뇨 비중 가장 낮은 지역은 D17(10.3%)임.

표 4-8. D도의 양분 공급요인별 비중

단위: 톤, %

	질소				인산			
	가축분뇨	화학비료	유기질비료	전체	가축분뇨	화학비료	유기질비료	전체
D1	972.6	1314.3	143	2430.2	959.4	500.0	57	1516.7
	(40.0)	(54.1)	(5.9)	(100.0)	(63.3)	(33.0)	(3.8)	(100.0)
D2	2943.6	2532.3	36	5511.5	2777.1	771.0	14	3562.4
	(53.4)	(45.9)	(.6)	(100.0)	(78.0)	(21.6)	(.4)	(100.0)
D3	672.0	975.0	64	1710.6	542.9	338.3	25	906.7
	(39.3)	(57.0)	(3.7)	(100.0)	(59.9)	(37.3)	(2.8)	(100.0)
D4	1058.4	1542.7	65	2665.6	997.4	533.3	26	1556.6
	(39.7)	(57.9)	(2.4)	(100.0)	(64.1)	(34.3)	(1.7)	(100.0)
D5	1133.1	971.0	52	2155.9	903.9	380.7	21	1305.3
	(52.6)	(45.0)	(2.4)	(100.0)	(69.2)	(29.2)	(1.6)	(100.0)
D6	2204.2	1963.0	393	4560.5	1887.1	799.0	157	2843.4
	(48.3)	(43.0)	(8.6)	(100.0)	(66.4)	(28.1)	(5.5)	(100.0)
D7	1133.7	1318.0	208	2659.6	1030.2	463.0	83	1576.4
	(42.6)	(49.6)	(7.8)	(100.0)	(65.4)	(29.4)	(5.3)	(100.0)
D8	1016.5	1508.0	290	2814.5	886.0	680.7	116	1682.6
	(36.1)	(53.6)	(10.3)	(100.0)	(52.7)	(40.5)	(6.9)	(100.0)
D9	2667.7	2897.7	452	6016.9	2427.0	928.7	181	3536.2
	(44.3)	(48.2)	(7.5)	(100.0)	(68.6)	(26.3)	(5.1)	(100.0)
D10	1071.5	595.3	45	1712.3	876.9	345.0	18	1240.1
	(62.6)	(34.8)	(2.7)	(100.0)	(70.7)	(27.8)	(1.5)	(100.0)
D11	1364.4	3488.3	437	5289.4	1194.6	1307.0	175	2676.3
	(25.8)	(65.9)	(8.3)	(100.0)	(44.6)	(48.8)	(6.5)	(100.0)
D12	177.0	977.3	59	1213.2	167.5	373.3	24	564.3
	(14.6)	(80.6)	(4.8)	(100.0)	(29.7)	(66.2)	(4.2)	(100.0)
D13	88.1	803.7	99	990.5	94.1	402.7	39	536.2
	(8.9)	(81.1)	(10.0)	(100.0)	(17.5)	(75.1)	(7.4)	(100.0)
D14	2128.8	1825.3	363	4317.0	1854.6	603.3	145	2603.1
	(49.3)	(42.3)	(8.4)	(100.0)	(71.2)	(23.2)	(5.6)	(100.0)
D15	2092.0	2176.0	323	4591.2	1757.5	1030.3	129	2917.2
	(45.6)	(47.4)	(7.0)	(100.0)	(60.2)	(35.3)	(4.4)	(100.0)
D16	589.4	1659.0	185	2433.8	563.3	545.3	74	1182.8
	(24.2)	(68.2)	(7.6)	(100.0)	(47.6)	(46.1)	(6.3)	(100.0)
D17	9.5	81.0	27	117.9	10.3	26.0	11	47.3
	(8.0)	(68.7)	(23.2)	(100.0)	(21.8)	(55.0)	(23.2)	(100.0)
D18	217.9	628.0	103	948.7	229.0	259.0	41	529.1
	(23.0)	(66.2)	(10.8)	(100.0)	(43.3)	(49.0)	(7.8)	(100.0)
D19	1847.9	2848.7	526	5222.7	1552.0	1046.7	210	2809.1
	(35.4)	(54.5)	(10.1)	(100.0)	(55.2)	(37.3)	(7.5)	(100.0)
D20	794.7	1367.7	153	2315.6	759.5	503.0	61	1323.8
	(34.3)	(59.1)	(6.6)	(100.0)	(57.4)	(38.0)	(4.6)	(100.0)
D21	357.6	998.7	285	1641.5	306.1	486.7	114	906.9
	(21.8)	(60.8)	(17.4)	(100.0)	(33.8)	(53.7)	(12.6)	(100.0)
D22	916.5	614.7	44	1575.7	757.5	277.3	18	1052.6
	(58.2)	(39.0)	(2.8)	(100.0)	(72.0)	(26.3)	(1.7)	(100.0)
D23	871.8	1925.7	106	2903.2	814.2	664.0	42	1520.5
	(30.0)	(66.3)	(3.6)	(100.0)	(53.5)	(43.7)	(2.8)	(100.0)

3. 과다 양분지역의 농경지 토양 특성

- 시군별 양분수지 분석에서 질소기준 양분초과율이 높은 20개 지역의 토양특성(흙토람 자료 이용)을 살펴본 결과, 20개 평균치가 전국에 비해 유기물은 약간 적고, 산도는 큰 차이가 없으며, 유효인산은 크게 높은 것으로 나타남.
- 유기물과 산도는 논, 밭, 과수원 기준으로 볼 때 적정범위이나 유효인산은 논을 기준으로 볼 때 크게 높은 것으로 나타남.

표 4-9. 과다 양분 시군지역 농경지 토양특성 현황

순위	지역	양분초과율			토양특성 현황		
		질소 (%)	인산 (%)	평균 (%)	유기물 (g/kg)	산도 (pH)	유효인산 (mg/kg)
1	B15	490.8	333.3	412.1	18.9	6.7	646.8
2	B16	387.5	559.1	473.3	20.7	6.5	589.3
3	I8	368.4	334.2	351.3	22.5	6.0	164.3
4	B18	345.2	496.1	420.6	22.3	6.7	904.8
5	B29	318.4	449.2	383.8	25.7	6.2	806.6
6	C9	304.7	359.5	332.1	21.7	6.2	295.4
7	D14	303.6	422.8	363.2	32.9	6.3	508.8
8	D1	296.8	333.3	315.0	22.3	6.1	518.1
9	B13	293.0	254.6	273.8	20.3	6.1	588.6
10	D15	280.3	365.5	322.9	33.6	6.3	537.3
11	B1	276.5	360.5	318.5	30.1	6.0	596.7
12	H10	264.9	279.3	272.1	23.0	6.3	647.6
13	A18	258.7	320.6	289.6	17.5	6.5	462.8
14	H12	256.8	292.2	274.5	17.8	6.2	445.8
15	B23	255.2	324.4	289.8	32.5	7.0	1,574.5
16	B31	255.2	376.6	315.9	20.2	6.4	451.3
17	B28	240.2	327	283.6	19.8	6.6	505.7
18	B21	234.5	314	274.2	20.3	6.0	158.7
19	I7	234.4	204.2	219.3	23.1	6.5	426.9
20	B19	233.1	312.1	272.6	20.7	6.4	446.3
20개지역 평균		294.9	350.9	322.9	23.3	6.35	563.8
전국 평균		145.3	153.1	149.2	25.5	6.23	480.8

주: 토양특성의 적정범위는 토양에 따라 다름. 유기물(g/kg)의 경우 논 25~30, 밭 20~30, 과수원과 시설이 25~35임. 산도(pH)의 경우 논이 5.5~6.5이고, 밭과 과수원이 6.0~6.5이며, 시설이 6.0~7.0임. 유효인산(mg/kg)의 경우 논이 80~120이고, 밭 300~500, 과수원 200~300, 시설 350~500임(국립농업과학원 내부자료).

4. 양분수지 분석결과의 종합 및 시사점

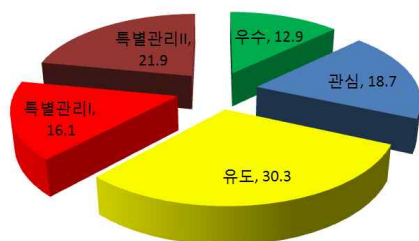
○ 전국 농경지에 대한 시·군별 양분수지 분석결과(광역시를 제외한 시·군 행정 지역 대상 155개 대상) 특별관리지역의 비중이 높아 보다 체계적인 양분관리가 필요한 것으로 나타남.

- 양분관리 유형별 비중을 보면 질소 수지의 경우 우수지역은 20개 지역으로 12.9%, 관심지역은 29개 지역으로 18.7%를 차지하며, 양분관리 유도지역은 47개 지역으로 전체 시·군에서 30.3%를 차지하는 것으로 나타남. 한편 양분관리 특별관리지역의 경우 특별관리 I지역은 25개로 16.1%를 차지하고, 특별관리 II지역은 34개로 전체의 21.9%로 특별관리지역은 38.1%를 차지함.
- 양분관리 유형별 비중을 보면 인산 수지의 경우 우수지역은 33개 지역으로 21.3%, 관심지역은 22개 지역으로 14.2%를 차지하며, 양분관리 유도지역은 40개 지역으로 전체 시·군에서 25.8%를 차지하는 것으로 나타남. 한편 양분관리 특별관리지역의 경우 특별관리 I지역은 19개로 12.3%를 차지하고, 특별관리 II지역은 41개로 전체의 26.5%로 특별관리지역은 38.7%를 차지함.

그림 4-4. 전국의 시군별 양분수지 종합

단위: %

<질소수지>



<인산수지>

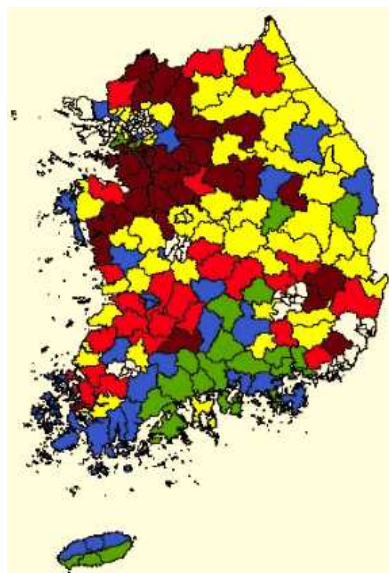
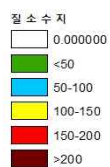


표 4-10. 전국의 시군별 양분관리 유형별 비중

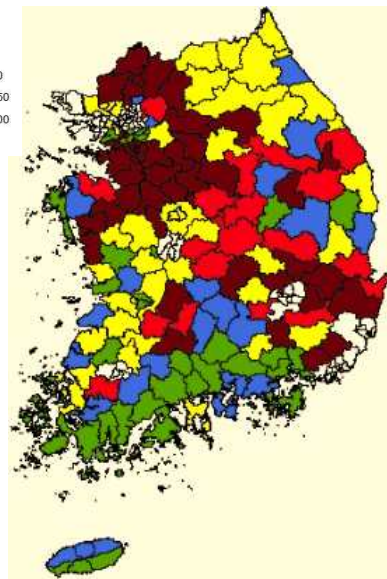
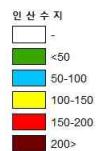
구 분	질소 수지		인산 수지	
	지역수(개)	비중(%)	지역수(개)	비중(%)
우수지역	20	12.9	33	21.3
관심지역	29	18.7	22	14.2
유도지역	47	30.3	40	25.8
특별관리 I지역	25	16.1	19	12.3
특별관리 II지역	34	21.9	41	26.5
합 계	155	100.0	155	100.0

그림 4-5. 전국 시군별 양분(질소·인산) 초과율 분포도

<질소성분 초과율>



<인산성분 초과율>



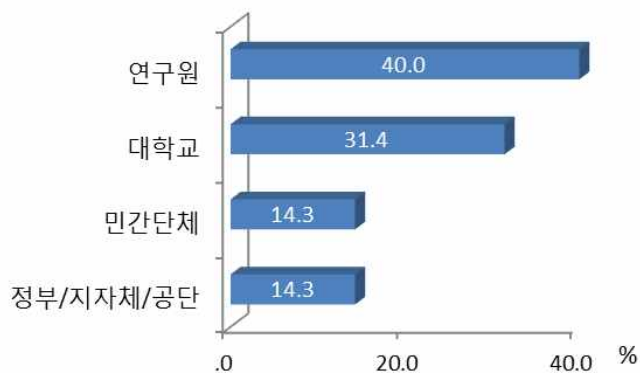
제 5 장

양분총량제 도입에 대한 반응분석

1. 설문조사 개요

- 양분수지를 통한 양분관리 현황을 조사하고, 효과적인 양분총량제 도입방안을 도출하고자 전문가(정책담당자 포함)를 대상으로 설문조사를 실시함. 설문조사는 양분총량제 관련 전문가, 정책담당자를 대상으로 2015년 1월 20일~30일(11일간)에 실시하였으며, 이메일 조사를 통해 총 35부의 유효설문지를 수거하였음.
- 설문문항은 양분수지표에 대한 인식에 대하여 8문항, 과잉양분 관리방안에 대하여 3문항, 양분총량제 시행 방안에 대하여 5문항 등 총 16문항으로 구성하였음<부표>. 설문응답자의 소속기관 구성을 보면 연구기관이 이 40.0%로 가장 높았고, 대학교 31.4%, 민간단체와 정부/지자체/공단 14.3% 등으로 이루어짐<그림 5-1>.

그림 5-1. 양분총량제 반응조사를 위한 설문 응답자 구성비



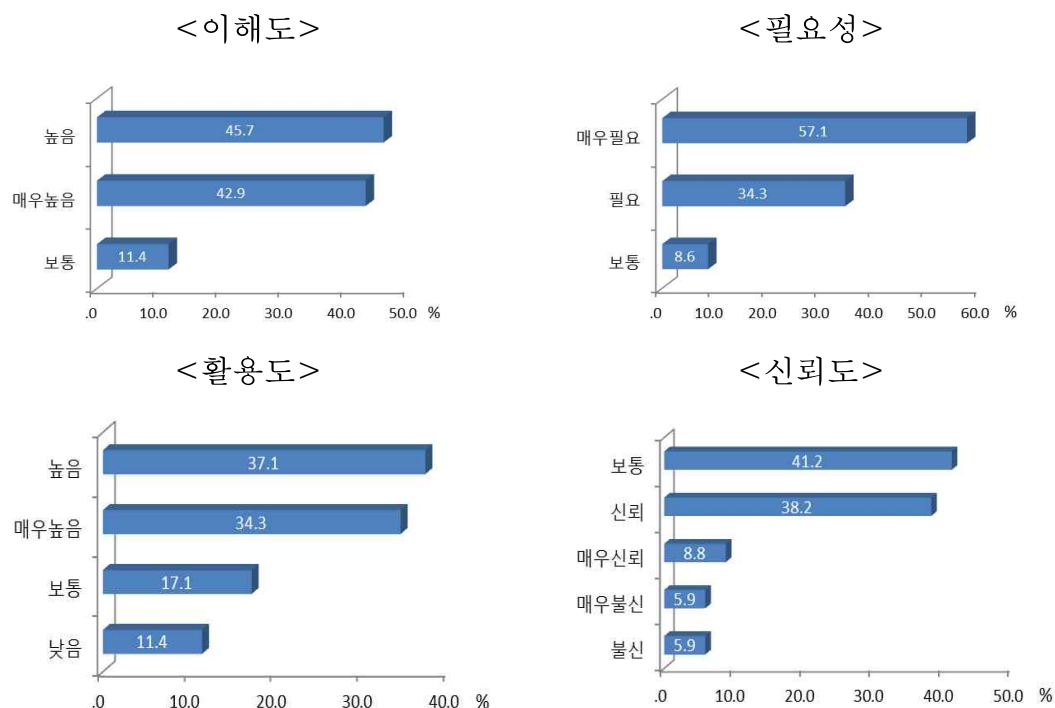
2. 설문조사 결과

2.1. 양분수지 지표에 대한 인식

- 양분수지 지표에 대한 이해도·필요성·활용도·신뢰도에 관한 질문한 결과, 이해도의 경우 ‘높음’ 45.7%, ‘매우 높음’ 42.9%로 높음으로 응답한 비중이 88.6%로, 대부분의 전문가들이 양분수지 지표를 잘 이해하고 있는 것으로 나타남.
 - 지표에 대한 필요성의 경우 ‘매우 필요’ 57.1%, ‘필요’ 34.3%로 필요하다는 응답비중이 91.4%로 상당히 높은 것으로 조사됨. 지표에 대한 활용도의 경우 ‘높음’ 37.1%, ‘매우 높음’ 34.3%로 높음으로 응답자의 71.4%가 양분수지 지표의 활용 비중도 높은 편으로 나타남.
 - 한편, 신뢰도에 관한 인식을 질문한 결과, ‘신뢰’ 38.2%, ‘매우 신뢰’ 8.8%

로 신뢰한다는 응답비중이 47.1%로 절반에 미치지 못하였으며, 불신한다는 비중도 11.8%로 나타나 신뢰도는 상대적으로 낮은 것으로 나타남.

그림 5-2. 양분수지지표에 대한 인식



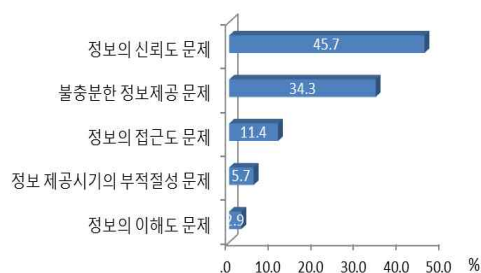
- 양분수지 전문가들이 업무에서 양분수지 지표를 구체적으로 어떤 부분에서 활용하고 있는지를 질문한 결과, ‘농업환경정책 수립 및 평가’가 48.6%로 가장 응답비중이 높았고, ‘농업환경의 실태파악’ 31.4%, ‘농업환경의 미래 전망’ 8.6%의 순서로 높았음. 한편 양분수지 지표를 정책의사결정에 실제 활용하는데 애로사항으로는 ‘신뢰성 있는 정보가 제공되지 않음(정보의 신뢰도 문제)’ 45.7%로 가장 높았고, ‘필요한(원하는) 정보가 제공되지 않음(불충분한 정보제공 문제)’ 34.3%, 정보를 쉽게 접하기가 어려움(정보의 접근도 문제) 11.4% 등의 순서로 나타남.

그림 5-3. 양분수지 지표 활용 및 애로사항

<양분수지 지표 활용>

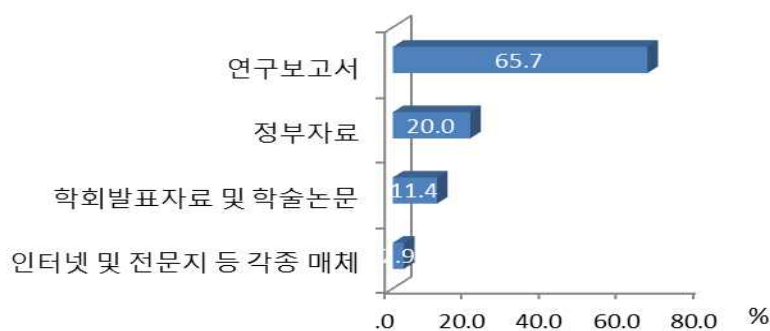


<활용의 애로사항>



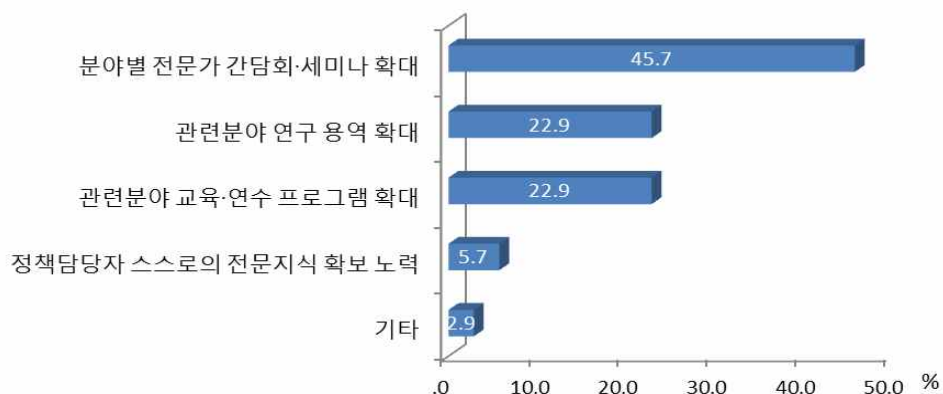
- 양분수지 지표 접근 경로는 ‘연구보고서’가 65.7%로 가장 높았고, ‘정부자료’ 20.0%, ‘학회발표자료 및 학술논문’ 11.4%의 순서로 그 뒤를 이음.

그림 5-4. 양분수지 지표 접근 경로



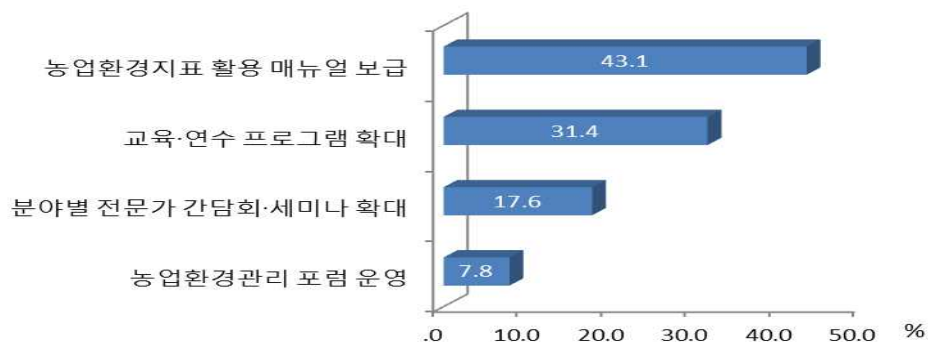
- 향후에 양분수지 지표 이해도를 증대시키기 위한 방안에 대해 ‘분야별 전문가 간담회·세미나 확대’가 45.7%로 응답비중이 가장 높았고, 다음으로 ‘관련분야 연구 용역 확대’와 ‘관련분야 교육·연수 프로그램 확대’가 22.9%로 높았음.

그림 5-5. 양분수지 지표 이해도 증대 방안



- 정부 및 지방자치단체의 정책실행 담당자들의 양분수지 지표 활용도를 높이기 위한 방안에 대해서는 ‘양분수지 지표 활용 매뉴얼 보급’이 43.1%로 가장 높았고, ‘교육·연수 프로그램 확대’ 31.4%, ‘분야별 전문가 간담회·세미나 확대’ 17.6%로 그 다음을 이음.

그림 5-6. 양분수지 지표 활용도 제고 방안(복수선택)

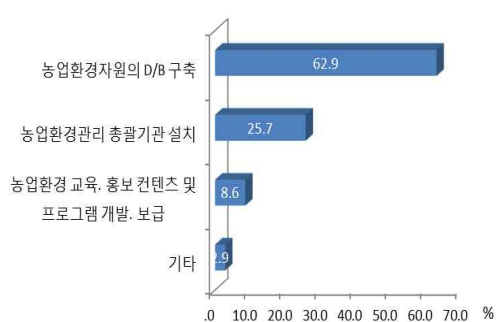


- 양분수지 지표를 활용한 농업환경 진단 및 정책 연계를 위하여 시급한 사안으로 전문가들은 ‘농업환경자원의 D/B 구축(62.9%)’을 1순위로 꼽았고, 다음으로 ‘농업환경관리 총괄기관 설치(25.7%)’, ‘농업환경 교육·홍보 콘텐츠 및 프로그램 개발·보급(8.6%)’ 등을 꼽았음.

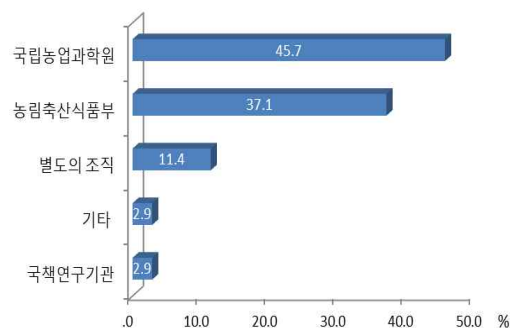
- 체계적인 양분관리를 위한 총괄기관(control tower) 역할은 농촌진흥청 국립농업과학원(45.7%)이 가장 적합한 것으로 나타났고, ‘농림축산식품부(37.1%)’가 그 다음을 이었으며, ‘별도의 조직’도 11.4%로 나타남.

그림 5-7. 정책연계 위한 추진사안 및 양분관리 총괄기관

<정책연계 추진사안>



<양분관리 총괄기관>



- 응답자 소속기관별 총괄기관 선호도를 보면, 대학교, 연구원, 정부/지자체/공단은 국립농업과학원을 가장 선호하는 반면, 민간단체는 농림축산식품부를 가장 선호하는 것으로 나타남.

표 5-1. 응답자 소속기관별 총괄기관 선호도

단위: 명, %

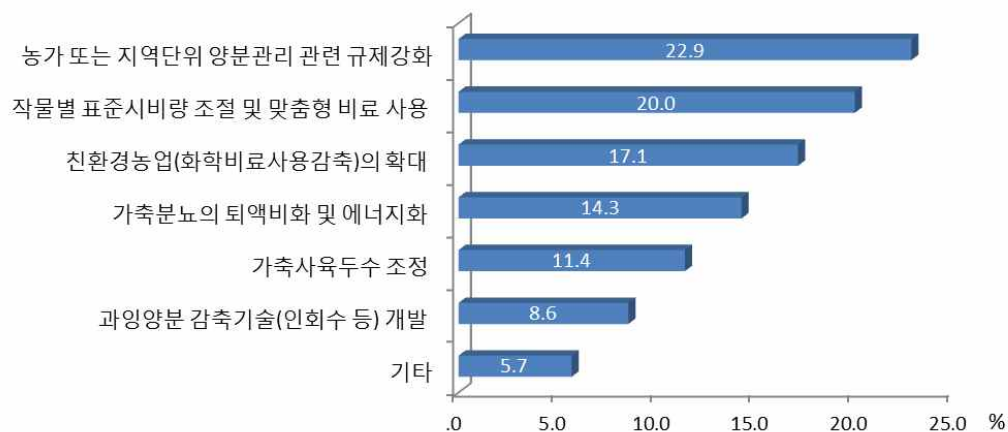
단위: 명, %

			총괄기관					전체
			농림축산 식품부	국립농업 과학원	국책연구 기관	별도의 조직	기타	
소속 기관	대학교	응답수	2	6	0	2	1	11
		구성비	(18.2)	(54.5)	(0.0)	(18.2)	(9.1)	(100.0)
	연구원	응답수	5	7	1	1	0	14
		구성비	(35.7)	(50.0)	(7.1)	(7.1)	(0.0)	(100.0)
	정부/지자체/ 공단	응답수	2	3	0	0	0	5
구성비		(40.0)	(60.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(100.0)	
민간단체	응답수	4	0	0	1	0	5	
	구성비	(80.0)	(0.0)	(0.0)	(20.0)	(0.0)	(100.0)	
전체		응답수	13	16	1	4	1	35
		구성비	(37.1)	(45.7)	(2.9)	(11.4)	(2.9)	(100.0)

2.2. 과잉양분 관리방안

- 우리나라의 과잉양분을 관리하는 가장 적절한 방안에 대해 ‘농가 또는 지역단위 양분관리 관련 규제강화’가 22.9%로 가장 높게 나타났고, ‘작물별 표준시비량 조절 및 맞춤형 비료 사용’ 20.0%, 친환경농업(화학비료사용감축)의 확대 17.1%, 가축분뇨의 퇴·액비화 및 에너지화 14.3% 등의 순서로 나타났음. 또, ‘가축사육두수 조정’과 ‘과잉양분 감축기술(인회수 등) 개발’도 각각 11.4%, 8.6% 등의 응답비중을 나타냄.

그림 5-8. 과잉양분 관리방안



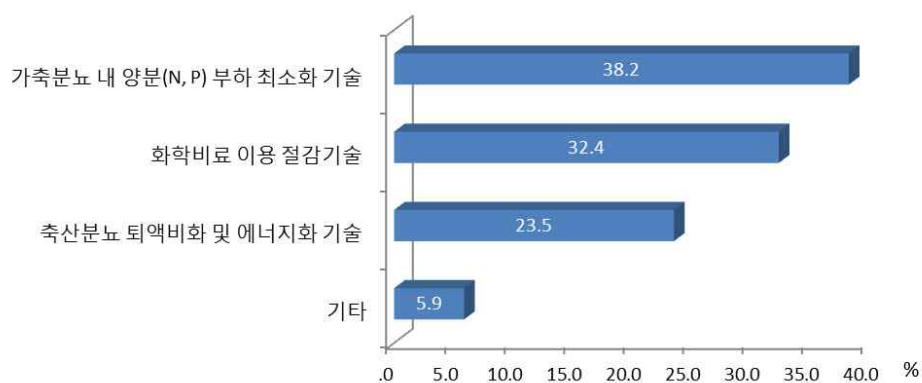
- 우리나라의 양분과잉 투입문제 해결을 위해 남북한 전체를 대상으로 한 양분수지 문제를 논의하는 것에 대해 바람직하다는 의견이 74.3%로 나타났으며, 그렇지 않다는 의견도 22.9%로 나타남.

표 5-2. 남북한 전체 대상의 양분수지 논의에 대한 견해

	응답수(명)	구성비(%)
잘 모르겠음	1	2.9
아니오	8	22.9
예	26	74.3
합계	35	100.0

- 과잉양분 감축기술 가운데 가장 우선적으로 개발해야 할 기술에 대해 질문한 결과, 전문가들은 ‘가축분뇨 내 양분(N, P) 부하 최소화 기술(38.2%)’을 1순위로 꼽았고, 다음으로 ‘화학비료 이용 절감기술(32.4%)’, ‘축산분뇨 퇴·액비화 및 에너지화 기술(23.5%)’ 등의 등을 꼽았음.

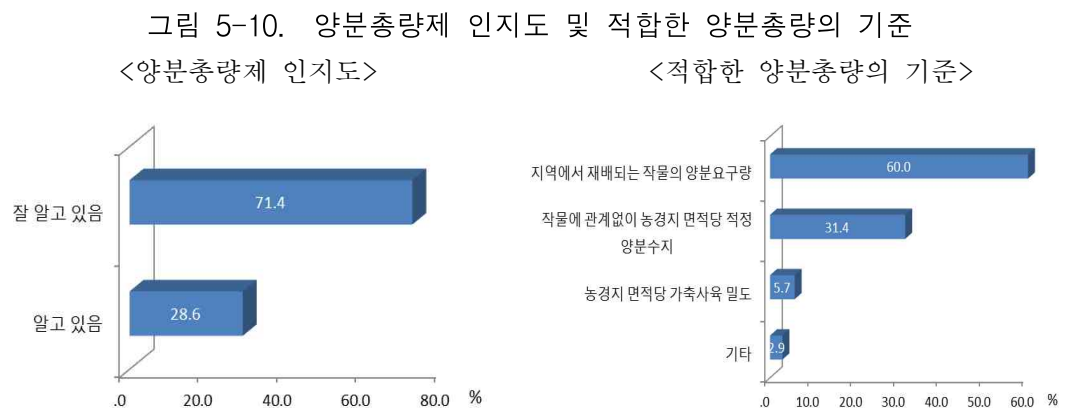
그림 5-9. 가장 우선적으로 개발해야 할 과잉양분 감축기술



2.3. 양분총량제 시행 방안

- 양분총량제에 대해 알고 있는 정도를 질문한 결과, ‘잘 알고 있음’이 71.4%, ‘알고 있음’이 28.6% 등으로 모두가 알고 있다고 응답함.

- 양분총량의 기준으로는 ‘지역에서 재배되는 작물의 양분(화학비료+가축분+유기질비료)요구량’이 60.0%로 가장 적당하다고 응답하였고, 다음으로 ‘작물에 관계없이 농경지 면적당 적정 양분수지(31.4%)’, ‘농경지(또는 지역) 면적당 가축사육 밀도(5.7%)’ 등의 순으로 응답함.



- 전문가들에게 우리나라 국토보존 및 농업환경을 고려하여 양분총량제를 시행하는 것이 필요하다고 생각하느냐는 질문에 대부분(85.7%)이 필요하다고 응답하였음. 필요하지 않다고 응답한 비중은 11.4%에 그침.

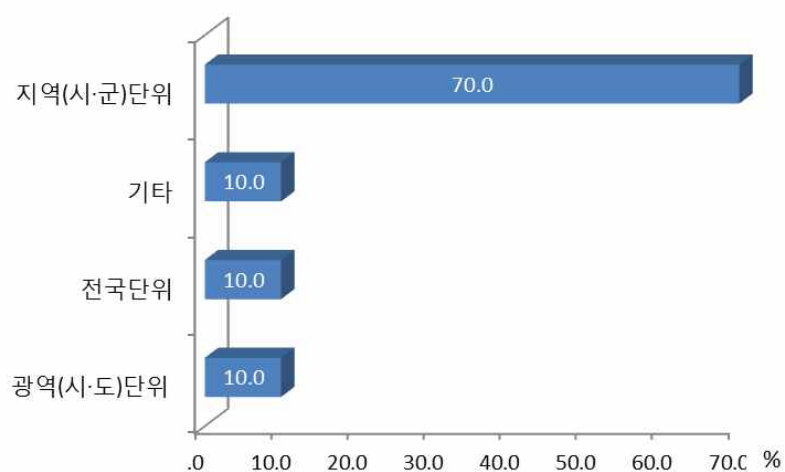
표 5-3. 양분총량제 시행의 필요성 여부

	응답수(명)	구성비(%)
잘 모르겠음	1	2.9
아니오	4	11.4
예	30	85.7
합계	35	100.0

- 양분총량제 시행이 필요하다고 응답한 전문가들에게 양분총량제 시행의 적당한 규모에 대해 질문한 결과 ‘지역(시·군)단위’가 70.0%로 가장 많았고, ‘광

역(시·도)단위’, ‘전국단위’가 각 10% 비중을 나타냄.

그림 5-11. 적당한 양분총량제의 시행 규모



- 응답자 소속기관별 시행규모 선호도를 살펴본 결과, 모든 기관이 지역(시·군)단위를 가장 선호하는 것으로 나타난 가운데, 대학교는 광역(시·도)단위를, 연구원과 민간단체는 전국단위를 두 번째로 선호하는 것으로 나타남.

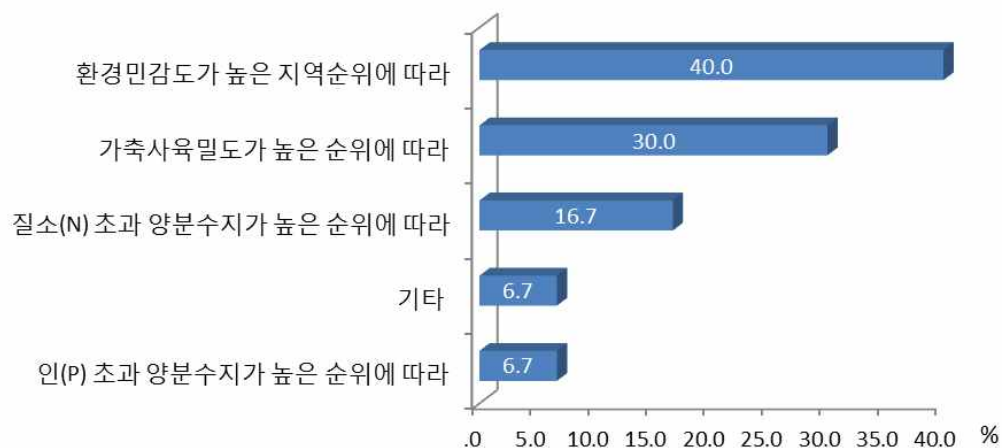
표 5-4. 응답자 소속기관별 시행규모 선호도

단위: 명, %

			시행규모				전체
			지역(시·군)단위	광역(시·도)단위	전국단위	기타	
소속기관	대학교	응답수 구성비	5 (50.0)	3 (30.0)	1 (10.0)	1 (10.0)	10 (100.0)
	연구원	응답수 구성비	9 (75.0)	0 (0.0)	1 (8.3)	2 (16.7)	12 (100.0)
	정부/지자체/공단	응답수 구성비	5 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (100.0)
	민간단체	응답수 구성비	2 (66.7)	0 (0.0)	1 (33.3)	0 (0.0)	3 (100.0)
전체		응답수 구성비	21 (70.0)	3 (10.0)	3 (10.0)	3 (10.0)	30 (100.0)

- 양분총량제 시행이 필요하다고 응답한 전문가들은 모두 시범지역 시행 없이 전면적으로 시행하는 것보다, 시범지역 시행을 통하여 단계적으로 시행하는 방식을 선호하는 것으로 나타남.
- 또, 시범지역 선정 기준은 ‘환경민감도(수질 및 토양오염 가능성)가 높은 지역순위에 따라’하자는 의견이 34.3%로 가장 많았고, ‘가축사육밀도가 높은 순위에 따라’ 25.7%, ‘질소(N) 초과 양분수지가 높은 순위에 따라’ 14.3%로 각각 그 다음을 이음. 또, 양분총량제 시행 시기에 대해서는 ‘2~3년 후 시행’ 의견이 48.6%로 가장 많았고, ‘5~7년 후 시행’이 22.9%로 그 다음으로 많았음.

그림 5-12. 시범지역 선정기준



- 응답자 소속기관별 적합한 양분총량제 시행 시기는 대부분 기관이 ‘2~3년 후 시행’을 1순위로, ‘5~7년 후 시행’을 2순위로 응답하여 소속기관별 선호도가 차이가 나지 않는 것으로 나타남.

그림 5-13. 적합한 양분총량제 시행 시기

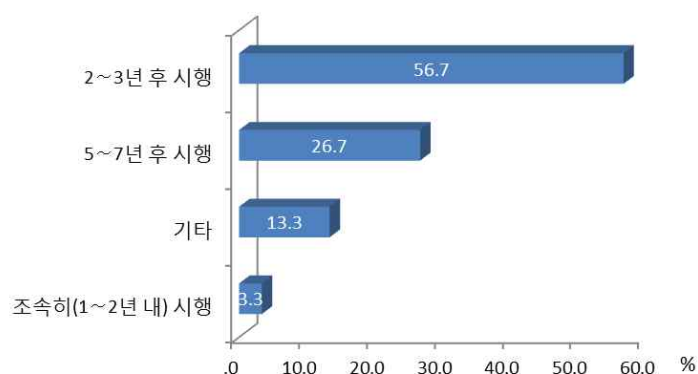


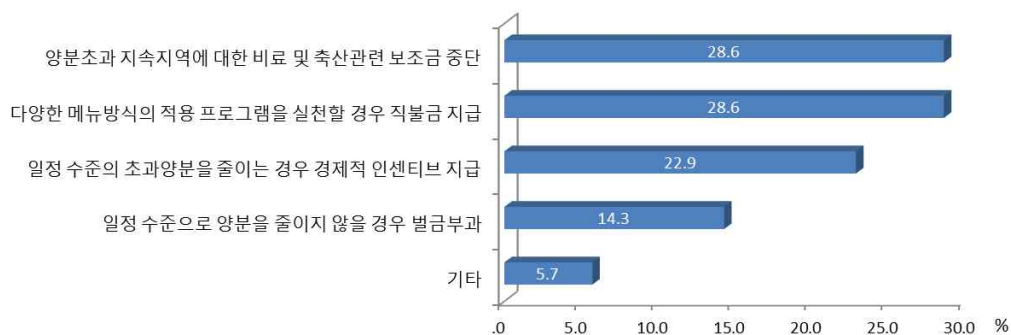
표 5-5. 응답자 소속기관별 시행시기 선호도

단위: 명, %

			시행시기				전체
			조속히	2~3년 후	5~7년 후	기타	
소속기관	대학교	응답수 구성비	1 (10.0)	5 (50.0)	3 (30.0)	1 (10.0)	10 (100.0)
	연구원	응답수 구성비	0 (0.0)	7 (58.3)	3 (25.0)	2 (16.7)	12 (100.0)
	정부/지자체/공단	응답수 구성비	0 (0.0)	3 (60.0)	2 (40.0)	0 (0.0)	5 (100.0)
	민간단체	응답수 구성비	0 (0.0)	2 (66.7)	0 (0.0)	1 (33.3)	3 (100.0)
	전체	응답수 구성비	1 (3.3)	17 (56.7)	8 (26.7)	4 (13.3)	30 (100.0)

- 양분총량제에 의한 초과양분을 줄이기 위한 구체적인 실행 방안에 대해 ‘다양한 메뉴방식의 적용 프로그램을 실천할 경우 직불금 지급’과 ‘양분초과 지속 지역에 대한 비료(유기질비료 포함) 및 축산관련 보조금 중단’ 의견이 28.6%로 가장 많았고, ‘일정 수준의 초과양분을 줄이는 경우 경제적 인센티브 지급’ 22.9%, ‘일정 수준으로 양분을 줄이지 않을 경우 벌금(페널티) 부과’가 14.3%로 그 뒤를 이음.

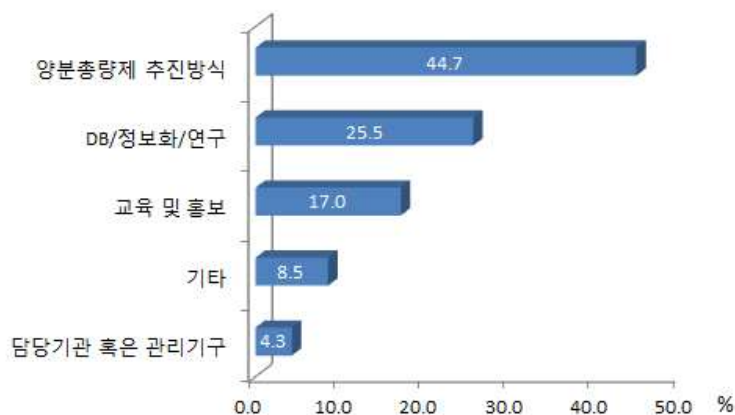
그림 5-14. 초과양분을 줄이기 위한 양분총량제 실행방안



- 전문가들의 양분총량제 시행방안 관련 제언사항을 집계한 결과, 양분총량제 추진방식에 대한 의견이 44.7%로 가장 많았고, DB/정보화/연구 25.5%, 교육 및 홍보 17.0%로 나타남.

- 양분총량제 추진방식에 대해서는 ‘합리적 실천방안 수립과 실천기술 보급방안이 충분이 논의되고 설정(세미나, 토론회 등 포함)’이 가장 많았음.
- DB/정보화/연구에 대해서는 ‘양분총량제 시행에 필요한 실질적인 DB 구축 및 관련 DATA의 양질화’ 의견이 가장 많았음.
- 교육 및 홍보에 대해서는 ‘작물별 최적 양분량, 생산량과 양분량과의 관계에 대한 농민 교육 및 홍보’ 의견이 가장 많았음.

그림 5-15. 양분총량제 시행방안 관련 의견



2.4. 전문가 반응조사 결과 요약 및 시사점

- 양분수지를 통한 양분관리 현황을 조사하고, 효과적인 양분총량제 도입방안을 도출하고자 전문가(정책담당자 포함)를 대상으로 설문조사를 실시함.
- 양분수지 지표의 신뢰도에 대해 전문가들은 신뢰한다는 응답비중이 47.1%로 절반에 미치지 못한 것으로 나타났으며, 양분수지 지표를 정책의사결정에 실제 활용하는데 애로사항으로 정보의 신뢰도 문제(45.7%)를 1순위로 꼽았음. 이는 향후 양분수지 지표의 신뢰성을 제고하는 노력이 필요함을 시사함.
- 양분수지 지표를 활용한 농업환경 진단 및 정책 연계를 위하여 시급한 사안으로 ‘농업환경자원의 D/B 구축(62.9%)’, ‘농업환경관리 총괄기관 설치(25.7%)’, ‘농업환경 교육·홍보 콘텐츠 및 프로그램 개발·보급(8.6%)’ 등이 필요한 것으로 나타났음. 또, 체계적인 양분관리를 위한 총괄기관(Control tower) 역할은 농촌진흥청 국립농업과학원(45.7%), ‘농림축산식품부(37.1%)’가 적합한 것으로 나타남.
- 우리나라의 과잉양분을 관리하는 가장 적절한 방안으로 ‘농가 또는 지역단위 양분관리 관련 규제강화(22.9%)’, ‘작물별 표준시비량 조절 및 맞춤형 비료사용(20.0%)’, ‘친환경농업(화학비료사용감축)의 확대(17.1%)’ 등이 필요한 것으로 나타남.
- 과잉양분 감축기술 가운데 가장 우선적으로 개발해야할 기술로는 ‘가축분뇨 내 양분(N, P) 부하 최소화 기술(38.2%)’, ‘화학비료 이용 절감기술(32.4%)’, ‘축산분뇨 퇴·액비화 및 에너지화 기술(23.5%)’ 등이 선호됨.

- 양분총량의 기준으로는 ‘지역에서 재배되는 작물의 양분(화학비료+가축분+유기질비료)요구량’(60.0%)이 가장 선호되었고, ‘작물에 관계없이 농경지 면적당 적정 양분수지(31.4%)가 그 다음으로 선호됨.
- 전문가들에게 우리나라 국토보존 및 농업환경을 고려하여 양분총량제를 시행하는 것이 필요하다고 생각하느냐는 질문에 대부분(85.7%)이 필요하다고 응답한 가운데 시행의 적당한 규모는 ‘지역(시군)단위(70.0%)’가 가장 선호되었음. 또 시행방식으로는 시범지역 시행을 통하여 단계적으로 시행하는 방식을 선호하는 것으로 나타남. 또, 시범지역 선정 기준은 ‘환경민감도가 높은 지역순위에 따라(34.3%)’와 ‘가축사육밀도가 높은 순위에 따라 (25.7%)’가 선호되었음. 양분총량제 시행 시기에 대해서는 ‘2~3년 후 시행(48.6%)’ 의견이 가장 많았음.
- 양분총량제에 의한 초과양분을 줄이기 위한 구체적인 실행 방안에 대해 ‘다양한 메뉴방식의 적용 프로그램을 실천할 경우 직불금 지급(28.6%)’과 ‘양분초과 지속지역에 대한 비료(유기질비료 포함) 및 축산관련 보조금 중단(28.6%)’ 의견이 가장 많았음.
- 전문가들의 양분총량제 시행방안 관련 제언사항을 집계한 결과, 양분총량제 추진방식에 대한 의견이 44.7%로 가장 많았고, DB/정보화/연구 25.5%, 교육 및 홍보 17.0%로 나타남.

제 6 장

양분총량제 추진 방안

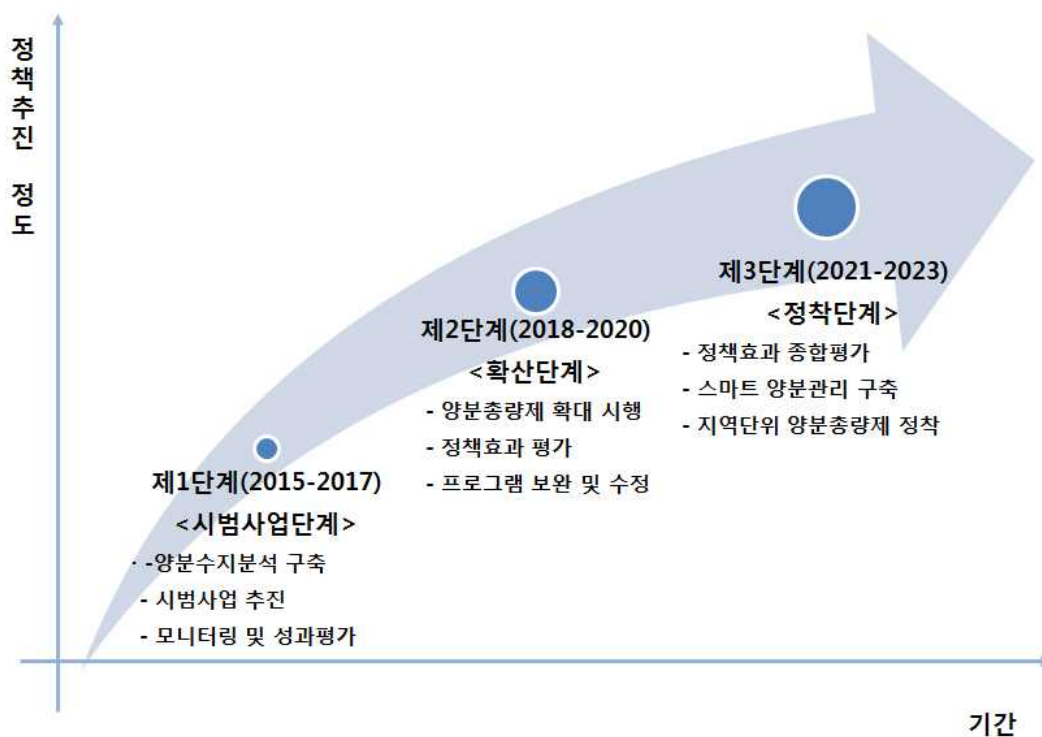
1. 기본방향과 추진방식

- 지역단위 양분총량제는 해당지역 농경지의 양분수지 분석을 기초로 관리하고자 하는 양분관리 목표를 설정하고, 양분수지 목표 달성·유지하기 위해 양분 투입을 감축하거나 양분 흡수를 높이는 관리 제도를 의미함.
 - 양분총량제는 과잉양분이 누적되거나 배출됨으로써 농업생태환경을 악화시킬 우려가 높기 때문에, 사전예방원칙(precautionary principle)을 기초로 지역별 농업환경 부존자원 및 관리 여건을 고려하여 해당지역의 환경용량의 범위 내에서 농축산 활동이 이루어질 수 있도록, 경종부문의 화학비료와 축산부문의 가축분뇨에 대한 종합적인 관리를 지향함.
- 경종부문 및 축산부문에서 농경지에 투입되는 양분의 적정한 관리를 통해 투입과 산출의 양분수지를 달성함으로써 농업생태계의 환경부하를 최소화하는 최적관리시스템을 구축을 궁극적인 목표로 하는 지역단위 양분총량제의 기본방향을 다섯 가지로 설정함.

- 첫째, 양분의 투입과 산출에 관한 관련 자료를 최대한 활용하여 과학적이고 신뢰할 수 있는 양분수지지표를 산출하여 정책집행의 기초자료로 활용함.
 - 둘째, 지역단위 양분총량제는 농업분야에 도입되는 새로운 정책프로그램으로 정책실패를 최소화하고 정책성과를 극대화하기 위해 목표달성 시점을 설정하고 준비상황과 여건변화를 반영하여 단계적으로 추진토록 함.
 - 셋째, 양분총량제는 새롭게 도입되는 정책으로 양분총량의 기준 설정과 지역별 양분초과율에 따른 관리대상 지역의 구분 등에 있어서 이해당사자에게 미치는 부정적 영향을 가능한 한 줄이기 위해 신축성 있게 운용토록 함.
 - 넷째, 양분총량제는 양분초과율이 높은 지역을 대상으로 잉여양분 감축을 유도하기 위한 정책수단으로 적절한 양분관리를 위해서는 경종부문과 축산부문에서 양분감축이 효과적으로 이루어질 수 있는 다양한 수단을 도입하여 운용토록 함.
 - 다섯째, 실효성 있는 정책추진을 위해 양분관리 관련주체(중앙정부 및 지방자치단체, 농축산인)의 적절한 역할분담이 이루어지도록 함.
- 지역단위 양분총량제는 농경지의 양분관리를 위해 새롭게 도입되는 농업환경자원관리 정책프로그램이므로, 체계적이고 실현 가능한 정책 프로그램 운용과 정책추진 과정에서의 문제 발생을 최소화하기 위해 「시범사업단계 → 확산단계 → 정착단계」 등 3단계로 나누어 단계적으로 추진함<그림 6-1>.
- 1단계 양분총량제 시범사업단계(2015-2017): 양분수지지표 도출을 위한 D/B 구축, 지역단위 양분수지 분석모델 정립, 사업운영 세부지침 작성 등 사전준비 사항을 완비하고 여건이 허락되는 지방자치단체를 중심으로 정책담당자(지방정부)와 정책대상자(농업인, 축산인 등) 교육 실시 등 시범사업을 통해 양분총량제의 추진체제를 구축함.

- 2단계 양분총량제 확산단계(2018-2020): 1단계 시범사업에 대한 정책효과 평가를 기초로 양분총량제 프로그램에 대한 보완 및 수정이 이루어지도록 하고, 본 사업으로 국내 전역으로 확대하는 방안을 모색함. 특히 사업이 제대로 추진되는지에 대한 모니터링과 분야별 정책성과에 대한 평가결과를 공지함.
- 3단계 양분총량제 정착단계(2020-2023): 양분총량제 사업 전반에 대한 종합평가를 기초로 실현 가능한 잉여양분 감축계획 수립, 지역 특성을 고려한 최적의 양분관리 체계인 농업부문의 건실한 스마트 양분관리시스템으로 정착토록 함.

그림 6-1. 양분총량제의 단계별 추진 방식



2. 양분총량제의 세부 추진방안

2.1. 양분총량의 기준 설정

- 해당 지역 농경지의 양분총량의 기준은 작물 생산을 위해 양분요구량으로 투입되는 물질로 화학비료와 가축분뇨 퇴·액비(유기질 비료 포함)로 설정하는 방안과 작물에 상관없이 농경지 면적당 적절한 양분투입의 상한선을 설정하는 방안, 양분수지에 관계없이 적절한 가축 사육밀도 유지 등을 들 수 있음.
 - 과학적인 측면에서 작물의 양분요구량에 맞추어 적절한 양분을 투입함으로써 양분수지를 달성함으로써 궁극적으로 환경부하를 최소화하는 방안이 바람직한 것으로 사료됨. 이 경우 작물의 요구량과 양분투입량에 대한 정확한 정보 및 관련자료 확보가 선결되어야 함.
 - 재배하는 작물에 상관없이 논과 밭으로 나누어 단위면적당 양분투입의 상한선을 설정하여 양분을 관리하는 방안으로 복잡한 양분수지를 산출할 필요가 없으나, 농가단위의 양분투입의 상한에 대한 모니터링 시스템이 구축되어야 함.
- 양분총량제에 대한 전문가 설문조사 결과, 양분총량의 기준으로 화학비료와 가축분뇨를 활용한 퇴·액비 등이 바람직한 기준으로 제시됨.

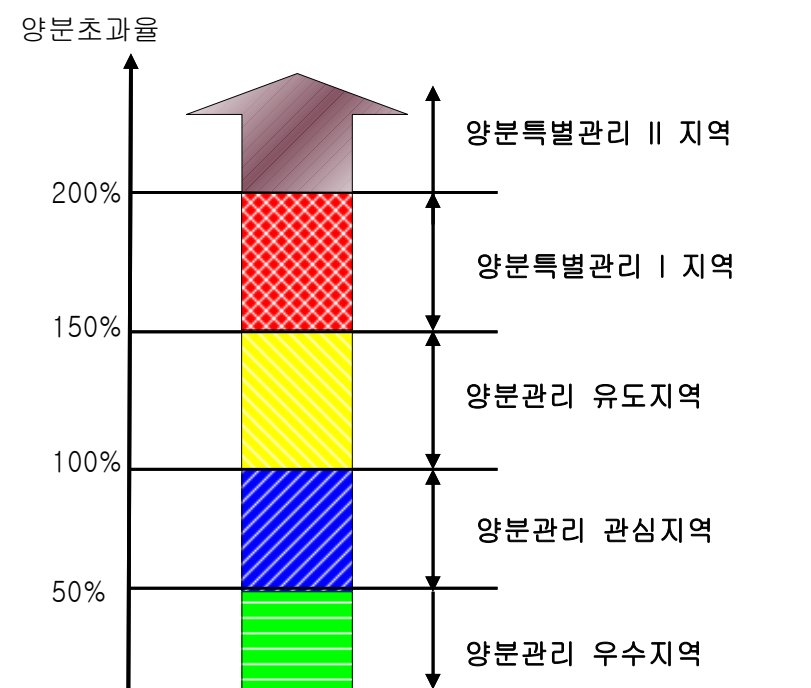
2.2. 양분수지지표에 따른 관리대상 지역의 구분

- 지역단위 양분관리 대상지역의 구분
 - 질소성분 기준 양분수지지표([양분투입량-양분반출량]kg/ha)를 기준으로 양분초과율 50% 이하 지역을 ‘양분관리 우수지역’, 양분초과율 50~100%

지역을 양분관리 관심지역, 양분초과율 100~150% 지역을 양분관리 유도지역, 양분초과율 150% 초과 지역을 양분특별관리 지역(I, II)으로 구분하여 관리함⁴⁰<그림 6-2>

- 양분관리 우수지역: 양분초과율 50% 미만 지역(녹색지역)
- 양분관리 관심지역: 양분초과율 50~100% 미만 지역(청색지역)
- 양분관리 유도지역: 양분초과율 100~150% 미만 지역(황색지역)
- 양분특별관리 I지역: 양분초과율 150~200% 미만 지역(적색지역)
- 양분특별관리 II지역: 양분초과율 200% 초과 지역(밤색지역)

그림 6-2. 질소성분 양분초과량 기준 양분관리지역 지정



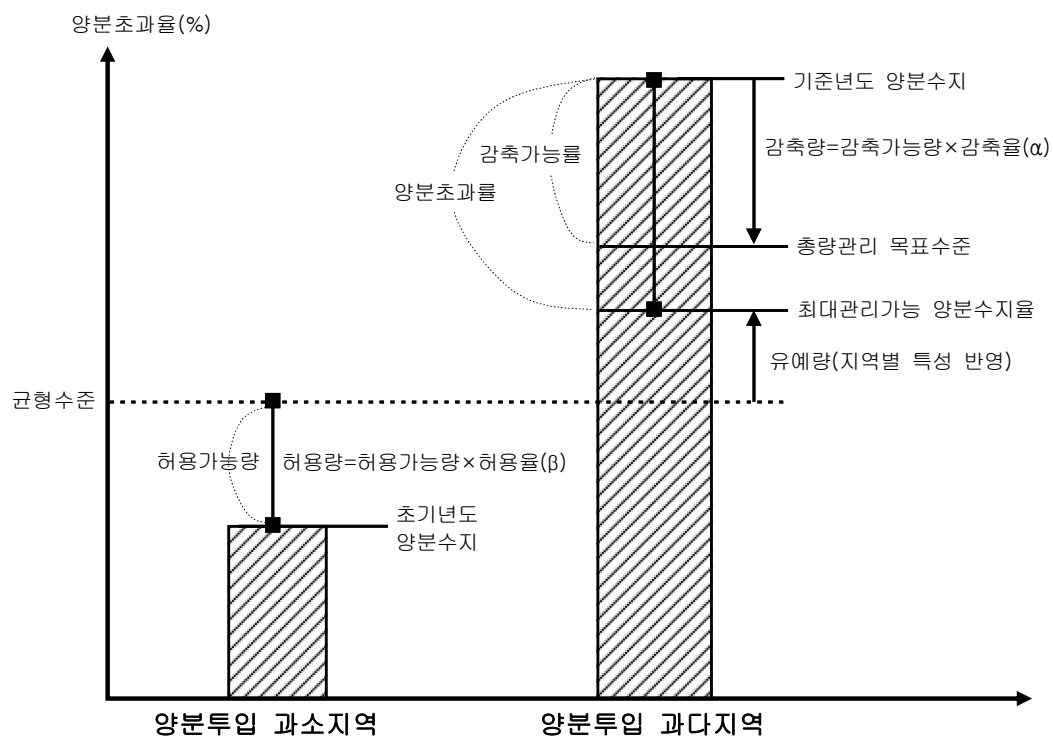
40 양분초과율 정도에 따른 관리대상 지역의 구분 기준은 양분초과율의 정도와 관리목표 및 정책집행 정도 등에 따라 신축적으로 운용할 수 있음. 이 연구에서는 지역별 양분초과율 정도와 관리목표 등을 종합적으로 고려하고 관련분야 전문가와의 협의를 거쳐 양분초과율 50% 간격으로 관리대상지역을 구분하여 제시한 것임을 밝혀둠.

2.3. 양분관리 대상지역의 잉여양분의 감축 방식

○ 지역단위 양분관리 추진 방식

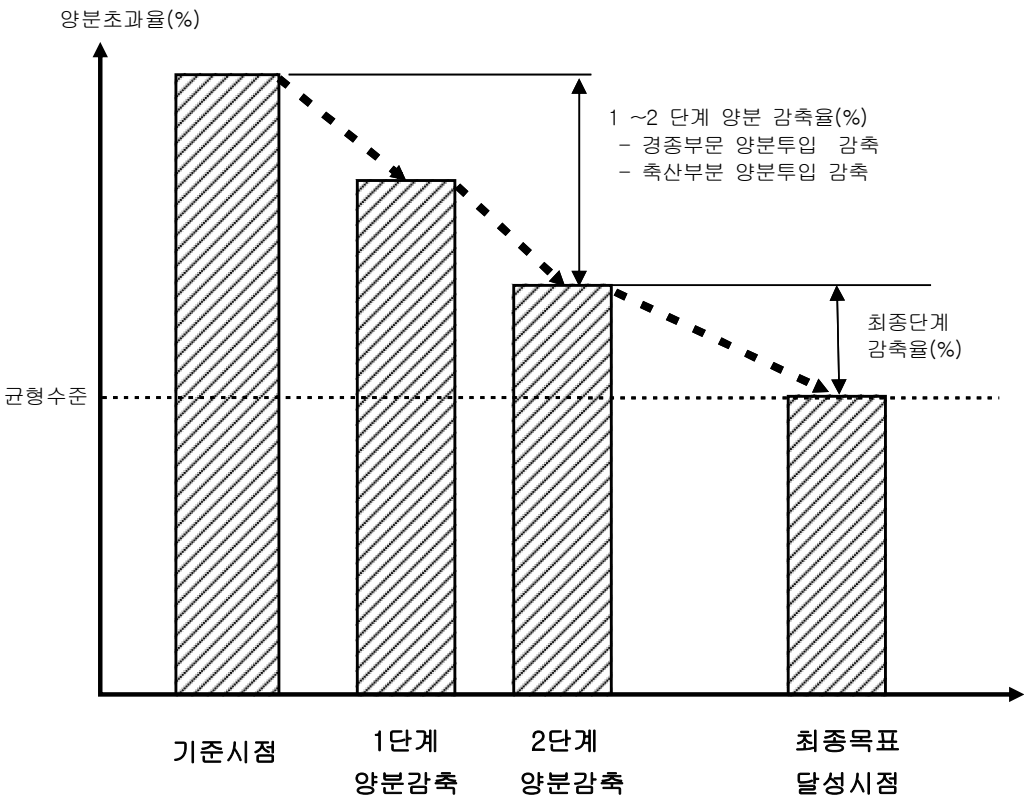
- 지역별 양분수지 과잉 정도에 따라 과소지역과 과다지역으로 대별될 수 있음. 양분투입 과소지역의 경우 외부로부터 양분투입 허용이 가능한 지역이며, 허용 가능량은 양분수지 수준에서 결정되나 허용률(β)은 지역의 환경용량과 입지적 여건 등을 종합적으로 고려하여 결정됨<그림 6-3>.
- 양분투입 과다지역의 양분관리 체계를 보면 해당지역의 환경용량을 기초로 총 최대관리가능 양분수지율이 설정되면 유예량이 결정됨. 과잉양분 투입도가 높을 경우(양분특별관리지역) 해당지역의 여건에 따라 관리 가능한 총량관리 목표수준이 결정되며, 이를 기초로 실현가능한 감축율(α)을 설정함.

그림 6-3. 지역단위 양분총량관리 시스템 개념도



- 양분투입 과다지역(양분관리 유도지역, 양분특별관리지역)의 양분감축 방식
 - 양분과다 지역의 경우 단기간 내 양분감축은 현실적으로 상당한 부담이 되므로 지역여건을 반영한 합리적인 단계별 감축목표를 설정하여 양분감축 목표를 달성토록 함.
 - 지역별 양분수지는 2~3년 단위로 평가하여 양분총량 감축목표를 제시토록 함. 예를 들어 어떤 지역의 기준시점에서 질소성분의 양분초과율이 200%로 결정된 경우, 균형수준을 70%로 설정하는 경우 2020년 달성목표가 100%로 설정되면 170%(1단계) → 130%(2단계) → 100%(3단계) → 70%(4단계) 로 설정하는 등 단계별 관리목표를 설정하여 잉여양분 감축을 추진토록 함<그림 6-4>.

그림 6-4. 양분과다 지역의 양분감축 방식

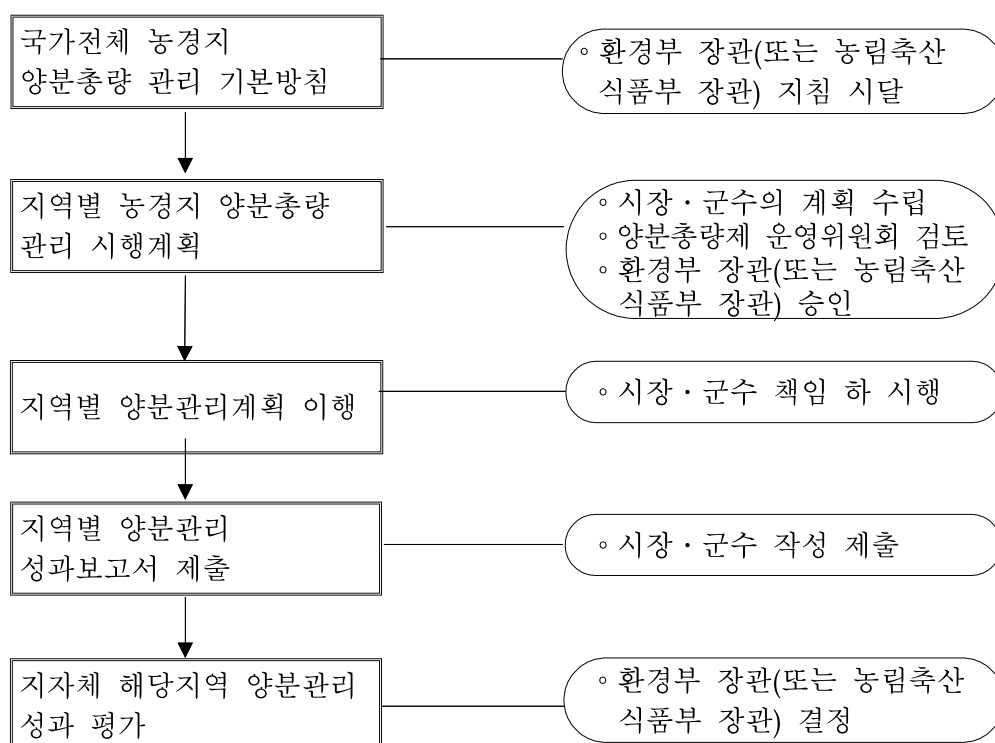


- 지역단위 양분총량제의 관리대상 물질(양분의 비료성분)의 선정
 - 지역단위 양분수지 관리대상 물질의 경우 실행 초기단계에서는 질소성분을 관리대상 물질로 정하여 양분수지를 관리하고, 정착단계에 도달하면 인산성분도 관리대상 물질에 포함시켜 관리하는 것이 바람직함.

2.4. 지역단위 양분총량제 시행체계

- 양분총량제가 실제로 작동되기 위해서는 환경부(또는 농림축산식품부)의 부령으로 시행지침(또는 기본방침)이 수립되어야 함.
 - 지역단위 양분총량제 시행지침에는 양분총량제의 목적과 새로운 제도 도입에 따른 용어에 대한 정의, 양분총량제의 관리 목표, 관리대상 물질의 종류(질소 또는 인산), 양분수지 지표의 산출방법과 데이터베이스 구축, 시·군 등 지방자치단체의 시행계획의 수립내용과 방법, 성과보고서의 작성, 관련주체의 실태조사와 모니터링 등의 역할 분담, 양분의 감축 방안, 제도 운영의 추진 일정 등을 제시해야 할 것임.
- 양분총량제의 시행체계는 기본방침에 따라 단계별로 진행됨<그림 6-5>.
 - 환경부(또는 농림수산식품부)는 국가 전체 농경지의 양분총량 관리방안이 포함된 양분총량제에 관한 기본방침을 시달함. 기본방침에는 지역별 양분수지 정도에 따라 양분관리 대상지역 및 특별관리지역 등을 지정토록 함.
 - 지방자치단체장(시장·군수)은 지역별 여건을 고려하여 지역별 농경지 양분총량관리 시행계획을 수립하여 제출함. 환경부 장관(또는 농림축산식품부 장관)은 각 시·군이 제출한 양분총량관리 시행계획을 “양분총량제 운영위원회”의 검토를 거쳐 승인함.
 - 시장·군수는 해당지역의 지역별 양분관리계획 이행과 양분관리 성과보고서를 작성하여 제출하고, 환경부 장관(또는 농림축산식품부 장관)은 지역별 양분관리 목표 이행 정도에 따른 성과를 평가토록 함.

그림 6-5. 지역단위 양분총량제 시행절차(안)



2.5. 지역별 양분수지 모니터링 및 관련정보 공개

- 양분분야 전문가와 정책담당자로 양분총량제 운영위원회(가칭)를 구성하여 지역별 양분수지 기초 자료와 산정결과 등에 대해 검토토록 함.
 - 양분총량제 운용과 관련 매년 전체 시·군의 양분수지 실태를 지도로 작성하여 인터넷 웹사이트에 공개토록 하며, 각 지역의 환경부하 상태 및 양분관리 노력 정도를 정책담당자와 농업인은 물론 일반 국민들도 쉽게 알 수 있도록 함.

- 양분총량제를 시행하는데 있어 문제점을 크게 나누면, 과학적 자료수집과 해석의 오류문제와 이해당사자들의 의도적인 기만에 의한 자료왜곡 문제가 있을 수 있음. 지역단위 양분총량제가 시행된다 하더라도 지역에 미칠 수 있는 불이익을 회피하는 수단으로 의도적, 반의도적 자료조작이나 기만행위가 발생할 우려가 있음. 지역단위 양분총량 추정에 필요한 자료는 대부분 지역행정기관에서 제출하는 자료에 의존할 수밖에 없는데, 이와 같은 경우라도 이를 검증할 수 있는 다양한 방법이 모색되어야 할 것임.
- 양분총량제가 제대로 작동되기 위해서는 해당지역에서 양분수지 산출을 위해 보고된 부문별 관련 자료에 대한 확인 작업이 필요함.
 - 가축분뇨의 퇴비화 및 액비화 등 자원화 실태에 관한 확인·점검이 필요함.
 - 가축분뇨의 자원화(퇴비화 또는 액비화)를 통해 지역 간 이동되는 물량이 각 지자체에서 보고되는 경우 이동된 지역을 분명하게 명기토록 하며, 이러한 이동 물량은 이동된 지역의 양분수지 산정 시 투입량으로 포함되기 때문에 지역 간 이동에 대한 확인·점검이 이루어져야 함.
 - 화학비료 사용량에 관한 기초자료는 실제로 대부분의 화학비료와 유기질 비료가 농협을 통해 공급되고 있으므로, 해당 시·군 농협의 비료공급량과 재고량 자료를 통해 확인할 수 있음. 또한 지자체간의 화학비료 이동내역을 파악하기 위해 화학비료 판매처(주로 농협)에서 화학비료 판매 시 판매내역(구입자 정보, 판매량 등)을 기록하여 보고토록 하는 장치가 필요함.
- 유기질비료 등 현재 국가단위 양분수지에서 계산에 포함되지 않거나, 양분요구량 등 파라미터의 보완이 필요한 부분이 있음.
 - 유기농업 등 친환경농업육성을 위해 농가에 공급되는 유박 등 발효되지 않은 원료를 이용하는 유기질비료의 대량유통은 농림수산식품부의 통계자료에 포함되지 않고 있음. 현재 연간 사용량이 60만 톤 규모로, 퇴비와 같은 부산물비료에 비해 양분량이 높아 지역 내 양분흐름에 큰 영향을 미치고 있음. 현재 유통되는 유기질비료의 질소 성분량이 4~6% 내외인 점

을 고려해볼 때 대략 질소 3만 여 톤으로 추정되므로, 유기질비료의 사용량에 대한 통계자료 구축이 필요함.

- 우리나라 대표적인 농산부산물의 하나인 벚짚은 최근 많은 양이 가축 조사료용으로 수거되어 이용되고 있음. 벚짚의 질소함량을 0.6%라고 볼 때 질소 1만 2천 톤이 농경지 밖으로 빠져나간 것으로 추정할 수 있음. 벚짚과 같은 주요 농산부산물의 이동에 관한 자료는 양분수지나 양분총량을 측정하는데 있어 중요한 자료가 됨. 따라서 논에서의 정확한 양분수지 분석을 위해서는 벚짚의 회수량에 대한 통계자료가 필요함.
- 녹비는 지하로 용탈되는 양분을 흡수하여 다음 작물에 이용할 수 있게 하고, 공중질소를 고정하여 화학비료를 절감하는데 주요한 수단임. 또한 유기물공급효과, 토양유실방지, 연작피해 경감 등 다양하게 농업환경을 보존하는 기능을 가지고 있음. 우리나라에서 주로 이용하는 녹비로는 호밀, 청보리, 헤어리베치, 자운영 등을 들 수 있는데, 이중 헤어리베치와 자운영 등 공중질소를 고정하는 녹비임. 질소를 고정하는 두과 작물의 순수 질소 고정량은 토양중의 질소함량에 따라 달라지지만, 식물체중 전체 질소의 40~90%에 달함. 자운영이나 헤어리베치가 정상적으로 자랐을 경우 식물체중 질소량이 80~160 kg/ha 정도인 것을 고려하고 그중 50%의 질소가 공중으로부터 고정되었다고 하면 ha당 40~80 kg 정도 질소가 고정된다고 할 수 있음. 질소 고정량이 큰 헤어리베치의 재배면적이 늘어나면 녹비에 의한 질소 고정량도 무시할 수 없는 수준이 될 것임.

2.6. 적절한 양분관리를 위한 다양한 방안 활용

2.6.1. 경종부문

- 경종부문에서 작물 생산을 위한 양분원으로 화학비료와 유기질 비료 등이 투입

됨. 농업생산성 증대를 위해 ‘고투입-고산출’의 집약적 농업생산으로 화학비료 투입량이 적정수준 이상으로 과다하게 투입되어 비료 사용량 감축을 위한 적절한 방안 모색이 필요함.

- 농업과 환경의 조화를 통해 지속가능한 농업을 지향하는 친환경농업 육성정책의 주요한 수단으로 화학비료 농약 등 농자재 투입을 상당한 수준으로 감축하는 정책목표를 설정하고 다양한 정책프로그램을 추진하고 있음. 경종부문의 과잉양분을 적절하게 관리하기 위해서 친환경농업 확대가 지속적으로 이루어질 수 있도록 양분관리 측면에서 보다 실효성 있는 정책프로그램이 개발되어 추진되어야 할 것임.
- 논과 밭 모두 저투입 농업을 기반으로 하는 양분종합관리(Integrated Nutrient Management, INM)가 필요함.⁴¹ INM은 양분 물질의 불필요한 투입을 최대한으로 억제하여 환경부하를 최소화하면서 적정수량을 얻고자, 여러 가지 양분자원을 이용하여 총량적 시비량과 시비시기, 시비방법, 작물의 영양상태 등 작물의 상태를 최적상태로 유지시키기 위하여 토양비옥도와 작물양분을 종합적으로 정밀 관리하는 기술임. 국내 농업 전반에 INM이 확산될 수 있도록 체계적인 대책이 마련되어 추진되어야 함.
- 필지별 토양검정의 결과를 토대로 지역별 토양에 필요한 시비처방에 의한 비료성분을 배합하여 만든 비료인 맞춤비료(Bulk Blending, BB) 공급을 확대하고 중장기적으로 완효성 비료를 사용할 수 있도록 지원하는 맞춤형 비료지원 사업을 2010년부터 3년간 추진해 왔음. 그러나 2013년부터 중앙정부의 지원 사업으로 중단되었고 일부 지자체의 자체사업으로 추진하고 있는 실정임. 토양검정 결과를 기초로 한 맞춤형 비료 지원 사업은 화학비료 감축은 물론이고 토양에 적합한 양분을 투입하여 최적의 농산물을 생산하는데 주요한 목적이 있으므로 중앙정부 정책 사업으로 부활되어 추진토록 해야 할 것임. 특히 완효성 비료 사용이 확대될 수 있

41 작물의 양분종합관리(INM)은 모든 활용 가능한 자원을 이용하여 토양비옥도와 작물양분이 공급 유지되고, 생산성을 지속적으로 증진시키며, 경제적으로 잠재성을 증진시킬 수 있고, 또한 환경오염을 방지하거나 최소화시키는 것을 의미함(박양호 외 8인, 2005, p.17).

도록 중앙정부 차원에서 대책을 마련하여 추진토록 해야 할 것임.

- 농림축산 부산물의 재활용과 자원화 촉진을 위해 유기질비료 지원 사업(2014년 약 1,600억 원 투입)이 추진되고 있음. 지원대상은 유기질비료(혼합유박·혼합유기질·유기복합비료 등 3종), 부숙유기질비료(가축분퇴비·퇴비 등 2종)이며, 지원 단가는 유기질비료 1,400원/20kg, 부숙유기질비료 등급에 따라 700~1,300원/20kg임. 유기질비료 지원 사업은 화학비료 대신 가축분퇴비로의 대체에 정책효과가 높아 사업이 지속적으로 확대되어야 할 것임.

2.6.2. 축산부문

- 농경지의 양분관리를 위해 축산부문의 경우 경종농가의 요구에 부응하는 양질의 축분 퇴·액비를 공급하는 방안, 가축분뇨에 포함된 유기 양분성분을 낮추거나 회수하여 경제면적에 보다 많은 양을 살포하도록 하는 방안 등으로 접근될 수 있음.
 - 가축분뇨를 이용한 퇴·액비가 화학비료의 대체원으로 활용되기 위해서는 경종농가의 관점에서 양질의 퇴·액비를 경종농가에 공급토록 해야 함. 이를 위해서는 가축분뇨 퇴비 및 액비의 고품질화와 안전성 강화가 관건이며, 불량 퇴·액비 거래가 근절될 수 있는 방안이 마련되어야 함.
 - 가축분뇨의 통합관리 시스템의 구성요소 시스템이면서 가축분뇨의 주요 관리 요소인 분뇨 관리, 저장 처리, 농경지 시용의 자원화 과정 정보를 온라인상에서 통합적으로 관리하고 유통 할 수 있는 가축분뇨 자원화 정보 은행을 구축하여, 효과적인 가축분뇨 관리의 의사결정지원시스템으로 활용함(류종원 외, 2013).
- 인산분해 효소인 **Phytase**를 배합사료(돼지와 닭 사료)에 첨가하는 경우 가축분뇨를 통해 배출되는 인산성분을 20~30%를 낮출 수 있으므로, **Phytase** 첨가 사료를 양축농가에서 많이 활용할 수 있도록 실용화 기술개발에 적극적인

지원이 필요함.

○ 가축분뇨 내 질소와 인 자원의 회수 기술의 활용

- 인 회수 공정을 농가에 설비하여 인 회수 효율을 분석한 결과 가축분뇨나 액비 내에 존재하는 용해성인 가운데 약 80~85% 정도를 회수하는 것으로 나타남(라창식 외 5인, 2011).⁴²
- 농식품부는 통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델을 개발하여 자원회수 기술 적용을 통해 질소 50% 이상, 인 90% 이상 회수, 악취발생 요인 50% 정도를 감소시킬 수 있는 기술개발이 필요함.

○ 가축분뇨를 고체연료로 활용하는 방안 모색

- ‘가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률’ 시행령 및 시행규칙 일부 개정을 통해 가축분뇨를 이용한 고체연료의 반입시설, 건조시설 등 제반 시설의 설치요건과 공급 대상시설 및 고체연료 제품의 품질기준 등을 새로 설정함. 품질기준은 ‘폐기물관리법’에 따른 유기성 오니 기준과 비슷하게 정하되 함수율을 다소 높게 함. 가축분뇨를 이용한 고체연료의 품질기준은 수분 20%이하, 저위발열량 3,000kcal/kg이상, 회분 20%이하로 규정함. 공급대상시설 역시 시멘트소성로와 발전용량 2MW 이상의 발전시설, 석탄 사용량이 시간당 2톤 이상인 지역난방시설 등으로 제한하였고, 고체연료 시료채취방법과 검사방법 등은 ‘자원절약과 재활용촉진에 관한 법률 시행규칙’을 준용기로 함<그림 6-6>.
- 가축분뇨를 이용한 고체연료가 제도권 내로 흡수돼 제조시설에 대한 설치요건은 물론 고체연료 품질기준도 새로 마련됨. 특히 가축분뇨 고체연료는 신재생에너지에 포함돼 신재생에너지 공급의무화(Renewable Portfolio

42 가축 사육두수가 증가로 가축분뇨 발생량이 증가하고 농경지가 감소하는 추세에서 가축분뇨자원화 정책만으로 토양양분 집적 및 유출문제를 해결할 수 없음. 가축 사육두수를 제한하거나 감소시키지 않고 잉여양분 문제를 해결하는 방안으로 가축분뇨로부터 양분을 회수하여 사료/비료/화학 산업에 재이용하는 ‘No-soil Basis’ 순환체계 구축 방안이 제시됨(라창식, 2013, p.6-10).

Standard, RPS) 의무이행을 위한 발전소 보조연료로 각광받을 전망이다.

그림 6-6. 가축분뇨의 제철소 연료원 활용 사례



자료: 김미영(2015).

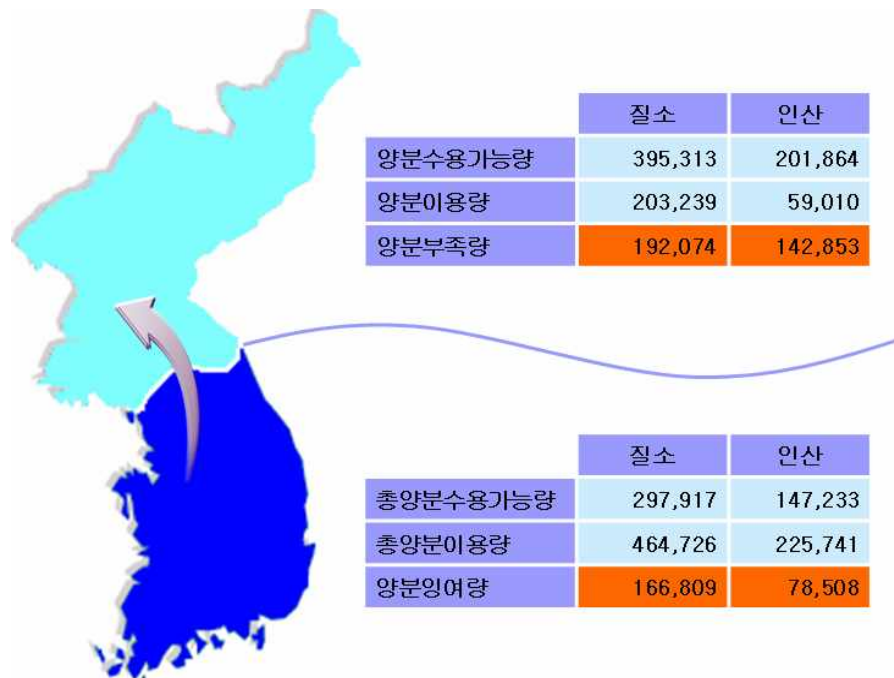
○ 북한지역으로 양분이동을 위한 프로그램 개발

- 북한지역 농경지는 양분부족 현상이 명확하고, 남한지역 농경지는 양분과잉 문제가 상당함. 남한과 북한의 농경지 양분수지를 비교해보면(2005년 기준), 질소성분의 경우 남한은 약 16만 7천 톤의 잉여량이 발생하고, 북한은 약 19만 2천 톤의 양분 부족량이 발생하여, 남한의 잉여량 모두가 북한으로 이동하더라도 북한지역에서는 약 2만 5천 톤의 질소성분이 부족한 것으로 추정됨. 인산성분의 경우는 남한지역의 경우 약 7만 8천 톤의 잉여량이 발생하나 북한지역은 약 14만 3천 톤이 부족하여, 남한의 과잉 인산량이 모두 북한으로 이동해도 약 6만 4천 톤의 부족량이 발생하여 북한의 인산 결핍도는 상당한 수준임. 따라서 북한지역의 양분부족량은 한반도 농경지의 물질수지 측면에서 보면, 과잉양분량 발생지역인 남한에서 양분 결핍지역인 북한지역으로 양분을 이동시키면 물질수지의 불균형 문제가 해결됨으로써 한반도의 자원순환형 농업도 정착시킬 수 있음.
- 특히 북한 농경지의 유기물 함량이 낮아 남한지역의 축산부문에서 발생

하는 가축분뇨를 고성능의 유기질비료로 가공하여 북한지역 농경지로 이동하는 프로그램 개발이 필요함<그림 6-7> (김창길·권태진, 2008).

- 북한지역의 경우 질소성분 결핍도 문제가 되지만 인산성분의 결핍이 더욱 심각하므로, 가축분뇨(돼지분뇨)를 활용한 최고급의 유기질비료(펠렛형태의 유기질비료) 공급이 효과적임. 축분을 이용한 유기질비료를 시용할 경우 토양오염을 유발시키지 않으면서 농경지의 양분 부족문제를 해결할 수 있고, 중장기적으로 토양의 물리성 특성을 개선시킬 수 있다는 점을 북한당국이 이해할 수 있도록 해야 할 것임. 중장기적으로는 남한의 축산단지를 북한지역으로 이동하는 방안에 대한 검토도 필요함.

그림 6-7. 남북한 농경지의 잉여양분량 및 부족량 추정(2005년 기준)



자료: 김창길·권태진(2008).

2.7. 양분관리 감축정도에 따른 인센티브와 벌칙

- 과잉양분 감축정도에 따른 차별적인 인센티브 부여 방식을 도입하고, 양분총량제 시행에 따른 차별적 정책지원 프로그램에 대한 사전예고를 통해 양분관리 정책효과를 극대화함.
 - 양분 잉여도가 일정수준 이상인 ‘양분관리 특별대책 I·II지역’을 대상으로 양분초과율이 증가한 시·군은 축산정책자금의 지원을 중단하거나 또는 적절한 벌칙을 부과하고, 이와 아울러 집중관리 대상지역으로 전환하여 지정 관리토록 함.
 - 과잉양분 관리계획에 따라 양분감축이 이루어지는 지역에 대해서는 정책자금 우선 배정 등 적절한 인센티브를 부여함.
 - 지방자치단체는 지역경제의 발전과 지역 주민과의 유대관계 유지를 위해 지역 주민의 경제적 행위에 제한을 가하는 행위를 회피하는 경향이 있음. 양분총량제가 성과를 거두기 위해서는 양분관리 특별지역의 경우 구체적인 지침을 만들어 해당 지자체가 구체적인 양분 삭감계획을 세우도록 의무화하고, 중앙정부와 지자체의 역할 분담과 예산지원 방안 등이 명시되어야 함.

2.8. 양분총량 관리를 위한 전담조직 설치 검토

- 지역단위 양분총량제의 효과적인 운영을 위한 전담조직 설치 검토
 - 양분총량제가 농업환경분야의 중요한 정책프로그램으로 정착되고 효과적으로 운용되기 위해서는 중장기적으로 전담조직의 신설이 필요한 것으로 판단됨. 지방자치단체 기본계획에 대한 검토, 양분총량제 모니터링 및 확인·점검, 양분 감축계획 및 총량제 성과에 대한 평가 등의 작업이 체계적으로 이루어지기 위해서는 적절한 조직의 신설과 인력 확충이 필요함.

- 현재 농림축산식품부가 친환경적인 가축 사육환경 조성 및 가축분뇨의 자원화를 통한 이용 촉진을 효율적으로 수행하기 위해 ‘축산환경관리원’ 설치를 추진 중에 있으며, ‘가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률’을 기초로 업무영역을 설정하고 있음.⁴³ 축산환경관리원의 목적 달성을 위한 농림축산식품부장관 또는 환경부장관이 인정하는 사업으로 양분총량제 관리를 포함시켜 운영하여 관리하는 방안에 대한 검토가 필요함.
 - 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률(이하 “가축분뇨법”)에 따른 배출시설 설치자 또는 처리시설 설치자가 설치한 시설에 대한 설치·운영 관련 컨설팅 업무
 - 배출시설 설치자 또는 처리시설 설치자에 대한 지도 및 교육 업무
 - 가축분뇨법 제9조에 따른 환경친화축산농장 지원 업무
 - 가축분뇨법 제20조에 따른 퇴비·액비의 품질관리에 관한 업무
 - 가축분뇨법 제23조에 따른 가축분뇨의 수거·자원화, 퇴비·액비 유통 등 통합관리 업무
 - 가축분뇨법 제43조에 따른 처리시설 및 처리기술의 평가
 - 국가, 지방자치단체 또는 그 밖의 단체로부터 위탁 받은 사업
 - 상기 사업에 딸린 업무로서 정관으로 정하는 사업
 - 그 밖에 관리원의 목적 달성을 위하여 필요하다고 농림축산식품부장관 또는 환경부장관이 인정하는 사업

2.9. 공감대 형성을 위한 교육·홍보 추진

- 양분총량제는 기본적으로 공급과잉 상태인 양분을 관리하자는 취지로 가축 사육 두수 감축과 연계된 것이 아님을 주지시켜야 할 것임.

⁴³ 축산환경관리원의 주요 사업에 관해서는 축산환경관리원 설립추진위원회 공고 제 2015-1호(농림축산식품부)에 제시되어 있음. 2015년 2월 현재 현재 축산환경관리원 원장 후보자 모집공고(2015. 1. 8~1.21)를 통해 원장을 채용중이며, 본격적으로 축산환경관리원 설치가 이루어지고 있음.

- 양분총량제는 사육두수 감축이 아닌 국가단위에서 양분을 관리하겠다는 것임. 양분공급이 과다한 지역에서 더 이상 늘어나지 않도록 접근하자는 취지임. 각 지방자치단체에서는 권역 내 양분수급을 정확히 파악하지 못하고 있으므로 시범사업을 통해 관련분야 통계의 정비가 이루어지도록 함.
- 양분총량제 수행 시 국내 현실을 충분히 고려해야 하며, 여론수렴 및 홍보가 필요함. 양축농가들 사이에 양분총량제 실시로 인한 사육두수 제한 우려가 높으므로 이에 대한 충분한 설명이 필요함.
 - 우선 축산농가의 공감대 형성을 위한 노력이 필요함. 이를 위해 시·군별 농경지의 양분 수급량 및 농경지 축적량 등을 정확히 파악, 객관적인 자료를 바탕으로 시책을 추진하여 농가의 수용력을 높이도록 해야 할 것임.
 - 네덜란드의 경우 무기물산정제도(Mineral Accounting System, MINAS) 도입 시 농가들의 우려와 반발이 컸지만 양분관리정책으로 정착되면서 정책을 지지하고 있음. 이는 규제를 넘어서기 위한 기술발전이 이뤄진데다 배출량 감축노력까지 병행되면서 확고한 환경 친화적 농업 정착과 경쟁력제고에 기여한 것으로 평가되고 있음.

2.10. 관련주체의 적절한 역할 분담

- 정책효과 극대화를 위한 정책연계 및 농림축산식품부, 환경부, 시·군 지방자치단체, 농촌진흥청, 국립농업과학원, 국립축산과학원, 시·군 농업기술센터, 한국농촌경제연구원, 농협 등 관련주체의 적절한 역할 분담 필요
 - 환경부와 농림축산식품부는 양분총량제의 기본방침, 추진계획 등을 총괄 관리하는 역할을 담당함.
 - 시·군 지방자치단체는 지역별 양분총량관리 시행계획을 수립하고, 양분감축계획의 이행, 지역별 양분관리 성과보고서 작성 등을 담당함. 또한 지역별 양분 이동량과 가축분뇨의 처리실태 등을 모니터링 하는 역할을 담당함.

- 농촌진흥청(국립농업과학원, 국립축산과학원)은 지역별 양분수지 산정방식의 결정과 해당지역의 토양 및 농업환경 여건을 고려한 양분수용량 산정과 축산부문의 양분수지 관련 업무를 담당함.
- 시·군 농업기술센터는 해당지역의 양분총량관리 계획수립과 지역별 양분수지 산정에 대한 이의 신청 시 현장 확인 등의 역할을 담당함.
- 한국농촌경제연구원은 양분총량제의 사전적·사후적 정책평가를 담당하고, 지속적으로 제도가 발전할 수 있도록 모니터링 하는 역할을 담당함.
- 농협은 지역별 화학비료 및 유기질비료의 소비량에 대한 정확한 통계자료 구축과 농가들의 화학비료 구입량에 대한 관리·기록 업무를 담당함.

제 7 장

요약 및 결론

- 농업생산성 증대를 위해 ‘고투입-고산출’의 집약적 농업 추진으로 농경지에 작물재배에 필요로 하는 양 이상의 화학비료가 사용되고, 또한 축산분야에서 전문화 및 대규모화로 가축분뇨가 대량 발생하면서 환경문제가 발생됨.
- 지역단위 양분총량제는 과학적 토대위에서 지역별 농경지의 양분 투입과 처리를 종합적으로 파악하여 지역의 환경용량 범위에서 수용할 수 있는 총량 수준으로 관리하기 위한 제도로, 과잉 양분관리는 물론 친환경농축산업 시스템 구축을 위한 유력한 정책프로그램으로 제시되고 있음.
- 이 연구는 농업활동의 환경에 미치는 영향 평가를 위한 지역단위의 양분수지 분석을 통해 과잉 양분을 적절하게 관리하기 위한 효과적인 지역단위 양분총량제 도입 방안 제시함.
- 양분총량제 시행방안 수립을 위한 연구방법으로 관련분야 선행연구검토, 지역별 양분수지 관련분야 이론정립, 양분수지 산정 프로그램 적용, 지역별 양분수지 D/B 구축, 전문가협의회를 통한 의견수렴 등을 적용하였음. 특히 환경부에서 추천한 5명과 농림축산식품부에서 추천한 5명 등 총 10명의 지역단위 양분총량제 연구자문단을 구성하여 운용함.

- 지역별 양분수지 지표 산정 프로그램을 이용하여 양분수지를 계산하였으며, 이 프로그램은 관련 자료를 입력하면 자동으로 분석지표가 계산될 수 있도록 작성됨. 양분수지를 통한 양분관리 현황을 조사하고, 효과적인 양분총량제 도입방안을 도출하고자 전문가를 대상으로 설문조사를 실시함.
- 우리나라의 도별 평균 양분수지 분석결과, 작물 양분요구량 대비 질소성분 초과량은 경기도가 ha당 242.1kg으로 양분요구량을 233.5% 초과하여 가장 높게 나타났음. 다음으로 전북 169.9kg(154.6%), 충북 164.9kg (167.1%) 등의 순으로 높게 나타남.
- 전국 농경지에 대한 시·군별 양분수지 분석결과, 질소수지를 기준으로 우수지역 12.9%, 관심지역 18.7%, 유도지역 30.3%, 특별관리지역 38.0% 등으로 특별관리지역의 비중이 높아, 보다 체계적인 양분관리가 필요한 것으로 나타남.
- 전문가들은 대부분(85.7%) 양분총량제 시행이 필요하다고 응답하였고, ‘지역(시군)단위가 적당(70.0%)’하며, 대부분(100.0%) 시범지역 시행을 통하여 단계적으로 시행하는 방식을 선호하는 것으로 나타남. 또, 시범지역 선정 기준은 ‘환경민감도가 높은 지역순위에 따라(34.3%)’와 ‘가축사육밀도가 높은 순위에 따라 (25.7%)’가 선호되었음. 양분총량제 시행 시기에 대해서는 ‘2~3년 후 시행(48.6%)’ 의견이 가장 많았음.
- 양분총량제에 의한 초과양분을 줄이기 위한 구체적인 실행 방안에 대해 ‘다양한 메뉴방식의 적용 프로그램을 실천할 경우 직불금 지급(28.6%)’과 ‘양분 초과 지속지역에 대한 비료 및 축산관련 보조금 중단(28.6%)’ 의견이 가장 많았음.
- 전문가들의 양분총량제 시행방안 관련 제언사항을 집계한 결과, 양분총량제 추진방식에 대한 의견이 44.7%로 가장 많았고, DB/정보화/연구 25.5%, 교육

및 홍보 17.0%로 나타남.

- 과잉양분을 관리하기 위한 지역단위 양분총량제의 추진 기본방향 기본방향으로, 사전예방원칙을 기초로 화학비료와 가축분뇨의 종합적 관리방식으로 운영하고, 정책성과를 극대화하고 발생될 수 있는 문제점을 최소화하기 위해 ‘시범사업단계-확산단계-정착단계’의 3단계로 접근함.
- 지역단위 양분총량제의 세부 추진방안으로 첫째, 양분총량의 기준을 설정할 때 1) 화학비료와 가축분뇨 퇴·액비로 설정하는 방안 2) 작물에 상관없이 농경지 면적당 적정한 양분투입의 상한선을 설정하는 방안 3) 양분수지에 관계없이 적절한 가축 사육밀도를 유지하는 방안 가운데 가장 적절한 방안을 선택하여 설정하는 것이 필요함.
- 둘째, 지역단위 양분수지 관리대상 물질의 경우 실행 초기단계에서는 질소성분을 관리대상 물질로 정하여 관리하고, 정착단계에 도달하면 인산성분도 관리대상 물질에 포함시키는 것이 바람직함.
- 셋째, 양분수지에 따른 관리대상 지역은 질소성분 기준 양분수지지표([양분투입량-양분반출량]kg/ha)를 기준으로 양분초과율 50% 이하 지역을 ‘양분관리 우수지역’, 양분초과율 50~100% 지역을 양분관리 관심지역, 양분초과율 100~150% 지역을 양분관리 유도지역, 양분초과율 150% 초과 지역을 양분특별관리 지역(I, II)으로 구분하여 관리할 필요가 있음.
- 넷째, 양분총량제가 실제로 작동되기 위해서는 환경부(또는 농림축산식품부)의 부령으로 시행지침(또는 기본방침)이 수립되어야 하며, 양분총량제의 시행체계는 기본방침에 따라 ‘국가전체 농경지 양분총량 관리 기본방침’, ‘지역별 농경지 양분총량관리 시행계획’, ‘지역별 양분관리계획 이행’ 등 단계별로 진행되도록 함.

- 다섯째, 양분분야 전문가와 정책담당자로 양분총량제 운영위원회(가칭)를 구성하여 지역별 양분수지 기초 자료와 산정결과 등에 대해 검토토록 하고, 양분총량제가 제대로 작동되기 위해서는 해당지역에서 양분수지 산출을 위해 보고된 부문별 관련 자료에 대한 확인 작업이 필요함. 또, 유기질비료 등 현재 국가단위 양분수지에서 계산에 포함되지 않거나, 양분요구량 등 파라미터의 보완이 필요함.
- 여섯째, 농경지의 양분감축을 위해 비료 사용량 감축, 양질의 축분 퇴·액비 공급, 가축분뇨에 포함된 유기 양분성분을 낮추거나 회수, 실용화 기술개발, 가축분뇨 내 질소와 인 자원의 회수 기술의 활용 등 다양한 방안 활용이 필요함.
- 일곱째, 과잉양분 감축정도에 따른 차별적인 인센티브 부여 방식을 도입하고, 양분총량제 시행에 따른 차별적 정책지원 프로그램에 대한 사전예고를 통해 양분관리 정책효과를 극대화할 필요가 있음.
- 여덟째, 지역단위 양분총량제의 효과적인 운영을 위한 전담조직 설치를 검토하고, 축산환경관리원의 목적 달성을 위한 환경부장관(또는 농림축산식품부장관)이 인정하는 사업으로 양분총량제 관리를 포함시켜 운영하여 관리하는 방안에 대한 검토가 필요함.
- 아홉째, 공감대 형성을 위해 양분총량제가 기본적으로 화학비료와 가축분뇨를 통한 양분투입이 과다하게 이루어지는 지역을 효과적으로 관리하자는 취지로 가축사육 두수 감축과 연계된 것이 아님을 주지시킬 필요가 있고, 양분총량제 수행 시 국내 현실을 충분히 고려해야 하며, 애해 당사자를 대상으로 한 여론 수렴 및 홍보를 적극적으로 추진할 필요가 있음.
- 열째, 정책효과 극대화를 위한 정책연계 및 농림축산식품부, 환경부, 시·군 지방자치단체, 농촌진흥청, 국립농업과학원, 국립축산과학원, 시·군 농업기술

센터, 한국농촌경제연구원, 농협 등 관련주체의 적절한 역할 분담이 필요함.

- 지역단위 양분총량제는 우리나라 농경지의 과잉양분을 적절하게 관리하고 농업생태계의 환경부하는 줄이는 새로운 프로그램으로, 지방자치단체에서 관심을 갖거나 어느 정도 준비가 이루어진 도를 중심으로 시범사업을 추진하는 하는 것이 바람직함. 시범사업을 통해 문제점을 발굴하고 보완하면서 점진적으로 확대해가는 방안으로 추진하면 정책 집행의 성과를 극대화할 수 있을 것으로 판단됨.
- 지역단위 양분총량제가 정착되는 경우 경종분야는 물론이고 축산분야에서 지속 가능한 농업시스템이 구축되어 환경적으로 건실한 농축산업 생산시스템이 이루어질 수 있을 것임. 특히 농업생태계의 환경부하를 최소화하는 건실한 농축산업 생산시스템이 구축되면 환경적으로 건강한 농업생태계가 구축되어 경종분야의 안전한 농산물 생산은 물론이고, 축산분야에서 발생하는 가축질병의 대항력도 강화시킬 수 있어 미래 농업발전의 토대 구축에 기여할 것으로 기대됨.
- 양분총량제의 본격적인 추진에 대비한 향후 추진과제로는 양분수지 산출 과정에서의 불확실한 자료의 활용에 대한 적절한 대책 마련과 지역별 환경 상태에 대한 과학적이고 정확한 모니터링과 진단이 필요함. 특히 과다한 양분 투입으로 양분 초과율이 매우 높은 지역(양분특별관리 II지역)을 대상으로 토양과 물의 환경적 특성에 대한 심층적이고 과학적인 분석이 이루어져야 할 것임. 또한 지역별 양분수지 분석의 정확도를 높이기 위해서 화학비료의 농경지 투입량과 가축분뇨를 활용한 퇴·액비의 지역 간의 이동량의 파악, 가축분뇨의 처리와 활용 등에 대한 체계적이고 지속적인 가축분뇨실태조사가 이루어지도록 해야 할 것임.

참 고 문 헌

- 국립농업과학원. 2012. 「농업환경변동조사사업 결과평가 및 과제협의 워크숍」. 농촌진흥청.
- 국립농업과학원. 2013. 「농업환경변동조사사업 결과평가 및 과제협의 워크숍」. 농촌진흥청.
- 국립축산과학원. 2008. 「가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정」. 농촌진흥청.
- 김미영. 2015. “그들은 왜 용광로에 쇠뿔을 넣을까?”. 한겨레신문. 2. 1.
- 김상민, 강문성, 박승우. 2003. “수질 모니터링과 원단위법을 이용한 농업소유역의 오염부하량 추정.” 「한국농공학회지」. 45(3): 94-102.
- 김진수, 오광영. 2000. “농촌지역에서의 농업 유기물 흐름의 평가.” 「한국농공학회지」. 42(5): 114-124.
- 김창길. 2013. 잉여양분의 효과적인 관리를 위한 지역단위 양분총량제. 제7차 가축분뇨관리포럼. 환경부 유역총량과.
- 김창길, 강창용. 2002. 「지역단위 농업환경모형 체계화에 관한 연구」. 연구보고서 R441. 한국농촌경제연구원.
- 김창길 외 7인. 2004. 「친환경농업체제로의 전환을 위한 전략과 추진방안」. 연구보고서 R469. 한국농촌경제연구원.
- 김창길, 김태영. 2004. “지역단위 농업생태계의 물질균형 분석.” 「농업경제연구」. 45(4): 191-222.
- 김창길, 신용광, 김태영. 2005. 「지역단위 양분총량제 도입 세부 시행방안 연구」. 연구보고서 C2005-52. 한국농촌경제연구원.
- 김창길, 권태진. 2008. “한반도의 자원순환형 친환경농업 발전 방향과 과제.” 「농촌경제」 제31권 1호: 1-30.
- 김창길, 주현정, 김태영, 이상건. 2008. 「농업환경지표를 이용한 정책의 연계성 분석 및 평가」. 연구보고서 C2008-57. 한국농촌경제연구원.
- 김창길, 이상건. 2009. “지역단위 친환경농업 발전계획 수립: 전북 진안군 사례.” 「농촌경제」. 32(1): 63-87.
- 김창길, 정학균, 김윤희, 김태훈, 문동현. 2011. 「농업환경지표를 활용한 농업환경 자원 관리시스템 구축 연구」. 연구보고서 C2011-28. 한국농촌경제연구원.
- 김창길, 정학균, 장정경. 2011. 「경상북도 제3차 친환경농업육성 5개년 계획 수립

- 연구」. 연구보고서 C2011-16. 한국농촌경제연구원.
- 김창길, 정학균, 김윤희, 김종진, 문동현. 2013. 「지속가능한 농업시스템 구축 연구(1/2차연도)」. 연구보고서 R708. 한국농촌경제연구원.
- 김창길, 정학균, 문동현, 클렘 티스델. 2014. 「지속가능한 농업시스템 구축 연구(2/2차연도)」. 연구보고서 R732. 한국농촌경제연구원.
- 김필주, 이용복, 이연, 윤홍배, 이경동. 2008. “OECD 양분수지를 이용한 축산선진국의 농경지 축산분뇨 이용실태 평가”. 「대한환경공학회지」. 33(2): 103-112.
- 남역현, 안상우, 박재우. 2011. “2008년도 대한민국 질소수지 연구: 비점오염 증가 및 N_2O 발생량 산정.” 「대한환경공학회지」. 34(3): 204~213.
- 남역현 외 3인. 2012. “2010년도 대한민국 농업 및 축산업지역의 질소 유입 및 유출 수지.” 「대한환경공학회지」. 34(3): 204~213.
- 농림부·환경부 합동. 2004. 「가축분뇨 관리·이용대책」.
- 농림축산식품부. 2013. 「증장기 가축분뇨 자원화 대책」.
- 농림축산식품부. 2014. 「농림축산식품 주요통계」.
- 농림축산식품부. 2014. 「지속가능한 친환경축산 종합대책」. 축산정책국.
- 농업과학기술원. 2005. 「발작물 재배를 위한 양분 종합관리」.
- 농촌진흥청·국립농업과학원. 2010. 「작물별 시비처방 기준(개정 증보판)」.
- 라창식. 2013. 「절박한 가축분뇨 문제, 해법은 있다」. 시선집중 제65호. GS&J 인스티튜트.
- 라창식 외 5인. 2011. 「가축분뇨 내 질소·인 자원 회수 및 제어기술 실증연구」. 농촌진흥청.
- 류순호, 노희명. 1996. 「한국의 지형 및 영농형태에 적합한 농업환경오염예측모형 개발」. 농촌진흥청.
- 류종원 외. 2013. 「가축분뇨 자원화 정보은행 구축 및 활용방안 연구」. 농림축산식품부.
- 문영훈, 안병구, 정성수. 2012. “광역친환경농업단지의 경축순환자원 양분관리.” 「한국토양비료학회지」. 45(2): 177-184.
- 박승우 외 8인. 2000. 「농업생태환경 모니터링 및 종합적 환경관리시스템 개발사업」. ARPC 최종보고서. 농림부.
- 박우균, 이연, 장병춘, 권순익. 2008. “농경지에서의 자원순환과 양분총량제 개념”. 「한국토양비료학회 학술발표논문집」. 2008(1): 76-86.
- 박양호 외 5인. 2004. 「벼 재배를 위한 양분의 종합관리」. 국립농업과학원.

- 박양호 외 8인. 2005. 「밭작물 재배를 위한 양분 종합관리」. 국립농업과학원.
- 박재우 외 5인. 2012. 「국가 질소수지와 관리방안에 관한 연구」. 국립환경과학원.
- 송주호, 김창길, 허덕, 임성진. 2004. 「가축 사육두수 총량제의 도입방안에 관한 연구」. 연구보고서 R487. 한국농촌경제연구원.
- 심영규 외 9인. 2005. 「가축분뇨 관리제도 개선을 위한 법령정비 방안 연구」. 환경부.
- 어성욱 외 6인. 2014. 「가축분뇨 실태조사 계획 수립 연구」. 국립환경과학원.
- 이승현, 최우정. 2002. “농업생태계의 특징과 지속가능 관리 방안.” 농업기반공사. 「농어촌과 환경」. 76: 100-112.
- 이종호. 2003. “수계 오염총량관리제와 환경영향평가제도의 통합운영방안.” 「환경영향평가」. 12(5): 359-367.
- 이 연 외 5인. 2003. “한국농경지의 양분수지와 문제점.” 농업과학기술원. 「양분수지를 이용한 친환경농업 실천방안 심포지엄 자료집」.
- 이 연. 2003. “한국 농경지의 양분수지.” 한국토양비료학회 「토양과 비료」. 14(0): 28-39.
- 이 연. 2005. “양분총량제의 이해.” 「2005년 축산환경 상담원교육」. 농협중앙회. pp.143-165.
- 이 연, 김석철, 박양호. 2006. 「농업양분지표 기준설정 연구」. 인터넷자료 수원 농촌진흥청 농업과학기술원.
- 이혜영, 박석순. 2004. “오염총량관리를 위한 의사결정 지원시스템 적용.” 한국물환경학회지. 20(2): 151-156.
- 전병준 외 7인. 2014. “전남 지역 농업분야 양분지표를 이용한 수질 공간 변이 해석.” · 「한국환경농학회지」, 33-1: 44-51.
- 정덕영. 2014. 양분총량제: 처리 농자재에 의한 환경위해성 기준. 위탁원고 내부자료. 한국농촌경제연구원.
- 채덕중. 2014. “가축분뇨 고체연료도 이제 신재생에너지.” · 「이투뉴스」 8월 29일자. <http://www.e2news.com/news/articleView.html?idxno=77580>.
- 최지용. 2014. 환경과 축산업의 공존 플랜. 시선집중 제178호. GS&J 인스튜트.
- 한국농촌경제연구원. 2014. 「농업전망 2014」.
- 한대호 외. 2013. 새만금유역 등의 가축분뇨 관리 선진화를 위한 제도개선 및 관리체계 효율화 방안 연구. 환경부.
- 홍성규, 송재욱. 2006. “충주지역 농경지의 양분수지 분석”. 한국축산경영학회,

- 농업정책학회 「농업경영·정책연구」33(4): 1127-1150.
- 환경부, 한국환경공단. 2014. 가축분뇨 전자인계관리시스템 - 사용자지침서.
- 황보종 외. 2009. 「가축분뇨 발생량 및 주요 성분 재설정」. 농촌진흥청, 국립축산과학원.
- 岩元明久・三輪太郎. 1985. “わが國の有機物動態と地力”. 圃場と土壤.
- 松本成夫. 1998. “農業生態界の物質循環.” 陽 悽行 編著, 「環境保全と農林業」. 朝昌書店. pp.157-167.
- 松本成夫・袴田共之. 1992. “茨城縣取手市における有機物フローの評価”. システム農學. 8(1): 14-23.
- 三島 等. 2001. “www上で利用できる土壤窒素収支推定システム.” 關東東海北陸農業・農業情報研究.
- 三島愼一郎・神山和則. 2010. “近年の日本・都道府縣における窒素・リン酸フローと余剰窒素・リン酸の傾向に關する算出方法とデータベースおよび運用例”. 農環研報, 27: 117-139.
- 三島愼一郎・秋山博子・八木一行・神山和則. 2008. “家畜ふん尿堆肥に含まれる肥料成分の傾向と堆肥化に伴う窒素消失率の推定”. 日本土壤肥料學會雜誌(79) pp.370~375
- Ayres, Rober U. 1998. “Eco-thermodynamics: Economics and the Second Law.” *Ecological Economics* 26: 189-209.
- Bassanino, M., et al. 2011. “Nutrient Balance as a Sustainability Indicator of Different Agro-Environments in Italy. *Ecological Indicators*, 11: 715-723.
- Carrie A.M. Laboski and John B. Peters. 2012. Nutrient application guidelines for field, vegetable, and fruit crops in Wisconsin. UWEX Publication A2809.
- Christine Jakobsson et al. 2002. The policy implementation of nutrient management legislation and effects in some European Countries.
- Dijk, Jan, Hans Leneman and Marianne van der Veen. 1996. “The Nutrient Flow Model for Dutch Agriculture: A Toll for Environment Policy Evaluation.” *Journal of Environmental Management*, 46: 43-55.
- Gaj, R. and N. Bellaloui. 2012. Evaluation of phosphorus and nitrogen balances as an indicator for the impact of agriculture on environment: A comparison of a case study from Poland and Mississippi US. *Agricultural*

- Sciences*, 3-2: 317-329.
- Griffin, Ronald C. and Daniel W. Bromley. 1982. "Agricultural Runoff as a Nonpoint Externality: A Theoretical Development." *American Journal of Agricultural Economics*, 64: 547-552.
- Harbans Lal. Nutrient Credit Trading - a Market-based Approach for Improving Water Quality. WNTSC/NRCS/USDA.
- Lasse Baaner, Helle Tegner Anker. 2013. Danish Law on Controlling Emissions of Nutrients in the Baltic Sea Region, 4. Regulation on Nutrient Pollution from Agriculture.
- Jager, A. De, S.M. Nandwa, and Okoth. 1998. "Monitoring Nutrient Flows and Economic Performance in African Farming System: I. Concepts and Methodologies." *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 71: 37-48.
- Jan Bries, Annemie Elsen. 2013. Nutrient Legislation Versus Fertilisation Practices in Potato Fields in Flanders, Belgium.
- Krug, E.C. and D. Winstanley. 2002. "The Need for Comprehensive and Consistent Treatment of the Nitrogen Cycle in Nitrogen Cycling and Mass Balance Studies." *The Science of the Total Environment*, 293: 1-9.
- NRCS. 2013. Nutrient Management Conservation Practice Standard, Code 590.
- OECD. 2004. Agriculture, Trade and Environment: The Arable Crops Sector. COM/AGR/CA/ENV/EPOC(2004)30.
- OECD. 2013. Environmental at a Glance 2013: Agricultural Nutrient Balances, <http://www.oecd-ilibrary.org/sites/9789264185715-en/02/05/index.html?contentType=&itemId=/content/chapter/9789264185715-22-en&containerItemId=/content/book/9789264185715-en&accessItemIds=/content/book/9789264185715-en&mimeType=text/html>.
- Oenema, O. 2013. Governmental Policy Measures Dealing with Nutrient Management in Agriculture. Unpublished material. University of Wageningen.
- Schroder, Hans. 1995. "Input Management of Nitrogen in Agriculture." *Ecological Economics*, 13: 125-140.
- Shortle, J.S. and D.G. Abler. eds. 2001. *Environmental Policies for Agricultural Pollution Control*. Oxon, U.K.: CABI Publishing.

- Steinborn, Wolf and Yuri Svirezhev. 2000. "Entropy as an Indicator of Sustainability in Agro-Ecosystems: North Germany Case Study." *Ecological Modelling* 133: 247-257.
- Stoorvogel, J.J. 1997. Land Quality Indicators for Sustainable Land Management: Nutrient Balance. <http://www.ciesin.org/lw-kmn/nbguidl2/nbguidl2.html>.
- Sutton, M.A. eds., and et al. 2011. *The European Nitrogen Assessment: Sources, Effects and Policy Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Turnbull, B.W. 1976. "The Empirical Distribution with Arbitrarily Grouped, Censored and Truncated Data". *Journal of Royal Statistical Society, Series B*, 38(3): 290-295.
- Van Der Straeten B. and Buysse, J. 2009. "The Flemish Manure Policy as a Case of Economic Management of Ecologic Problems." *Comm. Appl. Biological Science*, 74-4: 75-81.
- van Eerd, M.M. and P.K.N. Fong. 1998. "The Monitoring of Nitrogen Surpluses from Agriculture." *Environmental Pollution*, 102: 227-233.
- van Grinsven, Hans, et al. 2004. Evaluation of the Dutch Manure and Fertilizer Policy, 1998-2002. Paper presented in the OECD Workshop on Evaluating Agri-Environmental Policies. Paris.
- Washer, Dirk M. ed. 2000. *Agri-Environmental Indicators for Sustainable Agriculture in Europe*. European Center for Nature Conservation.
- Wossink, Ada. 2004. "The Dutch Nutrient Quota System: Past Experience and Lessons for the Future." in *OECD. Tradable Permits: Policy Evaluation, Design, and Reform* Paris. pp.99-120.
- Zessner, Matthias and Christoph Lampert. 2002. "The Use of Regional Balances in Water Quality Management." *Urban Water*, 4: 73-83.

부록 1

양분총량제 도입 방안에 대한 전문가/정책담당자 설문조사

안녕하십니까?

한국농촌경제연구원은 정부 출연 연구기관으로 농업분야의 연구사업을 수행하고 있습니다. 금번 저희 연구원에서는 환경부와 농림축산식품부 공동 정책과제로 양분총량제 도입방안 연구를 수행하고 있습니다. 이 연구의 목적은 지역단위의 양분수지 분석을 통해 농업활동의 환경에 미치는 영향을 평가하고 과잉 양분을 적절하게 관리하기 위한 효과적인 지역단위 양분총량제 도입 방안을 제시하는데 있습니다.

본 설문조사는 양분총량제의 효과적인 도입방안과 관련하여 전문가/정책담당자의 의견을 수렴하고자 실시하는 것입니다. 바쁘시더라도 설문 조사에 많은 협조를 부탁드립니다.

감사합니다.

조사기관: 한국농촌경제연구원 자원환경연구부

조 사 자: 김창길 선임연구위원, 정학균 연구위원, 임평은 연구원

주 소: (우)130-710, 서울시 동대문구 회기동 4-102

전화번호: 02-3299-4248

* 응답자 정보

소 속		직 급	
성 명		전 화 번 호	
이 메 일 주 소		계 좌 번 호	

1. 양분수지 지표에 대한 인식

※ 양분수지
농경지의 양분수지(Nutrient balance)는 농경지 내에 투입되는 양분량에서 농작물 생산을 위해 작물생육과정에서 흡수된 양분을 제외하고 토양에 남아있거나 공기 중으로 날아가거나 외부로 유출된 양분을 의미함

문1] 양분총량제는 양분수지 분석이 그 기초가 됩니다. 양분수지 지표에 대한 귀하의 이해도·필요성·활용도·기여도·신뢰도에 관한 질문입니다. 해당 부분에 체크(✓)해 주시기 바랍니다.

	이해도 (양분수지지표를 어느 정도 이해)				필요성 (양분수지지표가 어느 정도 필요)				활용도 (관련 업무에 어느 정도 활용)				신뢰도 (개발된 양분수지 지표를 어느 정도 신뢰)			
	매우 필요함	필요함	도움	조금 도움	매우 필요함	필요함	도움	조금 도움	매우 필요함	필요함	도움	조금 도움	매우 신뢰	신뢰	도움	조금 불신
양 분 수 지																

문2] 귀하의 업무에서 양분수지 지표는 구체적으로 어떤 부분에서 도움이 됩니까?

① 농업환경의 실태파악

② 농업환경정책 수립 및 평가

③ 농업환경의 미래 전망

④ 대농민 교육 및 홍보

⑤ 기타 【

】

문3] 양분수지 지표를 정책의사결정에 실제 활용하는데 애로사항은 무엇입니까?

① 제공되는 정보를 이해하기 어려움(정보의 이해도 문제)

② 신뢰성 있는 정보가 제공되지 않음(정보의 신뢰도 문제)

③ 정보를 쉽게 접하기가 어려움(정보의 접근도 문제)

④ 필요한(원하는) 정보가 제공되지 않음(불충분한 정보제공 문제)

⑤ 적절한 시기에 정보가 제공되지 않음(정보 제공시기의 부적절성 문제)

⑥ 기타 【

】

문4] 귀하는 양분수지 지표를 주로 어떤 경로를 통해서 활용하고 계십니까?

- ① 정부자료 ② 인터넷 및 전문지 등 각종 매체
③ 연구보고서 ④ 학회발표자료 및 학술논문
⑤ 기타 【

문5] 향후 전문가/정책담당자의 양분수지 지표 이해도를 증대시키기 위한 방안은 무엇이라고 생각하십니까?

- ① 관련분야 교육·연수 프로그램 확대 ② 분야별 전문가 간담회·세미나 확대
③ 관련분야 연구 용역 확대 ④ 정책담당자 스스로의 전문지식 확보 노력
⑤ 기타 【 】

문6] 정부 및 지방자치단체의 정책실행 담당자들의 양분수지 지표 활용도를 높이기 위한 방안은 무엇이라고 생각하십니까? (복수선택 가능)

- ① 교육·연수 프로그램 확대 ② 분야별 전문가 간담회·세미나 확대
③ 농업환경관리 포럼 운영 ④ 양분수지표 활용 매뉴얼 보급
⑤ 기타 【 】

문7] 양분수지 지표를 활용한 농업환경 진단 및 정책 연계를 위하여 시급한 사안은 무엇입니까?

- ① 농업환경자원의 D/B 구축 ② 농업환경관리 총괄기관 설치
③ 농업환경자원 백서 발간 ④ 농업환경 교육홍보 콘텐츠 및 프로그램 개발·보급
⑤ 기타 【 】

문8] 체계적인 양분관리를 위한 총괄기관(Control tower) 역할은 어느 기관이 적합하다고 생각하십니까?

- ① 농림축산식품부 ② 농촌진흥청 국립농업과학원
③ 국책연구기관 ④ 별도의 조직
⑤ 기타 【

2. 과잉양분 관리방안

답9] 우리나라의 과잉양파를 관리하는 방안으로 어느 것이 가장 적절하다고

생각하십니까?

- ① 작물별 표준시비량 조절 및 맞춤형 비료 사용
- ② 친환경농업(화학비료사용감축)의 확대
- ③ 가축분뇨의 퇴·액비화 및 에너지화
- ④ 가축사육두수 조정
- ⑤ 과잉양분 감축기술(인회수 등) 개발
- ⑥ 농가 또는 지역단위 양분관리 관련 규제강화
- ⑦ 기타 【 】

문10] 우리나라의 양분과잉 투입문제는 남한에 국한된 문제이며 국토영역을 북한으로까지 확대하면 북한으로의 양분이동을 고려할 수 있으므로 남북한 전체를 대상으로 한 양분수지 문제를 논의하는 것이 바람직하다는 의견에 귀하께서는 동의하십니까?

- ① 예 ② 아니오 ③ 잘 모르겠음.

문11] 과잉양분 감축기술 가운데 가장 우선적으로 개발해야할 기술을 고르십시오.

- ① 가축분뇨 내 양분(N, P) 부하 최소화 기술 ② 축산분뇨 퇴·액비화 및 에너지
화 기술
- ③ 화학비료 이용 절감기술 ④ 기타 【 】

3. 양분총량제 시행 방안

※ 양분총량제

양분총량제한 지역(혹은 국가)별 농경지의 양분 투입-산출관계를 기초로 지역(혹은 국가)의 환경용량 범위에서 수용할 수 있는 총량수준으로 관리하기 위한 제도이며, 궁극적으로는 농업부문의 환경부하를 최소화하기 위한 목적을 가지고 있음.

⑤ 기타 【 】

문14-3] 양분총량제 시행 시기에 대해서 어떻게 생각하십니까?

① 조속히(1~2년 내) 시행 ② 2~3년 후 시행 ③ 5~7년 후 시행

④ 기타 【 】

문15] 양분총량제에 의한 초과양분을 줄이기 위한 구체적인 실행 방안에 대해 말씀해 주시기 바랍니다.

① 일정 수준의 초과양분을 줄이는 경우 경제적 인센티브 지급

② 일정 수준으로 양분을 줄이지 않을 경우 벌금(페널티) 부과

③ 다양한 메뉴방식의 적용 프로그램을 실천할 경우 직불금 지급

④ 양분초과 지속지역에 대한 비료(유기질비료 포함) 및 축산관련 보조금 중단

⑤ 기타 【 】

문16] 양분총량제 시행방안 관련 제언사항이 있으시면 자유롭게 제시해주십시오.

부록 2

양분총량제 보도관련 주요내용(2004-2014)

날짜, 출처	이슈제안	의견 요지
2004.08.31 · 축산신문	축산업계 관계자	<ul style="list-style-type: none"> 화학비료와 퇴·액비 등의 구분 없이 비료사용량을 합한 양분 총량을 적용하고 있는데다 퇴·액비 사용을 확대하기 위한 대책은 언급되지 않은 반면, 잉여 퇴·액비가 발생할 경우 사육두수를 제한하는 방안만이 주류를 이루고 있음.
2005.07.14 · 현대축산뉴스	홍성지역 간담회	<ul style="list-style-type: none"> 양분총량제는 지자체별 농경지의 양분공급 현황을 고려해 적정 가축사육을 유도하기 위한 제도인 만큼 사육두수를 줄이는 결과밖에 되지 않아 지역균형발전처럼 균일하게 배분할 수 있는 사업은 아님. 지역적 특성상 축산농가가 밀집되어 있는 곳을 정부는 간과해서는 안 되며 지역의 특성을 살리는 양분총량제가 되어야 함.
2006.02.23 · 내일신문	기후변화, 고유가 대응 토론회	<ul style="list-style-type: none"> 가축분뇨를 에너지로 변환하는 바이오매스 방식으로 고유가에 대응하고 농촌 경제를 살려야 함. 바이오매스 원료는 국내 조달이 가능하고 바이오 가스는 국산 에너지원이 되므로 에너지의 수입의존도를 낮출 수 있음.
2007.06.18 · 농수축산신문	도드람 양돈농협 조합장	<ul style="list-style-type: none"> 가축분뇨의 발생량으로만 가축분뇨 잉여분이 발생한다고 총량을 규제하는 것은 무리가 있을 수 있으므로 지역별 잉여량에 대한 정확한 성분 분석이 선행돼야 함. 총량을 무조건적으로 규제할 것이 아니라 잉여 지역의 양분이 부족 지역으로 자유롭게 이동할 수 있는 체계가 마련되어야 함.
2014.02.05 축산신문	축산관련 단체 협의회	<ul style="list-style-type: none"> 지속가능한 친환경축산 종합 대책에는 매우 민감하고 중요한 사항들이 포함돼 있음에도 이해 당사자인 축산농가들과 최종 협의 없이 대책이 발표됨. 지역단위 양분총량제 도입, 친환경축산업 육성에 관한 법률 제정, 민간패커 활성화, 농장별 질병관리등급제 도입 등

2014.02.17 · 농수축산신문	축산단체	<ul style="list-style-type: none"> 가축분뇨법 개정안에 대해서 축산단체들이 퇴비업자들의 이권만을 대변하는 개정이라며 즉각적인 철회를 요구함. 개정안에는 퇴비를 활성화시키기 위해 무상 공급 중인 가축분뇨 액비에 대해 비료관리법 적용 의무화, 축산농가에게 자체적으로 자가생산한 퇴비를 ‘처리분뇨’로 명칭, 농민들이 참여하는 생산자단체의 기준에 ‘중소기업협동조합법’에 따른 사업협동조합(기업)도 포함토록 함.
2014.04.11 · 축산경제신문	관계자	<ul style="list-style-type: none"> 가축분뇨법 적용 시 무허가축사를 쉽게 철거할 수 없는 농가들이 다수. 가축사육제한 대상구역 제한은 축산농가에게는 너무도 가혹함. 하천부지 조사료 재배 규제는 농약·비료 등에 의한 수질오염의 우려가 있으나 우리나라의 초지 면적이 매우적어 필요. 양분총량제 시행은 가축사육 제한 문제를 야기 시킬 것이란 우려
2014.05.16 · 아시아경제	축산업계	<ul style="list-style-type: none"> 양분총량제는 2004년 당시 농림부·환경부가 합동으로 구성한 '축산분뇨관리·이용대책 추진 기획단'에서 제기해 2007년 도입하기로 했다가 축산단체들의 반발로 삭제됐고 이후에도 정부가 법제화를 추진했으나 번번이 무산됨. 지역단위 양분총량제 도입이 가축사육을 제한할 수 있어 신중한 검토가 필요함.
2014.06.25 · 축산신문	대한한돈협회	<ul style="list-style-type: none"> 퇴·액비 품질기준 새로 설정 요구 축사 이전비 등 지원 의무화 지역별 가축분뇨 퇴·액비 유통협의체 역할 보완
2014.07.29 · 축산신문	축산업계	<ul style="list-style-type: none"> 양분총량제 도입기반 마련 연구사업의 제목이 도입 타당성 연구가 아닌 ‘어떻게 도입해야 하는지’에 대한 연구.‘대표적인 양분총량제 도입론자’가 연구 총 책임자.
2011.03.16 · 내일신문	정부	<ul style="list-style-type: none"> 지역단위 양분총량제는 가축 질병을 예방하고 축산업을 선진화하기 위함임. 양분총량제 이후 지역별 가축사육 총량제가 도입될

		경우 지역 및 축종별로 단계적으로 추진하고 법제화 보다는 인센티브와 패널티를 통해 관리하는 쪽이 될 것임.
2011.03.25 · 국민일보	서울대	<ul style="list-style-type: none"> • 사육두수 총량제, 양분총량제 적용 시 경제성이 떨어질 수는 있지만, 감내해야 제2, 제3의 구제역 사태를 막을 수 있음.
2011.03.31 · 중앙일보	GS&J 인·티튜트	<ul style="list-style-type: none"> • 축산업은 소비자의 욕구를 충족시켜야 한다는 필요와 경제·사회·환경적 비용 사이에서 균형을 맞추기 위해 규제가 불가피함. • 축산업에 대한 규제가 축산업을 억압하려는 것이 아니라 축산업이 지속가능하기 위해 필요한 것임을 공감해야 함.
2014.02.14 · 농민신문	축산학계 관계자	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경축산 농장을 도입하기 위해서는 가축분뇨 처리 시설이나 축사 시설 개선 등에 비용부담이 뒤따름. 환경부나 지자체 등의 각종 규제로 이행이 쉽지 않은 만큼 농가들이 순차적으로 친환경축산 환경을 조성해 나갈 수 있도록 정책적으로 배려할 필요가 있음. • 친환경축산 도입은 농가들이 동의하고 따를 때 속도를 낼 수 있으므로 친환경축산이 왜 필요한지에 대한 농가와 국민들의 이해를 높이는 작업과 함께 정책 도입·추진과정에서도 이해 당사자들과 충분한 협의를 거쳐야 함.
2014.03.04 · 뉴스시스	환경부	<ul style="list-style-type: none"> • '가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률' 개정안이 2월 국회 본회의를 통과, 내년부터 시행됨. • 무허가·미신고 축사에서 가축사육을 할 수 없도록 금지하고, 위반 시에는 사용중지 명령이나 폐쇄명령 등 행정조치를 명할 수 있도록 규정. • 가축분뇨로 만든 퇴비와 액비(물거름)에 대한 품질기준과 검사기준을 새롭게 도입, 앞으로는 가축분뇨를 자원화하기 위해 생산하는 퇴비와 액비는 대통령령으로 정하는 퇴비액비화기준을 준수해야 함.
2014.05.14 · 농수축산	서울대	<ul style="list-style-type: none"> • 축산분뇨 문제 해결을 위해 자연순환농업 지원을 추진해 왔으나 악취, 수질 오염 등 환경문제가 지속적으로 제기돼 이에 대한 해결을 위한 종합적인 노력이 요구됨.

		<ul style="list-style-type: none"> • 양분총량제와 양분초과 여부를 판정할 수 있는 체계를 갖추는 한편 양분이 초과한 지역에서는 가축 사육 마릿수를 통제할 수 있는 제도적 장치가 필요함. • 가축 사육 및 배출시설에 대한 자료를 공유하고, 공동으로 대책을 세우는 협업 체계를 갖추어야 함.
--	--	--

부록 3

부표 3-1. A도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정

지역구분	시군명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
특별관리II지역(200%초과)	A18	267.5	162.4	430.0	255.3	307.9	281.6
특별관리I지역(150~200%)	A10	223.0	78.2	301.2	183.5	123.6	153.6
	A17	153.5	81.3	234.8	150.6	144.5	147.6
유도지역(100~150%)	A16	164.8	78.4	243.2	139.3	140.9	140.1
	A8	162.6	102.5	265.1	133.8	183.6	158.7
	A9	142.7	75.0	217.7	132.9	134.8	133.9
	A6	129.9	73.7	203.6	127.6	143.1	135.4
	A5	131.6	58.4	190.0	127.2	111.1	119.2
	A3	149.7	59.6	209.3	127.0	111.2	119.1
	A13	139.8	85.8	225.6	120.1	140.2	130.2
	A14	314.3	178.3	492.6	119.6	227.5	173.6
	A7	119.2	51.4	170.6	117.9	96.5	107.2
	A1	156.0	78.8	234.8	117.1	138.9	128.0
	A15	183.2	75.1	258.3	106.5	104.5	105.5
	A2	108.1	59.1	167.1	104.9	114.3	109.6
	A4	151.7	98.3	249.9	102.7	150.9	126.8
관심지역(50~100%)	A12	84.6	61.2	145.7	89.1	125.4	107.3
	A11	104.9	45.8	150.6	86.5	91.0	88.7
평균		160.4	83.5	243.9	130.1	143.9	137.0

주: 지역구분은 질소 양분초과율 기준임.

부표 3-2. B도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정

지역구분	시군명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
특별관리II지역(200%초과)	B15	529.6	190.7	720.3	485.3	320.9	403.1
	B16	389.5	296.3	685.8	382.9	540.4	461.7
	B17	507.2	212.4	719.6	364.3	288.0	326.2
	B18	387.6	294.3	681.9	341.3	480.2	410.8
	B10	326.4	180.1	506.5	319.3	329.5	324.4
	B29	322.8	239.7	562.5	314.4	433.4	373.9
	B13	316.3	141.7	458.0	289.5	244.7	267.1
	B22	290.3	136.7	427.0	276.2	239.3	257.7
	B1	277.3	204.2	481.5	272.8	347.5	310.2
	B20	258.0	189.9	447.9	268.9	360.9	314.9
	B23	264.6	175.4	440.0	251.9	312.3	282.1
	B31	256.6	197.5	454.1	251.9	362.8	307.4
	B28	236.7	162.5	399.2	237.0	314.1	275.5
	B21	229.5	160.2	389.7	231.4	302.3	266.8
	B19	242.9	167.4	410.3	230.0	300.4	265.2
	B26	208.6	159.9	368.5	207.4	306.9	257.1
	B6	283.6	99.1	382.7	202.7	156.8	179.7
특별관리I지역(150~200%)	B27	177.7	133.1	310.9	181.1	250.5	215.8
유도지역(100~150%)	B12	195.6	31.6	227.2	144.0	41.2	92.6
	B4	168.2	72.1	240.3	136.4	115.6	126.0
	B11	156.5	76.9	233.4	134.9	137.2	136.1
	B9	150.9	110.6	261.4	129.4	196.0	162.7
	B2	132.9	69.5	202.4	106.9	110.3	108.6
	B25	123.3	52.4	175.7	103.3	79.1	91.2
관심지역(50~100%)	B8	98.1	72.7	170.8	97.9	138.5	118.2
	B5	102.5	65.9	168.4	88.9	111.9	100.4
	B3	72.0	13.1	85.1	52.8	15.1	34.0
	B30	74.7	39.9	114.6	50.1	65.2	57.7
우수지역(50% 미만)	B7	56.2	32.2	88.3	48.9	48.8	48.9
	B14	12.0	18.7	30.7	10.7	31.0	20.8
	B24	-8.4	-29.3	-37.6	-6.2	-36.8	-21.5
평균		220.6	128.0	348.6	200.2	224.0	212.1

주: 지역구분은 질소 양분초과율 기준임.

부표 3-3. C도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정

지역구분	시군명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
특별관리Ⅱ지역(200%초과)	C9	368.6	259.3	628.0	300.4	409.4	354.9
특별관리Ⅰ지역(150~200%)	C4	223.0	142.2	365.2	167.2	209.0	188.1
	C12	210.0	131.4	341.5	157.3	222.4	189.8
유도지역(100~150%)	C10	124.1	76.2	200.3	113.6	132.7	123.2
	C6	103.2	62.4	165.5	103.6	116.3	109.9
관심지역(50~100%)	C18	115.0	61.5	176.5	90.8	93.4	92.1
	C7	98.5	41.2	139.7	85.1	64.8	74.9
	C3	86.3	45.3	131.5	74.3	68.9	71.6
	C17	79.6	30.1	109.7	71.2	50.2	60.7
	C1	80.8	30.5	111.3	65.0	43.8	54.4
우수지역(50% 미만)	C13	55.8	13.2	69.0	45.6	21.3	33.4
	C2	58.0	50.8	108.8	42.6	88.8	65.7
	C16	47.0	20.7	67.7	42.5	36.7	39.6
	C5	55.0	53.1	108.1	37.8	82.0	59.9
	C8	40.6	25.4	66.0	33.2	37.9	35.6
	C14	44.4	14.4	58.7	32.0	21.1	26.5
	C15	22.7	2.8	25.5	16.8	4.0	10.4
	C11	-5.3	-0.5	-5.8	-4.5	-0.8	-2.6
평균		100.4	58.9	159.3	81.9	94.5	88.2

주: 지역구분은 질소 양분초과율 기준임.

부표 3-4. D도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정

지역구분	시군명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
특별관리II지역(200%초과)	D14	264.0	164.4	428.3	300.0	343.3	321.6
	D1	266.3	169.7	436.0	291.8	317.9	304.9
	D15	273.8	184.3	458.1	276.1	349.6	312.9
특별관리I지역(150~200%)	D2	195.6	137.7	333.3	186.8	243.9	215.4
	D5	192.1	123.3	315.4	184.6	220.1	202.4
	D6	185.9	126.2	312.1	183.9	239.9	211.9
	D22	184.6	142.6	327.2	164.5	255.9	210.2
유도지역(100~150%)	D7	133.5	84.8	218.3	146.4	175.5	160.9
	D19	147.4	83.1	230.6	146.3	165.0	155.7
	D23	146.8	78.4	225.2	143.4	150.5	147.0
	D20	141.5	88.1	229.6	139.9	173.9	156.9
	D9	138.7	87.8	226.5	139.7	168.4	154.0
	D21	122.2	70.8	193.0	133.3	149.4	141.4
	D8	132.5	86.0	218.5	130.5	159.8	145.1
	D3	141.2	80.9	222.1	124.8	150.3	137.5
	D12	122.3	50.5	172.8	121.6	95.1	108.3
	D4	121.1	74.4	195.6	120.5	135.4	127.9
	D11	109.3	53.3	162.6	104.4	96.9	100.6
	D18	107.0	63.2	170.2	98.3	110.7	104.5
관심지역(50~100%)	D17	69.9	-14.0	55.9	53.8	-14.9	19.5
	D16	43.4	16.1	59.5	46.3	31.9	39.1
우수지역(50% 미만)	D10	55.3	78.0	133.3	42.1	136.2	89.2
	D13	-0.4	6.0	5.5	-0.4	10.9	5.3
평균		143.2	88.5	231.7	142.6	168.1	155.3

주: 지역구분은 질소 양분초과율 기준임.

부표 3-5. E도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정

지역구분	시군명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
특별관리II지역(200%초과)	E8	379.5	65.1	444.6	316.7	103.5	210.1
특별관리I지역(150~200%)	E6	192.0	105.3	297.4	171.6	169.6	170.6
	E20	203.2	86.6	289.8	159.6	113.9	136.8
	E9	201.5	87.3	288.8	151.5	140.9	146.2
유도지역(100~150%)	E7	171.7	93.5	265.2	148.8	142.3	145.5
	E13	157.8	69.8	227.6	132.2	114.1	123.1
	E14	141.5	44.2	185.7	128.1	67.2	97.7
	E15	124.5	53.2	177.7	111.2	85.7	98.4
관심지역(50~100%)	E19	131.7	23.2	154.9	92.3	37.9	65.1
	E3	96.5	48.4	144.9	88.2	76.8	82.5
	E21	103.3	19.9	123.3	84.4	31.5	57.9
	E22	93.5	35.1	128.5	81.6	52.3	67.0
	E1	89.2	22.1	111.2	78.1	32.4	55.2
	E18	74.0	28.0	102.0	60.9	37.8	49.3
	E16	74.9	30.0	104.9	59.6	43.8	51.7
	E12	77.1	-4.2	72.9	58.5	-6.9	25.8
	E17	66.7	-32.3	34.4	53.6	-39.9	6.8
우수지역(50% 미만)	E2	62.0	2.5	64.5	48.1	3.4	25.8
	E10	52.7	12.1	64.9	41.3	17.9	29.6
	E11	29.9	-9.1	20.8	22.7	-10.1	6.3
	E5	-1.7	-10.3	-12.0	-1.2	-12.3	-6.8
	E4	-16.7	-18.2	-35.0	-14.3	-27.5	-20.9
평균		113.8	34.2	148.0	94.2	53.4	73.8

주: 지역구분은 질소 양분초과율 기준임.

부표 3-6. F도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정

지역구분	시군명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
특별관리II지역(200%초과)	F4	243.4	146.2	389.6	227.3	242.3	234.8
특별관리I지역(150~200%)	F14	212.1	134.6	346.7	195.9	213.8	204.8
	F10	210.4	128.6	339.0	185.0	189.2	187.1
	F11	201.3	118.5	319.9	179.7	184.0	181.9
	F8	204.4	86.1	290.5	167.1	119.6	143.4
	F13	196.1	108.5	304.6	160.9	143.3	152.1
	F3	167.2	63.1	230.2	160.1	101.4	130.8
	F7	163.6	86.5	250.0	154.2	137.2	145.7
	F1	172.4	82.7	255.0	150.3	123.6	136.9
유도지역(100~150%)	F6	157.0	55.2	212.1	141.2	83.1	112.2
	F9	140.2	56.3	196.5	134.8	92.2	113.5
	F2	101.0	5.2	106.3	101.7	8.8	55.2
관심지역(50~100%)	F12	102.1	7.6	109.6	95.6	12.0	53.8
	F5	84.3	45.2	129.5	75.4	81.4	78.4
평균		168.2	80.3	248.5	152.1	123.7	137.9

주: 지역구분은 질소 양분초과율 기준임.

부표 3-7. G도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정

지역구분	시군명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
관심지역(50~100%)	G2	95.4	56.4	151.8	70.8	69.2	70.0
우수지역(50% 미만)	G1	51.9	22.7	74.6	30.3	21.0	25.7
평균		73.6	39.6	113.2	50.6	45.1	47.8

주: 지역구분은 질소 양분초과율 기준임.

부표 3-8. H도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정

지역구분	시군명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
특별관리II지역(200%초과)	H10	270.9	145.9	416.8	261.5	268.3	264.9
	H13	252.0	157.8	409.9	253.3	281.1	267.2
	H6	224.6	110.8	335.5	223.9	204.3	214.1
	H12	210.3	129.4	339.7	214.3	249.0	231.6
	H16	209.1	118.8	327.9	201.9	211.4	206.7
특별관리I지역(150~200%)	H9	168.8	72.7	241.4	168.8	134.1	151.5
	H5	163.5	91.2	254.6	164.7	180.3	172.5
유도지역(100~150%)	H3	120.0	53.4	173.4	144.4	105.5	124.9
	H4	119.0	61.6	180.6	120.4	117.5	118.9
	H8	117.1	43.4	160.5	114.4	82.8	98.6
	H2	125.9	78.6	204.5	103.8	112.1	108.0
	H14	123.3	74.5	197.8	100.9	108.4	104.7
관심지역(50~100%)	H15	88.9	19.9	108.9	82.6	35.2	58.9
	H1	76.9	25.5	102.4	78.6	46.5	62.5
	H7	64.0	24.7	88.7	54.3	38.5	46.4
평균		155.6	80.5	236.2	152.5	145.0	148.8

주: 지역구분은 질소 양분초과율 기준임. 세종시 제외.

부표 3-9. I도의 시군별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정

지역구분	시군명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
특별관리II지역(200%초과)	I8	351.3	168.4	519.7	363.8	321.4	342.6
	I7	226.0	103.2	329.2	230.9	194.7	212.8
	I9	220.0	125.7	345.7	211.6	232.7	222.2
	II1	194.0	113.7	307.7	203.5	218.2	210.8
특별관리I지역(150~200%)	I6	190.2	127.3	317.5	196.4	246.7	221.5
	I5	147.8	87.7	235.5	159.3	167.4	163.3
	I4	136.2	76.4	212.5	156.5	159.3	157.9
유도지역(100~150%)	I1	137.7	89.5	227.2	133.2	177.5	155.4
	II0	134.0	67.0	201.0	128.6	117.9	123.3
	I3	119.1	62.0	181.1	125.2	120.1	122.6
관심지역(50~100%)	I2	96.0	37.8	133.8	87.0	67.4	77.2
평균		177.5	96.2	273.7	181.5	183.9	182.7

주: 지역구분은 질소 양분초과율 기준임.

부표 3-10. 도별 양분수지 시산 및 양분관리지역 지정

지역구분	시군명	양분초과량(kg/ha)			양분초과율(%)		
		질소	인산	계	질소	인산	평균
특별관리II지역(200%초과)	경 기	243.0	174.6	417.6	236.6	327.2	281.9
특별관리I지역(150~200%)	충 북	165.9	94.1	260.0	169.8	184.1	176.9
	전 북	170.8	79.6	250.3	156.7	125.5	141.1
	충 남	156.1	82.2	238.3	150.1	149.7	149.9
유도지역(100~150%)	경 북	145.9	92.7	238.6	145.1	181.1	163.1
	강 원	151.1	81.9	233.0	127.7	149.8	138.8
관심지역(50~100%)	전 남	108.2	35.4	143.6	88.8	53.3	71.1
	경 남	84.8	50.2	135.0	70.0	83.2	76.6
	제 주	78.4	44.1	122.5	52.8	48.5	50.6
평균		144.9	81.6	226.5	133.1	144.7	138.9

주: 지역구분은 질소 양분초과율 기준임.

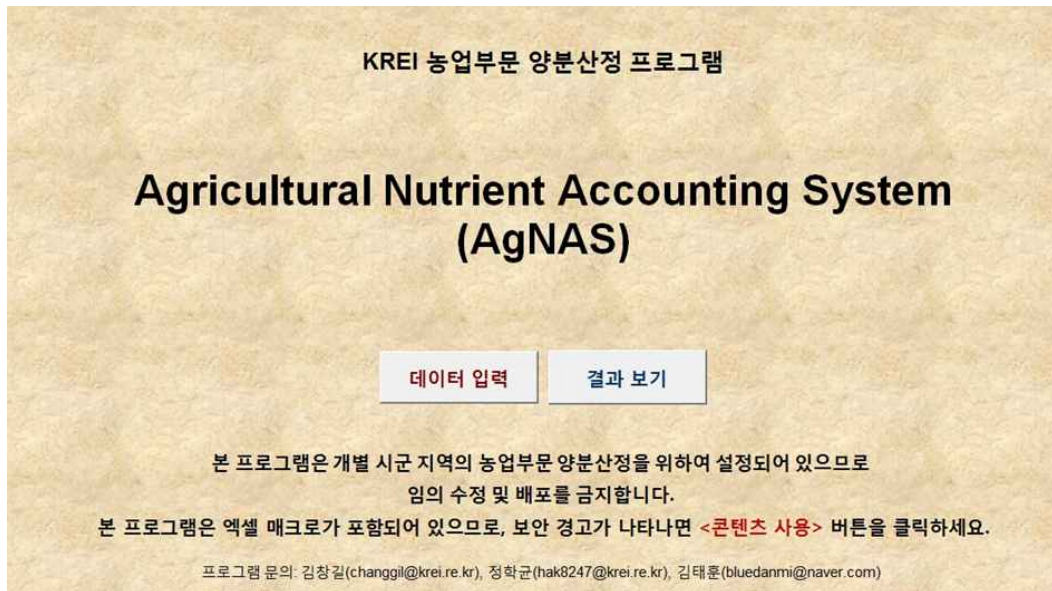
부록 4

농업부문 양분산정 프로그램(AgNAS) 소개

1. AgNAS 프로그램 개요

- KREI 농업부문 양분산정 프로그램(Agricultural Nutrient Accounting System, AgNAS)은 시·군지역의 농업분야 양분수지표 산정을 위하여 작성되었음.
- AgNAS는 양분 투입 및 산출과 관련된 통계자료를 입력하면 질소와 인산 등 양분수지표가 쉽게 산출될 수 있도록 엑셀 프로그램으로 작성되었으며, 엑셀에 생소한 사용자들을 위하여 엑셀 매크로 및 VBA(Visual Basic for Applications) 언어를 사용하여 제작되었음. 따라서 본 프로그램 사용시 나타나게 되는 보안 경고에서 반드시 “콘텐츠 사용”을 허가해야 함.
- AgNAS에서 사용자들이 직접 수행해야 할 부분은 양분산정에 필요한 관련분야 자료를 입력하는 것임. <부도 4-1>은 AgNAS의 첫 화면으로써, 간략한 설명과 함께 ‘데이터 입력’ 단추와 ‘결과 보기’ 단추를 배치하여 비교적 단순하게 보이도록 프로그램을 구성하였음.

부도 4-1. AgNAS의 Home 화면



2. AgNAS 데이터 입력

부도 4-2. AgNAS의 데이터 입력 목록창



- ‘데이터 입력’ 버튼을 클릭하게 되면 <부도 4-2>와 같이 사용자가 직접 입력해야 할 해당 시군의 5가지 데이터 목록이 나타나게 되고, 원하는 자료를 클릭하면 해당 자료 입력을 위한 워크시트로 이동하게 됨.
- AgNAS의 양식과 작동 체계, 파라미터 설정 등은 전국 시군의 동일한 조건, 즉 개별 시군에서 임의로 프로그램 작동 체계를 변경하지 못하도록 암호화되어 있음. 따라서 개별 시군은 동일한 양식을 사용하게 되며, 실제 시군의 프로그램 운용자는 5가지 자료입력시트의 붉은색 숫자로 표기된 부분만 입력하면 자동으로 양분수지 값이 계산되도록 되어 있음.
- <부도 4-3>은 농작물 재배면적 입력시트로써, 소분류 기준 874개의 농작물 분류로 구성되어 있는 통합 경영체 자료의 재배면적(단위: m²)을 사용하고 있음. 통합 경영체 자료는 농작물 판매를 위해 경영체 등록을 한 사업자들의 전수조사 자료이기 때문에 표본조사자료인 통계청 자료나 소품목을 누락하기 쉬운 지역 통계연보 자료보다 높은 자료의 정확성을 기대할 수 있음.
- 양분수지 산정에서 소품목 재배면적의 누락 또는 생략은 농경지의 양분요구량을 낮추게 되어 결국 양분수지 값을 높이게 되는 중요한 원인이므로 신뢰도와 타당도 높은 자료 자체 뿐만 아니라 꼼꼼하고 정확한 자료의 입력이 요구됨.
- 지역 특화 작목, 신규 도입작목 등으로 부득이하게 통합 경영체 자료의 분류에 속하지 못하는 작목이 있을 경우에는 중분류 기준 유사작목의 면적에 기입을 하여도 적용이 되도록 프로그래밍 되어 있으므로 임의의 분류를 추가하지 않도록 함. 또한 입력할 때는 항상 소분류 기준으로 입력하되, 중분류 기준으로 착각하여 이중 입력이 되지 않도록 각별히 유의해야 함.

부도 4-3. AgNAS의 농작물 재배면적 입력시트

농작물 재배면적						
* 자료: 통합 경영체 재배면적				데이터 입력		결과 보기
* 분류는 정성정책 통합 경영체 기준 품목의 분류를 따름.						
* 해당 품목이 없는 경우, 유사품목의 면적에 입력해도 정상 계산됨. 단, 이중 입력 절대 금지.						
대분류	중분류	소분류	단위: m ² 노지	단위: m ² 시설	단위: m ² 합계	
미국류	벼	벼	58,620,121.4	40,656.1	58,660,777.5	
미국류	밭벼	밭벼	3,940.0	0.0	3,940.0	
미국류	미국류 기타	미국류 기타	195.0	2,300.0	2,495.0	
맥류	보리	겉보리	838,292.2	1,957.0	840,249.2	
맥류	보리	밭보리	836,395.9	0.0	836,395.9	
맥류	보리	맥주보리	460,615.1	0.0	460,615.1	
맥류	보리	밭아보리	211,696.9	0.0	211,696.9	
맥류	밀	밀	741,851.9	2,667.0	744,518.9	
맥류	호밀	호밀	146,103.9	0.0	146,103.9	
두류	콩	콩	3,208,105.1	582.0	3,208,687.1	
두류	팥	팥	27,313.5	0.0	27,313.5	
두류	녹두	녹두	4,680.0	0.0	4,680.0	
두류	완두	완두	674.6	0.0	674.6	
두류	강낭콩	강낭콩	97.0	0.0	97.0	
두류	동부	동부	4,398.0	0.0	4,398.0	
두류	기타	두류기타	3,820.0	0.0	3,820.0	
잡곡류	옥수수	옥수수	112,405.4	9,288.0	121,693.4	

- <부도 4-4>는 가축 사육두수 입력시트으로써, 우리나라 가축 사육두수 통계는 높은 정확도를 가지고 있으므로, 통계청 또는 지역 통계연보를 사용해도 무방함. 축종 분류는 한우 두수와 육우 두수를 더한 한육우, 젓소, 돼지, 닭, 오리의 5가지 분류가 있으며 1마리 기준임.

부도 4-4. AgNAS의 가축 사육두수 입력시트

가축 사육두수					
* 자료: 통계청 또는 지역 통계연보					
* 한육우 = 한우 + 육우					
데이터 입력					
결과 보기					
축종	한육우	젓소	돼지	닭	오리
단위	두	두	두	수	수
입력 →	15,534.0	3,096.0	82,412.0	627,876.0	572.0

- <부도 4-5>는 분뇨처리방법 입력시트로서, 각 개별 시군에서 실제로 수행하고 있는 가축 분뇨처리량의 비율을 기입하면 됨. 분뇨처리 방법에는 크게 자원화(퇴비화, 액비화), 정화처리(공공처리, 개별정화처리), 해양배출, 기타배출로 구성됨.

부도 4-5. AgNAS의 분뇨처리방법 입력시트

시군별 분뇨처리방법								
* 자료: 각 지역별 자료								
* 자원화비율 = 퇴비화비율 + 액비화비율								
* 자원화비율 + 정화처리비율 + 해양배출비율 + 기타배출비율 = 100%								
구분	자원화비율			정화처리비율			해양배출비율	기타배출비율
	퇴비화비율	액비화비율	소계	공공처리비율	개별정화처리비율	소계		
단위	%	%	%	%	%	%	%	%
입력 →	38.0%	11.7%	49.7%	20.2%	10.1%	30.3%	0.0%	20.0%

선택 후 입력하세요

농작물 재배면적

가축 사육두수

분뇨처리 방법

화학비료 공급량

유기질비료 사용량

- <부도 4-6>은 화학비료 공급량 입력시트로서, 각 시군 농협중앙회의 화학비료 성분별 공급량 자료(단위: 톤) 협조를 받아서 기록하면 됨.

부도 4-6. AgNAS의 화학비료 공급량 입력시트

화학비료 공급량			
* 자료: 농협중앙회 - 시군별 비료성분 공급량			
성분	질소(N)	인산(P)	칼리(K)
단위	톤	톤	톤
입력 →	1,123.0	383.0	473.0

선택 후 입력하세요

농작물 재배면적

가축 사육두수

분뇨처리 방법

화학비료 공급량

유기질비료 사용량

- <부도 4-7>은 유기질비료 사용량 입력시트로서, 역시 각 시군 농협중앙회의

보조 및 비보조 유기질비료 농가 공급물량(단위: 톤) 자료 협조를 받아서 기록하면 됨.

부도 4-7. AgNAS의 유기질비료 사용량 입력시트

유기질비료 사용량	
* 자료: 농협중앙회 - 시군별 비료성분 공급량	
<div>데이터 입력</div> <div>결과 보기</div>	
성분	투입량
단위	톤
입력 →	650.0

선택 후 입력하세요

농작물 재배면적

가축 사육두수

분뇨처리 방법

화학비료 공급량

유기질비료 사용량

3. AgNAS 결과 보기

- 5가지의 자료 입력을 마치고 결과 보기 버튼을 클릭하면 양분수지 계산 결과 시트로 이동하게 됨. 먼저 헥타르(ha)로 변환된 해당 시군의 재배면적을 확인할 수 있으며, 해당 시군경작지의 총 양분요구량, 가축분뇨, 화학비료, 유기질비료에서 기인한 양분 성분별 총 양분 투입량, 그리고 양분 초과량을 확인할 수 있음.

부도 4-8. AgNAS의 재배면적 및 지역 양분수지 합계

A

B

C

D

E

F

양분수지 계산 결과

데이터 입력

Home

재배면적

성분

단위

값

재배면적

ha

10,566.6

지역 양분수지 합계

구분

단위

질소(N)

인산(P)

칼리(K)

합계(K제외)

양분요구량

톤

1,168.2

595.5

794.0

1,763.7

가축분뇨

톤

505.9

432.1

491.8

937.9

화학비료

톤

1,123.0

383.0

473.0

1,506.0

유기질비료

톤

32.5

13.0

0.0

45.5

총양분

톤

1,661.4

828.1

964.8

2,489.4

양분초과량

톤

493.1

232.6

170.8

725.7

- <부도 4-8>의 지역 양분수지 합계 수치는 각 시군구의 재배면적 및 가축 사육두수, 화학비료 및 유기질 비료 사용량에 따라서 큰 차이를 나타내므로, 해당 지역 농경지의 양분투입 현황을 가늠하기 어려움. 따라서 <부도 4-9>와 같이 AgNAS의 재배면적 1단위(ha)당 양분투입 현황을 계산은 해당 지역의 농경지 양분투입 현황을 파악하고, 단위 양분 투입량이 단위 양분요구량을 초과하는 지역은 어느 부분에서 양분이 과잉 투입되고 있고, 어떻게 처리하는지, 양분요구량을 결정하는 재배면적 통계 관리와 적용은 잘 하고 있는지 등 해당 시군의 문제점에 대한 원인을 찾고, 맞춤형 해결 전략을 세우는 길잡이 역할을 할 수 있음.

부도 4-9. AgNAS의 1ha 당 양분수지 값

	A	B	C	D	E	F
1	양분수지 계산 결과					
2						데이터 입력
3						Home
4						
5						
6	1ha 당 양분수지 값					
7	성분	단위	질소(N)	인산(P)	칼리(K)	합계(K제외)
8	단위양분초과율	%	42.2%	39.1%	21.5%	81.3%
9	단위 양분초과량	톤/ha	46.7	22.0	16.2	68.7
10	단위 양분요구량	톤/ha	110.6	56.4	75.1	166.9
11	단위 총양분	톤/ha	157.2	78.4	91.3	235.6
12	단위 가축분뇨	톤/ha	47.9	40.9	46.5	88.8
13	단위 화학비료	톤/ha	106.3	36.2	44.8	142.5
14	단위 유기질비료	톤/ha	3.1	1.2	0.0	4.3

부표 4-1. AgNAS의 양분수지 값 계산 공식

양분요구량	작물별 재배면적(ha) × 작물별 비료 성분 흡수율(표준시비량, kg/10a) × 단위조정계수
가축분뇨	가축분뇨의 비료성분량=가축분뇨발생량(톤) × 가축분뇨비료성분함량(%) × 자원화비율 × 손실률 × 단위조정계수
화학비료	그대로 사용
유기질비료	유기질비료의 비료성분량 = 투입량(톤) × 비료성분함량(%)
총양분	유기질비료 + 화학비료 + 분뇨이용
양분초과량	총양분 - 양분요구량
각 단위당 결과	각 결과치(톤) / 재배면적(ha)
단위 양분초과율	단위양분초과량(ha) / 단위양분요구량(ha) × 100