

최 종
연구보고서

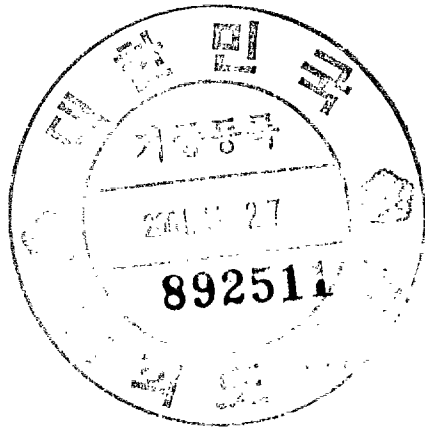
황토를 이용한 저비용 한우사료 개발에 관한 연구

Studies on Technical Development for Low Cost
Feeds of Hanwoo by Using Hwangto

연구기관

축산기술연구소
부산대학교

농림부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “ 황토를 이용한 저비용 한우사료개발” 과제(세부과제 :

1. 송아지 항병성 사료개발,
2. 부존자원을 이용한 저비용 한우사료개발,
3. 축산에 사용되는 황토의 특성규명과 효과적 이용법 개발)의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 10.

주관연구기관명 : 농촌진흥청 축산기술연구소

총괄연구책임자 : 김준식

세부과제책임자 : 강수원

연구원 : 안병석, 조원모

연구원 : 기광석, 정하연

연구원 : 조창연, 최성복

연구원 : 서국현, 류일선

연구원 : 김재기, 정정철

연구원 : 이재열, 설복환

연구원 : 이근수, 류광열

연구원 : 김명국, 양재원(무순)

협동연구기관명 : 부 산 대 학 교

협동연구책임자 : 황진연

연구원 : 윤지해, 장명익

연구원 : 박현진, 김의선

여 백

요 약 문

I. 제 목

황토를 이용한 저비용 한우사료 개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

최근 국민소득의 증가와 함께 소비자의 욕구가 양적추구에서 질적추구로 전환되고 있어 고급육에 대한 수요가 날로 증가하고 있지만, WTO 체제하에서 세계가 빠른 속도로 변하고 있으므로 경쟁력을 갖추어야만 국내시장은 물론 세계시장에서 살아남게 된다.

국제경쟁력 제고를 위해 필수적으로 개선해야 하는 것이 육질의 고급화는 물론 생산비절감이지만, 우리 나라의 소 사육기반을 살펴보면 사육규모는 '01년 9월 현재 한우가 247천호에서 1,485천두이고, 젖소가 13.1천호에서 550천두가 사육되고 있어 총 2,035천두의 소가 사육되고 있다.

그러나 조사료기반은 초지 53천ha와 사료포와 답리작 86천ha로 총139천ha가 되어 소 1두당 조사료 생산용 토지면적이 200평 내외로 조사료 생산기반이 아주 열악한 상태이다. 이렇게 조사료기반이 열악하고 호당 사육규모가 적다보니 볏짚과 배합사료위주로 사육할 수 밖에 없었다. 더욱이 최근에는 고급육에 대한 수요증가와 함께 농후사료 위주의 장기비육으로 농후사료 급여량이 급격히 증가하게 되고 그 결과 각종 대사성 질병의 다발과 함께 사료 이용성이 저하됨에 따라 전체 경영비중에 농후사료의 비중이 높아지고, 송아지와 쇠고기 생산비가 각각 1,401천원/두 및 4,346원/생체 kg으로 축산선진국의 292천원/두 및 1,664원/생체kg에 비해 3~4배 비싼 실정이다.

우리 나라의 옛날부터 내려오는 전통적인 한우사육은 소규모 부업농 형태의 농

사를 기반으로 한 복합농이었으며 소를 사육하는 장소도 고정자본이 많이 들어가는 우사의 형태가 아니고 집 안 밖의 흙바닥이 있는 작은 공간에서 단조로우면서도 자유롭게 활동할 수 있도록 설계된 그런 우사였다. 이와 같은 사양관리 과정에서 소가 자연스럽게 황토를 섭취하게 되고 황토를 섭취한 한우는 건강하게 성장하여 역용우로서 그 역할을 다 하였다.

우리의 선조들은 비록 가축이 하루에 얼마나 많은 회수와 얼마만큼의 흙을 섭취하는지 정확히 알려진 것이 없으나, 방목을 하면 흙을 섭취하며 섭취한 흙으로부터 필요로 하는 미네랄을 얻고 있는 것이 분명한 것 같다고 하였으며 “본초강목” 및 “향약집성방”에서 황토를 흙 중에서도 맛이 달고 약성이 가장 뛰어난 흙으로 취급하고 있으며, 이렇게 옛날부터 우리농가에서는 민간요법의 하나로 황토를 이용한 지장수를 질병의 치료 목적으로 가축에게 급여하였으나 과학적으로 접근한 바는 전혀 없는 실정이다.

그러나 현재와 같이 한우의 관리가 집약화 되고 규모화로 발전되면서 오히려 가축의 질병 발생율이 높아지고 있는데, 이러한 점을 경험한 일부 축산농가에서는 옛날방식 즉 인근야산의 황토를 채취하여 직접 급여하거나 지장수(地漿水; 황토의 미립 현탁액)를 자연스럽게 이용하게 되었으며, 한우고기의 차별화 및 특성화 일환으로 황토브랜드 관련 축산농가들이 많이 증가되어 왔다.

우리 나라에서는 전국 방방곡곡의 산기슭이나 밭에서 흔히 볼 수 있는 불그스레한 흙을 황토라고 일반적으로 부르고 있으나 이러한 용어는 학술적으로 정의 된 것은 아니다. 중국이나 일본에서 많이 사용되고 있는 학술적인 용어의 황토(黃土, Loess)는 중국의 황하유역과 같은 대륙에 주로 분포하며 바람에 날려와서 퇴적된 황색 또는 황갈색의 미세한 입자로 구성된 퇴적물, 즉 풍성퇴적물로 우리 나라에서는 이러한 것이 거의 발견되지 않는다. 우리 나라의 황토(黃土, Hwangto)는 학술적인 용어의 황토와 달리 암석이 화학적인 풍화작용을 받아 만들어진 풍화잔류토에 해당되며, 작은 틈에 포함된 공기와 수분을 제거하면 고체덩어리가 된다. 이 고체덩어리는 거의 대부분 광물로 구성되어 있으며 아직 광물이 되지 못한 비정질 물질 또는 식물의 뿌리와 미생물과 같은 유기물 등이 극히 일부분으로 포함될 수 있으나 이것들은 황토 전체로 볼 때 그 비율은 매우 낮다.

따라서 황토의 대부분을 차지하는 광물이 바로 황토의 특성을 좌우할 수밖에 없

는데, 황토의 산출지점에 따라 광물종과 그 함량이 다소 다를 수도 있겠지만 황토를 구성하는 광물로 점토 광물류가 약 60~80%를 차지하고 나머지가 석영, 장석 및 산화철 광물 등으로 되어있다. 점토광물도 많은 종류가 있지만 우리나라 황토에는 주로 벤토클라이트, 카올린, 일라이트 등의 광물이 포함되어 있으며, 황토의 물리화학적 특성은 주로 이들 점토광물의 종류와 함량에 따라 크게 좌우된다. 왜냐하면 점토광물은 일반적으로 가소성, 이온교환성, 흡착성, 촉매성, 현탁성 등 많은 특성을 가지고 있기 때문이며, 황토의 이용원리는 대부분 이들 광물의 특성으로 설명될 수 있다.

점토광물(clay minerals)은 토양의 생성과정에서 재 합성된 2차 광물이며, 크기가 0.002mm 이하인 작은 입자이므로 활성표면적이 매우 커서 각종 성분의 흡착, 방출, 고정, 산도(pH), 통기성, 통수성 등 물리화학적 성질을 좌우하는데 커다란 효과를 발휘하는 특성을 가지고 있다. 이와 같이 점토광물은 쉽게 다른 형태로 변할 수 있는 가소성과 벽돌이나 그릇 제조 시와 같이 불로 구울 때 단단하게 잘 깨어지지 않는 성질 그리고 2 : 1적자형 결정단위와 단위사이에 양이온성분이 외부의 양이온과 교환하는($Na^+ \leftrightarrow K^+$)이온교환성 및 다른 물질을 잘 흡착하고 토양생태계에서 촉매작용을 하는 특성을 가지고 있다. 뿐만 아니라, 점토광물은 물에 쉽게 풀어지는 현탁성과, 점토광물의 표면에 전기를 띠는 성질(계면전기)을 가지고 있으며, 구조 형태(2:1, 1:1)에 따라 수분을 흡수하거나 탈수하는 성질과 수분이나 다른 용액에 젖게 되면 부피가 팽창하는 성질(팽윤성), 그리고 pH를 중화시키는 완충작용 등의 다양한 특성 때문에 그 이용성이 다양하다.

그 중에서도 규산염계(Silicate)에 속하는 점토광물 들은 일반적으로 이온교환용량(ion exchange capacity)이 높고, 가축이 섭취하였을 때 미량무기물을 비롯한 영양소 이용성을 개선하며, 장내 유해가스의 흡착 및 연변방지 등의 효과가 인정되어 왔다.

이와 같이 황토 및 점토광물들에 대한 옛 선조 들의 경험과 과학적인 이론에 바탕을 둔 물리화학적 특성을 검토해보면 황토 및 점토광물은 가축의 질병예방 및 건강증진에 의한 성장발육의 개선 및 건강한 성장으로 맛있는 고기를 생산할 수 있는 잠재력이 충분히 있다고 할 수 있다. 그러므로 이러한 지질학적, 토양학적 및 영양학적 기초지식을 축산분야에서 검증하고 그 효과를 확인하여 실용화하는 일련의 과정이 필요하며 보다 과학적인 학술연구가 뒷받침되어야만 할 것이다.

따라서 본 연구는 국내의 부존자원인 황토 및 점토광물의 특성과 송아지 및 비육우에 급여하였을 때 질병예방과 육량 및 육질개선에 미치는 효과를 구명하여 저비용 한우사료 개발에 기여하고자 실시하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 송아지 항병성 사료개발

국내 번식우 농가에서 가장 문제가 되고 있는 것이 어린 송아지의 설사와 폐렴에 의한 폐사 문제이다. 송아지의 항병성 증진을 위해서는 송아지가 초유를 통해 어미소로부터 전수하는 수동면역능력과 송아지가 스스로 질병에 저항하면서 면역능력을 획득하는 수동면역능력을 높여야 하는데, 황토 및 점토광물들이 이러한 능력을 높여줄 것이라는 데 착안하여 이유 전 송아지 및 이유 후 송아지에 대한 황토 및 점토광물을 직접 급여하는 방법과 임신우에게 급여하여 임신우의 면역능력을 증강시킴으로서 분만된 송아지에게 전달하는 방법의 사양시험을 수행하였다.

사양시험에 공시한 가축은 축종 별로는 젃소와 한우였고, 성장단계별로는 이유전 송아지, 이유 후 비육 밀소로 공시되기 직전까지의 송아지 및 분만전후의 어미소였으며, 주요 재료로는 황토, 점토광물 및 기타 항병력을 증진시킨다고 보고되고 있는 시판 제품들을 사용하였다.

4개 지역에서 6개의 사양시험이 수행되었으며 황토 및 점토광물 등을 급여한 시험축의 발육특성, 사료이용성, 질병발생 상황, 어미소 및 송아지 혈청 내 면역물질의 변화 등에 미치는 효과를 구명하였다.

2. 부존자원을 이용한 저비용 한우사료개발

우리 나라는 국토면적이 적으면서 주곡인 쌀 생산은 자급자족을 하고 있다. 국민정서 상 쌀 생산면적을 줄이는 것이 용이하지 않아 대가축을 사육하는데 필수적으로 소요되는 초지 및 담리작 면적이 절대적으로 부족하고 그 결과 양질조사료 생산이 어려워 벣짚과 배합사료위주로 소를 사육하고 있는 실정이다. 국민소득이 증가함에 따라 소비자들의 기호가 양적 추구에서 질적 추구로 전환되다보니 한우산업에서도 고급육을 생산하여야 하는 필연성에 직면하게 되었다. 비육우에서 고급육을 생산하려면 근내지방도를 높여야 하는데 등심내 지방축적은 최소한 24개월령 이후까지 장기간 비

육을 하지 않으면 안되기 때문에 비육우 사육도 예전의 18개월령 출하에서 24개월령 이후 30개월령까지 출하기간이 연장되고 있는 실정이다.

이와 같이 초식가축이자 반추동물인 소에서 농후사료위주로 장기간 비육을 하게 되면 반추위의 기능장애를 일으켜 사료이용성이 저하되고 심하면 조기출하를 하거나 고급육을 생산하지 못하고 생산비만 높이게 된다.

황토 및 점토광물들은 이온교환용량(ion exchange capacity)이 높고, 가축이 섭취하였을 때 미량무기물을 비롯한 영양소 이용성을 개선하며, 장내 유해가스의 흡착 및 연변방지 등의 효과가 인정된다고 하였으나 비육우에 대한 시험결과는 거의 없고 더욱이 육질개선과 관련된 연구결과는 전무한 실정이다. 따라서 황토 및 점토광물의 물리화학적특성을 비육우의 생산성과 연계하여 저비용으로 고품질쇠고기를 생산하는 기술을 개발할 필요성이 대두되어 사양시험이 수행되었다.

사양시험에 공시한 가축은 한우 거세우였으며, 황토 급여유무 및 급여수준에 따른 2개 시험과 점토광물급여에 따른 2개 시험이 수행되었다. 공시재료로는 익산지역에서 채취한 황토와 점토광물로는 카올린나이트(경남 산청), 벤토나이트(경북 포항) 및 일라이트(충북 영동) 등이 었다.

3개 지역에서 4개 시험이 수행되었으며, 황토 및 점토광물을 급여한 비육우의 발육 특성, 사료이용성, 육량 및 도체특성과 생산된 쇠고기의 이화학적특성, 관능검사 결과, 아미노산 및 지방산구성이 조사되었고 사골성분 등이 분석되었다.

3. 축산에 있어 황토(점토광물)의 특성규명과 효과적 이용법 개발

황토는 우리 나라 거의 전역에서 쉽게 발견할 수 있는 것으로 우리의 기후조건하에서 암석이 풍화된 잔류토양으로, 우리의 선조 들은 민간요법으로 항생제나 기타 약제 없이 가축의 질병예방 및 치료차원과 축사주위에서 발생하는 악취를 제거할 목적으로 활용하여 왔고, 최근에는 내수면 양어장에서 물고기의 질병을 치유하거나 바다의 적조현상 제거 등에 황토를 사용하는 등 친환경적인 사용기술이 전래되고 있다.

이와 같이 황토가 다양한 분야에 민간요법으로 활용되고 있고 축산분야에도 활용도가 높지만 과학적인 접근은 거의 없는 실정이다. 황토의 구성성분, 물리 화학적특성과 황토를 구성하는 각 성분들의 특성 등을 구명하였고, 이들 성분들을 이용하여 축산에서 반드시 발생하는 가축분의 암모니아 및 인산 등의 탈취특성에 대한 이용법을 탐색하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 황토의 특성 및 물리화학적 성질에 관한 연구

- 가. 본 연구에 사용한 전북 익산지역 황토의 전체 입도분포는 gravel 15.5%, sand 31.7%, silt 27.6%, coarse clay 22.7%, fine clay 2.5%로 구성되어 있다.
- 나. 황토의 미립분 분리에 필요한 분산제에 의한 분산특성의 검토결과 탄산나트륨의 분산최적 농도는 1.56g/ℓ, 인산나트륨의 분산최적농도는 1.0g/ℓ 으로 나타났으며, 인산나트륨이 탄산나트륨에 비해 분산능이 현저히 양호하였다.
- 다. 전체적 광물조성의 검토 결과, 석영과 장석 이외에 점토광물이 대부분이며 점토광물의 구성은 카오린광물, 일라이트, HIV(hydroxy interlayerd vermiculite)가 주로 나타났다. 산화철광물은 fine clay에서 소량으로 포함된다. Sand에는 장석의 함량이 많고, 장석은 주로 K-feldspar로 되어있다. Clay와 silt에는 점토광물의 함량이 많으며 이것은 황토의 주요 특성을 좌우하는 것으로 나타났다.
- 라. 황토의 입도에 따른 주성분 원소의 검토결과, 입도가 감소함에 따라 Al, Fe, H₂O의 함량이 증가하는데, 이것은 점토광물의 함량에 기인한다. Fine clay에서 Fe의 함량이 많아지는 것은 fine clay 내에 포함된 산화철광물에 기인하며 이것은 전체 황토의 적갈색을 좌우하는 원인이 된다.
- 마. 황토의 입도에 따른 미량성분원소의 검토 결과, Zn, Rb, Sr, Ba, Pb의 함량이 비교적 높게 나타났으며, Ba은 장석이 많은 sand에 다량 함유되며 주로 장석에 존재하는 것으로 나타났다. Pb는 입도 분리 과정에서 제거되기 쉬운 형태로 존재하는 것으로 나타났다. 희토류원소는 Ca의 함량이 가장 많으며, 거의 모든 원소에서 점토광물의 함량이 증가할수록 희토류원소의 함량이 증가하는 경향 나타내는 것으로 보아 점토광물 내에 주로 존재하는 것으로 보인다.

- 바. 교환성양이온의 함량은 $Ca > Mg > K > Na$ 의 순서이며, 양이온치환용량(CEC)은 입도가 감소할수록 증가한다.
- 사. 산, 알칼리에 의한 용출 실험 결과 입도가 감소할수록 Al, Na, Si, Ca, Fe의 용출량이 증가하며 Si와 Al은 fine clay에서의 함량으로 보아 결정도가 낮은 점토 광물의 구조분해가 비교적 용이한 것으로 판단된다.
- 아. 황토의 입도에 따른 금속이온의 흡착 특성 검토 결과 pH=2에서는 흡착능이 거의 없으나 pH가 높아질수록 흡착능은 현저히 상승한다. 전체적인 흡착능은 $Pb > Cu > Ba > Zn > Cd$ 순이다. Pb는 silt, coarse clay, fine clay에서 아주 우수한 흡착능을 보였다. 또한 coarse clay에 대한 등온 흡착 특성 분석 결과, Freundlich 흡착식에 의한 흡착계수(K)는 Pb이 가장 높고 Cd이 가장 낮게 나타났다. 1/n값은 0.16~0.27로서 분석한 5개 원소에 대해 양호한 흡착능을 나타내었다.
- 자. 본 연구의 결과 황토의 활용에 있어서 천연상태의 황토를 그대로 사용하는 것 보다는 입도 분리를 통한 정제과정을 거쳐서 clay, silt 등과 같은 미립 점토분위주로 사용한다면 황토의 가소성, 흡착성, 흡수 및 탈수성, 현탁성, 이온 교환성 등의 특성을 극대화시킬 수 있을 것으로 나타났다.

2. 송아지 항병성 사료개발

- 가. 흡스타인 어린 송아지에 대한 황토 및 올리고당 급여가 발육 및 항병력에 미치는 영향

본 연구는 사료첨가제로서 황토와 올리고당의 첨가가 Holstein 숫송아지(4~60일령)의 성장과 항병력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다. 생후 4일령의 어린 송아지사료에 3%, 6% 황토와 0.04% glucosamine - D를 첨가하여 체중, 사료섭취량, 사료효율 및 혈중 각종 면역세포의 분포를 측정하였다.

시험결과 0.04% glucosamine - D 첨가구에서 가장 높은 증체량(0.73kg/d), 사료섭취량(1.58kg/d) 및 성장효율(46.20%)을 나타내었으며, 설사회수와 기타 질병을 비롯하여 가장 적게 나타났고, 혈중 각종 면역관계, 즉 각종 백혈구 아집단 양성분포율과 주조직 적합체들의 양성분포율이 다른 처리구에 비하여 가장 높게 나타났다. 3% 황토 첨가구와 6% 황토 첨가구 송아지들의 혈중 각종 면역관계에 있어서 그 효과가 0.04% glucosamine - D의 첨가효과에는 미치지 못했지만, 대조구 보다는 보편적으로 높게 나타났으며, 오직 class II MHC 분자들의 양성분포율만은 대조구보다 적게 나타났다. 하지만 사양성적에 있어서는 6% 황토 첨가구가 대조구보다도 적은 성적을 나타냈다.

이상의 결과들을 종합하여 볼 때 glucosamine - D는 어린 송아지들의 장내에서

병원성 미생물들과 경쟁적으로 장 상피세포와 부착함으로써 설사를 줄이는 효과를 나타내며, 또한 체내의 특이적인 면역반응을 활성화 시킴으로서 항병력증진 효과를 나타내어 결과적으로 이에 따른 성장증진효과를 가져왔던 것으로 사료되며, 3%의 황토는 생후 2개월령의 어린 송아지에 있어서 적정 첨가 수준으로서 황토 성분에 포함되어있는 풍부한 광물질에 의한 유해한 미생물들의 흡착제거작용과 유익한 효소 및 아직도 밝혀지지 않은 기타 성분들의 복합적인 작용에 의해서 질병예방 효과와 성장증진 효과를 나타낼 수 있었던 것으로 사료되며, 또한 송아지체내에서 일어나는 과도한 면역반응을 안정시켜줄 수 있는 비 특이적인 면역반응에도 효과를 발생할 수 있다는 가능성을 나타내고 있는 것으로 생각되어진다. 그러므로 생후 2개월령의 어린 송아지 성장 증진제와 항병력 증진제로는 0.04% glucosamine - D가 적합하며, 장기적인 첨가효과를 얻어내려는 데는 3% 황토가 적합하다고 볼 수 있다. 6% 황토 첨가는 정상 첨가수준 이상의 양으로서 아직도 소화기관이 발달되어 있지 않은 어린 송아지에 있어서는 적합하지 않다고 본다.

나. 황토 첨가 급여가 Holstein 송아지의 증체량 및 면역기능에 미치는 영향

본 시험은 황토 첨가가 Holstein 수송아지의 증체량 및 면역기능에 미치는 효과에 대하여 알아보고자 생후 4일령의 Holstein 수송아지 8두를 이용하여 60일간 시험한 결과, 발육에 있어서는 일령증가와 동반하여 증가하였으나, 황토 첨가구가 대조구에 비하여 다소 낮은 경향을 보였다. 이것은 황토 섭취에 따른 건물섭취량이 낮은 것으로 사료되며 발육에는 큰 차이가 없음을 보여주고 있다.

그러나 백혈구 세포 표면 분자에 특이적인 CD2, CD4, CD8 및 N cell 그리고 monocyte 단크론항체를 이용한 백혈구 아군별 분포율 분석을 한 결과 모든 T 림프구가 소유하고 있는 CD2 양성세포에 대한 분포율, 숙주의 체액성 면역기능에 관여하는 B cell의 표면에 분포되어 있는 surface IgM의 양성분포율($P<0.1$), 비특이적인 면역반응에 중요한 역할을 하는 N림프구에 대한 양성세포율($P<0.1$) 및 monocyte의 양성율에 있어서도 황토 첨가구가 대조구에 비하여 높은 경향을 보이고 있다. 이것은 황토가 체내의 비 특이적인 면역기능에 기여할 것으로 사료된다. 이상과 같이 본 일련의 시험결과들을 종합해 보면 어린 송아지의 경우 황토 급여가 체내의 비 특이적인 면역반응에 기여한 것으로 사료된다.

다. 점토광물질 첨가 급여가 이유진 송아지의 발육 및 면역기능에 미치는 영향

한우송아지를 이용하여 황토에 함유된 점토광물질의 급여효과에 대한 결과로 발육에 있어서는 총증체량이 대조구는 34.88kg, illite구 36.10kg, bentonite구 35.97kg 및

kaolinite구가 39.23kg로 처리구에서 다소 높은 경향을 보였다. 이것은 점토광물이 물리화학적인 성질상으로 볼 때 반추동물의 장관 내에서 미량무기물의 공급효과는 물론 완충효과도 기대된다고 사료된다.

그러나 혈액성상의 변화 및 백혈구 세포 표면 분자에 특이적인 CD2, CD4, CD8, B 및 N cell 그리고 monocyte 단크론항체를 이용한 백혈구 아군별 분포율 분석에서는 차이가 나타나지 않았다.

라. 이유직후 거세한우 송아지에 대한 점토광물질 첨가 급여가 육성기 발육 및 면역기능에 미치는 영향

본 시험은 거세한우를 이용하여 점토광물 급여 효과를 알아보고자 생후 4개월령 거세한우 24두를 공시하여 6개월간 시험한 결과 일당증체량은 illite구 0.70kg, bentonite구 0.69kg, kaolinite구 0.67kg 및 대조구 0.65kg순으로 나타났으나 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. 이것은 점토광물은 반추위 미생물의 발효패턴을 정상으로 유지시키고 반추위내 급격한 pH저하를 방지하는 역할을 하기 때문인 것으로 보인다. 그러나 혈액성상의 변화(WBC, RBC, NE 및 LY 등)는 차이가 없었으나, illite 첨가구의 경우 백혈구 세포 표면 분자에 특이적인 CD2, CD4, B cell 및 monocyte에서 대조구보다 높은 경향을 보였으며, kaolinite 첨가구에서는 CD4, CD8, N cell 및 monocyte에서 대조구보다 높은 경향을 보였다. 이것은 대조구와는 처리구간에 유의성은 인정되지 않았지만 점토광물도 체내의 비특이적인 면역반응에 기여할 것으로 사료된다.

마. 황토 및 점토광물 첨가 급여가 조기이유 한우 수송아지의 육성기 발육 및 면역기능에 미치는 영향

한우 수송아지에 대한 육성기 항병력 증진물질 투여 효과를 구명하기 위하여 3개월령에 이유된 한우수송아지 30두(평균체중 : 74.1kg)를 대상으로 사료내 항병력증진물질 첨가 종류에 따라 6개 처리(T1 : 관행사육, T2 : 황토 2%첨가, T3 : Illite 2% 첨가, T4 : Oligosacharides 0.04% 첨가, T5 : Charcoal powder 2% 첨가, T6 : Chromium picolinate 0.1% 첨가)를 두어 3개월령부터 7개월령까지 120일간 사양시험을 실시한 결과, 처리구별 일당 증체량은 T3, T6, T4, T5, T2 및 T1이 각각 0.919, 0.903, 0.903, 0.881, 0.827 및 0.819kg으로 Illite 및 크롬은 이유직후 송아지의 성장발육에 영향을 미쳤으나 가공되지 않은 황토급여는 성장발육에 뚜렷한 효과가 없었다. 육성기 120일간 1일평균 농후사료 섭취량 및 체중대비 섭취비율은 각각 3.91~4.15kg(평균 4.03kg) 및 3.1~3.31%(평균 3.21%)였고, 1kg증체에 소요된 TDN 량은 3.199~3.566kg(평균 3.354kg)으로 T5, T3, T6, T4, T5 및 T1 순으로 우수하였다.

시험기간 중 ZST(zinc sulfate turbidity) 법에 의해 측정된 혈청중 Ig농도는 처리구별로 10.2~11.6mg/ml 내에서 변화하여 정상축에서 볼 수 있는 범위 내에 있었지만,

T3 및 T5는 개시시에 비해 각각 6.9 및 2.8% 증가하였다. 질병발생은 처리구별로 뚜렷한 차이가 없었다. 이상과 같은 결과들로 볼 때, 점토광물인 Illite는 다른 항병력 증진물질과 마찬가지로 어린 송아지의 발육 및 사료이용성을 증진시키나 가공되지 않은 황토의 급여는 발육 및 사료이용성에 뚜렷한 차이가 없는 것으로 나타났다.

바. 한우 임신우에 대한 황토 및 점토광물질 급여가 분만 송아지의 발육 및 항병력에 미치는 효과

한우 임신우에 대한 항병력 증진물질 투여 효과를 구명하기 위하여 임신말기 한우 30두(평균체중, 478.4kg)를 대상으로 사료내 항병력 증진물질 첨가 종류에 따라 6개처리(T1: 관행사육, T2: 황토 2%첨가, T3: Illite 2% 첨가, T4 : Porphyry 2% 첨가, T5 : Chitosan 320mg 첨가, T6 : Chromium picolinate 0.1% 첨가)를 두어 분만전 60일부터 분만 후 90일 까지 150일간 사양시험을 실시한 결과, 어미소의 분만전 60일부터 분만후 90일간의 체중변화에서, 분만전 60일간은 0.157~0.419kg이 증가하였으나, 분만후 90일간은 0.074~0.327kg이 감소되어 전기간 동안에는 0.146~0.375kg이 감소되었으며, 처리구별로는 T6, T5, T3, T4, T2 및 T1 순으로 감소량이 적었다. 분만된 송아지의 90일간 일당증체량은 0.604~0.747kg이었고, 처리구 별로는 T3, T2, T6, T5, T1 및 T4의 순으로 증체량이 높았다. 어미소에 대한 수정두수는 분만후 60일 이내가 0~40%, 90일 이내가 40~80%로 T6, T4 및 T5 순으로 번식성적이 개선되는 경향이였다.

어미소의 임신기 및 포유기 혈중 IgG 함량은 각각 2,382 및 2,281mg/dL로 분만 후에 약 4.2%가 감소하였고 처리별로는 황토 및 맥반석 급여구에서 함량이 높았으며 송아지의 혈중 IgG 함량은 어미소의 혈중 IgG 함량이 높은 처리에서 높은 경향을 나타내었다. 송아지의 질병발생은 설사 및 폐렴이 주요질병이었고 설사는 처리구별 40~60%의 발병 율을 보였으며 발병우의 치료일수는 7~13일간이었다. 이상과 같은 결과를 종합해 보면 분만전후의 어미 소에 대한 황토 및 점토광물 급여는 어미 소 및 분만 송아지의 생산성에 영향을 미치지만 불량환경에서 황토 및 점토광물을 첨가제로 사용하였음에도 질병발생율이 감소되지 않은 것은 송아지 사육에 부적합한 열악한 환경인 것으로 사료된다.

3. 부존자원을 이용한 저비용 한우사료개발

가. 거세한우 육성비육우에 대한 황토 급여가 사료이용성, 육량 및 육질에 미치는 영향

1) 황토 급여유무 축산연시험

육성비육우에 대한 황토급여 효과 구명을 위하여 거세한우 송아지 10두(평균체중 :

144.7kg)를 대상으로 황토 급여유무에 따른 2개 처리(T1 : 황토 무급여, T2 : 황토 자유채식)를 두어 6개월령부터 24개월령까지 540일간 사양시험을 실시한 결과를 요약하면, 일당증체량은 육성기, 비육전기, 비육후기 및 전기간 동안 각각 0.537~0.572, 0.866~0.904, 0.857~0.869 및 0.766~0.769kg으로, 육성기 및 비육후기에는 황토무급여구가, 비육전기에는 황토 자유채식구가 우수하였으나 전기간 동안에는 황토급여 유무에 따른 차이가 없었다. 1kg 증체당 소요된 농후사료 및 TDN량은 T1 및 T2에서 각각 9.31~9.51 및 8.381~8.440kg으로 황토급여유무에 따른 뚜렷한 차이는 없었다. 도체조사결과 도체율 및 정육율은 T1에서 그리고 거래정육율은 T2에서 높았으나 통계적인 유의차는 없었고, 육량지수 및 전단력은 각각 69.0~70.1 및 4.4~6.1kg/cm² 이었으며, 관능검사의 다즙성, 연도, 향미 등은 각각 4.08~4.64, 3.42~3.96 및 4.58~4.80으로 황토급여에 따라 육량지수, 전단력 및 관능검사의 각 항목 등이 개선되는 경향이였다. 6개월령부터 24개월령까지 18개월간 비육후 등급판정결과 산정된 가격을 기준으로 경제성분석결과 처리구별 소득은 T1 및 T2에서 각각 825,100 및 826,333원/두으로 처리구간에 따른 뚜렷한 차이는 없었다..

2) 황토 급여수준 농가시험

육성비육우에 대한 최적의 황토급여수준 구명을 위하여 거세한우 송아지 16두(평균 체중 : 159.3kg)를 대상으로 황토 급여수준에 따른 4개 처리(T1 : 관행사육, T2 : 황토 2% 첨가, T3 : 황토 5%첨가, T4 : 황토자유채식)를 두어 6개월령부터 24개월령까지 540일간 사양시험을 실시한 결과, 일당증체량은 육성기, 비육전기 및 비육후기에 각각 0.656~0.772, 0.937~1.009 및 0.592~0.675kg으로, 육성기에는 황토무급여구가, 비육전기에는 황토 5%구가 그리고 비육후기에는 황토자유채식구가 우수하였으나 전기간에는 0.756~0.774kg으로 황토급여수준에 따른 뚜렷한 차이가 없었다.

1kg 증체당 소요된 농후사료 및 TDN량은 각각 8.707~9.499kg(평균 9.049kg) 및 7.517~7.637kg(평균 7.554kg)으로 관행사육구에 비해 황토급여구에서 각각 4.5~8.3% 및 1.2~1.6% 적게 소요되었다. 도체조사결과 육량특성을 나타내는 등지방두께, 배최장근단면적 및 육량지수는 황토급여수준에 따른 뚜렷한 차이가 없었으나, 근내지방도는 황토 5% 및 자유채식구에서 높은 것으로 나타났다. 경제성분석 결과 처리구별 소득은 T4, T3, T1 및 T2 순으로 높았으며 황토를 자유채식시 관행사육에 비해 소득이 15.5% 증가하는 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과를 요약해 볼 때 거세한우 비육우에 대해 가공하지 않은 황토를 급여하였을 때, 육량 및 사료이용성에는 뚜렷한 효과가 없는 반면 육질개선에는 다소 영향을 미치는 것으로 나타났다. 황토급여는 비육후기에 자유채식의 형태로 급여하되,

이용성증대를 위해 가공하여 미세입자로 하거나 지장수 형태로 급여하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

나. 거세한우 육성비육우에 대한 점토광물 급여가 사료이용성, 육량 및 육질에 미치는 영향

1) 점토광물 종류별급여 축산연시험

거세한우 송아지 24두(평균체중 : 167.7kg)를 대상으로 육성비육시 점토광물 종류가 육량 및 육질에 미치는 효과를 구명하기 위해 4개 처리(T1 : 관행사육, T2 : Kaolinite, T3 : Bentonite, T4 : Illite)를 두어 6개월령부터 24개월령까지 540일간 축산연에서 사양시험을 실시한 결과, 일당증체량은 육성기, 비육전기, 비육후기 및 전기간에 각각 0.682~0.713, 0.669~0.714, 0.690~0.840 및 0.699~0.756kg으로, 육성기 및 비육전기에는 관행구가, 비육후기에는 점토광물구가 높았고 전기간에는 점토광물구가 다소 높았으며 특히 Illite 및 Bentonite구가 높았다. 1kg 증체에 소요된 농후사료 및 TDN 량은 각각 관행사육구에 비해 점토광물 급여구가 적었으며, 점토광물중에서 특히 Bentonite 급여구가 적게 소요되었다. 도체조사 결과 도체율, 정육율 및 거래정육율 등은 처리구에 따른 뚜렷한 차이가 없었다. 육량지수는 T3, T2, T4 및 T1에서 각각 69.3, 68.9, 68.8 및 68.6이었고, 근내지방도는 T3, T2, T4 및 T1에서 각각 5.1, 4.6, 4.4 및 3.3 이었으며, 쇠고기의 전단력은 3.51~6.02kg/cm²으로 점토광물급여가 육량 및 육질을 모두 개선시키며, 다즙성, 연도, 향미 등 관능검사의 구성요소 모두를 개선시키는 것으로 나타났다. 쇠고기의 지방산구성에서 포화지방산은 T2, T3, T1 및 T4의 순으로 높았고 반대로 단일불포화지방산은 T4, T3, T1 및 T2 순으로 높았으며, 맛을 좌우한다는 오레인산 함량은 Illite 급여구가 다른 급여구보다 높은 것으로 나타났다.

쇠고기의 아미노산 구성에서 필수아미노산의 함량은 T1, T2, T3 및 T4의 순으로 높아 점토광물 급여가 쇠고기의 필수아미노산에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 사골 분석결과 점토광물 급여구에서 곱탕의 탁도 및 점도가 높고 짙은 색상을 띄었으며 일반성분중 회분함량이 높은 것으로 나타났다.

6개월령부터 24개월령까지 18개월간 비육후 등급판정결과 나온 가격('00.12월 말 기준)을 기준으로 경제성분석을 실시한 결과 처리구별 소득은 967,096~1,571,305원/두이었고, 점토광물 급여가 무급여에 비해 소득이 28.3~62.5% 가 증가하였으며, 특히 Bentonite 및 Illite 급여효과가 우수한 것으로 나타났다.

2) 점토광물 종류별 급여 농가시험

거세한우 송아지 16두(평균체중 : 159.3kg)를 대상으로 육성비육시 점토광물 종류가 육량 및 육질에 미치는 효과를 구명하기 위해 4개처리(T1 : 관행사육, T2 : Kaolinite,

T3 : Bentonite, T4 : Illite)를 두어 6개월령부터 24개월령까지 익산시 비육우농가에서 540일간 사양시험을 실시한 결과, 일당증체량은 육성기, 비육전기, 비육후기에 각각 0.633~0.733, 0.813~0.868 및 0.639~0.780kg으로, 육성기에는 T5가, 비육전기에는 T8 이 비육후기에는 T7이 높았고, 전기간에는 T7, T8, T5 및 T6 순으로 높아 점토광물 급여가 비육전·후기의 증체량에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

1kg증체에 소요된 농후사료 및 TDN은 각각 9.011~9.468 및 7.349~7.649kg으로 점토 광물중 특히 Bentonite 및 Illite가 사료이용성을 증가시키는 것으로 나타났다. 육량지수는 64.3~68.8로 T1, T4, T3 및 T2 순으로 우수하였고, 근내지방도는 T4, T1, T2 및 T3 순으로 우수하였다. 경제성분석 결과 처리구별 소득은 T4, T1, T3 및 T2의 순으로 높아 Illite 급여시 무급여 대비 소득이 13.3% 증가하는 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과를 요약해 볼 때 거세한우 비육우에 대한 점토광물 급여는 육량 및 육질 모두를 개선시켜 소득을 증가시키는 것으로 나타났으며 특히 Bentonite 및 Illite의 효과가 우수한 것으로 판단된다.

4. 축산에 사용되는 황토의 특성규명과 효과적인 이용법 개발

황토는 한우 사육에 유해하지 않은 자연 친화적 물질이고 여러 유용한 특성을 가지기 때문에 사료 및 축사 바닥 깔개 등으로 사용하여도 좋은 것으로 나타났다.

그러나 황토를 사용할 경우에 있어서 사료로서의 효과를 보다 높이기 위해서는 미립자로 분리한 정제 황토를 사용하는 것이 좋으며, 또한 벤토나이트를 혼합 첨가한 복합재료의 사용이 더욱 효과적일 것으로 평가되었다. 황토 등의 천연 광물은 자연 친화적이기 때문에 토양과 접하지 못하는 축사 환경에서는 매우 필요한 요소이므로 이들의 사용은 권장할 만하며, 다소 과잉의 사용이라도 별로 해가 없을 것으로 생각된다. 황토를 사용하지 않을 경우에는 다른 광물재료 중에서 벤토나이트를 한우에 급여하는 것이 가장 효율적일 것으로 보인다.

본 연구를 통하여 축산에서 황토의 효과적 이용에 대한 방법이 제시되었으나, 이를 실용화하기 위해서는 경제성을 포함한 여러 검토가 더 필요한 것으로 생각된다.

5. 결과활용에 대한 건의

가. 정제하지 않은 황토를 가축에 급여시 가축의 체내에서 불리하게 작용하는 성분이 있으므로 사료로서의 효과를 높이기 위해서는 정제황토 또는 지장수의 형태로 급여토록 농가에 급여 방법 제시를 건의

- 나. 점토광물이 농가에 보급되기 위해서 시·군 농업기술센터, 농협, 한육우협회를 통한 전국적인 기술보급을 건의
- 다. 수소를 거세할 때 지원하는 비용과 같이 정부에서 비육우에 소요되는 정제황토 또는 점토광물을 염가로 공급할수 있는 지원책을 건의
- 라. 국내에 부존자원인 황토와 점토광물의 가축에 급여방법 홍보를 건의
- 마. 황토 및 점토광물의 송아지 및 비육우 시험 연구에서 얻어진 결과는 국내외 학술지를 통하여 기술전수를 할 계획임

SUMMARY

This study was composed of various items on technical development for lowering the feed cost of Hanwoo by using Hwangto and domestic clay minerals, and conducted to examine the possibility of using them as feed resources. The Hwangto and 3 kinds of domestic clay minerals like Kaolinite, Bentonite, Illite, and additionally Oligosaccharide, Chitosan, Chromium picolinate, Granite porphyry and Charcoal powder as a contrast substance were tested in series of experiments. The results obtained are summarized as follows;

1. Mineralogy and physico-chemical properties of Hwangto

1) Occurrence, mineralogy and chemical composition of Hwangto from south Korea

The mineralogy and chemical composition of reddish to brownish yellow residual soils, so called "Hwangto" have been examined according to representative host rocks. The result of the study indicates that Hwangto consists of 40-80% clay minerals and various minerals such as quartz, feldspar, hornblende, goethite, and gibbsite. Clay minerals include kaolinite, halloysite, illite, hydroxy inter-layered vermiculite (HIV), mica/vermiculite inter-stratified mineral and chlorite. The mineralogical constituents and contents of Hwangto were different depending on the types of host rocks. Moreover, the Jurassic granitic rocks contain relatively more kaolin minerals, whereas the Cretaceous granitic rocks contain more HIV and illite. In addition, reddish Hwangto contains relatively more kaolinite and HIV, and yellowish Hwangto more illite and halloysite. It is suggested that feldspars and micas of host rocks were chemically weathered into illite, halloysite, illite/vermiculite inter-stratified minerals, and HIV, and finally into kaolinite.

Compared with their host rocks, the major chemical compositions of Hwangto tend to contain more Al_2O_3 , Fe_2O_3 , H_2O in amount and less Ca, Mg, and Na. Hwangto contains relatively high amount of trace elements, P, S, Zr, Sr, Ba, Rb, and Ce including considerable amount of Li, V, Cr, Zn, Co, Ni, Cu, Y, Nb, La, Nd, Pb, Th in excess of 10 ppm. Relatively high amount of most trace elements were detected in the Hwangto. The major and minor chemical compositions of the

Hwangto were different depending on the types of host rocks. However, their difference was in the similar range compared with the compositions of host rocks.

2) Particle size separation and physico-chemical properties of Hwangto

Hwangto (reddish residual soil) from the Iksan area in Jeonbuk was analyzed according to particle sizes such as bulk, gravel, sand, silt, coarse clay and fine clay in order to investigate the effective refining process of Hwangto. The particle size distributions of Hwangto are 15.5 % of gravel, 31.7 % of sand, 27.6 % of silt, 22.7 % of coarse clay and 2.5 % of fine clay.

Sodium carbonate and sodium hexameta phosphate were employed as dispersion materials to raise dispersion ability of Hwangto. The results indicate that the optimum concentration was 1.56 g/l and 1.0 g/l for sodium carbonate and sodium hexameta phosphate, respectively. Although the difference of the optimum concentration is small between two dispersion materials, sodium hexameta phosphate has much more dispersion ability than sodium carbonate.

Mineral compositions of Hwangto are mainly composed of quartz, feldspar and clay minerals. The compositions of clay minerals are kaolin mineral, illite, HIV (hydroxy inter-layered vermiculite), etc. Small amount of iron oxides are in fine clay.

Chemical analyses of major elements show that Si contents increase as particle sizes increase, whereas Fe, Al, Na contents decreased. Due to iron oxides, Fe contents in fine clay increases to 14 %. Chemical analyses of trace elements indicate that Zn, Rb, Sr, Ba, and Pb contents are relatively abundant, and Ba contents radically increase in order of silt, bulk, and sand. Ce contents are the most abundant element among rare earth elements and the amount of every element is generally likely to increase according to the decrease of particle sizes. CEC (cation exchange capacity) of Hwangto is inversely proportional to particle size distributions.

The result of the experimental work for acid and alkaline exsolution has demonstrated that the separation amount of Al, Na, Si, Ca and Fe increased as the particle sizes decreased. The adsorption ability of metal ions increases with the increase of pH. The adsorption ability of metal ions is approximately in order of $Pb > Cu > Ba > Zn > Cd$, and smaller particle size can clearly improve the better adsorption ability.

The experiments with particle size distributions of Hwangto have concluded that clay and silt have various features which control characters of Hwangto rather than bulk, sand and gravel. Thus, we can maximize the characters of Hwangto when we use smaller particle sizes of Hwangto such as clay and silt which are separated by particle size distributions instead of using untreated Hwangto.

2. Development of the feed additives for increasing the growth and disease resistance in calves

1) Effects of Hwangto and Oligosaccharide as feed additives for Holstein calves to increase the growth rate and disease resistance

This experiment was conducted to study effects of Hwangto and a form of oligosaccharide(glucosamine-D) as feed additives for 4 days to 2 month-old Holstein calves on the disease resistance and the growth rate. The total weight gains(WG) of test group given 0.04% glucosamine-D and 3% Hwangto as additives were 43.6 and 37.2kg, respectively, which were 10.1 and 3.6kg higher than control group(33.5kg). The potential influence of Hwangto and glucosamine-D treatment on the distribution of various leukocyte cell types in the serum of test group was tested using flow cytometric method. CD4 antigen positive cells(i.e., T helper cell) were highest in test group feeding 0.04% glucosamine-D, while class II MHC-positive cell type(antigen presenting cells such as macrophages and dendritic cells) was lowest in 6% Hwangto feeding group. These results suggest that 3% loess and glucosamin-D were more effective as feed additives for 4 days to 2 month old Holstein calves to increase the disease resistance and the growth rate than those of any other treatments.

2) Effects of supplementation of Hwangto on the growth performance and immunity in Holstein Calves

The study was conducted to investigate the effect of dietary supplementation of Hwangto on the growth performance and immunity in Holstein calves. A total of 8 calves were allocated into 2 feeding groups, control(basal diet) and treatment(basal diet plus 5% Reddish clay). This study was carried out for 60

days. A basal diet(milk replacer and call starter) as fed ad libitum during overall periods and the results obtained were as follows : There was no statistical difference in weight gain throughout the experimental period from 4 days to 64 days of age between non-supplemented groups(37.07kg) and Hwangto supplemented groups(36.07kg). Calf starter together with milk replacer was provided until 34 days of age, and then only calf starter until 64 days of age. Intakes of calf starter greatly increased from 34 days of age to the end of study, however, no statistical differences were found in feed intakes between groups. The proportion of CD2, CD4, surface IgM on the surface of B cell which is responsible for humoral immunity, and N lymphocyte which is related to non-specific immunity were higher in Reddish clay-supplemented groups than in non-supplemented groups.

3) Effects of dietary supplements of clay minerals on the growth performance and immunity in Hanwoo calves

This study was conducted to investigate the effect of dietary supplements of clay additives on the growth performance and immunity in Hanwoo calves. Treatment were composed of control(basal diet) and 3 treatments(basal diet + 5% illite, bentonite and kaolinite). This study was carried out for 90 days with a total of 16 calves from 8 days of age after birth. Basal diet(milk replacer and calf starter) were fed ad libitum during entire experimental period and the results obtained were as follows : Total weight gains throughout the experimental period from 8 days to 90 days of age were 34.88, 36.10, 35.97, and 39.23kg for non-supplemented(control). Illite-, Bentonite-, and Kaolinite- supplemented groups, respectively. It tended to be higher in clay mineral-supplemented groups than in control group, however, no statistical significances were found. Average daily intakes of calf starter were 0.66, 0.80, 0.71, and 0.76kg, and those of hay were 0.11, 0.12, 0.10, and 0.14kg for control, Illite-, Bentonite-, and Kaolinite-supplemented groups, respectively. It tended to be higher in clay mineral-supplemented groups than in control group, however, no statistical significances were found. The Proportion of CD2, CD4 as well as CD8 of T cytotoxic/suppressor cell (19.67% vs 15.27 to 17.10%) was higher in control group than in clay mineral-supplemented groups.

4) Effects of dietary supplements of clay minerals on the growth performance and immunity in growing Hanwoo steers

The study was conducted with 24 Hanwoo steers(4 months in age, mean body weight 109.4kg) for 6 months to examine the effects of dietary supplements of clay minerals on the growth performance and immunity. The Hanwoo steers were randomly allotted into 4 treatments according to the dietary supplements of clay minerals(basal diet, basal diet + 5% illite, bentonite, kaolinite). Concentrates were fed at 1.5% level of body weight and grass hay were fed ad libitum during entire experimental period and the results obtained were as follows : Average daily gains throughout the experimental period of 4 months to 9 months of age were higher for illite- (0.70kg) and bentonite- (0.69kg) groups than for kaolinite(0.67kg)-, and control group (0.65kg), however, no statistical significance were found. Average daily intakes of concentrates were 2.35, 2.50, 2.39, and 2.39kg, while those of hay were .34, 2.91, 3.17, 2.96kg for control, illite-, bentonite- and kaolinite-supplemented groups, respectively. No statistical significance, however, was found. The proportions of CD(cluster of differentiation)2, CD4, B cell(B-lymphocyte), and monocytes were higher in illite-supplemented group than in control group, while those of CD4, CD8, N cell(N-lymphocyte, non T/non B cell), and monocytes were higher in kaolinite-supplemented group than in control group.

5) Effects of Hwangto and clay mineral as dietary supplements on the growth performance and disease resistances for growing period in early weaning Hanwoo bull calves

This experiment was conducted with 30 head of Hanwoo bull calves(74.1kg in body weight) weaned 3 months of age to study the effect of Hwangto and domestic clay minerals as dietary supplements on the growth performance and disease resistances for growing period. Feeding trial was conducted with 6 treatment groups according to the dietary supplements, which were T1(control), T2(2% hwangto), T3(2% Illite), T4(0.04% Oligosacharides), T5(2% Charcoal powder) and T6(0.1% Chromium picolinate) for 120 days from 3 to 7 months of age. Concentrate were fed at 2.0% level of body weight and grass hay were fed by ad libitum during the entire experimental period.

The results obtained are summarized as follows; During the experimental

period, average daily gains were 0.919, 0.903, 0.903, 0.881, 0.827 and 0.819kg in T1, T2, T3, T4, T5 and T6, respectively. Illite and chromium picolinate was effected the growth rate of calves for growing period but was not found the effect at unprocessed Hwangto. Average daily intake and intake rate to body weight of concentrate for 120days was 3.91 to 4.15kg(average 4.03kg) and 3.1 to 3.31%(average 3.21%), respectively. TDN intakes required per unit of kilogram gain was 3.199 to 3.566kg(average 3.354kg) and was smaller in the order of T5, T3, T6, T4, T2 and T1, respectively. Density of Immunoglobulin in serum of calves measured by the method of ZST(zinc sulfate turbidity) was 10.2 to 11.6mg/ml, and especially it was higher in T3 and T5 than in T1 about 6.9 and 2.8%, respectively. In calves, incidence of disease was not found to be different by treatments.

According to the above results it may be concluded that Illite is a sort of clay minerals increased the growth rate and feed efficiency of early weaned calves for growing period, but was not in unprocessed Hwangto.

6) Effects of Hwangto and clay mineral as feed additives for pregnant Hanwoo cows on the growth performance and disease resistances of her calves

This experiment was conducted with 30 head of pregnant Hanwoo cows(average initial weight of 478.4kg) to study the effect of Hwangto and domestic clay minerals as feed additives on the body weight change and reproductive performance, and the growth performance and disease resistances of her calves for 150 days from pre-partum 60 day to post-partum 90 days.

Feeding trial was conducted with 6 treatment groups according to the feed additives, which were T1(control), T2(2% hwangto), T3(2% Illite), T4(2% porphyry), T5(320mg chitosan) and T6(0.1% chromium picolinate).

The results obtained are summarized as follows; During the over-all period, body weight of dams for pre-partum 60 days was increased 0.157 to 0.419kg per day but for post-partum 90 days, decreased 0.074 to 0.327kg per day and the rate of body weight loss per day was smaller in the order of T6, T5, T3, T4, T2 and T1. Average daily gains of born-calf for experimental period were 0.604 to 0.747kg, and it was higher in the order of T3, T2, T6, T5, T1 and T4. The conception rate of dams after calving was 0 to 40% and 40 to 80% within 60 and 90 days, respectively. and the reproductive performance was improved in T6, T4

and T5 than in T1. Density of IgG in serum of dam's blood was 2,382 and 2,281 mg/dl for pre-and post-partum period, respectively, and it was higher in T2 and T4 than others. In calves, the density of IgG was higher in which IgG contents of dams were high. Calves were mainly attacked with a diarrhea and pneumonia. Number of disease incidence was not significantly different by treatments, and diarrhea was taken place about 40 to 60% by treatments and the number of days of treatments required for the healing was 7 to 13 days in averages by treatments.

According to the above results it may be concluded that feeding of Hwangto and clay mineral to dams for pre and post-partum period improved animal performance of cow and her calf's.

Contrary to other studies, hwangto as feed additive did not reduce the incidence of diarrhea which seemed to be due to the extremely poor environment for raising calves.

3. Development of the dietary supplements for low cost feeds of Hanwoo by using the domestic resources

1) Effect of Hwangto on feed efficiency, meat quantity and quality in growing-fattening Hanwoo steers

Feeding trial 1 : Study to investigate on the effect of Hwangto feeding

This study was conducted with 10 Hanwoo steers(6 months of age, mean body weight 144.7kg) for 540 days from 6 to 24 months of age to examine the effects of dietary supplements of Hwangto on feed efficiency, meat quantity and quality. Feeding trial was conducted with 2 treatment groups which were T1(control) and T2(control + Hwangto full feeding) at Livestock Research Institute. Concentrate and rice straw were fed by the feeding system for high quality beef production.

The results obtained are summarized as follows; The ranges of average daily gains by growing, fattening, finishing and over-all period were from 0.537 to 0.572, from 0.866 to 0.904, from 0.857 to 0.869 and from 0.766 to 0.769kg, respectively. Average daily gain for growing and finishing period was higher in T1 but in T2 for fattening period, which were not statistically significant. The

range of concentrate and TDN intakes per unit of kilogram gain was from 9.31 to 9.51 and from 8.381 to 8.440 kilogram in T1 and T2, respectively, which were not statistically significant. In carcass characteristic, dressed carcass and red meat percentage were high in T1 but retailed cut percentage was high in T2, without significant difference among them. The range of yield index and shear force was from 69 to 70 and from 4.4 to 6.1 kg/cm². In palatability traits, the range of panel test score of juiciness, tenderness and flavor were from 4.08 to 4.64, from 3.42 to 3.96 and from 4.58 to 4.80, respectively. which showed a tendency to improvement in Hwangto feeding groups. The average income was 825,000 and 826,333 Won per head in T1 and T2, respectively.

Feeding trial 2 : Study to investigate the effect of Hwangto feeding levels

This study was conducted to investigate the effect of Hwangto feeding levels on feed efficiency, meat quantity, meat quality and economic traits in 16 head of Hanwoo steers(159.3kg in average body weight) for 540 days from 6 to 24 month in age. Feeding trial was conducted with 4 treatment groups which were T1(control), T2(control + 2% hwangto), T3(control + 5% hwangto) and T4(control + ad libitum Hwangto) at a Hanwoo breeding farm.

The results obtained are summarized as follows; The range of average daily gain was from 0.656 to 0.772, from 0.937 to 1.009, from 0.592 to 0.675 kilogram in growing, fattening and finishing period respectively. Although it was high in T1, T3 and T4 at growing, fattening and finishing period, respectively. it was not significantly different by treatments.

The range of concentrate and TDN intakes per unit of kilogram gain was from 8.707 to 9.499(average 9.049) and from 7.517 to 7.637kg(average 7.554kg), they all were lower in Hwangto feeding groups than in control about 4.5 to 8.3% and 1.2 to 1.6%, respectively. In carcass characteristics, back-fat thickness, loin eye muscle area and yield index were not difference by treatments, but marbling score was high in T3 and T4 than in T1. Income was ranked in the order of T4, T3, T1 and T2. Income of T4 was higher than T1 by 15.5 percent.

Summerizing above results, it may be concluded that the use of unprocessed Hwangto as feed additives for fattening steers seems to improve meat quality but not red meat quantity and feed efficiency.

2) Effect of domestic clay mineral on feed efficiency, meat quantity and quality in growing-fattening Hanwoo steers

Feeding trial 1 : Study to investigate the effect of domestic clay minerals feeding at Livestock Research Institute

This study was conducted to investigate the effects of domestic clay minerals feeding on feed efficiency, meat quantity, meat quality and economic traits in 24 head of Hanwoo steer(166.1kg in body weight) for 540 days from 6 to 24 months in age. Feeding trial was conducted with 4 treatment groups which were T1(control), T2(control + Kaolinite), T3(control + Bentonite), T4(control + Illite).

The results obtained are summarized as follows; The range of average daily gains was from 0.682 to 0.713, from 0.669 to 0.714, from 0.690 to 0.840 and from 0.699 to 0.756 kilogram in growing, fattening, finishing and over-all period, respectively. and the gains were high in T1 for growing and fattening period but in clay mineral feeding groups for finishing and experimental period, especially it was high in Illite and Bentonite feeding groups. Concentrate and TDN intake per unit of kilogram gain was lower in clay mineral feeding groups than in control and was lower in Bentonite feeding groups. In carcass characteristics, dressed carcass and fresh meat and retailed cut percent were not apparently difference by treatments, but yield index was 69.3, 68.9, 68.8 and 68.6 in T3, T2, T4 and T1, respectively. Marbling score was 5.1, 4.6, 4.4 and 3.3 in T3, T2, T4 and T1, respectively. and the range of shear force by treatment was from 3.51 to 6.02kg/cm². and were improved in clay mineral feeding groups than in control. Also in palatability traits, panel test score of juiciness, tenderness and flavor was improved in clay mineral feeding groups.

In total fatty acid contents, the rate of SFA(saturated fatty acid) in longissimus muscle of beef was higher in the order of T2, T3, T1 and T4 while the rate of MUFA(monounsaturated fatty acid) was high in the order of T4, T3, T1 and T2. The content of Oleic acid which is major factor influently the flavor of beef was higher in Illite groups than in any other groups. In composition of amino-acid in longissimus muscle of beef, the rate of essential amino acid was high in the order of T1, T2, T3 and T4. and the rate of amino-acid in clay mineral feeding groups was smaller than in control.

In chemical components in Gom-Tang(soup of bone) made by Hanwoo steer's

leg-bone, the ranges of crude protein, ether extract, and crude ash was from 0.81 to 1.24, 0.17 to 0.35 and from 0.07 to 0.09%, respectively. And in mineral components the ranges of Ca, P, Na and Mg was from 14.01 to 15.77, 11.45 to 16.40, from 37.92 to 49.99 and from 0.26 to 0.46ppm, respectively. Chemical components were not apparently different but mineral components was increased in clay mineral feeding groups than in control. Income by treatments was 967,096 to 1,571,305 Won per head for 540 days and income of clay mineral feeding groups in comparison with control's increased by 28.3 to 62.5 percent, and especially it was higher in bentonite and(or) Illite feeding groups than others.

Feeding trial 2 : Study to investigate the effect of domestic clay minerals feeding at a growing-fattening Hanwoo farm

This study was conducted to investigate the effects of domestic clay minerals feeding on feed efficiency, meat quantity, meat quality and economic traits in 16 head of Hanwoo steer(average initial body weight : 159.3kg) for 540 days from 6 to 24 months of age. Feeding trial was conducted with 4 treatment groups which were T1(control), T2(control + Kaolinite), T3(control + Bentonite), T4(control + Illite) at a Hanwoo farm located Cheunbuk area.

The results obtained are summarized as follows; The range of average daily gains was from 0.633 to 0.733, 0.813 to 0.868, from 0.639 to 0.780 and from 0.721 to 0.754 kilogram in growing, fattening, finishing and over-all period, respectively. and the gains of growing, fattening and finishing period were higher in T1, T4 and T3, respectively, and the gains of over-all period was higher in the order of T3, T4, T1 and T2. and clay minerals used for fattening and finishing period as a dietary supplement increased the body weight gain.

The range of concentrate and TDN intake per unit of kilogram gain was from 9.011 to 9.468 and from 7.349 to 7.649kg, respectively, and the feed efficiency is increased in T3 and T4 than in T1. In carcass characteristic, the range of yield index was 64.3 to 68.8 and it was high in the order of T1, T4, T3 and T2, and marbling score was in the order of T4, T1, T2 and T3. Income by treatments was high in the order of T4, T1, T3 and T2. and income of illite feeding group was greater than that of control group by 13.3%.

According to the above results it may be concluded that clay mineral feeding to

growing-fattening Hanwoo steers can be improved the meat quantity, quality and income. Especially the effect of bentonite and illite feeding is larger and can be recommended for usage to improve animal performance as feed additives of growing-fattening Hanwoo steers.

4. Determination of properties of Hwangto and clay minerals used in livestock, and development of effective using methods

The general conclusions of the present co-research regarding Hwangto (residual soil) and mineral materials are followings: The occurrences and mineral and chemical compositions of Hwangto were determined. The general effectiveness of Hwangto in feed use were documented. The effective purification method for feed-Hwangto was developed. The effectiveness in Hwangto feeding was examined on a basis of its mineral and chemical compositions and absorption properties. The effective mixing ratios of various mineral materials were determined based on the physical and chemical properties of minerals and feeding test. The physical and chemical properties of Bentonite were tested to use as a mixing materials. The absorption abilities of Hwangto and mineral materials for ammonium and phosphate ions were tested. Various shapes of Hwangto feed was made, and the physical properties of each shape of feed was determined. The method that the suspended solution of Hwangto uses as a feed in farms was suggested. The sorption abilities of Hwangto and mineral materials for ammonia gas were tested. The deodorant potential of Hwangto and mineral materials for gas generated from cattle excretion.

As shown in previous, our research results indicate that Hwangto can be effectively used as a feed and/or bed of livestock because it has good physical and chemical properties that can apply to use as feed and also is harmless in natural environment. In order to use more effectively, purified Hwangto and mixing with proper amount of Bentonite are recommended to use. Hwangto and mineral materials are natural matters so that it is more beneficial to animals in livestock that are isolated from natural soil environment. Bentonite appears to be the most effective feed among other mineral materials if Hwangto is not used. The present study suggested the effective feed use of Hwangto, but more study is required to practical use including economic considerations.

여 백

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	33
1. Objectives and background	33
2. Recently review for Hwangto and clay minerals	38
3. References	54
Chapter 2. Mineralogy and physico-chemical properties of Hwangto	62
1. Introduction	62
2. Material and methods	64
3. Results and discussion	67
4. Summary	133
5. References	135
Chapter 3. Development of the feed additives for increasing the growth and disease resistance in calves	138
1. Introduction	138
2. Material and methods	141
3. Results and discussion	158
4. Summary	191
5. References	195

Chapter 4. Development of the dietary supplements for low cost feeds of Hanwoo by using the domestic resources	203
1. Introduction	203
2. Material and methods	205
3. Results and discussion	210
4. Summary	241
5. References	244
 Chapter 5. Determination of properties of Hwangto and clay minerals used in livestock, and development of effective using methods	 247
1. Introduction	247
2. Material and methods	248
3. Results and discussion	249
4. Summary	282

목 차

요약문	3
Summary	17
Contents	29
목 차	31
제 1 장 서 론	33
제 1절 연구개발의 목적과 범위	33
제 2절 황토 및 점토광물에 대한 국내외 연구동향	38
제 3절 참고문헌	54
제 2 장 황토의 특성 및 물리화학적 성질에 관한 연구	62
제 1절 서설	62
제 2절 재료 및 방법	64
제 3절 결과 및 고찰	67
제 4절 요약	133
제 5절 참고문헌	135
제 3장 송아지 항병성 사료개발	138
제 1절 서 설	138
제 2절 재료 및 방법	141
제 3절 결과 및 고찰	158

제 4절 요약	191
제 5절 참고문헌	195
제 4장 부존자원을 이용한 저비용 한우사료개발	203
제 1절 서 설	203
제 2절 재료 및 방법	205
제 3절 결과 및 고찰	210
제 4절 요약	241
제 5절 참고문헌	244
제 5장 축산에 사용되는 황토(점토광물)의 특성규명과 효과적 이용법개발	247
제 1절 서설	247
제 2절 재료 및 방법	248
제 3절 결과 및 고찰	249
제 4절 요약	282

제 1 장 서 론

제 1절 연구개발의 목적과 범위

1. 목 적

WTO 체제하에서 세계가 빠른 속도로 변하고 있으므로 경쟁력을 갖추어야만 국내시장은 물론 세계시장에서 살아남게 된다. 국제경쟁력 제고를 위해 필수적으로 개선해야 하는 것이 생산비절감과 품질 고급화이지만, 우리 나라의 소 사육기반을 살펴보면 호당 사육규모가 적을 뿐 아니라 조사료 생산기반도 아주 열악한 상태여서 초지나 사료포를 운영하기가 그리 쉽지만은 않고, 따라서 생산비절감이나 고급육 생산과 관련하여 여러 가지 제한 요소들이 많이 발생되고있는 실정이다.

번식우를 다두사육하는 농가에서는 대부분이 분만우사나 육성우사가 확보되지 않아 분뇨처리가 제대로 되지 않는 협소한 비육우사에서 어미소와 송아지를 함께 사육하고 있어 분만된 송아지가 각종 질병에 시달리고 있고, 특히 설사에 의한 피해가 심각한 지경에 이르고 있으며, 더욱이 최근에는 국민소득의 증가와 함께 소비자의 육구가 양적 추구에서 질적 추구로 전환되고 있어 고급육에 대한 수요가 날로 증가하고 있을 뿐 아니라 수입육과 경쟁을 위해 한우농가의 대부분이 출하월령을 18개월령에서 28개월령 전후로 늘리는 등 고급육 생산체제로 전환하고 있지만, 양질조사료 부족으로 농후사료 급여량을 증가시키고 있는 실정이다. 이렇게 대부분 비육우농가의 경우 다른 조사료 자원이 확보되지 않아 주로 볏짚과 농후사료에 의존하다 보니 각종 대사성 질병의 다발로 사료이용성이 저하되어 생산비가 높아지고 조기출하로 인해 육질도 낮아지고 있는 실정이다.

수입개방에 대응하면서 한우산업의 경쟁력을 제고하기 위해서는 IMF 체제 이후 붕괴된 번식우 단지를 다시 가동하여 번식용 최우수 한우군집을 형성하고 우수한 암소를 양질의 조사료 중심으로 사육하여 저비용으로 유전능력이 우수한 송아지를 생산 보급함으로써 송아지 가격을 안정시키는 물론 생산비를 절감하여야 하며, 동시에 한우 고급육생산 사업을 확대하여 출하되는 한우고기는 모두 수입육보다 육질이 좋은 고기가 생산되도록 하여야 한다. 그러나 우리 나라의 조사료 생산기반이 열악

하여 대부분의 비육농가들은 배합사료와 볏짚에 의존할 수밖에 없는데, 볏짚의 사료 가치가 낮다보니 농후사료를 다량 급여하게 되고, 그 결과 각종 대사성질병의 다발로 사료이용성이 저하됨은 물론 조기에 출하할 수밖에 없어 고급육생산이 어렵게 됨으로 쇠고기의 품질을 높일 수 있는 새로운 사육기술이 요구되고 있다.

우리의 선조 들은 비록 가축이 하루에 얼마나 많은 회수와 얼마만큼의 흙을 섭취하는지 정확히 밝혀진 것이 없어도 한우를 방목하면 흙을 섭취하고 섭취한 흙으로부터 필요로 하는 미네랄을 얻고 있는 것이 분명한 것 같다고 하였으며 “본초강목” 및 “향약집성방”에서 황토를 흙 중에서도 맛이 달고 약성이 가장 뛰어난 흙으로 취급하고 있다. 이렇게 옛날부터 우리농가에서는 민간요법의 하나로 황토를 직접 이용하거나 지장수(地漿水; 황토의 미립 현탁액)를 만들어 질병의 치료 목적으로 가축에게 급여하였고, 과학적으로 접근한 바는 전혀 없는 실정이지만 최근에도 한우고기의 차별화 및 특성화 일환으로 황토브랜드 관련 축산농가들이 많이 증가되고 있는 실정이다.

우리 나라의 황토(黃土, Hwangto)는 암석이 화학적인 풍화작용을 받아 만들어진 풍화 잔류토에 해당되는데 작은 틈에 포함된 공기와 수분을 제거하면 고체 덩어리이다. 이 고체덩어리는 거의 대부분 광물로 구성되어 있으며 아직 광물이 되지 못한 비정질 물질 또는 식물의 뿌리와 미생물과 같은 유기물은 극히 일부분이 포함될 수 있지만 이것들은 황토전체로 볼 때 그 비율은 매우 낮다. 따라서 황토의 대부분을 차지하는 광물이 바로 황토의 특성을 좌우할 수밖에 없는데, 황토의 산출지점에 따라 광물종과 그 함량이 다소 다를 수도 있겠지만, 대개의 경우에는 황토를 구성하는 광물로 점토 광물류가 약 60~80%를 차지하고 나머지가 석영, 장석 및 산화철 광물 등으로 되어있다. 점토광물에도 많은 종류가 있지만 우리 나라 황토에는 주로 버미큘라이트, 카올린, 일라이트 등의 광물이 포함되어 있고, 황토의 물리화학적 특성은 주로 이들 점토광물의 종류와 함량에 따라 크게 좌우된다.

왜냐하면 점토광물은 일반적으로 가소성, 이온교환성, 흡착성, 촉매성, 현탁성 등 많은 특성을 가지고 있기 때문이며, 황토의 이용원리는 이들 광물의 특성으로 대부분 설명될 수 있는데 황토속에 들어있거나 아니면 별도로 광맥이 형성된 점토광물(clay minerals)은 토양의 생성과정에서 재 합성된 2차 광물이며, 크기가 0.002mm 이하인 작은 입자이므로 활성표면적이 매우 커서 각종 성분의 흡착, 방출, 고정, 산도(pH), 통기성, 통수성 등 물리화학적 성질을 좌우하는데 커다란 효과를 발휘하는 특

성을 가지고 있다. 그 중에서도 규산염계(Silicate)에 속하는 점토광물 들은 일반적으로 이온교환용량(ion exchange capacity)이 높고, 가축이 섭취하였을 때 미량무기물을 비롯한 영양소 이용성을 개선하며, 장내 유해가스의 흡착 및 연변방지 등의 효과가 인정되어 왔다.

현재와 같이 한우의 관리가 집약화 되고 규모화로 발전되면서 오히려 가축의 질병 발생율이 높아지고 있는데, 이러한 점을 경험한 일부 축산농가에서는 옛날방식 즉 인근야산의 황토를 채취하여 직접 급여하거나 지장수(地漿水)를 자연스럽게 이용하고 있는 실정이다. 그러나 황토 및 점토광물들에 대한 옛 선조 들의 경험과 과학적인 이론에 바탕을 둔 물리화학적 특성을 검토해보면 황토 및 점토광물은 가축의 질병예방 및 건강증진에 의한 성장발육의 개선 및 건강한 성장으로 맛있는 고기를 생산할 수 있는 잠재력이 충분히 있다고 할 수 있다.

그러므로 이러한 지질학적, 토양학적 및 영양학적 기초지식을 축산분야에서 검증하고 그 효과를 확인하여 실용화하는 일련의 과정이 필요하며 보다 과학적인 학술연구가 뒷받침되어야만 할 것이다.

한우는 오랜 세월 우리민족 고유의 가축으로 문화적 역사적 산물로서 한우산업은 쌀과 같이 영원히 포기할 수 없는 기간작목이므로 한우가 가지고 있는 우수성을 적극 발굴하고 단점을 보완하여 새로운 사회의 새로운 소비자가 요구하는 한우로 다시 태어날 수 있도록 경쟁력을 높여야할 것이다.

따라서 본 연구의 목적은 국내의 부존자원인 황토 및 점토광물을 어린 송아지 및 비육우에 급여하였을 때 질병예방과 육량 및 육질개선에 미치는 효과를 구명하고 급여방법을 실용화하여 송아지 및 쇠고기생산비를 절감하고 육질을 개선하는 저비용 한우사료개발 비육기술을 정립하여 국내 한우산업의 안정화에 기여하는 데 있다.

2. 범 위

본 연구는 우리 나라의 산야에서 흔히 볼 수 있는 황토 및 최근 부존자원으로서 대두되고 있는 점토광물들에 대한 광물학적 및 생물학적 특성을 구명하고 축산분야에서 활용도를 정립하여 실용화 기술로 개발하고자 1998년부터 2001년까지 3개년에 걸쳐 수행되었으며 2개의 세부과제와 1개의 협동과제로 구성되어 있다.

가. 송아지 항병성 사료개발

국내 번식우 농가에서 가장 문제가 되고 있는 것이 어린 송아지의 설사와 폐렴에

의한 폐사 문제이다. 송아지의 항병성 증진을 위해서는 송아지가 초유를 통해 어머니 소로부터 전수하는 수동면역능력과 송아지가 스스로 질병에 저항하면서 면역능력을 획득하는 수동면역능력을 높여야 하는데, 황토 및 점토광물들이 이러한 능력을 높여줄 것이라는 데 착안하여 이유 전 송아지 및 이유 후 송아지에 대한 황토 및 점토광물을 직접 급여하는 방법으로 또는 임신우에게 급여하여 임신우의 면역능력을 증강시킴으로써 분만된 송아지에게 전달하는 방법의 사양시험을 수행하였다.

사양시험에 공시한 가축은 축종 별로는 젖소와 한우였고, 성장단계별로는 이유전 송아지, 이유 후 비육 밀소로 공시되기 직전까지의 송아지 및 분만전후의 어미소였으며, 주요 재료로는 황토, 점토광물 및 기타 항병력을 증진시킨다고 보고되고 있는 시판 제품들을 사용하였다.

4개 지역에서 6개의 사양시험이 수행되었으며 황토 및 점토광물 등을 급여한 시험축의 발육특성, 사료이용성, 질병발생상황, 어미소 및 송아지 혈청내 면역물질의 변화 등에 미치는 효과를 구명하였다.

나. 부존자원을 이용한 저비용 한우사료개발

우리 나라는 국토면적이 적으면서 주곡인 쌀 생산은 자급자족을 하고 있다. 국민정서 상 쌀 생산면적을 줄이는 것이 용이하지 않아 대가축을 사육하는데 필수적으로 소요되는 초지 및 담리작 면적이 절대적으로 부족하고 그 결과 양질조사료 생산이 어려워 볏짚과 배합사료위주로 대가축을 사육하고 있는 실정이다. 국민소득이 증가함에 따라 소비자들의 기호가 양적 추구에서 질적 추구로 전환되다보니 한우산업에서도 고급육을 생산하여야 하는 필연성에 직면하게 되었다. 비육우에서 고급육을 생산하려면 근내지방도를 높여야 하는데 등심 내 지방축적은 최소한 24개월령 이후까지 장기간 비육을 하지 않으면 안되기 때문에 비육우사육도 예전의 18개월령 출하에서 24개월령 이후 30개월령까지 출하기간이 연장되고 있는 실정이다. 이와 같이 초식가축이자 반추동물인 한우를 농후사료위주로 장기간 비육을 하게되면 반추위의 기능장해를 일으켜 사료이용성이 저하되고 고급육을 생산하지 못하고 생산비만 높게 된다.

황토 및 점토광물들은 이온교환용량(ion exchange capacity)이 높고, 가축이 섭취하였을 때 미량무기물을 비롯한 영양소 이용성을 개선하며, 장내 유해가스의 흡착 및 연변방지 등의 효과가 인정된다고 하였으나 비육우에 대한 시험결과는 거의 없고 더욱이 육질개선과 관련된 연구결과는 전무한 실정이다. 따라서 황토 및 점토광

물의 물리화학적 특성을 비육우의 생산성과 연계하여 저비용으로 고품질쇠고기를 생산하는 기술을 개발할 필요성이 대두되어 사양시험이 수행되었다.

사양시험에 공시한 가축은 한우 거세우였으며, 황토 급여유무 및 급여수준에 따른 2개 시험과 점토광물급여에 따른 2개 시험이 수행되었다. 공시재료로는 익산지역에서 채취한 황토와 점토광물로는 카올린나이트(경남 산청), 벤토나이트(경북 포항) 및 일라이트(충북 영동) 등이었다.

3개 지역에서 4개 시험이 수행되었으며, 황토 및 점토광물을 급여한 비육우의 발육 특성, 사료이용성, 유량 및 도체특성과 생산된 쇠고기의 이화학적특성, 관능검사 결과, 아미노산 및 지방산구성이 조사되었고 사골성분 등이 분석되었다.

다. 축산에 있어 황토의 환경 친화적 이용법 개발

황토는 우리 나라 거의 전역에서 쉽게 발견할 수 있는 것으로 우리의 기후조건하에서 암석이 풍화된 잔류토양으로, 우리의 선조 들은 민간요법으로 항생제나 기타 약제 없이 가축의 질병예방 및 치료차원과 축사 주위에서 발생하는 악취를 제거할 목적으로 활용하여 왔고, 최근에는 내수면 양어장에서 물고기의 질병을 치유하거나 바다의 적조현상 제거 등에 황토를 사용하는 등 친환경적인 사용기술이 전래되고 있다.

이와 같이 황토가 다양한 분야에 민간요법으로 활용되고 있음에도 축산분야에 활용도가 높은 차원으로의 과학적인 접근은 거의 없는 실정이다. 황토의 구성성분, 물리화학적 특성과 황토를 구성하는 각 성분들의 특성 등을 구명하였고, 이 들 성분 들을 이용하여 축산에서 발생하는 가축분의 암모니아 및 인산 등의 탈취특성에 대한 이용법을 탐색하였다.

제 2절 황토 및 점토광물에 대한 국내외 연구동향

1. 황토 및 점토광물의 특성과 이용

가. 황토(Hwangto)

1) 구조 및 특성

황토란 국내에서 일반적으로 널리 사용되는 의미로 “빛깔이 누르고 거무스름한 흙”으로 쓰이고 있으며, 여기에는 황색, 황갈색, 적갈색인 토양(흙)이 포함된다고 하였다. 또한 주로 암석이 화학적인 풍화작용을 받아 변질되어 토양화되는 과정에 형성된 풍화잔류토(風化殘留土)로 토양단면의 B층 토양에 해당되며 거의 전국적으로 분포되어 있으며 주로 중국의 황화유역과 같은 대륙에 분포하며 바람에 날려와서 퇴적한 미세한 입자(Loess)로 구성된 퇴적물, 즉 학술적인 용어의 황토(黃土)와는 근본적으로 다르다.

황(1997^b)에 의하면 황토는 60~70%의 석영을 함유하며, 그 함량은 최저 40%에서 최고 80%에 달한다고 하였다. 장석과 운모를 10~20%, 탄산염광물을 5~35%를 함유하고 있으며 이밖에도 약 2~5%정도 포함된 실트는 각섬석, 인회석, 흑운모, 녹니석, 남정석, 녹립석, 석류석, 휘석, 금홍석, 규선석, 십자석 및 전기석 등과 같은 중광물들로서 구성되어 있다고 하였다. 세립질(0.002mm이하)의 입자 크기에서는 montmorillonite(bentonite 혹은 smectite라고 함), illite 및 kaolinite 등과 같은 점토광물들이 우세하게 포함된다.

황토의 화학적 조성은 흔히 50~60%의 실리카(SiO_2), 8~12%의 알루미늄(Al_2O_3), 2~4%의 제3산화철(Fe_2O_3), 약 0.5%의 이산화티탄(TiO_2)과 산화망간(MnO), 4~16%의 석회(CaO), 2~6%의 산화마그네슘(MgO) 등과 같은 비율로 나타난다(류, 1997).

황토속에는 다양한 효소들이 많이 들어 있어서 순환작용을 해 주며 황토 한 스푼에 약 2억 마리의 미생물이 활발하게 생명력을 유지하고 있다고 하는데(류, 1997), 황토가 살아 있는 생명체라는 사실을 증명해 주는 예라고 할 수 있다. 흙 속에서 활성이 있는 효소는 약 50여종이 되는데, 이들 대부분이 가수분해 효소에 속한다고 한다. 그 중 비교적 중요한 효소에는 토양 산화력의 지표 중 하나로 여겨지며 과산화수소와 과

산화지질을 분해하는 catalase와 같은 중요한 효소들을 비롯해서 diphenol oxydase, saccharase, protease 등이 있다. 그중 protease는 단백질의 질소가 무기화할 때 단백질을 아미노산으로 가수분해시킨다. 예를 들면 동물성 폐기물(사체; 死體)도 이 효소의 작용으로 사체속의 단백질은 가수분해를 거쳐 아미노산으로 무기질화(無機質化)되며 일종의 흡수 정화작용, 즉 분해되는 것을 알 수 있다. 그렇기 때문에 생명체의 면역력이 숨쉬고 있는 한 면역력 밖의 불필요한 암, 종기 및 기타 부패한 세포는 흡수속에서 protease의 작용으로 분해될 수 있다고 하였다(류, 1997).

2) 황토의 이용

오래 전부터 황토는 기가옥의 벽, 바닥 및 부엌 아궁이 등의 건축재료, 요업원료, 토양개량제(객토), 축사바닥재료, 양어, 환경정화(zeolite, 축산탈취제), 의약, 식용 그리고 적조 제거(shellfish.cheju.ac.kr) 등 다양하게 이용되고 있다. 또한 황토는 다양한 약성원소를 포함하고 있어 제독능력과 항균작용을 하여 지혈제로도 이용되었다. 예로부터 송아지가 태어나면 황토를 먹이고 소가 독초를 잘못 먹어 신음을 하거나 설사를 하거나 혈변을 배설하면 지장수(地漿水; 황토수)를 먹었다고 옛 문헌에도 나타나 있다(류, 1997).

최근에는 황토의 용도가 사료첨가제로서 질병의 예방 치료, 육질개선 등 다양해지고 있는 바, 그 주요 사례를 알아보면 Table 1-1과 같다.

황토가 이러한 중요한 작용을 할 수 있는 생리적인 기전과 어떠한 성분에 의해서 그 작용이 발현되는지 혹은 어떠한 성분들의 복합적인 작용에 의해서 일어나는지 아직도 정확하게 밝혀진 바가 없지만 수많은 경험들에 의해서 인정되는 황토의 대체적인 기능을 종합하면 다음과 같다. 즉, 황토속의 illite등의 점토광물과 catalase, protease 등이 자기용적 600배의 산소흡착력으로 강력한 음이온 에너지를 발산시켜 virus나 bacteria 등의 병원균을 제거함으로써 항병력증진 작용을 하며, 원적외선 방출로 체내의 세포를 활성화시켜 가축의 증체율 증가에 따른 생산성 향상 및 고른 육질 분포의 효과를 가져오고, 생물학적 효소성분으로 호흡기 질병을 최대한 억제하고 소화기계통 질환 및 탈장방지 효과를 나타내는 것이다(류, 1997 및 김, 1999).

Table 1-1. Major field in utilization of Hwangto

Field	Contents
Supplements in beef cattle	used for products a quality meat
Red tide control with Hwangto	used to eliminate the red tide
Feeds for a fish	utilization for rearing a fish
Hwangto cosmetics	supplements in cosmetics for skin health
Utilization on construction fields	used for improving the health of human being

3) 황토 이용의 안전성

부존자원인 황토가 가축생산성 향상을 위해 현재 농가에서 이용되고 있으나 과학적인 근거가 확립되지 않았고 가축에게 급여하는 황토의 중금속 오염정도도 규명되지 못했다. 따라서 황토 이용시 안전한 축산물 생산을 위해 농촌진흥청(1999)에서 제주도를 제외한 8개도 22농가에 대한 황토를 채취하여 중금속 함량을 분석한 결과 Fig. 1-1과 같다.

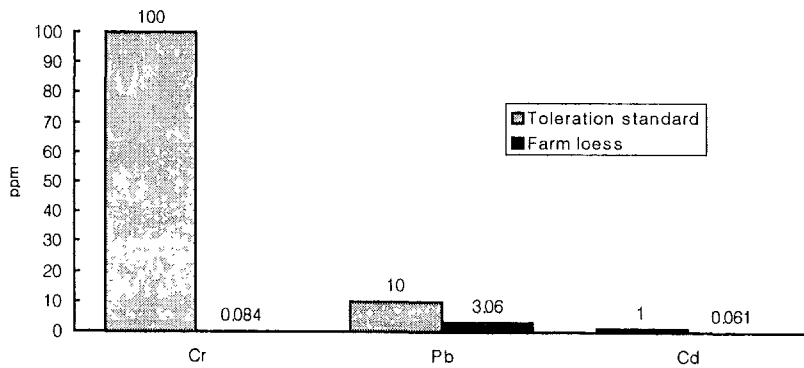


Fig. 1-1. Contents of heavy metals in Hwangto.

즉 Cr, Pb, Cd 등은 사료관리법 제 12조에 명시된 유해성분 허용범위 및 기준에서 제시하고 있는 함량보다는 적으며, 토양관리법의 대책기준 및 오염우려 기준에 훨씬 못 미치는 수준이다. 따라서 이러한 황토는 오염이 되지 않아 가축에게 급여하

여도 무방하나 농가가 장기적으로 이용할 경우 혹은 기타 다른 용도로 사용할 때는 중급속 함량을 전문기관에 의뢰한 후 사용하는 것이 바람직하다.

나. 점토광물(Domestic clay minerals)

1) 주요 점토광물의 구조와 성질

점토광물이란 주로 토양 생성과정에서 생성된 2차 광물을 말하며, 합성될 때의 환경조건에 따라 여러 종류가 형성된다. 점토광물은 입경이 0.002mm 이하인 소립자이므로 활성표면적이 매우 크며, 이의 함량이 결국 토성을 지배하는 기본이 된다. 또한 비료성분의 흡착, 방출, 고정 및 토양의 산도, 통기성 및 통수성 등 물리화학적 성질을 결정하는데 가장 큰 영향을 끼치므로 작물의 생육과 밀접한 관계가 있다.

흔히 규산염계(Silicate)에 속하는 점토광물들은 일반적으로 이온교환용량(ion exchange capacity)이 높고 동물이 섭취하였을 때 미량무기물을 비롯한 영양소 이용성을 개선하며 장내유해가스의 흡착 및 연변방지 등의 효과가 있는데(사료자원 핸드북, 1976), 국내에서 생산되는 점토광물로서 이러한 측면에서 이용가치가 있을 것으로 Kaolinite, Bentonite, Illite, Zeolite 및 Porphyry 등을 들수 있다. 이들에 대한 주요특성을 살펴보면 다음과 같다.

가) Kaolinite

Kaolinite는 고령토라고 하는데, 고령토란 원래 중국 강서성의 요업중심지인 경덕진 동쪽에 위치한 카올린(高陵)에서 산출되는 백색 점토로서 도자기를 만드는데 사용된 광석에 대하여 붙여진 광석명이며 주요 구성광물은 Kaolinite와 Halloysite이고 그 밖에 Nacrite 및 Dickite 등도 있다. 고령토를 구성하는 광물들의 화학식은 $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ 로 같지만 결정구조가 서로 다른데, Halloysite는 화학조성상으로는 Kaolinite와 유사하지만 구조내에 물분자를 가지고 있고 나선형의 튜브꼴이 많고 판상이나 구형 등도 있다. Kaolinite는 결정구조가 1개의 $[Si_2O_{10}]$ 4면체 층과 1개의 $[Al_4O_4(OH)_8]$ 8면체층으로 구성되어 있는 전형적인 1:1격자형 광물이고, 이 두층간의 비교적 약한 결합 때문에 판상(板狀)을 이루며, 온난·습윤한 기후조건 하에서 염기물질이 신속히 용탈될 때 많이 생성된다. 국내에는 현재 매년 약 60만톤의 고령토가 생산되고 있으며 이 중 10만톤은 수출되고 나머지가 내수용으로 사용되고 있

다. 그러나 약 10만톤에 달하는 수입고령토는 주로 제지용 Kaolinite로서 이것은 국내에서 생산되지 않은 특정 성격을 가진다(이, 1986).

나) Bentonite(smectite, montmorillonite)

Bentonite는 화산의 분출에 의한 암석의 퇴적으로 생긴 광물질로서 Montmorillonite($Al_2O_3, 4SiO_2, H_2O$)가 주성분으로 미국의 Dakota주나 Wyoming주의 benton층에서 많이 발견된다 하여 bentonite라고 부르게 되었다. 벤토나이트는 결정 크기가 매우 작고, 격자형 구조상 수분과 접촉하여 팽창하는 성질이 강하며 이온교환능력이 매우 큰 특징을 가진다. 활성이 상대적으로 큰 표면적을 가질 뿐 아니라 층간에 존재하는 교환가능양이온(Exchangeable Cation)의 조성비와 화학조성의 변화 범위가 광물에 따라 다르고 또한 교환 가능한 층간의 양이온들이 유기·무기물과 반응하기에 매우 용이하다(문, 1987).

Bentonite는 그 활성에 따라 두 부류로 나눌 수 있는데, 하나는 물에서 팽창하고 주요 교환성이온으로 Na를 함유하고 있는 Sodium bentonite와 팽창성이 적고 교환성이온으로 Ca를 함유하고 있는 Calcium bentonite이다. 어느 종류이든지 구성원소가 격자형으로 배열되어 있고 이 격자형이 모여 층을 이루고 있는데, 이 층사이에 교환성이온이 결합되어 있으며 수분과 접촉하면 이 격자형 배열이 팽창하게 된다. 소듐(Na)계 벤토나이트는 몬모릴로나이트의 함량이 높아 수분 흡수능력이 커 부풀어 오르는 팽윤성이 강하고 이온교환력에 있어 칼슘계보다 훨씬 높다. 칼슘계 벤토나이트는 평균 자체 중량의 1.5배에 해당되는 수분을 흡수하여 2~4배의 팽창력이 있는 반면 소듐계 벤토나이트는 높은 이온교환특성(CEC)과 함께 자체 중량의 5배 정도 수분을 흡수할 수 있는 능력을 가진다. 또한 물에 섞일 경우 최초 건조부피의 12~15배까지 팽창하는 높은 잠재 표면적을 가지고 있다. Bentonite의 주성분은 zeolite처럼 Si와 Al이나, zeolite와 다른 점은 Mg함량은 높으나 Ca 함량이 낮다는 것이다.

가축사료로 이용되는 경우 이런 점토광물의 물리적인 특성이 활용된다. 즉 이온교환성, 흡수 및 흡착성 때문에 연변의 방지, 유해가스의 흡착, 펠렛의 결합체로서 이용되는 등의 이점들을 들 수 있는데, 원래 다른 용도(도료, 의약품의 원료, 농약)로도 많이 이용되어 왔다.

국내 추정 매장량은 2천300만톤 정도로 주로 울산 및 포항근처에서 원광으로 생산되는데, 대부분 칼슘계 벤토나이트로 경제성은 다소 낮지만 화학적처리에 의해 소디움벤토나이트로 가공하여 사용하고 있다.

다) Illite

일반구조는 montmorillonite와 같다. Illite는 운모류광물이 풍화되는 동안 탈수되거나 $K^+ \cdot Mg^{+2}$ 등이 용탈되었을 때 생기는 2 : 1격자형인 동시에 비팽창형인 점토광물이다.

2) 점토광물의 사료적 가치

사료로 활용되고 있는 규산염 광물질로는 비금속 광물질인 zeolite, bentonite 및 kaolin 등을 들 수 있다. 지금까지 이들 규산염 광물질은 탈취제, 이온교환제 및 토성개량제 등으로 사용되었고, 최근에는 용도의 다양화와 함께 농업분야에도 많이 응용되고 있다(대한광업진흥공사, 1988). 동물에게는 생리적인 불활성인 것으로 생각되어져 왔으나, 최근의 연구결과(송 등, 1999; Britton 등, 1978)에 의하면 송아지 및 육성우의 사료에 소량 첨가할 경우 증체율 및 사료이용율 등에 개선효과가 있고, 배설물의 냄새를 줄이며 설사를 방지하는 등의 효과가 있음이 입증되어 사료로서의 가치가 인정되기에 이르렀다.

가) Kaolinite

Kaolin을 broiler 사료에 2.5~8% 첨가하여 에너지를 측정할 때 kaolin이 마치 1.5~2.0Kcal/g의 에너지를 가지고 있는 것과 같은 효과가 나타나기도 하며, 병아리의 사료에 함유된 Ca, Fe, Mn 등의 이용성에는 아무런 영향을 미치지 않았다고 하였다(Fritz 등, 1971).

이러한 결과로 볼 때 kaolin은 에너지 이용효율과 증체율을 향상시킬 것으로 기대된다.

나) Bentonite

이 광물은 펠릿사료를 제조할 때 결합제로서 제품을 단단하게 만들기 위해서 이용되었으며 이러한 강한 결합력 때문에 비타민A의 결핍증을 유발시킬지도 모른다는 것이 큰 관심거리였다. 배합사료의 경우 bentonite의 사용으로 큰 영향은 없었으나

어떤 형태의 사료이든 bentonite를 첨가하면 비타민A와 carotene의 이용성이 저하된다고 보고하고 있다(Laughland와 Phillips, 1956; Briggs와 Spivey, 1954). 또한 사용하는 bentonite의 입자도나 사료에 함유된 지방의 다소에 의해서도 비타민A 결핍증이 좌우된다(한, 1976). 한(1976)에 의하면 90mesh 이상으로 분쇄한 bentonite를 사용하면 20% 이상의 대량으로 사용하지 않는 한 비타민A 결핍증세가 나타나지 않는다고 했었으나, 사료의 지방함량이 높으면 bentonite에 의한 비타민 파괴가 촉진된다고 설명하였다.

또한 거세우에 3%의 bentonite를 급여하여도 간에서의 비타민 A와 carotene 축적율에 아무런 영향을 주지 않는다고 보고하였다(Erwin 등, 1957). 이러한 결과들은 다른 논문(한, 1976; Blakely 등, 1955; Bery 등, 1955)에서도 비슷한 경향을 보이고 있다.

한편, bentonite는 제1위액의 pH와 휘발성지방산 농도에 영향을 미치고, 유지율을 높여주는 반면 사료섭취량을 다소 감소시킨다는 보고도 있다(Schulty, 1971). 또한 손 등(1998)은 이러한 광물들이 물리화학적 성질로 볼 때 반추동물의 장관 내에서도 미량무기물의 공급효과는 물론, 완충능력을 비롯한 여러 가지의 기능을 발휘할 것으로 기대된다고 하였다. 즉, 젖소를 비롯한 반추동물은 농후사료의 다량섭취로 인해 반추동물내 pH가 정상범위이하로 떨어지기 쉬운바, 이를 방지하기 위해서 완충제가 사료에 첨가 급여되고 있는 실정인데, 이때 주로 sodium bicarbonate, magnesium oxide 및 calcium carbonate 등의 광물염 및 산화물을 이용하여 반추위내에서의 pH 저하방지, 사료섭취량의 증가, 우유 생산량의 증가 및 유지율 향상을 도모하고 있다.

이상의 결과로 볼 때 bentonite가 비타민 A의 불활성화에 관여하는 것이 거의 확실하지만 실제 사양시 가축이 필요한 비타민 A 보다 많은 양을 사용하기 때문에 큰 문제가 되지 않을 것으로 사료되며, 오히려 펠렛 제조시 결합제로서 이점, 증체의 효과 및 사료의 절감 등 유리한 점이 많은 것으로 생각된다.

다) Illite

일부 규산염광물인 zeolite 및 bentonite 등은 이미 그 광물의 물리화학적인 특성 때문에 사료첨가제로 이용된 바 있다. 하지만 최근에는 충북 영동지방에서 우리나라에서는 유일하게 illite가 생산되어 보조사료로 이용되고 있다.

2. 황토 및 점토광물 급여축의 설사예방과 혈액성상과의 관계

가. 하리(설사)예방

송아지 설사는 낙농이나 비육을 막론하고 소를 키우는 목장에서 가장 큰 피해를 주며 송아지 위축 및 사망의 큰 원인이 되고 있다. 특히 우리 나라에서와 같이 좁은 공간에서 밀집, 다두 사육하는 소규모 목장의 경우 병원체들이 조건만 맞으면 발병하여 설사를 일으킬 수 있다(Guyton, 1981; Heinrichs 등, 1995; Rusoff 등, 1959; Thomas 등, 1959; Tomkins 와 Jaster, 1991). 설사 발생율은 송아지 성장 과정중 66.2%나 되며 생후 1개월 이내에 가장 많이 발생한다(황, 1993). 또한 황(1993), 박(1996) 및 진(1992)은 설사가 송아지 때 발생하는 매우 흔한 병적 증상이며, 때때로 장기적으로 진행되어 발육부진, 열악한 영양상태의 악순환으로 이어진다고 하였다. 그러나 충분한 모유로 기른 송아지는 아마도 이러한 설사예방에 효과적 일 것이라고 하였다(Adams 등, 1985; Burton 등, 1984; Bush, 1987; Edwards 등, 1982; James 와 Polan, 1978; Nocek 등, 1984).

이러한 송아지 설사를 예방하고 건강한 축군으로 생산하기 위한 많은 노력들이 진행되었다. 특히, probiotics product의 첨가방법(Abe 등, 1995; Beeman, 1985; Brown 등, 1960; Bush 등, 1959; Edwards, 1962; Jorgensen 등, 1968; Seymour 등, 1995)과 Lactobacillus에 의한 장내미생물의 조절(Anonymous, 1979; Bechman 등, 1977; Benno 등, 1987; Ellinger 등, 1978; Fuller, 1989; Kawaguchi 등, 1993; Martin, 1994; Morrill 등, 1977; Owen 등, 1984; Quigley, 1996; Radisson 등, 1956; Schwab 등, 1980)에 관한 많은 보고들이 있다.

한편 바이러스성 설사는 가축의 생산성에 상당한 큰 경제적 손실을 초래하며(Deregt와 Loewen, 1995), 1년생미만 송아지의 경우 설사 후유증으로 산 중독증(acidosis)이 자주 발생하고 이것이 송아지 폐사의 주요 원인이 된다고 하였다(Kasari, 1999).

또한 어린 송아지의 경우 대용유(milk replacer) 및 전유(whole milk)를 체중비의 12~13%급여시 경변이나 설사가 많고, 15%이상 급여시 모든 화우(和牛) 송아지에서 설사가 발생하였다고 하였으며, 급여량은 8~10%로 하는 것이 좋다고 하였다(中野, 1999). 최근에는 분만전후에 농후사료를 다급하는 경우가 있는데, 이는 어미젖의 분

비량 증가로 이어진다. 분만후 10일령 전후에 발생하는 설사는 모유의 과잉섭취에 따른 소화능력 미숙으로 인한 비감염성 설사가 많고, 또 이것이 원인이 되어 2차적인 장관에 영향을 미쳐 중증 하리로 이행이 되는 것으로 알려져 있다(전, 1992).

황토 및 점토광물의 물리·화학적인 특성을 이용한 시험결과 등을 살펴보면, Watanabe 등(1971) 및 近勝 淵 등(1969)은 거세우 육성사료에 zeolite를 2% 첨가 급여시 하리발생율이 적었다고 하였고, 김(1999)도 황토를 6% 첨가한 것보다 3% 첨가시 하리발생율이 낮았다고 하였다.

나. 혈액성상의 변화

과거에는 가축에 질병이 발생했을 때 육안적으로 판단하여 질병을 치료하였으나, 오늘날 거의 모든 가축질병의 확진과 예후판단이 실험실 검사성적의 뒷받침에 의해서 이루어지고 있으며(김 등, 1989; 강, 1986; 조 등, 1988) 그 일부는 마치 체온기나 청진기와 동일한 빈도만큼 빈번히 실시되고 있다(한 등, 1999). 혈액은 체중의 약6~8%를 차지하고 있으며 혈구성분과 액상성분으로 구성되어 있어 이상이 생긴다면 이 두가지 성분에서 나타나게 된다고 하였다(강, 1986; Ellis 등, 1987). 정상혈액성상의 범위는(김 등, 1989; 정, 1965; Holman, 1955) leukocytes중의 주요성분인 WBC($4.0\sim 12.0K/\mu l$), NE($0.6\sim 4.1K/\mu l$), LY($2.5\sim 7.5K/\mu l$), 그리고 erythrocytes가 RBC($5.0\sim 10.0M/\mu l$)가 항병력과 관련된 주요 혈액성분들이라고 하였다.

Doxey(1977)는 소의 경우 성축에 있어서 적혈구수가 $7.0M/\mu l$ 이라 하였는데 월령에 따른 차이를 보면, 생시에는 $7.68M/\mu l$, 3개월령은 $6.65M/\mu l$, 4개월령은 $6.74M/\mu l$ 라고 한다. 또한 성축의 백혈구 수는 $7.0K/\mu l$ 로 생시에는 $9.4K/\mu l$, 1주일령은 $7.46K/\mu l$, 3개월령은 $9.30K/\mu l$, 12개월령은 $9.9K/\mu l$ 가 정상치였다고 하였다.

Benjamin(1953)은 4~8개월령된 육우의 경우 정상적인 적혈구 수는 평균 $8.26M/\mu l$ 이고, 백혈구 수는 $9.1K/\mu l$ 이었다고 하였으며, Berrier(1961)는 적혈구 수는 평균 $6.8M/\mu l$ 이고, 백혈구 수는 $7.5K/\mu l$ 이었다고 하였다. 또한, Greatorex(1954)도 Holstein을 대상으로 생시부터 생후 1년까지 혈액성상을 조사한 결과, 출생시 적혈구 수는 평균 $7.4M/\mu l$ 이고, 백혈구 수는 $8.7K/\mu l$ 이었으며, 1주 후의 적혈구 수는 평균 $7.5M/\mu l$ 이었다. 또한 2~4개월령의 적혈구 수는 평균 $8.1M/\mu l$ 이고, 백혈구 수는

9.7K/ μ l이었으며, 4~6개월령의 적혈구 수는 평균 7.8M/ μ l이고, 백혈구 수는 9.3K/ μ l, 그리고 1년 후의 적혈구 수는 평균 7.5M/ μ l이었다고 하였다. 한(1999)은 백혈구의 변동여부가 임상적인 소견을 내리는데 중요한 판단기준이 된다고 하였다. 특정 백혈구의 변동뿐만 아니라 총백혈구의 증가(백혈구증다증) 또는 감소(백혈구감소증)는 중요한 소견이 된다고 하였다. 백혈구감소증의 원인은 여러 가지가 있는데 그 중에서도 바이러스 감염증 및 세균성 등이 있다.

바이러스 감염증은 바이러스 감염이 일어나면 특정세포계(particular cell line)의 수명에 따라 3~8일에 걸쳐 백혈구 생성의 감소와 파괴에 의하여 백혈구 감소증을 유발한다. 세균성의 경우는 감염성 질병의 초기 또는 심한 국소성감염의 초기에 감염부위에 백혈구의 농축으로 말초혈액에 백혈구수가 감소하고 골수에서의 백혈구 생산이 그 부족분을 보충할 때까지 백혈구 감소증이 지속된다. 소에서 국소성인 급성 세균성 감염의 초기에는 백혈구가 말초혈액으로부터 손상된 조직부위로 이동된 후 삼출되어 버리고 순환혈액내에 있는 임파구(淋巴球)가 용해되어 백혈구 감소증이 일어난다(25~50%). Dalton 등(1965)은 신생 송아지 설사증에서 탈수에도 불구하고 혈장용적이 유지되거나 적혈구가 설사에 대한 이화작용 반응의 일부로써 파괴 또는 전신순환에서 제거된다고 하였다. 소의 전염성 비기관염(IBR)의 경우 백혈구 감소증(Kobayashi 와 Itabashi, 1991), 혈액상의 무변화(Gillespie 등, 1957; Rosner, 1968) 및 백혈구증다증(Van Kruiningen 와 Bartholomew, 1964) 등의 여러 상반된 보고가 있다.

유우에 있어서 급성유방염의 경우 임상증상이 발현된 직후에 호중구 및 임파구의 감소로 인한 백혈구수가 감소하나, 몇 시간 또는 수일이내에 대부분이 미성숙형인 호중구의 증가로 인한 총백혈구가 증가되어 임상증상이 사라질 때 백혈구상은 정상으로 돌아온다고 하였다(Schalm 등, 1965; Theilen 등, 1959). Benjamin(1953) 및 Hoerlein 과 Marsh(1957)는 가축이 우사간 이동이라든지 타 장소로 이동할 때 수송열(shipping fever)이 발생이 되고, 이에 따른 전형적인 증상이 나타나기 시작하면 총적혈구 및 총백혈구가 증가한다고 하였다. 또한 혈액중에 neutrophil 및 lymphocyte의 변화가 가축의 바이러스성설사와 관련이 높다고 하였다(Brown 등, 1991). Brown 등(1991)은 바이러스성설사에 감염된 가축의 neutrophil 및 lymphocyte 기능이 감소하였다고 하였다. 반추가축에게 점토광물인 bentonite를 급여한 시험에

서, Ha 등(1985)은 200두의 양에게 2% bentonite급여시 59일령시 혈장속에 Mg함량이 높았다고 하였으나, Dembinski 등(1985)은 유우에 건물량으로 2% bentonite 급여시 유생산 및 혈액중에 carotene 및 tocopherol이 증가하였지만, 미네랄성분은 bentonite에 영향을 받지 않는다고 하였다. Rajcevic와 Gorisek(1988)는 육성우사료에 bentonite 첨가급여시 혈청내에 K 및 Ca 등은 변화가 없었으나, 무기태인의 농도는 상당히 증가하였다고 하였다.

3. 황토 및 점토광물급여와 가축의 성장발육

가. 황토급여에 의한 발육의 변화

한우사육은 전업화 및 규모화 형태로 발전되어가면서 우사형태도 운동장 개념의 야외사육장에서 사육하는 형태에서 관리의 생력화 및 규모화로 사사(飼舍)관리 형태로 변화되어 가고 있다. 이러한 과정에서 전보다 가축의 질병 발생율이 증가하여 과도한 약제사용으로 질병에 대한 내성만 키우는 결과를 초래하였다. 다년간의 사육경험이 있는 한우사육농가에서는 소가 자연스럽게 황토를 섭취하고 이런 행동과정에서 건강하게 성장하는 것을 체득하고 지금도 일부농가에서는 황토를 급여하고 있다(농촌진흥청, 1999). 류(1997)는 황토는 다양한 제독 및 항균작용이 있어, 어린 송아지가 태어나면 황토를 먹이고, 소나 돼지가 독충에 물려 독이 오르면 그 부위에 황토를 발라 주어 낫게 하였다.

황토는 그 안에 영양물질을 다량 포함하고 있을 뿐 아니라 살균 및 살충능력까지 갖추고 있다고 하였다. 또한 우사의 바닥재료로 이용도 하고 가축에게 급여하여 황토속에 함유된 점토광물의 흡착성 및 이온교환성 등 물리적인 특성을 이용하였다(황, 1997^b). 최근에는 건강에 대한 관심이 증가되면서 황토방, 황토침대, 의약품, 적조제거용(나 등, 1996)등으로 그 이용도 증가하면서 황토에 대한 관심이 증가하고 있다(백, 1999). 또한 한우사육농가들이 지역별 한우특성화 사업이 추진되면서 황토 브랜드로 이미지 제고에 힘쓰고 있다. 송 등(1999)은 거세한우에게 육성기때 황토급여시 황토무급여구에 비해 증체율이 4%정도 증가하였다고 보고하였다. 이때 황토섭취량은 1일 약 679g 이었다.

나. 점토광물 급여에 의한 발육의 변화

생산비의 대부분을 차지하는 사료비를 줄이는 길은 국내 부존자원을 최대한 개발하는데 있다. 우리나라는 광상학상 규산염계 토양으로 구성되어 있으며 이에 속하는 점토광물(clay mineral)역시 다양한 종류가 있다(엄 등, 1993). 종래에는 zeolite를 비롯한 일부 규산염광물이 비반추동물에 대하여 연구가 진행되었으나, 최근에는 bentonite, kaolinite 및 illite 등을 가축사료로 이용하는 경우에 이온 교환성(Kirk, 1956) 혹은 흡수, 흡착성으로 인한 연변의 방지(近勝 등, 1969), 유해가스의 흡착(Britton 등, 1978; Honda 와 Mitsue, 1976; 近勝 등, 1969), 펠렛사료 결합제로서 이용 등의 이점들이 밝혀져 왔다(한, 1976).

손 등(1998)은 이들 점토광물은 물리·화학적인 성질로 볼 때 반추동물의 장관 내에서도 미량무기물의 공급효과는 물론 완충효과도 기대된다고 하였다. 반추동물은 농후사료의 다량섭취로 인하여 반추위내 pH가 정상범위 이하로 떨어지게 되는데, 이를 방지하기 위하여 완충제(buffer)가 사료에 첨가, 급여되고 있는데, 주로 sodium bicarbonate(NaHCO_3), magnesium oxide(MgO), calcium carbonate (limestone, CaCO_3) 등이 이용되고 있다고 보고하였다.

반추위내 완충제의 효과에 관한 한 지금까지의 국내외 연구들은 대부분 중탄산소다나 산화마그네슘을 비롯한 일부 무기화합물에 국한하여 실시되었다. 그 중에서 Bringe와 Schulty(1969)는 bentonite가 반추동물의 영양에 상당히 효과를 얻을 수 있는 것은 활성점토라고 하였으며, 손 등(1998)은 bentonite는 농후사료나 입자도가 작은 사료를 섭취했을 때 반추위내 통과속도가 증가하는 것을 방지하여 섬유소의 발효시간을 길게 유지하여 줌으로서 acetate의 생성을 증가시킨다고 하였다. Schulty(1971)는 유우에 있어서 bentonite의 급여로 인하여 사료섭취량을 감소시킨다고 하였다. 2% 수준의 bentonite를 첨가, 급여하였을 때 다량의 농후사료 섭취로 인해 야기될 수 있는 반추위내 pH의 저하가 방지되고(Rindsig 등, 1969; Bringe 와 Schulty, 1969; Ivan 등, 1992) 반추위 내 완충작용이 증진되었으며, 사료내 urea의 이용시 N retention 역시 증가되었다(Martin 등, 1969)고 하였다. Bringe와 Schulty(1969) 및 White와 Ohlrogge(1971)는 bentonite으로 부터 미생물의 발효패턴을 어느 정도 정상적인 수준으로 유지 할 수 있는 효과를 기대 할 수 있다고 하였으며, 이런 결과로 과산증 예방효과까지 기대할 수 있다고 하였다. 그러나 Jasaitis

등(1987) 및 Jacques 등(1986)은 젖소에게 급여사료의 50~84%를 옥수수 사일리지로 급여하면서 bentonite의 첨가가 반추위내 pH저하를 방지하지는 못했다고 하였다.

그러나 Laughland와 Phillips(1956) 및 Briggs와 Spivey(1954)는 bentonite를 닭의 사료에 첨가할 경우 비타민 A와 carotene의 이용성을 저하시킨다는 하였다. 또한 Laughland 와 Phillips(1954)은 쥐에게 사료량의 3%에 해당하는 sodium bentonite를 급여하였을 때 비타민 A의 간내 저장력이 제한된다고 하였다. Erwin 등(1957)은 사료에 25% 알팔파 건초 급여시 간내 비타민 A 축적율에는 영향을 주지 않았다고 하였다. Blakely 등(1955) 및 Bery 등(1955)도 비타민이 부족하지 않는 한 사료에 5% bentonite를 칠면조 사료에 첨가해도 성장에 아무런 영향도 없었다고 하였고, Briggs와 Spivey(1956)도 90mesh 이상으로 분쇄한 bentonite를 20% 이상으로 대량 사용하는 경우가 아니면 비타민A 결핍증세가 나타나지 않는다고 하였다. 그러나 사료의 지방함량이 높으면 bentonite에 의한 비타민A 파괴가 촉진된다고 하였다(한, 1976).

이들은 bentonite가 함유된 사료의 비타민 A 함량을 분석한 결과 상당량의 비타민 A가 손실되었다고 보고하였다. 실제 가축사양시 필요한 비타민 A보다 많은 양을 사용하기 때문에 큰 문제는 없으나 오히려 펠렛 제조시 결합제로서의 이점, 증체 효과 및 사료비 절감 등의 유리한 효과가 더 큰 것으로 사료된다.

일부 보고에 의하면 bentonite가 반추위내서 일부 미량성분의 이용성을 저해한다고 보고하였다. Ivan 등(1992)은 면양에 bentonite를 급여하였을 때 사료내 Cu이용성이 감소하였다고 하였다. 거세우에게 sodium bentonite 3% 급여시 증체율이 8% 향상되었으며, 사료효율도 9%정도 향상되었다고 하였다(Erwin 등, 1957). 유우의 경우도 분만 전 2개월에서 분만 후 1개월 동안 bentonite 급여한 결과 어미소와 그 자손의 건강상태 및 위내 성상이 긍정적인 효과를 나타냈다고 하였다(Dembinski 등, 1985).

Bentonite와 마찬가지로 kaolinite도 규산염광물의 백색 또는 황백색의 분말로 설사에 치료효과가 있는 것으로 알려진 광물질인데, Qusterhout (1967), Harms와 Damron(1973) 및 한(1976) 등은 이를 가축의 사료에 첨가하면 에너지 이용효율을 증가시킨다고 하였다. 또한 Sibbald 등(1961)은 kaolin으로 기초사료를 0~42% 대체하여 대사에너지 측정시험을 수행한 바, kaolin 첨가로 기초사료의 ME가 증가되었다고 보고하였다. Matterson 등(1972)은 병아리에게 6%의 kaolin을 급여하면 사료효율을 약 6% 개선시킬 수 있었다고 보고하였다. 또한 Spandorf(1973)는 수병아

리에 대한 시험에서 급여사료의 6%를 kaolin으로 대체한 결과 증체량이 개선되었다고 보고하여 농후사료를 일부 대체할 수 있는 가능성을 보였다.

Illite의 경우에는 곡물의 절대량을 수입하고 있는 우리로서는 이에 따른 중금속, 방부제 등의 혼입에 대한 피해를 고려하지 않을 수 없는 현시점에서 중금속 흡착 능력과 독소 제거 능력이 강한 illite를 사료에 첨가시켜 이를 해결하고 장기 내 소화계 생물의 미생물상을 바로 하여 소화흡수 능력을 향상시키는 것이 가장 이상적인 방법이라고 하였으며 강한 음이온과 원적외선을 발산하고 풍부한 용존산소 발생과 물분자를 활성화하여 해독작용과 중금속 흡착작용 및 미생물 균형을 유지 할 수 있어 질병의 치료에는 매우 이상적이라고 하였다(home.tinc.co.kr).

4. 황토 및 점토광물급여축의 단크론 항체를 이용한 면역세포 탐색

가. 면역(Immunity)의 특성 및 면역계 구성

박 등(1995) 및 김 등(1997)은 생체의 면역기구가 기본적으로는 병원미생물이 포함된 모든 비자기(non-self)인 이물질에 대상으로 하고 있으며 생체의 항상성을 유지하기 위해 작용하고 있는데, 면역 이외의 생리적 기구와 비교하면 몇 가지의 특징이 있다고 하였다. 첫째, 반응의 특이성이다. 일본뇌염의 예방접종에서 유도되는 면역은 일본뇌염에 대해서만 유효할 뿐 기타의 바이러스 감염에는 무효한 것이다. 이와 같이 어떤 이물질에 대해 그 반응을 일으킨 물질과 같거나 유사한 물질일 경우에만 반응하고 작용하는 것을 특이성이라고 한다. 둘째는 면역학적인 기억이다.

예방효과에 의한 면역효과는 대개 평생동안 지속되며, 한번 면역된 개체가 다시 같은 면역학적인 자극을 받으면 처음보다 신속하게 반응을 나타낸다. 셋째는 반응의 다양성이다. 동일한 이물질에 대해서도 생체에 침입하는 양이나 경로 등에 따라 다른 면역이 성립할 수 있다. 즉 면역현상은 다양성이 풍부한 반응계에 의해 이루어진다. 넷째는 자기관용성이다. 면역계가 자기(self)와 비자기(non-self)를 감별하여 자기의 생체조직에 관해서는 면역현상을 일으키지 않는 것을 자기관용성이라고 보고하고 있다(류 등, 1995).

정상적인 면역이 성립되기 위해서는 면역계의 각 구성인자가 모두 정상적으로 작용할 필요가 있다. 양 등(1994)은 면역계의 중심을 이루는 것이 백혈구중 B세포(B-lymphocyte, B-cell)와 T세포(T-lymphocyte, T-cell)로 이루어진 림프구인데, B

세포는 주로 체액성 면역을 담당하고 T세포는 세포성 면역을 담당함과 동시에 면역의 성립과 발현의 조절에 중요한 역할을 한다고 하였다. 또한 다핵형백혈구와 같이 식작용이 우수한 단핵세포인 대식세포는 면역반응을 일으키고 조절하는데 중요한 역할을 한다고 하였다. 아울러 침입한 이물질(항원, antigen)을 처리하여 림프구에 전달하는 보조세포로서의 기능과 interleukin-1을 생산하여 림프구의 증식과 성숙과정을 촉진시키는 기능을 하므로 면역의 성립에 불가결한 것이며, B-cell과 T-cell은 골수의 간세포(stem cell)에서 유래되었다고 하였다.

세포성 면역의 발현에 관여하는 T세포는 크게 2종류로 나누어지는데, 그 하나는 helper T세포와 같은 표면 marker를 가진 CD4+ T세포이며, 또 하나는 CD8+의 Killer T세포이다. 항원특이적인 CD4+세포는 주로 지연형과민증이 성립하는 것과 같이 미생물감염에도 유도된다. 이 형(type)의 T세포가 항원과 반응하면 다양한 생물활성을 나타내는 lymphokine이라 일컫는 물질을 생산한다.

나. 백혈구 표면항원 특이 단클론 항체를 이용한 면역세포의 변화

면역시스템은 질병저항성에 영향을 주는 가장 중요한 요소로서 면역세포의 수나 기능은 생체 전체의 생리적인 또는 병리적인 상태에 의해 영향을 받는다. 따라서 백혈구 아집단 분포율 조사는 숙주의 면역기능의 정도를 이해하는데 있어서 매우 중요하므로 숙주 면역세포를 분리하고 이들 세포의 기능을 조사하는 연구가 많이 수행되어 왔다(Kaufman와 Salmonsens, 1992; Pescovitz 등, 1984; Vanio 와 Imhof, 1995; Lunn, 1993; Davis 등, 1990; Wyatt 등, 1994; Sordillo 등, 1997). 한편, 최근에 개발된 백혈구 표면항원에 특이적인 단클론항체와 레이저를 부착한 형광세포 유출장치(flow cytometry)의 개발은 각종 병원체에 대한 생체내 면역계의 역할과 기능에 대해서 세포수준에서의 연구가 진행되고 있다. 즉, 질병발현, 백신접종 및 공격접종 등에 따른 면역세포의 변화를 확인함으로써 숙주의 건강 및 질병상태 등 정밀한 세포성 면역기전을 확인하여 전신 면역체계를 연구하는데 널리 응용되어지고 있다(Parks 와 Herzenberg, 1989). 박(1992)은 소를 비롯한 양과 염소 등 반추류의 면역체계를 분석한 결과 면역반응의 중추역할을 하는 임파조직이 크게 3종류의 임파구로 구성되어 있음을 확인하였다고 하였다.

그 중에서 가장 중요한 임파구는 CD2, CD5 및 CD6의 표면특이 항원을 가지고 있으며, 이외에 CD4 또는 CD8 중 하나를 더 소유하고 있다고 하였다. T 임파구의

에 B 림프구 및 N 림프구가 있으며, B 림프구는 표면에 면역글로블린 M(sIgM)과 B림프구 특유의 표면항원(CD19, CD20, CD21 등)을 소유함으로써 구별된다고 하였다. 이들의 역할에 대하여 Sordillo 등(1997) 및 박(1992)은 Major histocompatibility complex(MHC) Class I 이 세포독성 T 림프구에서, Class II는 항원전달세포(antigen presenting cell, APC)나 B 림프구, 활성화된 T 림프구에 발현된다고 하였다. B 림프구는 면역글로블린을 생성하여 체액성 면역에 중요한 역할을 하며, CD2는 모든 T 림프구 발현에 관여하며, CD4(helper T세포)는 B림프구와 대식세포의 APC-MHC complex를 인식하여 세포성 면역 반응의 중추적 역할을 함으로써 숙주 면역체계의 역할을 하며, CD8는 cytotoxic T cell로 helper T cell에서 분비되는 IL-2와 MHC class I에 의해 활성화되며, Class I과 결합하여 target cell을 용해시키고 숙주 면역저하와 관련이 있으며, N림프구(NonT/NonB)는 T cell receptor(TCR2)를 소유하고 있는 것으로 보고하였다.

송아지에서 림프구의 분포는 무엇보다도 연령에 따라 상당한 차이를 보이며, 신생 송아지에서 면역계의 대부분 세포가 생후에 존재하나 30일까지는 성우의 수준이 아니며, B림프구도 성우의 20%이며 생후 20일에 성우의 수준에 이르게 된다고 보고하였다(Wyatt 등, 1994). Wyatt 등(1994)이 보고한 신생 송아지의 각 백혈구 백분율은 N cell 15~30%, CD2 51.8~45.7%, CD4 29.8~21.7%, CD8 16~17%, Class I 90~95%, Class II 9~16% 수준 및 G+M 8~16%이며 IgM이 매우 낮았다. Wilson 등(1996)이 신생송아지 10두를 대상으로 생후 4일령제와 30일제 각 세포의 양성율을 조사한 결과 CD2의 경우는 34%와 30%, CD4는 20%와 16%, CD8는 9%와 8% 그리고 N cell은 35%와 25%로 각각 보고하였다. 또한 Menge 등(1999)은 3~9주령의 송아지 10두의 면역세포 양성율에 있어 각각 CD2 $42.8 \pm 5.9\%$, CD4 20.2 ± 4.0 , CD8 20.8 ± 3.8 , N cell $20.2 \pm 7.6\%$, B cell $10.0 \pm 3.9\%$, MHC class II 33.6 ± 5.5 그리고 Monocyte $18.9 \pm 6.8\%$ 로 보고하였다. 위의 성적을 비교해 볼 때 보고자에 따라 약간의 차이는 있었는데, 이것은 송아지 품종, 연령, 개체의 건강상태와 실험방법에 기인한 것으로 보고되고 있다(Menge 등, 1998). 그리하여 선진 외국에서는 각종 동물에 구조적 적합체 및 백혈구 감별항원에 대한 특이 단클론항체를 이용하여 정상동물의 전신 면역체계와 질병의 발병기전에 관한 많은 연구가 진행되었다(Lunn, 1993; Davis 등, 1990; Char 등, 1990).

제3절 참고문헌

1. Abe, F., N. Ishibashi, and S. Shimamura. 1995. Effect of administration of *bifidobacteria* and lactic acid bacteria to new born calves and piglets. J. Dairy Sci. 78:2838.
2. Adams, G. D., L. J. Bush, J. L. Horner, and T. E. Staley. 1985. Two methods for administering colostrum to newborn calves. J. Dairy Sci. 68:773.
3. Anonymous. 1979. Gut ecology and health implications. Dairy Council Digest 50:13.
4. Bechman, T. J., J. V. Chambers, and M. D. Cunningham. 1977. Influence of *Lactobacillus acidophilus* on performance of young dairy calves. J. Dairy Sci. 60(Suppl. 1):74(Abstr.).
5. Beeman, D. 1985. The effect of *Lactobacillus* spp. on convalescing calves. Agri-Practice 6:8.
6. Benjamin, M. M. 1953. Blood cytology of shipping fever in beef cattle. J. Am. Vet. Med. Assoc. 123:209.
7. Benno, Y., K. Endo, N. Shiragami, K. Sayama, and T. Mitsuoka. 1987. Effects of raffinose intake on human fecal microflora. Bifidobacteria Microflora 6:59.
8. Berrier, H. H. 1961. Diagnostic Aids in the Practice of Veterinary Medicine. Alban, St. Louis.
9. Bery, R. M., J. R. Jowsey, and H. I. Macgregor. 1955. Effect of sodium bentonite in the diets of turkey poults. Poultry Sci. 34:1181 (Abstr.).
10. Blakely, R. M., J. R. Jowsey, and H. I. Macgregor. 1955. Effect of sodium benerythrocytes and thermobocytstonite in the diets of turkey poults. Poultry Sci. 34:1181(Abstr.).
11. Briggs, G. M. and M. R. Spivey. 1954. Vitamin A deficiency in chicks produced by feeding bentonite in synthetic diets. Poult. Sci. 33:1044.
12. Bringe, A. N. and L. H. Schulty. 1969. Effects of added bentonite in ruminants. J. Dairy Sci. 52:465.
13. Britton, R. A., D. P. Colling, and T. J. Klopfenstein. 1978. Effect of complexing sodium bentonite with soybean meal or urea in vitro ruminal ammonia release and nitrogen utilization in ruminants. J. Anim. Sci. 46:1738.
14. Brown, G. B., Bolin, S. R., Frank, D. E., and Roth, J. A. 1991. Defective

- function of leukocytes from cattle persistently infected with bovine viral diarrhoea virus, and the influence of recombinant cytokines. *Am. J. Vet. Research.* 52:381.
15. Brown, L. D., D. R. Jacobson, J. P. Everett, Jr., D. M. Seath, and J. W. Rust. 1960. Urea utilization by young dairy calves as affected by chlortetracycline supplementation. *J. Dairy Sci.* 43:1313.
 16. Burton, J. H., A. A. Hosein, I. McMillan, D. G. Grieve, and B. N. Wilkie. 1984. Immunoglobulin absorption in calves ad influenced by dietary protein in takes of their dams. *Can. J. Anim. Sci.* 64(Suppl.):185(Abstr).
 17. Bush, L. J., R. S. Allen, and N. L. Jacobson. 1959. Effect of chlortetracycline on cutrient utilization by dairy calves. *J. Dairy Sci.* 42:671.
 18. Char, D. 1990. A third sublineage of avian T cella can be identified with a T cell-specific antibody. *J Immunol.* 145:3457.
 19. Dalton, R. G., Fisher, E. W., and McIntyre, W. I. M. 1965. Changes in blood chemistry, body weight and haematocrit of calves affected with neonatal diarrhoea. *Brit. Vet. J.* 121:34.
 20. Davis, W. C. and Y. H Park. 1990. Ruminant leukocyte differentiation molecles. In : MHC, differentiation antigens, and cytokines in animals and birds. *Monographs in Animal Immunology.* 1:17-70.
 21. Dembinski, Z., B. Kosicki, S. M. Dembinska, L. Szczecniak, and W. Wieckowski, W. 1985. Influence of home-made bentonite on acid- base balance in dairy cattle in peripartum period. *Medycyna Weterynaryjna (Poland).* 41:311.
 22. Dembinski, Z., W. Wieckowski, and A. Kulinska. 1985. Influence of home-made bentonite on selected health and production parameters in dairy cattle. *Medycyna Weterynaryjna(Poland)* 41:220.
 23. Deregt, D. and Loewen, K. G. 1995. Bovine viral diarrhoea virus: biotypes and disease. *Can. Vet. J.* 36:371.
 24. Edwards, S. A., D. M. Broom, and S. C. Collis. 1982. Factors affecting levels of passive immunity in dairy calves. *Br. Vet. J.* 138: 233.
 25. Edwards, S. J. 1962. Effects of antibodies on the growth rate and intestinal flora (*Escherichia coli*) of calves. *J. Comp. Pathol.* 72:420.
 26. Ellinger, D. K., L. D. Muller, and P. J. Gantz. 1978. Influence of feeding fermented colostrum and *Lactobacillus acidophilus* on fecal flora and selected blood parameters of young dairy calves. *J. Dairy Sci.* 61(Suppl.1):126(Abstr.).

27. Ellis, J. A., J. R. Scott, N. D. Machugh, G. Gettinby, W. C. Davis. 1987. Peripheral blood leukocytes subpopulation dynamics during *Trypanosoma congolense* infection in Boran and N'Dama cattle: an analysis using monoclonal antibodies and flow cytometry. *Am. J. Vet. Res.* 18:530.
28. Erwin, E. S., C. J. Elam, and I. A. Dyer. 1957. The influence of sodium bentonite in vitro and in the ration of steers. *J. Anim. Sci.* 16:858.
29. Fritz, J. C., G. W. Pla, and J. W. Boehne. 1971. Influence of chelating agents on utilization of calcium, iron and manganese by the chick. *Poultry Sci.* 50:1444.
30. Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* 66:365.
31. Gillespie, J. H., K. M. Lee, and J. A. Baker. 1957. Infectious bovine rhinotracheitis. *Am. J. Vet. Res.* 18:530.
32. Greatorex, J. C. 1954. Studies on the haematology of calves from birth to one year of age. *Brit. Vet. J.* 110:120.
33. Guyton, A. C. 1981. *Medical Physiology*. W. B. Saunders Co., Philadelphia, PA.
34. Ha, J. K., R. J. Emerick, and L. B. Embry. 1985. Effect of bentonite and limestone on the growth rate and plasma mineral concentrations of fattening lambs. *Korean J. Anim. Sci.* 27:24.
35. Harms, R. H. and B. L. Damron. 1973. The influence of various dietary fillers on the utilization of energy by poultry. *Poultry Sci.* 52:2034(Abstr.).
36. Heinrichs, A. J., S. J. Wells, and W. C. Losinger. 1995. A study of the use of milk replacers for dairy calves in the United States. *J. Dairy Sci.* 78:2831.
37. Hoerlein, A. B. and Marsh, C. L. 1957. Studies on the epizootiology of shipping fever in calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 131:123.
38. Holman, H. H. 1955. The blood picture of the cow. *Brit. Vet. J.*, 111:440.
39. Honda Sakuro and Mitsue Koizumi. 1976. The use of zeolite mudstone in hog raising at Ikawa-machi, Akita prefecture, Japan. *Proc. & Abstracts, ZEOLITE '76-Inter. Count Occur. Prop. Util Nat. Zeolites, Tucson, Ar., June*(Abstr.).
40. Ivan, M., M. Dayrell, and de S., M. Hidioglou. 1992. Effects of bentonite and monensin on selected elements in the stomach and liver of fauna-free and faunated sheep. *J. Dairy Sci.* 75:201.
41. Jacques, K. A., D. E. Axe., T. R. Harries, and D. L. Harmon. 1986. Effect of sodium bicarbonate and sodium bentonite on digestion, solid and liquid flow, and ruminal fermentation characteristics of forage sorghum silage-based diets

- fed to steers. J. Anim. Sci. 63:923.
42. James, R. E., and C. E. Polan. 1978. Effect of orally administered duodenal fluid on serum proteins in neonatal calves. J. Dairy Sci. 61:1444.
 43. Jasaitis, D. K., J. E. Wohlt, and J. L. Evans. 1987. Influence of feed ion on buffering capacity of ruminant feedstuffs *in vitro*. J. Dairy Sci. 70:1391.
 44. Jorgensen, N. A., M. J. Owens, H. G. Young, and H. H. Voelker. 1968. Adding antibiotics to milk for dairy calves raised in outdoor hutches. So. Dakota Farm and Home Research 19:10.
 45. Kasari, TR. 1999. Metabolic acidosis in calves. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 15:473.
 46. Kaufman, J. J. and B. G. Salmons. 1992. We know what it is, but what does it do? Immunology Today, 13.
 47. Kawaguchi, M., Y. Tashiro, T. Adachi, and Z. Tamura. 1993. Changes in intestinal condition, fecal microflora and composition of rectal gas after administration of fructooligosaccharide and lactulose at different doses. Bifidobacteria Microflora 12:57.
 48. Kirk, Raymond E. 1956. Encyclopedia of Chemical Technology. The International Encyclopedia, INC. New York. 12:295.
 49. Kobayashi, T. and Itabashi, H. 1991. Growth, food intake, blood parameters and development of various organs in early weaned calves. Bulletin of National Institute of Animal Industry(Japan). (No. 51) p. 1-8.
 50. Laughland, D. H. and W. E. J. Phillips. 1954. The effect of sodium bentonite administration on vitamin A metabolism in the rat. Canad. J. Biochem. Physiol. 32:593.
 51. Laughland, D. H. and W. E. J. Phillips. 1956. The effect of dietary sodium bentonite on the rate of growth of chicks. Poultry Sci. 35: 1050.
 52. Lunn, D. P. 1993. A comparative review of human and equine leucocyte differentiation antigens. Br. Vet. J. 149:31.
 53. Martin, L. C., A. J. Clifford, and A. D. Tillman. 1969. Studies on sodium bentonite in ruminant diets containing urea. J. Anim. Sci. 41: 396.
 54. Matterson, L. D., A. H. Spandorf and J. J. Tlustohowicz. 1972. The apparent nutritional value of kaolins. Poultry Sci. 51:1833(Abstr.).
 55. Menge, C. M., Neufeld B. and Hirt W. 1998. Compensation of preliminary blood phagocyte immaturity in the in the newborn calf. Vet. Immunol. Immunopatho l, 62:309.

56. Morrill, J. L., A. D. Dayton, and R. Mickelsen. 1977. Cultured milk and antibiotics for young calves. *J. Dairy Sci.* 60:1105.
57. Owen, F. G., and L. L. Larsen. 1984. Effect of probiocin and starter preparations on calf performance. *J. Dairy Sci.* 61(Suppl. 1):139 (Abstr.).
58. Parks, D. R. and L. A. Herzenberg. 1989. Flowcytometry and fluorescence-activated cell sorting. *Fundamental Immunol* 2nd eds. Raven Press Ltd. New York. 29:781.
59. Pescovitz, M. D. and J. K. Lunney, and D. H. Saches. 1984. Preparation and characterization of monoclonal antibodies reactive with porcine PBL. *Immunol*, 133:368-375.
60. Quigley, J. D., III. 1996^b. Intake, growth, and health of dairy calves in response to mannanoligosaccharide and oral challenge with *Escherichia coli*. *J. Dairy Sci.* 79(Suppl. 1):230.(Abstr.).
61. Qusterhout, L. E. 1967. The effect of kaolin on the feed efficiency of chickens. *Poultry Sci.* 46:1303(Abstr.).
62. Radisson, J. J., E. E. Bartley, T. H. Lord, and M. J. Swerson. 1956. The mode of action of antibiotics in the nutrition of the dairy calf. II. Effect of aureomycin administered orally to young dairy calves on the sensitivity of intestinal bacteria to phagocytosis. *J. Dairy Sci.* 39:1386.
63. Rajcevic, M. and Gorisek, Z. 1988. The 6th World Conference on Animal Production. Helsinki(Finland). (No. 52) p. 179-187.
64. Rindsig, R. B., L. H. Schulty and G. E. Shook. 1969. Effects of added bentonite in ruminants. *J. Dairy Sci.* 52:1770.
65. Rosner, S. F. 1968. Infectious bovine rhinotracheitis : Clinical review, immunity, and control. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 153:1631.
66. Rusoff, L. L., A. H. Cummings, E. J. Stone, and J. E. Johnston. 1959. Effect of high-level administration of chlortetracycline at birth on the health and growth of young dairy calves. *J. Dairy Sci.* 42:856.
67. Schalm, O. W., J. Lasmanis, and E. J. Carroll. 1965. The use of a synthetic corticoid on experimental coliform(*Aerobacter aerogenes*) mastitis in cattle : The response of leukocytes and the effect of hormone-induced neutrophilia. *Am. J. Vet. Res.* 26:851.
68. Schulty, L. H. 1971. Effects of added bentonite in ruminants. *Anim. Nutr. and Health*, August.
69. Schwab, C. G., J. J. Moore, III, P. M. Hoyt, and J. L. Prentice. 1980.

- Performance and fecal flora of calves fed a nonviable *Lactobacillus bulgaricus* fermentation product. J. Dairy Sci. 63:1412.
70. Seymour, W. M., J. E. Nocek, and J. Siciliano-jones. 1995. Effects of a colostrum substitute and of dietary brewer's yeast on the health and performance of dairy calves. J. Dairy Sci. 78:412.
 71. Sibbald, I. R., S. J. Slinger and G. C. Ashton. 1961. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds. 3. The influence of kaolin and alphacel when used as ration diluents. Poultry Sci. 40: 454.
 72. Sordillo L. M., K. S. Weaver, and D. Derosa. 1997. Immunobiology of the mammary gland. J. Dairy Sci. 80:1851-1865.
 73. Spandorf, A. H. 1973. Effect of kaolin levels and nutrient restriction on chick growth response. Poultry Sci. 52:2087(Abstr.).
 74. Theilen, G. H., O. W. Schalm, O. C. Straub, and J. P. Hughes. 1959. Bovine hematology. I. Leukocyte response to acute bovine mastitis. J. Am. Vet. Med. Assoc. 135:481.
 75. Thomas, J. W., R. E. McDowell, and H. W. McMullan. 1959. Effects of feeding aureomycin to dairy calves. J. Dairy Sci. 42:658.
 76. Tomkins, T., and E. H. Jaster. 1991. Preruminant calf nutrition. Vet Clin North Am. Food Anim. Pract. 7:557.
 77. Van Kruiningen, H. J. and Bartholomew, R. C. 1964. Infectious bovine rhinotracheitis diagnosed by lesions in a calf. J. Am. Vet. Med. Assoc. 244:100B
 78. Vanio, O. and B. A. Imhof. 1995. The immunology and developmental biology of the chicken. Immunology Today. 16:365.
 79. Watanabe, S., Y. Yanaka and A. Juroda. 1971. Report on the experimental use of zeolite-tuff as dietary supplement for cattle. Rep. Okayama Prefecture Feeder. Agr. Coop. Ass. Apr. p. 18.
 80. White, J. L. and A. J. Ohlrogge. 1971. Ion exchange materials to increase consumption of nonprotein nitrogen in ruminants. Can. Patent 939 Jan. 2. p.30
 81. Wilson, R. A., A. Zolnai and P. Rudas. 1996. T-cell subsets in blood and lymphoid tissues obtained from fetal calves, maturing calves, and adult bovine Vet. Immunol. 53:49.
 82. Wyatt, C. R., C. Madruge, C. Cluff, and S. Parish. 1994. Differential distribution of $\gamma \delta$ T-cell receptor lymphocyte subpopulations in blood and spleen of young and adult cattle. Vet Immunopathol. 40:187.

83. 近勝 淵, 勝城清司, 鈴木文夫, 多賀貞二, 林長英男, 和賀井文作, 近勝登之助. 1969.
ゼオライト 添加飼料が 子牛におよぼす 影響. 畜産の研究. 23:987.
84. 中野恭治. 1999. 注意したい肉用牛; 子牛に多い下痢症の種々相とその対策. 肉牛
ジャーナル. p. 16.
85. home.tinc.co.kr/~hwangto/article/useillite.htm.
86. shellfish.cheju.ac.kr/sealife/class9.html.
87. 강정부. 1986. 혈액. 대한수의사회지. 22(4). p. 217.
88. 김각균, 김상준, 김성권. 1997. 면역학. 서울대학교출판부. p. 9.
89. 김명국. 1999. Holstein송아지의 새로운 사양체계 확립을 위한 연구. 서울대 석사
학위논문. p. 49.
90. 김정기, 장국현, 김태종, 윤화중. 1989. 강원도지역 한우의 혈액상에 관한 연구.
대한수의사회지. 25(2). p. 102.
91. 나기환, 최우정, 전영렬. 1996. 부유황토에 의한 적조방제 연구. 한국양식 학회
지. 9:239-245.
92. 농촌진흥청. 1999. 축산기술연구소연구보고서. p. 101.
93. 대한광업진흥공사. 1988. 한국의 광상. 제11호. 비금속편.
94. 류도옥. 1997. 황토의 신비. 행림출판사.
95. 박봉균. 1996. 송아지의 바이러스성 설사. 대한수의학회지. 20(3): 147.
96. 박용호. 1992. 백혈구 표면항원 특이 단크론성 항체를 이용한 젖소 면역항체 연
구. 동물면역연구소보 1:33.
97. 백종희. 1999. 점토광물의 사료화 및 용도별 경제성 평가. 한국축산경영 학회지.
15(2):392.
98. 손용석, 김수홍, 홍성호, 이성호. 1998. Bentonite와 맥반석의 급여가 반추위내 완
충능력과 발효양상에 미치는 영향. 한국낙농학회지. 21:21.
99. 송동영, 한구석, 이남배, 김동중, 주재섭. 1999. 한우 거세우 황토급여가 발육 및
육질에 미치는 영향. 대산농촌. p. 15.
100. 양창근, 김순재, 문진산, 정석찬, 박용호. 1994. 돼지에서 plasma protein에 의한
세포성 면역 증진효과에 관한 연구 1. 혈액내 백혈구 아군 및 세포별 분포율.
대한수의과학지. 34(2):287.
101. 엄명호, 정필균, 엄기태, 임형식. 1993. 회색정암에서 유래된 토양점토 광물의
특성. 한국토양비료학회지. 26:1.
102. 유일진, 이원주, 전수진, 허명행. 1995. 최신미생물학. 정문사. p. 119.
103. 전병준. 1992. 송아지설사. 바이엘사보 수의과학편. p. 38.
104. 조성식, 윤화중, 이원창, 김태종. 1988. 도축우의 혈액화학치에 관한 연구. 대한
수의사회지. 24(10):632.

105. 한인규. 1976. 사료자원 핸드북. 한국사료협회. p. 420.
106. 한홍표. 1999. 수의임상병리. 기전연구사. p. 10.
107. 황인갑. 1993. 송아지설사증. 바이엘사보 대가축편. p. 32.
108. 황진연. 1997^a. 점토란 무엇인가. 광물과 산업. 10(1):11.
109. 황진연. 1997^b. 맥반석과 황토의 특성과 활용. 한국광물학회 창립 10주년 기념 산업광물 심포지엄. p. 89.

제 2장 황토의 특성 및 물리화학적 성질에 관한 연구

제 1절 서설

우리 나라에서 황색 내지 적갈색 풍화토인 소위 황토는 황토방, 황토침대, 찜질방 등 우리 생활환경의 다방면에서 요즘 유행처럼 널리 이용되고 있다. 그리고 발생된 적조의 퇴치에도 황토가 이미 사용되고 있다. 이러한 용도들은 대부분 구진이나 경험을 바탕으로 한 것으로 과학적인 근거에 대한 설명이 잘 알려지지 않고 있다. 우리 나라에서 일반적으로 통용되는 황토의 의미는 붉거나 누르스름한 풍화토를 뜻한다. 학술적인 용어로 사용되는 “바람에 의해 운반되어 퇴적된 담황색 내지 황회색을 띠는 실트질 퇴적물” 즉 풍성퇴적물인 黄土(Loess)의 용어와는 글자가 같아서 혼동하는 경우가 많다.

최근 우리나라에서 여러 용도로 이용되는 황토는 가까운 산에서 쉽게 볼 수 있는 황색 내지 적갈색의 풍화토를 의미한다. 즉 우리나라의 황토는 암석이 화학적 풍화작용을 받아 변질되어 토양화된 풍화잔류토(풍화토)를 말한다(황, 1997; 2000a; 2000b; 황 등, 1999; 2000). 따라서 우리나라에서 사용되는 황토의 영문명은 Reddish residual soil 혹은 Reddish clay 혹은 고유명사로 Hwangto라고 기술하는 것이 타당하다.

여기서 모든 황토의 용어는 풍화잔류토의 의미로 기술한다. 이와 같이 황토는 토양의 일종이다. 황토를 포함하는 토양에 관련된 연구들로는 농학적 측면에서 주로 연구가 이루어지고 있다. 그리고 최근에는 환경학적 측면에서 토양 오염에 대한 연구가 많이 진행되고 있다(박 등, 1997; 정 등, 1997; 이 등, 1998; 김 등, 1995; 김 등, 1996; 전과 안 1996). 그리고 일반적인 토양의 생성과정과 구성광물에 대한 몇몇 연구도 이루어진 바 있다(엄 등, 1991; 1992a; 1992b; 1993; 황과 장, 1994). 또한 몇몇 암석의 풍화작용에 의한 토양화 과정의 주화학적성분의 이동에 대한 연구(남과 조, 1993)도 있다.

그러나 토양의 구성광물과 화학성분을 종합적으로 검토한 연구는 잘 눈에 띄지 않는다. 특히 황토를 주 대상으로 한 구성광물 및 화학성분에 대한 연구는 자세히 이루어진 바는 없는 것 같다. 최근에 황토의 중금속의 흡착에 관한 연구(정 등, 1999a; 1999b) 등이 나오기 시작하지만, 그러나 황토의 이용도에 비하여 황토 자체의 특성에 대한 연구가 부족한 실정이다. 실제로 황토를 사용하는 방법을 보면 자연상태의 황토를 아무런 정제과정 없이 그대로 사용하든지, 황토자체를 그냥 분쇄하여 미분화시

켜 사용하고 있다. 이러한 사용은 황토가 가지고 있는 유익한 특성을 증대시키지 못하게 된다.

황토는 암석의 풍화산물이므로 본래 암석의 종류와 풍화정도 등에 따라 색, 성분, 물리화학적 성질 등이 다양하게 나타날 수 있다. 따라서 우리나라의 대표적인 모암에서 산출되는 황토를 대상으로 그 산출상태를 포함하여, 광물성분과 화학성분을 조사하였다. 이를 통하여 모암에 따른 구성광물과 화학성분의 특성을 규명하고, 그리고 황토의 형성과정에 따른 구성광물과 화학성분의 변화를 검토하고자 한다. 그리고 본 연구에서는 황토의 유효한 특성을 증대시킬 수 있는 정제방법인 입도 분리의 효과적인 방법을 제시하고, 현탁액에서의 분산특성을 밝히며, 입도별로 분리된 시료에 대하여 구성광물 및 화학적 특성을 밝히고자 한다. 이러한 황토의 물리 화학적 특성에 관한 연구를 통해 황토에 대한 기초적인 학술자료를 제공함과 동시에 황토의 효과적인 정제방법을 모색하고, 황토를 보다 효과적으로 활용하는데 유효한 자료를 제공하고자 한다.

제 2절 재료 및 방법

1. 우리나라 황토의 산상, 구성광물 및 화학성분

본 연구에서는 이들 적갈색 토양이 분포하는 지역을 기원된 모암에 따라 백악기 화강암 지역, 쥐라기 화강암 지역, 백악기 퇴적암 지역, 변성암 지역, 석회암 지역, 화산암류 지역 등으로 구분하여 각각의 대표적인 토양단면에서 시료를 채취하였다(표 2-1). 모암이 그 위치에서 그대로 풍화되어 잔류된 풍화잔적토이면서, 이동되고 퇴적된 양상이 없는 곳을 선택하였다. 본 연구에서는 일반적으로 황토로 간주될 수 있는 적갈색 내지 황갈색의 풍화토를 대상으로 하였다. 유기물을 포함하는 표토층은 제외하고, 주로 적갈색을 띠며 B층에 해당되는 풍화토와 그 하부의 담황 내지 황갈색의 풍화토, 그리고 모암을 포함한 각 지점별 3종류의 시료를 채취하여 분석하였다.

채취된 풍화토 시료들은 습한 상태에서 토양표준색도(小山과 竹原, 1999)를 이용하여 색상을 결정하였고, 그리고 실내에서 건조시킨 후 아게이트 막자를 이용해 분쇄한 분말을 X-선분말회절 분석과 화학분석에 사용하였다. X-선분말회절 분석을 이용하여 구성광물을 식별하고 그 함량을 측정하였다. 그리고 점토광물을 조사하기 위해 시료를 분쇄시킨 후 수중침강법에 의하여 $2\mu\text{m}$ 이하의 점토입도로 분리하여 정방위 시편을 만들어 X-선회절분석을 실시하였다. X-선회절분석은 Rigaku사제 Geigerflex 2301을 사용하였으며, $\text{CuK}\alpha$ 선과 Ni-filter를 이용하였다. 측정조건은 전압 30 kV, 전류 15 mA, Scan speed $2^\circ 2\theta/\text{min}$, 시정수 1 sec, slit $1^\circ - 0.3\text{mm} - 1^\circ$ 로 하였다. 점토광물의 정확한 식별을 위하여 약품처리와 가열처리 등을 행하였다. 그리고, 구성광물의 정량은 산화아연의 분말을 내부 표준물질로 이용한 방법(Chung, 1974)으로 측정하였다. 내부 표준물질에 대한 각 광물의 대표적인 2-3개의 회절선에 대해 강도비를 측정하여 정량하고 이들을 평균하였으며, 또 같은 시료에 대해 같은 방법으로 2회 반복하여 정량하였다. 그리고, 점토광물의 정량은 정방위 시편에 대한 X-선회절분석을 행한 후, NEWMOD 프로그램(Reynold and Reynold, 1996)을 이용하여 회절선을 시뮬레이션하여, 상대적 함량을 측정하였다.

pH 측정방법은 환경처에 의한 수질환경 공정시험방법(동화기술편집부, 1993)에 제시된 방법을 따랐다. 즉 분말시료 5g을 비이커에 담고 증류수 25ml을 부어 일정 시간 혼합하여 1시간 방치 후 pH미터(ORION사의 model 420A)로 측정하였다. 풍화토의 교환성양이온의 함량은 NH_4OAc 을 사용한 간이법(농업기술연구소, 1988)에 따라 분석하였다. 여액 중 양이온의 함량 측정은 Shimazu사제 원자흡광분광 분석기(AA-670)을 이용하였다.

풍화토 및 모암의 주성분의 화학분석은 기초과학지원 연구소 부산분소의 X-선형광 분석기(XRF)에 의하여 실시하였다. 그리고 미량원소와 희토류원소의 분석은 기초과학 지원연구소 서울분소의 유도결합플라즈마분석기(ICP)를 이용하였다. 투과전자현미경(TEM)은 JEOL사제 1200EX II를 사용하여 80kv의 가속 전압으로 관찰하였다. 입도 분석은 체분석과 비중법으로 행하였고, 미립 입자의 입도에 대해서는 Micromeritics사의 자동입도분석기(SEDIGRAPH 5100 모델)를 이용하여 검토하였다.

2. 황토의 입도분리와 입도별 물리화학적 특성

본 연구에는 전북 익산지역에 넓게 분포하는 중생대 주라기 화강암을 모암으로 하는 풍화잔류토인 적갈색의 황토를 사용하였다. 이 곳에는 적갈색의 황토층이 두껍고 넓게 비교적 잘 발달되어 있다. 전북 익산시 함라면 신대리에 위치하는 한우축산농장에서 한우사료용으로 실제로 사용하고 있는 황토를 채취하여 이를 대상으로 각종 실험을 행하였다.

채취한 황토 시료는 실내에서 풍건 시킨 후 표준체를 이용하여 자갈 및 모래를 분리하고 그 입도비를 측정하였다. 그리고 황토시료를 탄산나트륨용액에 분산시킨 후에 수중침강법에 의하여 2 μm 이하의 점토분을 분리하였다. 특히 원심분리로 분리되지 않는 0.2 μm 이하 미립분의 분리는 응집제인 NaCl로 응집 및 침강시킨 후 membrane tube (molecularporous membrane No. 132680)에 넣고 염분을 제거하여 분리하였다. 이렇게 입도 분리된 시료는 Agate mortar에서 분쇄하여 부정방위 시편과 정방위 시편을 만들어 X-선 회절분석을 행하여 구성광물을 식별하였다. X-선 회절분석은 Rigaku사제 Geigerflex 2301을 사용하여 $\text{CuK}\alpha$ 선으로 Ni-filter를 사용하였다.

수용액 내에서 황토의 현탁성을 향상시키고 미립분의 효과적인 분리를 위하여 탄산나트륨(Na_2CO_3)과 인산나트륨($(\text{NaPO}_3)_6$)을 분산제로 채택하여 사용하였다. 그리고 SCINCO사제 UV S-2100 UV-Spectrophotometer를 이용해서 410 nm에서 분산제의 농도에 따른 UV흡광도(%)를 측정하여 현탁성을 검토하였다.

입도 분리된 황토시료에 대해서 화학분석(XRF, ICP/MS), 적외선분광분석(IR), 시차주사열용량분석(DSC)을 통하여 광물성분 및 화학성분을 자세히 검토하였다. 그리고 양이온치환용량(CEC)을 측정하였고 Micromeritics사제 AccuPyc 1330 Pycnometer를 사용하여 밀도를 측정하였다. 또한 「Standard Soil Color Charts」(小山과 竹原, 1999)를 사용하여 Hue (색상), Value (명도) / Chroma (채도)를 결정하였다.

주성분원소의 화학분석은 기초과학지원연구소 부산분소 소재, Philips사제 model Philips PW 2400 X-선 형광분석(XRF)에 의하여 실시하였고, 미량성분원소와 희토류 원소의 화학분석은 기초과학지원연구소 부산분소 소재, PERKIN ELMER사제 model ELAN 6100 유도쌍플라즈마 질량분석(ICP/MS)을 사용하였다.

적외선분광분석(IR)은 기초과학지원연구소 부산분소 소재, Bruker사제 model Bruker IFS 66 FT-IR을 사용하여 KBr 정제법으로 측정하였다. 측정조건은 scan 16, resolution 4 cm^{-1} 이며, 측정범위는 원적외선을 포함하여 $4000\sim 200\text{ cm}^{-1}$ 이다.

시차주사열용량분석(DSC)은 한국해양대학교 금속공학과 소재, MAC SCIENCE사제 model DSC-3300을 사용하였다. 시료는 각각 25 mg씩 사용하였고, 승온 속도는 분당 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 상승시켜 상온에서 $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 까지 측정하였다.

양이온치환용량(CEC)과 교환성양이온의 함량은 NH_4OAc 을 사용한 간이법(농업기술 연구소, 1988)에 따라 분석하였다. 입도 분리된 시료 1 g을 1 N NH_4OAc ($\text{pH}=7$)용액 10 ml에 혼합해서 30분간 진탕하고 각 시료의 pH를 소수점 둘째 자리까지 정확히 측정하였다. 그 후 원심분리를 하여 다시 거름 종이(Whatman No. 42)를 사용하여 거른 후 그 여액을 기초과학지원연구소 부산분소 소재, Thermo Jarrell Ash사제 model IRIS 유도쌍플라즈마 원자방출분광분석(ICP/AES)을 이용하여 측정하였다.

산, 알칼리에 의한 용출 실험은 입도 분리된 시료 0.2 g에 50 ml의 0.1 N HCl, 0.1 N NaOH를 각각 넣은 후 항온 진탕기를 이용하여 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 를 유지하면서 1시간 흔들어서 반응시켰다. 반응시킨 용액은 원심분리를 하고 다시 거름 종이 No. 42를 사용하여 거른 후 그 여액을 유도쌍플라즈마 원자방출분광분석(ICP/AES)을 이용하여 측정하였다.

금속이온의 흡착 실험은 $\text{pH}=2$ 에서는 원자흡광용 표준용액 Pb, Cu, Zn, Cd, Ba, Cr, Mn, Fe의 8가지 중금속 용액(1000ppm)을 탈이온화된 증류수에 10 ppm으로 희석시켜 사용하였다. $\text{pH}=4, 6$ 에서는 응집을 일으키는 Cr, Mn, Fe를 제외한 원자흡광용 표준용액 Pb, Cu, Zn, Cd, Ba의 5가지 용액을 사용하였다. 중금속용액의 pH 조절은 0.1 N HCl과 0.1 N NaOH를 사용하였다. 입도 분리된 황토시료 0.2 g에 pH가 조절된 50 ml의 중금속용액을 넣은 후 산, 알칼리에 의한 용출 실험과 같은 방법으로 반응시켜 각 이온의 함유량을 측정하였다.

입도 분리된 황토시료 중에서 coarse clay에 대해 시료양에 따른 금속이온의 등온 흡착 특성을 파악하였다. 이 실험은 10 ppm으로 희석시킨 원자흡광용 표준용액 Pb, Cu, Zn, Cd, Ba의 5가지 용액을 $\text{pH}=4$ 로 조절하여 사용하였다. Coarse clay의 양을 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0 g으로 변화시켜 $\text{pH}=4$ 의 중금속 용액 50 ml와 섞어 산, 알칼리에 의한 용출 실험과 같은 방법으로 각 이온의 함유량을 측정하였다.

제 3절 결과 및 고찰

1. 우리나라 황토의 산상, 광물성분 및 화학성분

가. 황토의 산상 및 분포

황토는 우리 나라 거의 전역에서 쉽게 발견할 수 있는 것으로 우리의 기후 조건하에서 암석이 풍화된 잔류토양으로 토양단면의 B층 토양에 주로 해당된다. 모암의 종류와 장소에 따라 산출상태가 다르지만 일반적으로 지표면에서 유기물을 다량 함유한 것일수록 검은 색을 띠고, 풍화작용이 덜 진행된 약간 깊은 부분에서는 황색에 가까운 색을 띠는 경향이 있다. 황토의 일반적인 토양단면은 유기물을 포함하는 암색의 표토층을 제외하고는 상부에 적갈색을 띠는 부분과 그 아래에 담황색 및 황갈색을 띠는 부분이 나타나고 그 아래에 풍화암 및 경질 모암의 순서로 나타난다. 상부 적갈색 풍화토의 색상은 시료에 따라 다소 차이가 있지만 대체적으로 reddish brown에 해당되는 2.5YR 4/8, 5YR 4/6의 색상이 많고, 일부 brown에 해당되는 7.5YR 4/6 도 포함된다(표 2-1). 이들은 하부의 풍화토보다는 약간 붉고 짙은 색상을 보인다. 하부 풍화토는 yellowish brown에 해당되는 10YR 6/4와 orange의 7.5YR 6/8 등이 주로 나타난다. 따라서 이하의 설명에는 상부층을 적갈색토, 하부층을 황갈색토로 통일하여 기술한다.

이러한 적황색 토양 소위 황토는 비교적 전국적으로 분포하지만, 고지대 및 급경사 지역, 하천 등에는 잘 나타나지 않는 경향을 보인다. 지역적으로는 경기, 충남, 전북, 전남의 서해안 지역에서 황토의 두께 및 분포 면적이 크게 나타나며, 반면에 강원 및 경북의 동해안 지역에서는 황토의 발달이 비교적 빈약하게 나타난다. 이러한 결과는 우리 나라 지체구조와 연관되는 것으로 동해안 지역은 상대적으로 용기에 의해 침식 속도가 풍화속도보다 빠르며, 반면에 서해안 지역은 풍화작용의 지속기간이 길었기 때문으로 생각된다. 지질에 따른 황토의 산출상태는 화강암, 편마암, 석회암 지역에서 대체적으로 잘 발달하고, 반면에 퇴적암층, 산성 화산암 지역에서는 미약하게 나타났다. 이것은 암석의 성질에 따른 화학적 풍화작용의 저항성에 관계하는 것으로 보인다.

표 2-1. 연구에 사용된 황토의 색, 모암 및 채취장소

시료 번호	색	모암	위치
JGA-1	Reddish brown (2.5YR 4/8)		Nam-Myeon, Yeongi-Gun,
JGA-2	Yellowish brown (10 YR 6/4)		Chungcheongnam-Do
JGB-1	Reddish brown (5YR 4/6)		Geumgu-Myeon, Gimje-
JGB-2	Yellowish brown (7.5YR 5/8)		Gun, Jeonlabuk-Do
JGC-1	Reddish brown (2.5YR 4/8)	Jurassic granite	Bongsan-Myeon,
JGC-2	Orange (5YR 6/8)		Damyang- Gun, Jeonlanam-Do
JGD-1	Bright brown (7.5YR 5/8)		Jucheon-Myeon,
JGD-2	Orange (7.5YR 6/8)		Namweon- Gun, Jeonlanam-Do
CGE-1	Brown (7.5YR 4/6)	Cretaceous granite	Dongmyeon-Myeon, Chilgok
CGE-2	Yellowish brown (10YR 5/6)		-Gun, Gyeongsangbuk-Do
CGF-1	Brown (7.5YR 4/6)		Samnam-Myeon, Ulju-Gun,
CGF-2	Bright brown (7.5YR 5/8)		Gyeongsangnam-Do
MA-1	Reddish brown (2.5YR 4/8)		Jeongan-Myeon, Gongju-
MA-2	Yellowish brown (10YR 6/4)		Gun, Chungcheongnam-Do
MB-1	Reddish brown (2.5YR 3/6)	Precambrian gneiss & schist	Simweon-Myeon, Gochang-
MB-2	Orange (2.5YR 6/8)		Gun, Jeonlabuk-Do
MC-1	Reddish brown (2.5YR 4/8)		Hadong-yeub, Hadong-Gun,
MC-2	Yellowish brown (10YR 5/4)		Gyeongsangnam-Do
MD-1	Reddish brown (2.5YR 4/8)		Namjong-Myeon, Gwangju-
MD-2	Yellowish brown (10YR 7/6)		Gun, Gyeonggi-Do
SA-1	Brown (7.5YR 4/6)		Gunwi-yeub, Gunwi-Gun,
SA-2	Yellowish brown (10YR 6/6)		Gyeongsangbuk-Do
SB-1	Reddish brown (5YR 3/6)	Cretaceous sedimentary rock	Gunbuk-Myeon, Haman-Gun,
SB-2	Bright brown (7.5YR 5/6)		Gyeongsangnam-Do
SC-1	Reddish brown (5YR 3/6)		Nadong-Myeon, Jinju-Si,
SC-2	Bright brown (7.5YR 5/4)		Gyeongsangnam-Do
VA-1	Brown (7.5YR 4/6)	Cretaceous volcanic rock	Gwanchon-Myeon, Ymsil-
VA-2	Orange (7.5YR 6/8)		Gun, Jeonlabuk-Do
VB-1	Bright brown (7.5YR 5/8)		Simweon-Myeon, Gochang-
VB-2	Orange (7.5YR 6/8)		Gun, Jeonlabuk-Do
LA-1	Reddish brown (2.5YR 4/8)	Paleozoic limestone	Maepo-yeub,
LA-2	Yellowish brown (7.5YR 5/8)		Danyang-Gun,
LB-1	Reddish brown (2.5YR 3/6)		Chuncheongbuk-Do
LB-2	Yellowish brown (7.5YR 5/8)		Yeongchun-Myeon,
			Danyang-Gun,
			Chungcheongbuk-Do

나. 구성광물의 식별 및 정량

모든 시료에 대해 X-선회절분석을 행하여 구성광물을 식별하였다. 그 결과 모든 시료에서 석영과 장석이 포함되었으며, 그 외에는 카오린광물, 일라이트, 14Å과 12Å의 회절선을 보이는 점토광물과, 각섬석, 침철석, 깁사이트 등의 광물이 나타난다(표 2-2). 시료에 따라 구성광물의 조합과 함량이 차이를 보이고 있다. 각섬석 및 깁사이트는 극히 일부 시료에서만 소량 포함된다. 침철석도 매우 소량으로만 포함되어 있으므로 전체적으로 볼 때 석영과 장석을 제외하면 나머지는 대부분 점토광물인 것을 알 수 있다. 표 3에 나타난 것과 같이 석영과 장석에 대해 정량분석한 결과, 전체 시료에서 석영은 3-45%으로, 장석은 2-40% 으로 매우 폭넓은 범위를 나타낸다.

이들의 함량은 모암의 종류에 따라 많은 차이를 보이고 있다. 예를들어 석영의 함량은 화강암과 퇴적암 지역에서 다소 많이 나타나며, 반면에 석회암과 염기성 화산암 지역에서는 매우 적게 나타난다. 장석은 화산암의 일부 시료를 제외하면 대체로 20% 이내의 낮은 함량을 나타낸다. 장석은 대체로 상부 적갈색층에서는 적은 반면에 그 아래의 황갈색 층의 시료에서 상대적으로 많이 함유된다. 이는 장석이 풍화작용에 의해 그 함량이 감소되는 것을 잘 나타내는 것이다. 장석은 카리장석이 많으며 사장석도 수반한다. 황토에는 비정질 물질도 소량 포함될 것으로 추정되지만, 이러한 비정질 물질은 점토입경의 범위에 들어갈 정도의 매우 작은 입자일 것이며, 그의 상당 부분이 점토광물의 생성 초기단계에 해당되는 물질인 것으로 일반적으로 생각될 수 있다.

따라서 석영과 장석 이외의 다른 광물들은 매우 소량으로 포함되기 때문에 석영과 장석을 제외한 함량의 대부분은 점토광물의 함량으로 보아도 좋을 것으로 생각된다. 이 자료에서 석영과 장석을 제외한 함량은 41-93%의 범위를 나타낸다. 극단적인 시료를 제외하고 기타 오차를 감안해 보면 점토광물의 함량은 약 40-80%의 범위로 매우 높은 것을 잘 알 수 있다.

점토분리를 분리한 시료에 대해 각종 처리를 통한 X-선회절분석에 의하여 점토광물의 식별을 행하였다. 그 결과 점토광물로는 카오린광물, 일라이트, 14Å의 회절선을 나타내는 광물과 드물게 12Å의 회절선을 나타내는 광물이 주로 포함된다. Fig. 1에는 적갈색 풍화토의 한 시료에 대해 각종 처리한 X-선회절선을 대표적으로 나타냈다. 14Å 회절선은 에칠렌글리콜 처리에서 거의 변화가 없으며, 1N MgCl₂로 Mg 포화 처리를 한 후에도 회절선이 거의 변하지 않았으며, Mg 포화 후 글리세롤 처리에서도 층간격의 변화가 없었다. 또한 1N KCl을 사용하여 K로 포화한 후(25°C)의 X-선회절선은 본래와 거의 변함이 없었으나, 300°C, 550°C로 1시간씩 가열할수록 조금씩 수축

하여 10Å에 가까운 회절선을 나타냈다. 이러한 결과로 보아 이 광물은 층간에 Al과 수산기를 가지는 수산화층간 버미큘라이트 (HIV, hydroxy interlayered vermiculite)에 해당되는 것으로 보인다(Douglas, 1977). 이 광물을 녹니석-버미큘라이트 중간체광물 혹은 Al-버미큘라이트라고 부르기도 한다(岩生周一 등, 1985). 그리고 500°C 가열시에 14Å의 매우 작은 회절선이 남아 있는데 이것은 녹니석으로 판단된다. 이와 같이 일부 시료에서 녹니석이 소량 검출되기도 한다.

12Å의 회절선을 나타내는 광물의 12Å 회절선은 Mg 포화 후와, Mg 포화 후 글리세롤(Glycerol)을 처리한 후에도 아무 변화를 보이지 않았다. 가열처리에서 저면간격의 수축을 보이며, 550°C 가열처리에서 10Å의 회절선을 나타내었다. 그리고 무처리에서 12.2Å의 회절선과 함께 약 25Å 부근의 장주기 반사를 약하게 나타내었다. 이것으로 보아 이 광물은 운모/버미큘라이트 혼합층 광물로 생각된다. 이 시료는 일부 시료에서 소량으로 나타난다. 10Å의 회절선은 여러 처리에서 d값 및 강도에 거의 변화가 없어 일라이트에 해당되는 것으로 생각된다.

7Å의 회절선을 나타내는 카오린 광물은 거의 모든 시료에 상당량 포함되어 있다. Churchman et al. (1984)에 의해 제안된 것으로 카오린 광물 중 할로이사이트(halloysite)와 카오리나이트(kaolinite)를 구별하는 방법인 폼마이드(formamide) 처리실험을 행하였다. 그 결과, 모든 시료에 있어서 폼마이드 처리 한 후 1시간 이내에 7Å의 회절선의 일부가 10Å으로 이동되는 것이 나타났다. 따라서 이들 시료의 7Å 카오린 광물은 할로이사이트와 카오리나이트가 함께 구성되어 있는 것으로 보인다. 처리 후의 회절선의 강도변화로부터 할로이사이트와 카오리나이트의 구성비율을 대략적으로 추정해 본 결과, 상부층에 나오는 적갈색 황토의 시료에서는 카오리나이트가 아주 우세하고 할로이사이트는 매우 적은 함량을 나타냈다. 반면에 하부의 황갈색 시료에서는 할로이사이트가 비교적 많이 포함되어 있는 것이 나타났다. 황토시료의 점토분에 대한 투과전자현미경의 관찰 결과, 거의 모든 시료에서 긴 튜브 형태의 할로이사이트 결정이 잘 관찰되었다(그림 2-1). 여기서도 하부에 나오는 황갈색의 황토 시료에서 할로이사이트의 분포비율이 적갈색 황토에 비해 상대적으로 많이 나타난다. 카오리나이트도 외형이 불규칙하고 크기가 작은 판상체로 나타났다. 카오린광물의 함량이 높은 시료에 대해 폼마이드 처리를 행하여 카오리나이트와 할로이사이트의 상대적 함량을 검토하였으며, TEM을 이용하여 그 결과를 확인하였다. 그 결과 적갈색의 토양은 주로 카오리나이트가 주를 이루고 있고, 황갈색의 토양에는 다량의 할로이사이트가 포함되어 있음이 나타났다.

각 점토광물의 함량은 무처리시에 나타나는 X-선회절선 중 7Å, 10Å, 14Å의 3개

의 회절선을 대상으로 NEWMOD프로그램(Reynold and Reynold, 1996)을 이용하여 X-선회절선을 시뮬레이션하여 상대적인 비율로 반정량하였다(표 2-3). 그 결과, 7Å 을 나타내는 카오린광물이 전체적으로 볼 때 가장 많은 함량을 나타내며, 시료에 따라 여러 성분비를 나타낸다. 카오린광물은 주라기 화강암과 변성암지역의 황토에서 상대적으로 많이 함유되는 경향이 있다. 반면에 백악기의 화강암과 퇴적암, 그리고 석회암 지역의 것에서 상대적으로 적은 함량을 나타낸다. 전술한 바와 같이 10Å과 14Å의 회절선은 거의 모두 일라이트와 HIV에 해당되는 것으로 보아도 될 것으로 보인다.

이 광물들도 모암의 종류에 따라 특징을 보이고 있다. 즉, 백악기 퇴적암과 고생대 석회암 지역의 황토에서 일라이트가 상대적으로 우세하게 나타나고 있다. HIV는 백악기 화강암에서 많이 포함되며, 백악기 퇴적암과 화산암 지역에서 일부 상당량 함유되고 있다. 이와 같이 모암의 종류에 따라 특징적으로 차이를 잘 나타내고 있다. 그리고 일라이트는 상부층인 적갈색 황토의 시료에 비하여 하부의 황갈색 시료에 상대적으로 많이 함유되는 경향이 나타난다. HIV는 대체로 일라이트와는 반대의 함량 분포를 보이고 있다.

황토를 $0.2\mu\text{m}$ 이하로 분리한 세립점토(fine clay)에서 더 진한 적색계열의 색을 띠고 있고, 이 세립점토의 X-선회절분석 결과 침철석과 같은 수산화철광물의 함량이 많아지는 경향이 나타났다. 따라서 황토의 적갈색을 띠는 주 원인은 이러한 수산화철광물에 기인하는 것으로 생각된다. 그러나 $0.2\mu\text{m}$ 이하인 세립점토의 함량은 약 2-3% 으로 매우 적으며, 세립점토에도 점토광물이 상당량 함유되기 때문에 실제적인 수산화철광물의 함량은 극히 적은 것으로 판단된다.

표 2-2. 각종 황토시료의 광물성분

시료 번호	Qtz	Fd	Am	Kao	Ill	14Å	12Å	Gt	Gb
JGA-1	++	+		+++	+			+	
JGA-2	++	++		+++	++		+	+	
JGB-1	+++	+		+++	+	+	+	+	
JGB-2	++	++		++		+	++	+	
JGC-1	++			+++	+			+	
JGC-2	++	+		+++	+	++	+		
JGD-1	++	++		++	+	+		+	
JGD-2	++	+++		++	+		+		
CGE-1	+++	++	+	+		+		+	
CGE-2	++	++	+	+		+			
CGF-1	++	++		++	+	+	+	+	
CGF-2	++	+++		+	+	+	+	+	
MA-1	+++	+		++	+	+		+	
MA-2	++	++		++	++	++		+	
MB-1	++	+		++	+	+		+	
MB-2	++	++		++	+			+	
MC-1	++	+		+++	+	+	+	+	++
MC-2	++	+		+++	++	+	+	+	
MD-1	++	+		+	++	+		+	+
MD-2	++	+		+	++	+			
SA-1	++++	+		+	+	+		+	
SA-2	++++	+++			+				
SB-1	+++	+		+	++	++		+	
SB-2	++	++		+	++	+		+	
SC-1	+++	+		+	+	+	+	+	
SC-2	++	+		++	+	+	+		+
VA-1	+	+++	+	+		+++		+	
VA-2	+	+++	+	+	+	+++			
VB-1	++++	+		+	+	+		+	
VB-2	++++	++		+	+	+			
LA-1	+	+		+	++	+		+	+
LA-2	++	+		+	++	+		+	
LB-1	+	+		+	+	+		+	
LB-2	++	+		+	++	+		+	

Qtz ; 석영, Fd ; 장석, Am ; 각섬석, Kao ; 고령석광물, Ill ; 일라이트 혹은 운모, 14Å ; 14Å-점토광물, 12Å ; 12Å-점토광물, Gt ; 침철석, Gb ; 깃사이트

표 2-3. 각종 황토시료에 대한 구성광물의 함량

시료 번호	Bulk			Clay fraction		
	Quartz	Feldspar	Others	Kaolin	Illite	HIV
JGA-1	27.8	9.4	62.8	80.7	8.7	10.6
JGA-2	18.6	14.1	67.3	83.2	13.8	3.0
JGB-1	30.4	5.9	63.7	83.8	6.2	10.0
JGB-2	19.5	16.0	64.5	79.6	13.6	6.8
JGC-1	23.9	4.7	71.4	88.0	8.3	3.7
JGC-2	16.3	11.4	72.3	78.4	14.4	7.2
JGD-1	11.6	11.5	76.9	74.7	13.9	11.4
JGD-2	19.4	17.3	63.3	74.8	17.6	7.6
CGE-1	39.0	14.6	46.4	42.5	19.1	38.5
CGE-2	16.4	18.4	65.2	35.2	9.5	55.3
CGF-1	40.7	10.1	49.2	48.1	13.7	38.2
CGF-2	22.3	5.9	71.8	45.0	28.6	26.4
MA-1	24.9	2.3	72.8	75.4	16.0	8.6
MA-2	22.9	12.5	64.6	76.7	14.6	8.7
MB-1	13.1	5.7	81.2	71.3	11.6	17.2
MB-2	20.1	20.0	59.9	75.9	17.5	6.6
MC-1	13.8	5.2	81.0	67.2	4.8	28.0
MC-2	18.1	6.5	75.4	70.7	22.1	7.2
MD-1	27.4	2.5	70.1	59.4	20.6	20.0
MD-2	28.3	6.1	65.6	75.4	16.0	8.6
SA-1	42.8	6.5	50.7	53.1	35.3	11.6
SA-2	39.7	18.7	41.6	46.4	41.0	12.6
SB-1	11.2	4.2	84.6	26.3	33.1	40.6
SB-2	20.0	4.1	75.9	33.5	40.9	25.6
SC-1	30.6	2.9	66.5	57.4	12.2	30.4
SC-2	31.5	3.1	65.4	81.1	11.2	7.7
VA-1	5.7	40.1	54.2	50.1	16.6	33.3
VA-2	6.1	35.0	58.9	20.4	5.5	74.1
VB-1	45.4	8.1	46.5	54.8	29.6	15.6
VB-2	39.0	11.6	49.4	57.3	38.1	4.6
LA-1	3.0	3.6	93.4	50.8	30.1	19.1
LA-2	23.2	4.9	71.9	34.1	38.9	27.0
LB-1	9.7	2.3	88.0	32.6	27.4	40.0
LB-2	24.3	5.9	69.8	33.0	38.9	28.1

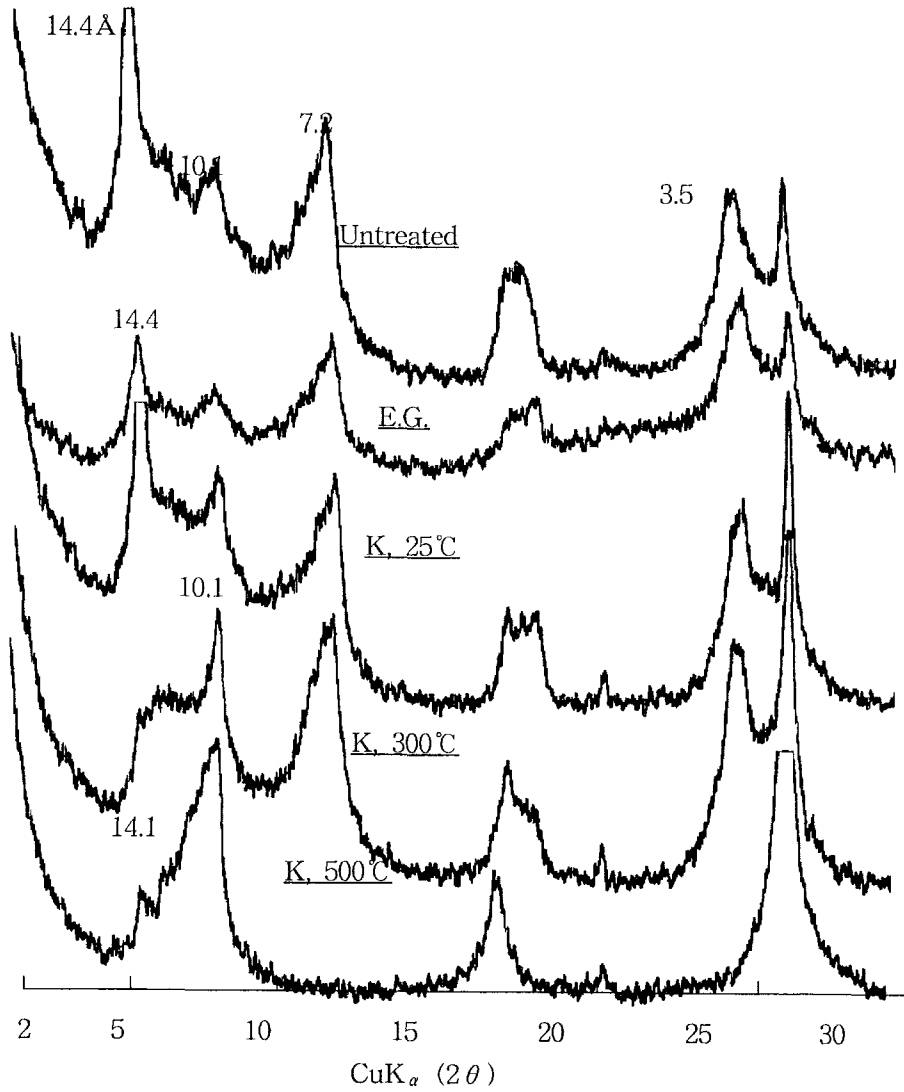


그림 2-1. 황토시료의 점토분에 대한 각종 처리후의 X-선회절패턴

EG: 에틸렌글리콜 처리, K, 25°C: K-포화 후 상온 건조, K, 300°C: K-포화 후 1시간 300°C로 가열, K, 500°C: K-포화 후 1시간 500°C로 가열

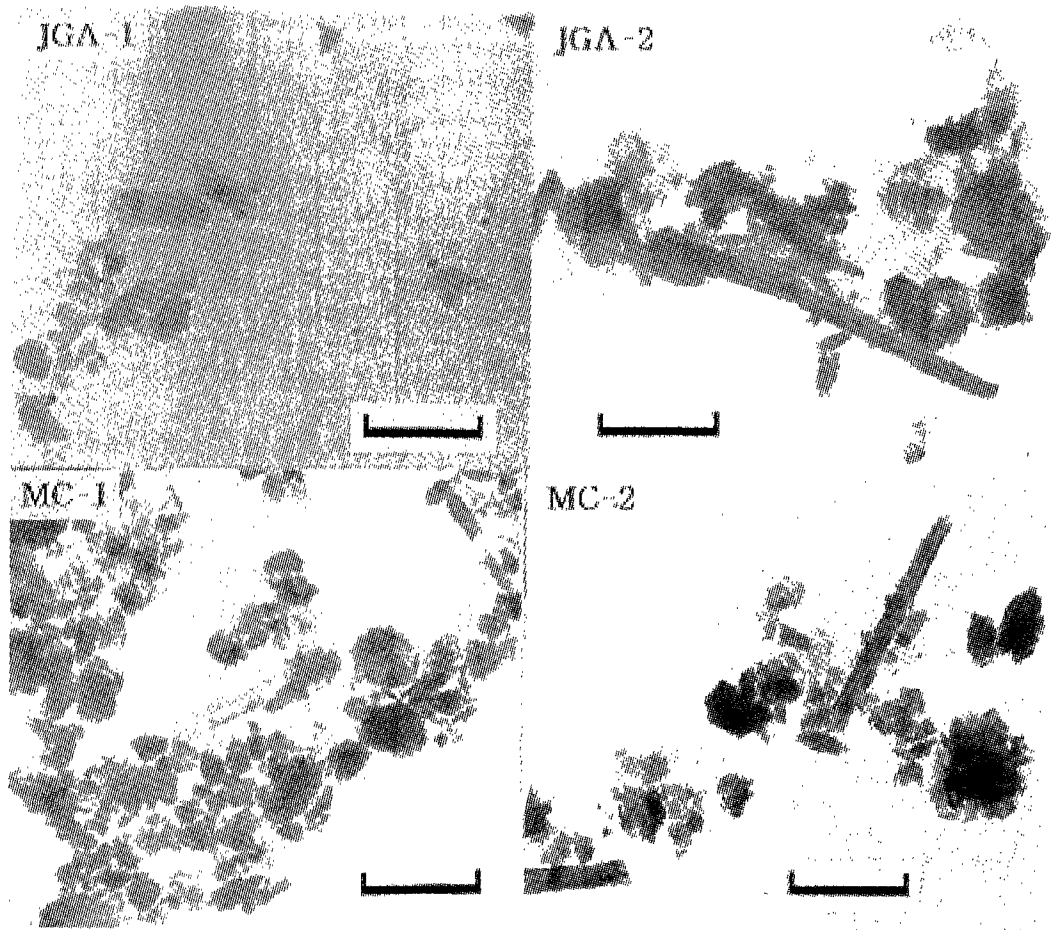


그림 2-2. 대표적 황토시료의 점토분에 대한 투과전자현미경 사진.

(scale bar = $1\mu\text{m}$)

긴 튜브 형태의 결정은 할로이사이트임.

JGA-1과 MC-1은 적색 황토. JGA-2와 MC-2는 황색 황토

다. 주화학생분 및 미량성분

황토 시료와 모암에 대하여 화학분석을 행하여 주화학생분 및 미량성분을 검토하였다. 황토 시료의 주화학생분은 SiO_2 43-76%, Al_2O_3 13-24%, Fe_2O_3 2-12%, MgO 0.5-2.9%, K_2O 1.7-4.8%, L.O.I (작열감량, 주로 H_2O) 2-11%의 범위로 나타내고 다른 성분은 소량 포함된다(표 2-4). 이들 성분들도 모암에 따라 상당한 차이를 보이고 있다. 예를들어 석회암의 경우는 SiO_2 가 다른 시료에 비해 가장 적으며 Al_2O_3 와 Fe_2O_3 는 가장 많은 함량을 보인다. 풍화가 되지 않은 모암과 황토인 풍화토와 성분을 비교해 보면 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , 작열감량 등이 풍화토에서 많아지는 경향이 잘 나타난다. 시료에 따라 약간 다른 경향을 보이는 것도 있지만 Ca, Mg, Na 등이 풍화토에서 적어지는 경향을 보이고 있어 일반적인 풍화작용에 의한 화학적 변화(Loughman, 1969)와 일치한다.

특히 석회암에서 형성된 황토들의 성분이 모암인 석회암의 것과 매우 큰 차이를 보이고 있어 풍화작용에 의한 많은 화학적 변화가 일어났음을 알 수 있다. 모암별 시료에 대하여 상부 적갈색 황토와 하부의 황갈색 풍화토, 그리고 모암의 주성분을 알기 쉽게 그림 2-3에 비교해 나타냈다. 여기서 보듯이 모암의 화학성분은 그 종류에 따라 많은 차이를 보이고 있으나, 황토에 해당되는 적갈색과 황갈색의 풍화토에 있어서는 큰 차이가 없이 비슷한 패턴을 나타낸다. 희토류원소를 포함한 미량성분의 분석결과를 표 2-5에 나타냈다. 여기서도 모암의 종류에 따라 그 성분이 여러 차이를 보이고 있으나, 풍화토인 황토에 있어서 P, S, Zr, Sr, Ba, Rb, Ce 등이 대체로 많은 함량을 보이고 있으며, 다음으로 Li, V, Cr, Zn, Co, Ni, Cu, Y, Nb, La, Nd, Pb, Th 등이 약 10 ppm 이상으로 상당량 포함되어 있다. 분석한 대부분의 원소들이 각 모암의 성분에 비교해서 황토에서의 각 성분의 함량이 높게 나타났다. 각 모암과 비교한 황토의 성분의 차이도 시료에 따라 다르게 나타났다.

그러나 Co는 대부분 시료에서 모암보다 황토에서 그 함량이 공통적으로 감소하고 있다. 그 외 성분들은 거의 같거나 높게 나타난다. 석회암의 경우는 S와 Sr이 모암보다 황토 중의 함량이 감소되고 있고 나머지 모든 성분들은 증가하는 경향을 나타낸다. 적갈색 황토의 미량성분에 대해 여러 모암의 것과 비교하여 보면 선캠브리아기의 변성암과 고생대 석회암의 시료가 비교적 높은 희토류 및 기타 미량성분의 함량을 나타내는 경향이 있다. 화강암 지역의 황토에서는 Ba이 다른 것에 비해 높게 나타난다. 모암별 시료에 대하여 상부 적갈색 황토와 하부의 황갈색 풍화토, 그리고 모암의 미량화학성분을 알기 쉽게 그림 2-4에 비교해 나타냈다. 여기서 적갈색 황토의 유라기 화강암 시료에서 Rb가 매우 크게 나타나지만, 이것만 제외하면 전체적으로 큰 차이는 없다. 여기서도 모암의 미량성분은 그 종류에 따라 다소 많은 차이를 보이고 있으나, 황토에 해당되는 풍화토에 있어서는 큰 차이가 없이 비슷한 패턴을 나타낸다.

표 2-4. 황토와 그 모양의 주성분원소 분석

												(unit wt. %)
시료	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	L.O.I.	Total
JGB-1	54.8	16.6	8.8	1.0	0.12	2.8	2.9	2.9	3.6	0.79	6.25	100.1
JGB-2	62.8	20.3	4.7	0.5	0.06	0.8	2.0	1.7	1.2	0.02	6.0	100.0
JGB-R	74.0	14.6	0.15	0.00	0.00	0.07	0.07	10.17	0.88	0.00	0.25	100.9
CCE-1	70.5	15.1	4.2	0.6	0.05	0.7	0.9	3.4	1.3	0.02	3.0	100.3
CCE-2	63.6	18.2	4.8	0.5	0.03	1.4	1.2	3.3	2.1	0.02	3.7	99.4
CCE-R	66.2	15.7	2.7	0.3	0.06	2.3	0.5	4.0	3.5	0.13	2.2	100.4
MA-1	63.9	18.4	4.0	0.5	0.03	0.05	0.9	4.5	0.7	0.05	6.8	100.2
MA-2	61.0	17.7	8.5	0.7	0.05	0.03	0.8	1.7	-0.05	0.06	4.9	99.6
MA-R	61.2	21.3	7.8	0.8	0.06	0.15	1.0	3.5	0.18	0.08	0.5	99.6
MC-1	52.5	24.2	9.6	1.0	0.07	0.17	1.3	2.3	0.18	0.13	8.2	99.6
MC-2	53.6	20.8	8.0	0.9	0.09	0.03	1.6	2.8	0.18	0.15	11.0	99.5
MC-R	61.9	18.3	6.5	0.8	0.06	4.4	2.1	2.0	3.2	0.20	0.6	99.8
SA-1	74.5	13.6	3.0	0.6	0.02	0.6	0.9	2.2	1.7	0.02	3.1	100.3
SA-2	76.7	13.7	1.4	0.2	0.01	0.9	0.4	2.4	2.2	0.01	1.5	100.1
SA-R	80.2	11.2	0.9	0.1	0.01	0.8	0.3	2.4	2.2	0.02	0.7	99.8
SB-1	65.0	16.6	6.7	0.8	0.07	0.15	2.7	2.8	0.8	0.04	5.7	100.7
SB-2	60.6	18.4	7.0	0.8	0.08	0.14	2.5	4.2	0.2	0.05	4.6	100.7
SB-R	52.6	15.1	5.6	0.6	0.07	7.8	3.9	3.7	0.8	0.18	9.4	100.0
VB-1	72.4	15.1	2.7	0.4	0.06	0.06	0.2	4.4	0.2	0.02	4.4	99.9
VB-2	69.4	17.2	2.4	0.2	0.06	0.11	0.4	4.2	1.3	0.02	3.4	99.6
VB-R	77.3	13.2	1.0	0.06	0.02	0.10	0.2	5.2	1.7	0.01	1.4	100.3
LA-1	43.4	24.1	12.0	0.7	0.09	1.3	2.7	3.0	0.01	0.11	10.9	98.4
LA-2	57.8	19.9	8.2	0.5	0.06	0.15	1.9	5.8	0.0	0.09	5.7	99.0
LAR	1.3	0.7	0.0	0.0	0.01	31.8	20.5	0.1	0.02	0.02	4.8	100.0

Fe₂O₃: Total Fe, L.O.I: Loss of ignition, R: Fresh rock

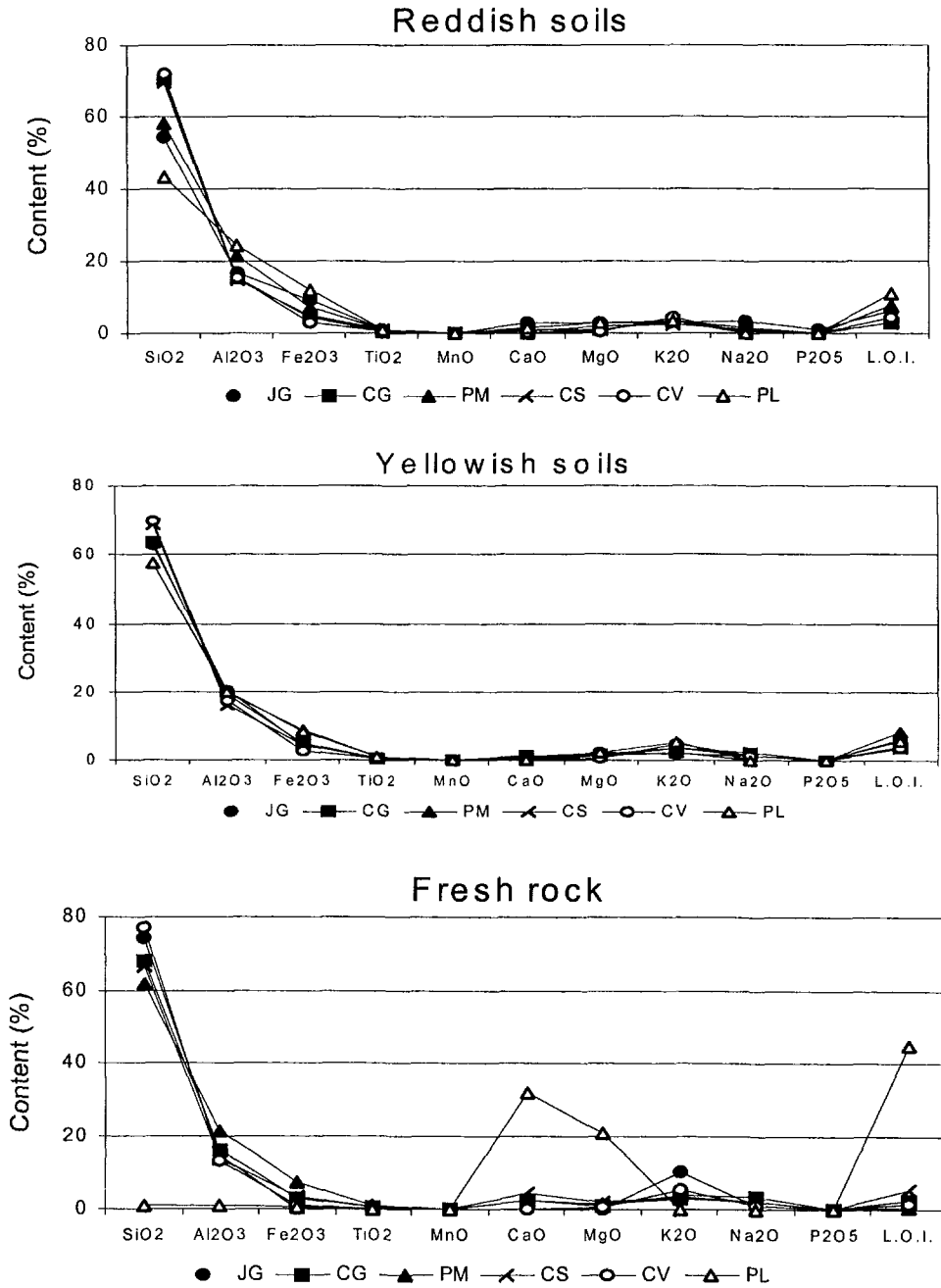


그림 2-3. 적색 및 황색 황토와 그 모암에 대한 주성분 원소의 차이.
 JG: 쥬라기 화강암, CG: 백악기 화강암, PM: 선캠브리아 편암과 편마암,
 CS: 백악기 퇴적암, CV: 백악기 화산암, PL: 고생대 석회암

표 2-5. 황토와 그 모암의 미량원소 분석

	(Unit ppm)											
	JGB-1	JGB-2	JGB-R	CGE-1	CGE-2	CGE-R	MA-1	MA-2	MA-R	MC-1	MC-2	MC-R
Li	37.70	30.40	0.20	25.10	24.80	14.20	23.10	20.00	15.80	40.10	33.30	38.20
P	171.90	98.90	27.40	99.00	144.80	592.80	273.70	237.60	300.20	543.40	535.30	905.20
S	244.40	133.00	35.30	69.50	149.00	211.10	270.70	66.50	163.30	172.40	83.40	1771.60
Sc	8.60	8.30	0.70	8.30	10.10	5.30	13.50	4.30	5.80	22.10	18.60	13.70
V	49.20	37.20	0.30	67.70	66.50	38.80	88.60	49.70	15.70	102.50	83.40	75.70
Cr	51.40	47.60	2.70	32.20	21.00	8.90	106.30	59.20	16.20	95.30	58.10	59.90
Zn	57.90	60.10	1.20	35.20	44.40	20.20	82.90	81.40	61.50	96.90	93.50	79.20
Zr	49.90	32.00	20.30	86.80	45.90	45.00	53.90	32.10	72.30	86.50	72.00	33.30
Sr	95.40	178.50	88.80	139.20	195.70	317.40	13.10	105.80	214.70	57.40	59.80	271.10
Ba	817.20	797.40	201.10	640.40	679.20	966.20	207.60	1397.90	1025.90	621.60	812.30	411.60
Co	10.00	12.04	201.13	9.45	9.96	170.97	14.17	10.94	220.19	18.80	22.25	90.08
N	39.60	33.73	7.20	21.44	20.23	10.95	59.78	62.81	19.47	57.88	58.75	42.10
Cu	13.70	9.93	1.49	17.73	43.96	8.33	16.27	13.47	6.95	45.02	42.74	26.57
Pb	1740.02	140.58	320.58	135.53	142.68	142.21	127.20	154.89	138.42	125.39	146.19	121.11
Y	11.91	28.03	3.35	17.43	27.51	17.73	34.29	22.78	13.06	39.10	59.92	34.87
Nb	11.67	12.13	5.07	18.52	18.04	2.22	27.00	16.72	7.11	18.60	20.18	14.97
Cd	0.17	0.12	0.08	0.21	0.23	0.18	0.47	0.20	0.19	0.48	0.58	0.20
Cs	7.44	8.33	3.66	6.55	8.68	4.18	6.90	2.19	2.45	7.82	6.17	4.08
La	33.22	73.21	1.63	33.63	49.41	54.85	109.93	138.06	177.45	84.46	92.47	87.87
Ce	80.78	76.44	2.33	68.78	89.88	98.70	238.61	270.60	341.94	189.71	176.89	179.11
Pr	6.95	16.02	0.32	6.97	10.29	10.71	27.92	31.37	39.18	22.63	25.38	23.09
Ni	21.43	55.78	1.43	22.60	31.95	30.84	87.81	93.96	120.07	73.46	85.57	75.93
Sm	3.41	9.98	0.66	3.83	5.55	4.48	15.40	14.64	15.33	13.29	15.52	13.43
Eu	0.79	2.42	0.25	0.86	1.10	0.89	1.60	1.84	1.80	2.00	2.62	1.89
Gd	2.96	7.76	0.11	3.35	4.94	4.01	14.22	13.49	11.32	11.92	13.84	11.12
Tb	0.38	1.05	0.06	0.47	0.76	0.51	2.05	1.71	1.02	1.56	2.04	1.47
Dy	2.12	5.59	0.47	3.07	4.61	3.01	9.43	7.27	4.43	7.93	11.37	7.23
Hf	0.40	0.96	0.09	0.57	0.91	0.53	1.32	0.88	0.54	1.45	2.16	1.14
Er	1.16	2.79	0.27	1.81	2.95	1.72	3.30	1.77	1.42	4.35	6.13	2.99
Tm	0.16	0.35	0.05	0.26	0.40	0.25	0.38	0.14	0.12	0.57	0.84	0.34
Yb	0.97	2.20	0.27	1.84	2.88	1.69	2.34	0.68	0.64	3.42	4.98	1.95
Lu	0.16	0.33	0.04	0.23	0.45	0.27	0.34	0.11	0.10	0.51	0.79	0.30
Pb	20.90	25.97	54.77	17.38	18.53	10.92	38.82	80.48	30.64	46.79	40.46	20.99
Th	14.55	12.92	8.40	10.22	17.88	12.91	32.62	36.61	52.68	31.52	31.24	28.53
U	3.15	2.98	1.15	2.77	3.60	2.39	3.49	3.67	2.12	3.36	3.27	1.61

(continued)

	SA-1	SA-2	SA-R	SB-1	SB-2	SB-R	VB-1	VB-2	VB-R	LA-1	LA-2	LA-R
Li	19.90	6.50	1.90	41.40	37.60	38.70	25.90	14.70	24.10	124.00	193.10	7.50
P	101.80	47.10	28.50	201.70	213.10	808.00	82.10	104.30	23.30	507.40	416.50	264.20
S	58.10	102.30	51.20	146.00	98.50	625.00	60.70	53.70	23.50	250.30	130.70	1933.10
Sc	7.10	3.00	1.40	13.90	15.80	13.20	6.70	5.60	3.20	25.70	18.30	0.70
V	50.10	21.70	11.20	112.00	109.80	86.70	32.00	22.60	11.00	149.20	120.30	8.20
Cr	37.10	12.70	5.00	95.80	93.90	74.60	19.10	8.90	3.20	100.00	95.40	9.40
Zn	44.50	24.90	6.40	77.30	92.70	93.00	52.60	58.00	33.70	115.30	86.60	5.00
Zr	93.00	25.60	23.80	164.80	163.50	119.00	109.30	84.10	88.80	167.10	154.20	13.80
Sr	240.50	403.00	375.40	42.30	37.10	189.50	43.30	69.00	39.60	62.50	30.60	183.50
Ba	643.90	813.30	779.20	582.20	749.40	691.10	572.90	678.90	439.40	389.20	294.10	22.40
Co	7.68	3.20	365.25	21.70	19.76	22.00	7.66	4.22	80.41	19.48	18.51	16.13
N	21.11	13.90	9.41	68.56	66.18	64.30	19.22	9.81	7.57	101.11	68.15	13.52
Cu	33.02	8.41	3.27	36.65	38.07	41.28	14.84	6.88	2.59	68.89	32.81	2.35
Pb	110.27	79.49	62.62	165.55	213.11	180.11	203.11	209.54	279.03	203.70	176.27	8.92
Y	15.12	4.60	5.04	22.99	34.22	28.16	17.65	17.81	18.51	59.48	25.58	1.46
Nb	15.81	7.32	1.56	23.21	23.73	14.07	18.74	16.52	11.17	21.97	18.90	1.35
Cd	0.16	0.12	0.10	0.32	0.66	0.57	0.27	0.41	0.18	0.47	0.42	0.19
Cs	5.47	1.45	0.30	11.44	13.95	12.40	5.83	4.44	10.91	19.36	10.99	0.18
La	32.51	14.77	24.83	33.45	56.39	49.71	25.44	39.59	30.84	59.18	46.46	3.21
Ce	72.91	48.93	45.07	72.68	72.64	101.14	81.62	77.59	61.59	124.01	110.92	4.30
Pr	7.48	3.27	5.74	7.67	12.77	12.39	5.73	8.43	7.51	16.62	9.29	0.48
Ni	25.12	10.79	17.96	25.47	40.92	40.02	17.44	25.97	23.53	58.66	29.61	1.86
Sm	4.32	1.73	2.79	4.40	6.68	6.86	3.32	4.28	4.39	12.99	5.29	0.42
Eu	0.86	0.43	0.66	0.86	1.29	1.37	0.60	0.69	0.47	2.36	1.06	0.05
Gd	3.42	1.29	1.76	4.02	6.13	6.52	3.20	3.45	3.48	11.56	5.21	0.08
Tb	0.49	0.17	0.24	0.63	0.97	0.93	0.50	0.49	0.53	1.84	0.81	0.04
Dy	2.83	1.01	1.26	3.93	5.46	5.18	2.83	2.89	2.93	10.13	4.74	0.28
Hf	0.51	0.17	0.20	0.78	1.09	0.98	0.61	0.56	0.56	1.95	0.96	0.06
Er	1.56	0.43	0.51	2.62	3.34	2.93	1.93	1.81	1.80	5.67	2.96	0.16

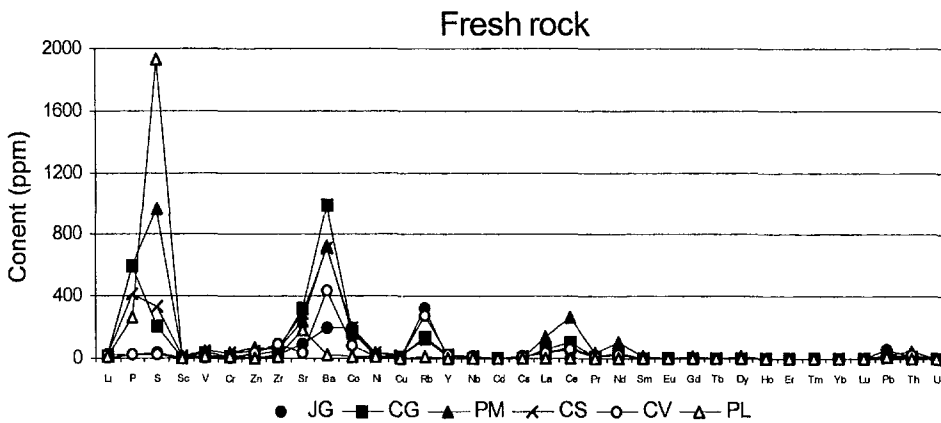
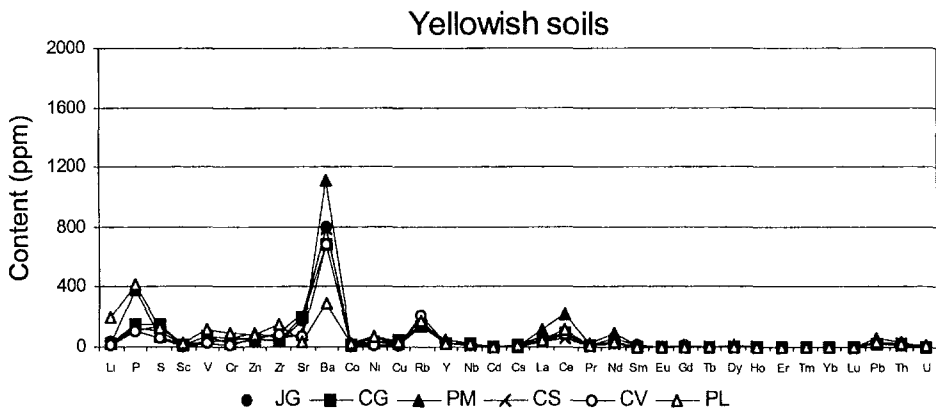
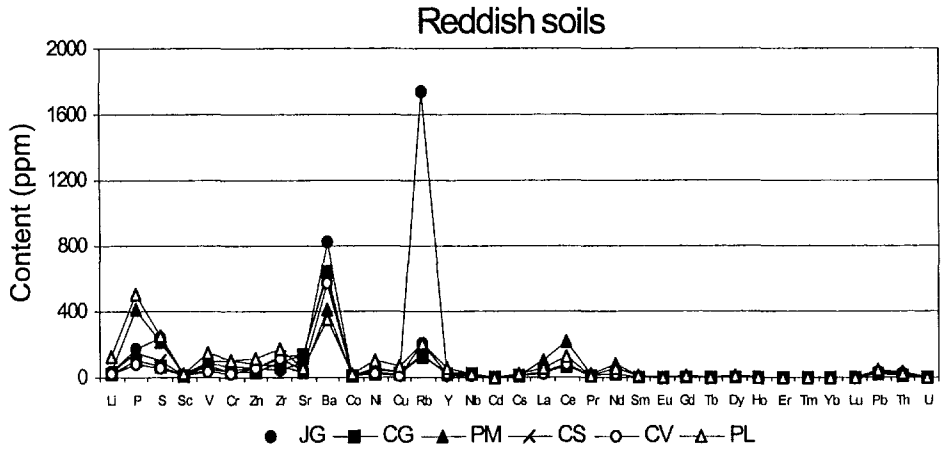


그림 2-4. 적색 및 황색의 황토와 그 모암에 대한 미량원소의 차이.
기호는 그림 3과 동일

라. 기타 물리화학적 특성

황토 시료들의 pH와 양이온교환용량(CEC)을 측정한 결과를 표 2-6에 나타냈다. 석회암 지역을 제외하면 pH는 4.3-6.2의 범위로 모두 산성을 나타낸다. 석회암 지역의 황토에서는 약간 높은 pH를 나타낸다. 다른 대부분의 시료에서는 표층에 가까운 적갈색 황토가 그 하부의 황갈색 시료 보다 약간 더 낮은 pH를 나타내는 경향이 있다. 이온별 교환량을 보면 염기성 화산암에 해당되는 시료에서는 Ca와 Mg가 특히 많은 함량을 보이고, 석회암의 것에서도 Ca의 교환량이 다소 큰 값을 보이고 있다. 그러나 이러한 시료를 제외한 다른 시료들은 매우 낮은 값을 나타낸다.

즉, Ca는 0.1-3.7 meq/100g, Mg는 0.2-4.8, Na와 K는 0.4 이하의 범위로 낮은 값을 보인다. CEC는 석회암과 화산암 일부의 시료를 제외하면 4-13 meq/100g으로 매우 낮은 값을 나타낸다. CEC도 대부분의 시료에서는 표층에 가까운 적갈색 황토가 그 하부의 황갈색 시료 보다 약간 더 낮은 값을 나타낸다. 즉 pH가 낮을수록 CEC도 낮게 나타나는 경향을 보인다. 황토에서 낮은 CEC값을 보이는 것은 CEC가 낮은 카오린광물과 함께, CEC가 낮은 것으로 알려진 Al을 층간에 포함하는 수산화층간 버미클라이트 (Barnhisel and Bertsch, 1989)가 주로 함유되기 때문인 것으로 사료된다.

황토 시료들을 체분리 하여 50 μm 이상의 입자들을 제거시킨 후, 그 현탁액을 자동입도분석기로 입도를 분석하였다. 그 결과 시료별로 입도분포가 여러 형태를 나타내었으며, 그 중에 대표적인 4개 시료의 입도분포곡선을 그림 2-5에 나타냈다. 대부분의 시료에서 0.3 μm 과 약 10 μm 를 중심으로 하는 두 개의 피크를 가지는 분포곡선을 나타낸다. 표층에 가까운 적갈색 황토가 그 하부의 황갈색 시료 보다 0.3 μm 부근의 피크가 크게 나타나는 경향이 있다. 즉 적갈색 황토가 더 많은 미립자들을 포함하는 것을 말한다. 특히 석회암 지역의 적갈색 황토가 미립자들을 매우 많이 포함되어 있다. 이러한 입도분포곡선의 자세한 해석은 더 검토할 필요가 있으나, 전술한 바와 같이 0.2 μm 이하의 세립점토를 분리한 시료에서 침철석 같은 수산화철 광물이 상대적으로 많이 포함되는 것으로 보아 미립 부분의 피크는 산화철광물의 함량에 주로 좌우되는 것으로 생각된다. 황토의 전체적 입도분석의 결과, 적갈색을 띠는 상부의 것은 모래 15-40%, 미사 20-50%, 점토 30-60%의 범위를 보여, 주로 silty clay loam 내지 clay loam에 해당되는 것으로 나타났다. 황갈색을 띠는 하부의 것은 모래 40-80%, 미사 10-30%, 점토 10-40%의 범위를 나타내어 주로 sandy clay loam에 해당되는 것으로 나타났다. 이와 같이 적갈색 황토가 더 많은 점토입자를 포함한다.

표 2-6. 황토의 현탁액 pH와 양이온 교환용량

표 6. 황토의 양이온 교환능과 pH								
Parent rock	Sample No.	pH	Exchangeable cation (meq/100g)				total	CEC (meq/100g)
			Ca	Mg	Na	K		
Jurassic granite	JGA-1	4.52	1.10	1.10	0.08	0.14	2.43	6.95
	JGA-2	4.95	1.62	2.09	0.12	0.06	3.88	8.83
	JGB-1	4.34	0.32	0.25	0.05	0.00	0.62	4.96
	JGB-2	5.38	0.73	1.86	0.18	0.08	2.84	8.22
	JGC-1	4.67	1.12	1.30	0.07	0.15	2.65	7.32
	JGC-2	4.95	0.75	1.85	0.09	0.06	2.76	7.71
	JGD-1	5.44	1.03	1.60	0.23	0.15	3.01	8.45
	JGD-2	5.87	3.16	1.94	0.33	0.14	5.57	11.44
Cretaceous granite	CGE-1	5.73	0.53	2.25	0.21	0.05	3.04	8.77
	CGE-2	6.07	3.06	3.58	0.09	0.20	6.92	12.99
	CGF-1	4.86	0.56	0.37	0.13	0.15	1.21	6.07
	CGF-2	5.05	0.11	1.03	0.11	0.23	1.48	6.53
Precambrian gneiss & schist	MA-1	4.45	0.52	0.65	0.07	0.10	1.34	5.79
	MA-2	5.22	0.25	3.02	0.10	0.20	3.58	8.80
	MB-1	4.78	1.78	1.39	0.11	0.11	3.40	8.18
	MB-2	5	0.58	0.72	0.13	0.12	1.55	6.55
	MC-1	5.86	3.74	1.80	0.06	0.16	5.77	11.63
	MC-2	4.99	0.18	0.68	0.06	0.20	1.12	6.11
	MD-1	4.72	0.25	2.34	0.07	0.24	2.90	7.62
	MD-2	5.25	1.19	2.68	0.06	0.27	4.20	9.45
Cretaceous sedimentary rock	SA-1	5.16	1.73	2.67	0.29	0.11	4.80	9.96
	SA-2	5.85	2.05	1.80	0.13	0.07	4.06	9.91
	SB-1	5.09	0.35	0.77	0.03	0.32	1.48	6.57
	SB-2	4.95	1.58	2.80	0.03	0.42	4.83	9.78
	SC-1	5.03	3.63	3.57	0.07	0.18	7.45	12.48
	SC-2	5.32	0.81	4.13	0.09	0.23	5.26	10.58
Cretaceous volcanic rock	VA-1	5.94	17.51	14.34	0.12	0.08	32.06	38.00
	VA-2	6.24	22.01	13.98	0.12	0.03	36.14	42.38
	VB-1	5.42	0.68	3.53	0.13	0.20	4.55	9.97
	VB-2	5.73	2.55	3.38	0.17	0.16	6.25	11.98
Paleozoic limestone	LA-1	8.11	12.58	4.81	0.07	0.31	17.78	25.89
	LA-2	5.63	5.79	3.71	0.06	0.22	9.78	15.41
	LB-1	6.14	10.11	4.72	0.09	0.28	15.20	21.34

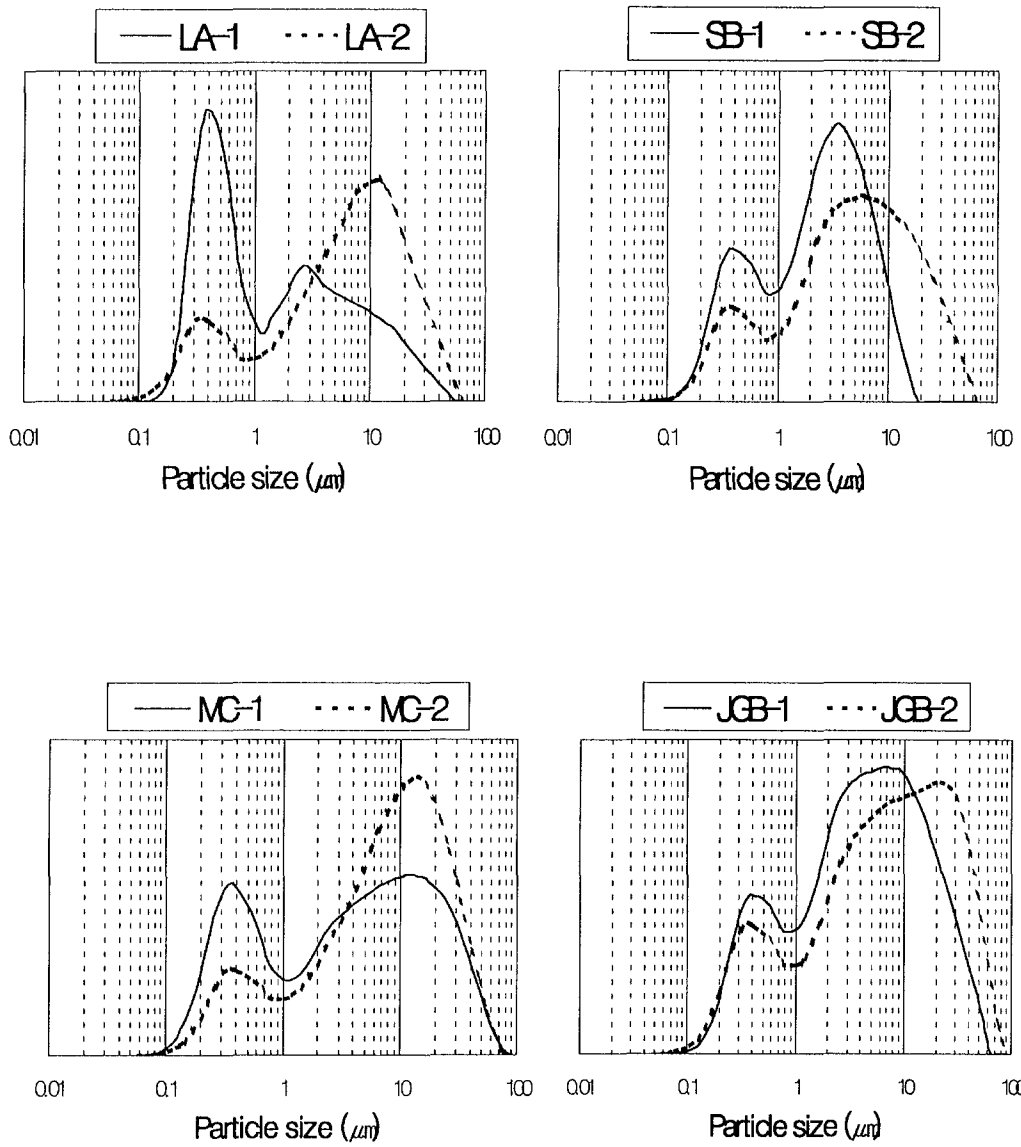


그림 2-5. 몇몇 황토시료의 $50\mu\text{m}$ 이하 점토분에 대한 입도 분포 곡선

다. 구성광물의 형성과 화학성분에 대한 고찰

적갈색 내지 황갈색을 띠는 풍화토 소위 황토에 대하여 대표적 모암에 따른 그 구성광물과 화학성분 등을 검토해 보았다. 그 결과, 모암의 종류에 따라 다양한 특성을 나타내었다. 이것은 모암에 따라 풍화작용에 의한 광물성분과 화학성분의 변화가 다르게 나타나며 결국 황토의 특성에 차이가 생기는 것으로 생각된다. 모암 및 황토의 구성광물로 볼 때 장석, 운모, 각섬석 등의 1차 광물이 풍화작용에 의해 할로이사이트, 카오리나이트, 일라이트, HIV, 운모/버미큘라이트 혼합층광물 등의 점토광물로 변화되는 것으로 나타났다.

그러나, 석영은 그 함량으로 보아 풍화에 의한 광물의 변화에는 거의 관여하지 않은 것으로 생각된다. 모암의 종류에 따라 약간의 차이는 있지만 대체적으로 볼 때, 풍화가 덜 진행된 황갈색의 황토에서 일라이트와 할로이사이트가 비교적 많이 포함되고 표토층인 적갈색 황토에서 카오리나이트와 HIV가 많은 경향을 나타냈다. 이것으로 보아 암석의 풍화작용에 의해 일라이트와 할로이사이트가 비교적 먼저 형성되고 그 뒤 최종적으로 HIV와 카오리나이트가 형성되는 것으로 생각된다. 운모/버미큘라이트 혼합층광물은 이러한 중간 단계에서 형성된 것으로 운모나 일라이트가 HIV로 변화되는 과정의 중간산물로 생각된다. 주라기 화강암과 백악기 화강암에서 나온 황토의 구성 점토광물이 큰 차이를 보이는 것은 매우 흥미로운 것으로 보인다. 주라기 화강암에 카오린광물이 많이 함유되고 상대적으로 백악기 화강암의 황토에 HIV가 비교적 많이 함유되었다. 이것은 절리 발달상태와 같은 암석의 구조와 본래 암석의 변질작용의 여부 등이 관여될 수 있으며, 지표에 노출되어 풍화작용을 받은 경력도 요인이 될 수 있다. 이에 대해서는 앞으로 더 검토가 필요하지만, 주라기 화강암이 절리와 암맥을 비교적 많이 포함하고 시대와 분포지역 등을 고려해 볼 때 백악기 화강암에 비하여 더 강한 풍화작용을 받았을 것으로 생각된다. 주라기 화강암의 황토내에 카오린광물이 많이 함유되는 것은 일반적으로 알려진 풍화 안정도(Jackson et al., 1948)의 측면에서 보면 잘 설명된다. 즉, HIV보다는 카오린광물이 풍화작용에 더 안정한 것으로 볼 수 있다. 그리고 풍화작용의 진행에 따라 점토의 양이 많아지고, 이에 따라 2:1 층형 점토광물에서 1:1 층형 점토광물로 일반적으로 변화된다는 Velde (1992)의 연구와도 같은 경향을 나타낸다.

백악기 퇴적암 및 고생대 석회암의 황토에서 비교적 일라이트가 많이 포함되었는데, 이들은 본래의 모암내 상당량 포함되어 있는 운모 및 일라이트의 영향인 것으로 생각된다. 침철석 등의 수산화철광물과 깃사이트 등은 암석의 풍화작용에 따른 광물의 분해 및 새로운 광물의 형성시에 용출된 Fe, Al 등이 수산화물로 침전된 것으로 볼 수 있다. 특히 황토의 특징인 적갈색을 띠는 원인은 수산화철광물에 기인한다.

0.2 μ m 이하의 극미립 입도로 분리한 세립점토에서 더욱 진한 적색을 띠며, 침철석의 함량이 높아지는 경향이 나타났다. 즉 이러한 수산화철광물은 그 함량은 매우 적지만 극미립 물질로 황토 전체에 분산되어 있기 때문에 적갈색을 나타내어 황토의 색을 좌우하는 것으로 생각된다.

모암과 황토인 풍화토에 대한 주화학생분의 검토 결과, 대체적으로 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , 작열감량 등이 풍화토에서 많아지는 경향이 잘 나타났다. 풍화의 진행에 따라 카올린광물과 같은 점토광물이 증가하고 침철석 같은 수산화철광물이 농집되는 것으로 설명된다. 그리고 풍화대의 하천수 분석으로부터 검토한 Al_2O_3 의 비이동성에 대한 연구 결과(White et al., 1963)와도 일치한다. 황토의 화학성분은 모암의 성분에 다소 영향을 주는 것으로 나타났다. 그러나 조사한 모든 모암의 종류에 대한 풍화토의 성분을 비교 검토한 결과, 모암 자체의 화학성분의 차이에 비하여 풍화토인 황토의 성분은 큰 차이가 없이 비슷한 패턴을 나타내었다. 이것은 현재의 지표 풍화환경에서 장기간 토양화가 되면서 현재 조건에 안정화되었기 때문으로 생각된다. 즉 모암 성분의 차이가 크더라도 오랜 동안 비슷한 기후 조건에서 풍화를 받게 되면 여러 형태의 원소의 거동이 일어나 결국 현재 조건에 안정된 성분으로 남게 되는 것으로 사료된다. 미량 화학성분에 있어서도 주화학생분과 마찬가지로 결과가 나타났다. 즉 모암 자체의 미량성분의 차이에 비하여 황토의 미량성분은 큰 차이가 없이 비슷한 패턴을 나타내었다. 이것 역시 현재의 지표 풍화환경에서 장기간 토양화가 되면서 현재 조건에 맞는 지화학적 안정화를 이루었기 때문으로 생각된다. 이번의 여러 검토결과로 보아 황토의 광물성분 및 화학성분은 모암의 종류와 함께, 풍화 시간 및 풍화조건 등에 따라 크게 좌우되는 것으로 나타났다.

황토는 공극에 포함되는 물과 공기를 제외한 고체의 대부분이 광물로 구성되어 있다(Brady and Weil, 1996). 물론 고체 중에는 아직 광물이 되지 못한 비정질 물질도 소량 포함될 수 있으며, 식물의 뿌리와 박테리아와 같은 미생물이 포함될 수 있지만, 이러한 물질들은 황토 전체로 볼 때 그 비율은 극히 적다. 따라서 황토의 구성 물질은 주로 광물이라고 볼 수 있다. 검토한 바와 같이 황토의 구성광물은 석영, 장석, 점토광물, 침철석, 깃사이트 등도 포함하지만, 그 중에서 점토광물이 가장 많은 함량을 나타내었다. 오래 전부터 황토는 고가옥의 벽, 바닥, 부엌아궁이 등의 건축재료, 적벽돌, 토기, 기와 등의 요업원료, 논외 객토용 즉 토양개량제, 양어장 바닥, 외양간 바닥 깔개 등으로 이용되고 있었으며(류도옥, 1995), 최근에는 고급아파트의 바닥 및 벽재, 황토욕탕, 황토침대, 의약용, 적조제거용 등 그 용도가 매우 많다.

그러나 이러한 용도는 황토의 가소성, 흡착성, 흡수 및 탈수성, 현탁성, 이온교환

성 등의 특성 때문인 것이다. 이러한 특성의 근본은 그 함량과 광물학적 특성으로 보아 점토광물이 가장 크게 기인하는 생각된다. 왜냐하면 점토광물은 다른 광물에 비해 가장 활성도가 높으며, 가소성, 이온교환성, 흡착성, 촉매성, 현탁성, 높은 표면적, 전자파의 흡수 및 방출 등의 다양한 성질을 가지고 있기 때문이다. 따라서 황토에 포함된 점토광물의 성질을 이해한다면 황토가 여러 용도로 이용되는 이유는 어렵지 않게 설명될 수 있는 것으로 생각된다. 그러므로 황토에 대한 올바른 이해와 효과적인 이용을 위해서는 구성광물에 대한 검토 및 연구가 필수적인 것으로 생각된다.

바. 결론 및 요약

우리나라에서 적갈색 내지 황갈색을 띠는 풍화토 소위 황토에 대하여 대표적 모암에 따른 그 구성광물과 화학성분 등을 검토해 본 결과는 다음과 같다.

- 1) 황토의 구성광물로는 석영과 장석과 함께, 카오린광물, 일라이트, 수산화층간 버미큘라이트(HIV), 운모/버미큘라이트 혼합층광물, 녹니석 등의 점토광물이 다량 함유되고, 각섬석, 침철석, 깁사이트 등이 소량 포함된다.
- 2) 간접적으로 추정된 황토 중의 점토광물 함량은 약 40-80%의 범위로 다량 함유되어, 점토광물이 황토의 물리화학적 특성에 크게 관여하는 것으로 나타났다.
- 3) 황토 중의 카오린광물은 튜브상의 할로이사이트와 불규칙한 외형의 카오리나이트가 혼합되어 나타나며, 상부층인 적갈색 황토에서는 카오리나이트가 아주 우세하고 반면에 하부의 황갈색 시료에서는 할로이사이트가 비교적 많이 포함된다.
- 4) 모암에 따라 황토의 구성광물이 특징적인 차이를 나타내었다. 특히 주라기 화강암과 백악기 화강암에서 주라기 화강암의 것이 상대적으로 많은 카오린광물을 포함하고, 백악기 화강암은 상대적으로 HIV와 일라이트가 다량 포함되는 차이를 나타냈다.
- 5) 황토의 구성광물은 모암 중의 장석과 운모 등의 광물이 화학적 풍화작용을 받아 일라이트, 할로이사이트, 운모/버미큘라이트 혼합층광물, HIV 등으로 변화되고 최종적으로 카오리나이트로 변하는 과정에서 형성된 것으로 나타났다. 황토 중의 이러한 광물조합은 모암의 종류 및 성질, 풍화기간, 풍화조건 등에 좌우되어 여러 형태를 나타내는 것으로 사료된다.
- 6) 모암과 황토와 화학성분을 비교해 보면 Al_2O_3 , Fe_2O_3 , H_2O 등이 황토에서 많아지고, Ca, Mg, Na 등은 다소 적어지는 경향을 보이고 있다. 황토의 주화합성분도 모암의 종류에 따라 다소 다르게 나타나지만, 모암의 성분 차이에 비하여 유사한 범위를 나타낸다.
- 7) 황토에서 P, S, Zr, Sr, Ba, Rb, Ce 등이 대체로 많은 함량을 보이고 있으며, 다음으로 Li, V, Cr, Zn, Co, Ni, Cu, Y, Nb, La, Nd, Pb, Th 등이 약 10 ppm 이

상으로 포함되었다. 미량성분에 있어서 Co를 제외한 대부분의 원소들이 각 모암의 성분에 비교해서 황토에서 각 성분의 함량이 높게 나타났다. 미량성분들도 모암의 종류에 따라 황토 중의 함량이 다소 차이를 나타내었으나, 모암의 성분 차이에 비하여 유사한 범위를 나타내었다.

2. 황토의 물리화학적 특성

가. 황토의 입도 분리와 분산 특성

1) 입도 분리

전북 익산지역의 황토시료를 풍건한 후 #9 (2 mm) 체로 쳐서 자갈크기의 입자를 분리해 내었다. 그 결과 2 mm이하 입자(모래)의 비율은 51.8 %, 2 mm이상 입자(자갈)의 비율은 48.2 %로 나타났다. 2 mm이상 입자의 비율이 매우 높게 나타난 이유는 건조된 황토가 엉어리로 집합되어 있기 때문이다. 따라서 실제 입도 크기로 분리하기 위하여 2 mm이상의 시료를 물에 충분히 세척하여 다시 #9 (2 mm) 체에 통과시켜서 순수 자갈을 분리해 내었다. 이렇게 분리한 결과, 전체 황토에 대한 2 mm이하 입자의 비율은 84.5 %, 2 mm이상 입자의 비율은 15.5 %로 나타났다.

2 μm 이하의 황토입자를 분리하기 위하여 2 mm이하의 황토시료 100 g과 탄산나트륨 용액(1.56 g/l)을 혼합하여 상온에서 24시간 정도 방치하였다. 충분히 현탁시킨 황토용액을 #230 (1/16 mm) 체에 통과시켜 sand와 silt를 분리하였다. 그리고 분리된 silt용액은 원심분리기를 이용한 수중침강법에 의하여 silt와 2 μm 이하의 clay를 분리하였다. 이렇게 분리된 clay는 다시 coarse clay와 fine clay로 분리하였다. Fine clay의 분리는 원심분리기로 0.2 μm 이하의 입자를 포함하는 현탁액을 수집하여 여기에 응집제로 사용되는 NaCl을 넣은 후 0.2 μm 이하의 입자를 응집 및 침강시켰다. 상층액을 부어내고 남은 현탁액에서 엽분을 제거하기 위하여 membrane tube에 넣어 증류수에 2~3일간 담그어 두었다. Membrane tube를 담그어 둔 증류수에 AgNO₃용액을 몇 방울 떨어뜨려 AgCl의 침전 여부를 확인하여 더 이상의 침전이 없으면 membrane tube 내의 현탁액을 건조기에서 일주일간 건조시켜 fine clay를 분리하였다. 이렇게 입도 분리된 황토시료의 무게를 측정하여 전체 황토 100 g에 대한 각각의 비를 측정하고 2 mm이하의 황토에 대한 입도비와 전체 황토에 대한 입도비를 구하였다. 그 결과는 표 2-7과 같다. 그 결과를 보면 황토에서 gravel과 sand가 차지하는 비율이 47 %정도이고 silt와 clay가 53 %정도로 나타났다. 2 mm이하의 입도에서는 sand와 silt가 70 %정도이고 clay가 30 %정도로 나타났으며, clay 중에서도 fine clay는 2.9 %로 소량 포함된다.

천연상태의 미분리 황토(이하 bulk라고 부른다)와 입도 분리한 황토(gravel, sand, silt, coarse clay, fine clay)에 대해서 Hue (색상), Value (명도) / Chroma (채도)를 결정하였다. 그 결과는 표 2-8과 같다. 입도별로 색깔의 차이를 보이는 것은 각 입도별 시료를 구성하고 있는 광물조성의 차이에서 비롯된다. Gravel, sand가 10 YR로서 비교적 옅은 황색을 보이는 것은 석영과 장석의 함량이 비교적 많기 때문이며, bulk, silt, coarse clay가 7.5 YR로서 진한 황색을 띠는 이유는 석영과 장석이 함량이 줄어들어 드는 반면에 카오린광물 및 산화철광물의 비율이 커지기 때문이다. Fine clay가 10 R로서 진한 붉은색을 띠는 것은 fine clay 내에 포함된 산화철광물에 기인하는 것으로 생각되며, 이러한 산화철광물은 그 함량은 매우 적지만 극미립 물질로 황토 전체에 분산되어 있기 때문에 적갈색을 나타내어 황토의 색을 좌우하는 것으로 사료된다(황 등, 2000).

표 2-7. 전북 익산 황토의 입도 분석 결과.

Ratio of the particle sizes of <2 mm Hwangto		Ratio of the particle sizes of whole Hwangto	
Sand	37.5 %	Gravel	15.5 %
Silt	32.7 %	Sand	31.7 %
Coarse clay	26.9 %	Silt	27.6 %
Fine clay	2.9 %	Coarse clay	22.7 %
		Fine clay	2.5 %
Total	100 %	Total	100 %

표 2-8. 황토시료의 입도별 색상.

Particle sizes	Hue	Value / Chroma
Bulk	7.5 YR	7 / 8
Gravel	10 YR	8 / 3
Sand	10 YR	8 / 4
Silt	7.5 YR	7 / 8
Coarse clay	7.5 YR	6 / 8
Fine clay	10 R	5 / 8

2) 분산제에 의한 분산 특성

천연상태의 황토는 pH가 낮아서 증류수에 현탁시키면 수 십분 이내로 대부분의 입자가 응집되어 침전되는 양상을 보인다. 따라서 황토의 현탁성을 향상시키고 미립분의 효과적인 분리를 위해서는 분산제의 사용이 필히 요구된다. 현재 쓰이고 있는

분산제로는 규산나트륨, 가성소다, 과산화수소, 인산나트륨, 탄산나트륨 등이 있으며, 이들 분산제는 토목공사에서 흙입자의 선모화(線毛化)를 방지하기 위해서도 사용되고 있다(채, 1978). 본 연구에서는 이 중에서 유해성이 별로 없다고 판단되는 탄산나트륨(Na_2CO_3)과 인산나트륨($(\text{NaPO}_3)_6$)을 분산제로 채택하여 분산제의 농도를 달리한 수용액 내에서 황토의 현탁성을 조사하였다.

가) 탄산나트륨(Na_2CO_3)에 의한 분산 특성

수용액 내에서 황토가 오랜 시간 부유 상태로 존재하는 현탁성이 가장 우수한 탄산나트륨용액의 최적 농도를 도출하기 위한 실험을 수행하였다. 탄산나트륨용액의 농도별로 14개 시료를 만들어 황토의 현탁성을 측정하였다. 반응 1시간이 경과한 후에 각각의 시료를 피펫으로 10 ml씩 채취하였다. 채취한 각 용액의 pH를 측정하고 UV-Spectrophotometer를 이용하여 파장 410 nm에서 UV흡광도(%)를 측정하였다. 측정 결과는 표 2-9과 같다. 그림 2-6은 탄산나트륨용액의 농도에 따른 UV흡광도의 크기를 나타낸 그래프이다. 황토용액의 pH 분포는 4.9~10.7로 탄산나트륨용액의 농도가 증가할수록 pH는 증가한다. UV흡광도는 탄산나트륨용액의 농도가 0.26~1.56 g/l까지는 점차 증가하다가 1.56~2.60 g/l까지는 99 %이상으로 양호한 결과를 보인다. 5.20 g/l 부터는 94.5 %로 감소하기 시작하다가 26.00 g/l에서는 탄산나트륨을 넣지 않았을 때보다 오히려 분산 정도가 감소하는 양상을 보인다. 따라서 탄산나트륨을 분산제로 사용할 때의 최적농도는 UV흡광도가 99 %이상의 용액 중에서 탄산나트륨의 양이 가장 적은 pH=9.6, 1.56 g/l로 판단된다. 그리고 탄산나트륨을 분산제로 사용할 경우에 26.00 g/l 이상 과다 사용하면 분산제를 사용하지 않았을 때 보다 오히려 그 현탁성이 감소하는 것을 알 수 있다.

탄산나트륨용액의 최적농도(1.56 g/l)에 대해서는 시간별(1, 3, 6, 12, 24시간)로 입자의 침강속도를 측정하였다. 각 시간별로 황토와 혼합시킨 현탁용액을 피펫으로 10 ml씩 채취하였다. 채취한 용액은 pH를 측정한 후 UV흡광도(%)를 측정하였다. 측정 결과는 표 2-10과 같다. 그림 2-7은 반응시간에 따른 UV흡광도의 크기를 나타낸 그래프이다. 시간에 따른 pH는 9.6정도로 별다른 변화는 없으며 6시간 경과까지는 현탁성의 변화를 거의 보이지 않으나 12시간이 경과하면 70 %정도, 24시간 경과하면 50 %정도 현탁성이 감소하는 양상을 보인다. 따라서 탄산나트륨을 분산제로 사용할 경우 최적농도에서도 24시간이 경과하면 그 현탁성이 50 %정도 감소함을 알 수 있다.

표 2-9. 각종 농도의 탄산나트륨 용액에 의한 황토의 현탁도와 pH. 현탁도는 자외선 흡수도에 의함.

Na ₂ CO ₃ (g/ l)	pH	Absorbance (%)
0	4.9	30.8
0.26	6.4	32.3
0.52	6.8	33.4
0.78	7.5	45.4
1.04	8.3	64.1
1.30	9.2	99.3
1.56	9.6	99.7
1.82	9.9	99.6
2.08	10.0	99.6
2.34	10.1	99.6
2.60	10.2	99.3
5.20	10.4	94.5
15.60	10.7	64.1
26.00	10.7	18.9

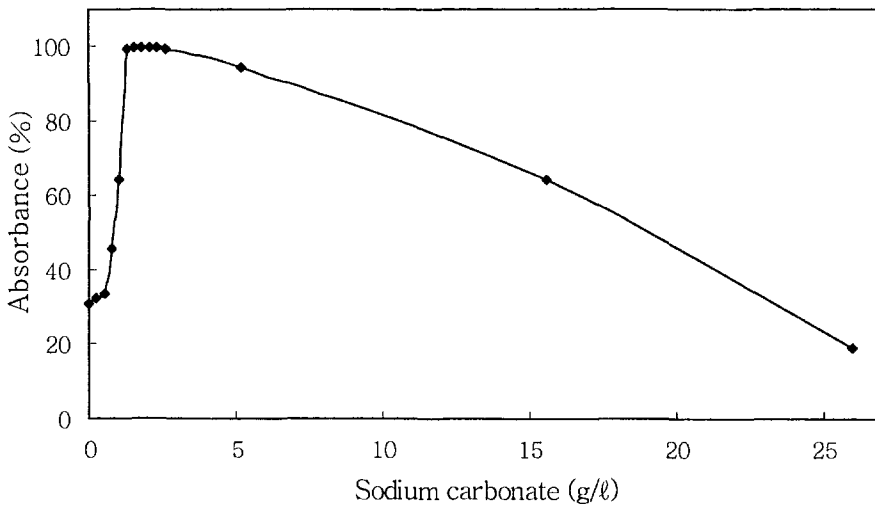


그림 2-6. 탄산나트륨의 농도에 따른 황토의 자외선 흡수도

표 2-10. 탄산나트륨 용액에 의한 황토 현탁액의 시간에 따른 자외선 흡수도 및 pH의 변화.

Contact time (hr)	pH	Absorbance (%)
1	9.6	99.9
3	9.7	99.8
6	9.6	99.0
12	9.6	72.5
24	9.5	54.8

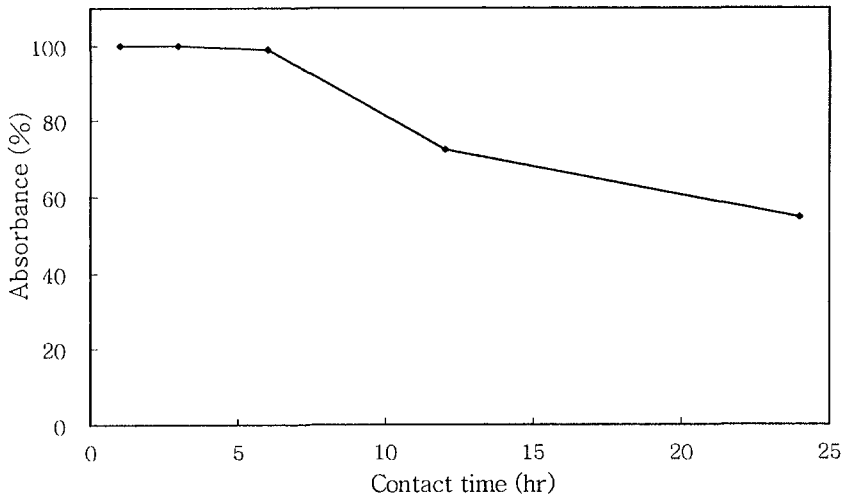


그림 2-7. 탄산나트륨 용액에 의한 황토 현탁액의 시간에 따른 자외선 흡수도.

나) 인산나트륨($(\text{NaPO}_3)_6$)에 의한 분산 특성

인산나트륨에 대해서도 탄산나트륨과 마찬가지로 최적농도 도출을 위한 실험을 행하였다. 인산나트륨용액의 농도별로 9개의 시료를 만들어 황토의 현탁성을 측정하였다. 탄산나트륨과 같은 방법으로 채취한 용액의 pH를 측정한 후 UV흡광도(%)를 측정하였다. 측정 결과는 표 2-11과 같다. 그림 2-8은 인산나트륨용액의 농도에 대한 UV흡광도의 크기를 나타낸 그래프이다. 황토용액의 pH 분포는 4.9~5.4까지의 범위를 나타내고 UV흡광도는 인산나트륨용액의 농도가 0.1~1.0 g/l까지는 계속 증가하며 1.0~40.0 g/l에서는 99 %정도로 양호한 결과를 보인다. 80.0 g/l 부터는 분산정도가

오히려 현저히 감소하는 양상을 보인다. 인산나트륨을 분산제로 사용할 때의 최적농도는 UV흡광도가 99 %이상의 용액 중에서 인산나트륨의 양이 가장 적은 pH=5.2, 1.0 g/l로 판단된다. 인산나트륨은 반응 후 1시간만에 현탁성의 차이를 보인 탄산나트륨과는 달리 분산능이 매우 탁월하여 48시간 방치하여도 분산상태를 유지하였다. 따라서 인산나트륨은 탄산나트륨에 비해서 비교적 소량만 사용하여도 더높은 분산능을 나타내기 때문에 분산제로 더 효과적인 것으로 나타났다.

표 2-11. 각종 농도의 인산나트륨 용액에 따른 황토의 현탁도와 pH.

(NaPO ₃) ₆ (g/l)	pH	Absorbance (%)
0	4.9	30.8
0.1	5.4	41.6
0.4	5.4	83.8
0.8	5.3	98.0
1.0	5.2	99.1
2.0	5.2	99.0
10.0	5.1	98.8
40.0	5.0	98.6
80.0	4.9	21.9

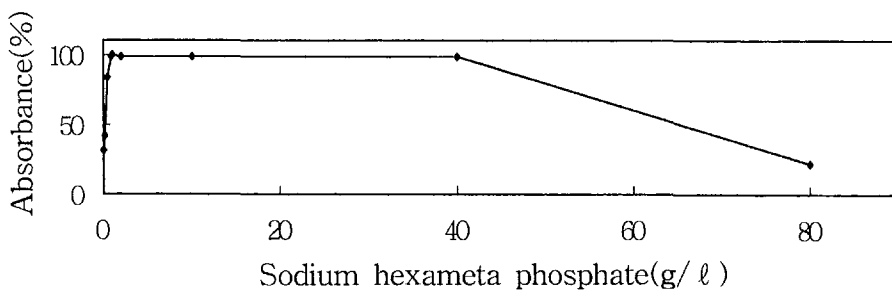


그림 2-8. 인산나트륨의 농도에 따른 황토의 자외선 흡수도

나. 입도별 광물조성과 특성

1) 전체적 구성광물

황토에 포함된 전체적인 구성광물을 알기 위해 각 입도별로 부정방위 시료를 만들어 X-선 회절분석을 하였다.

분석 결과를 그림 2-9, 그림 2-10에 도시하였고 각 입도별 광물조성과 상대적 함량을 표 2-12에 나타내었다. 전체적인 구성광물은 석영과 장석, 일라이트, 카오린광물 등이 나타난다. 장석은 주로 K-feldspar로 구성된다. Gravel은 석영이 대부분이며 장석도 소량 함유되어있다.

Sand 역시 석영과 장석이 주를 이루며 소량의 일라이트와 카오린광물이 나타난다. Silt에서는 석영과 장석의 함량이 줄어들고 일라이트와 카오린광물의 함량이 많아진다. Coarse clay에서는 일라이트, HIV (hydroxy interlayered vermiculite), 카오린광물 등의 점토광물이 주를 이루며 석영은 소량 함유되어있다. Fine clay에서는 전체적으로 X-선 회절선의 강도가 약하게 나타나는데, 이는 미립이고 결정도가 낮은 광물이 다량 포함되기 때문으로 생각된다. Fine clay에서도 일라이트, HIV, 카오린광물 등 점토광물의 회절선이 잘 나타나고 goethite 같은 산화철광물에 해당되는 회절선이 나타난다.

Fine clay의 함량은 전체황토에서 차지하는 비율이 약 2~3 %로 매우 적으며, fine clay에서도 점토광물이 상당량 함유되기 때문에 실제적인 산화철광물의 함량은 극히 적은 것으로 판단된다.

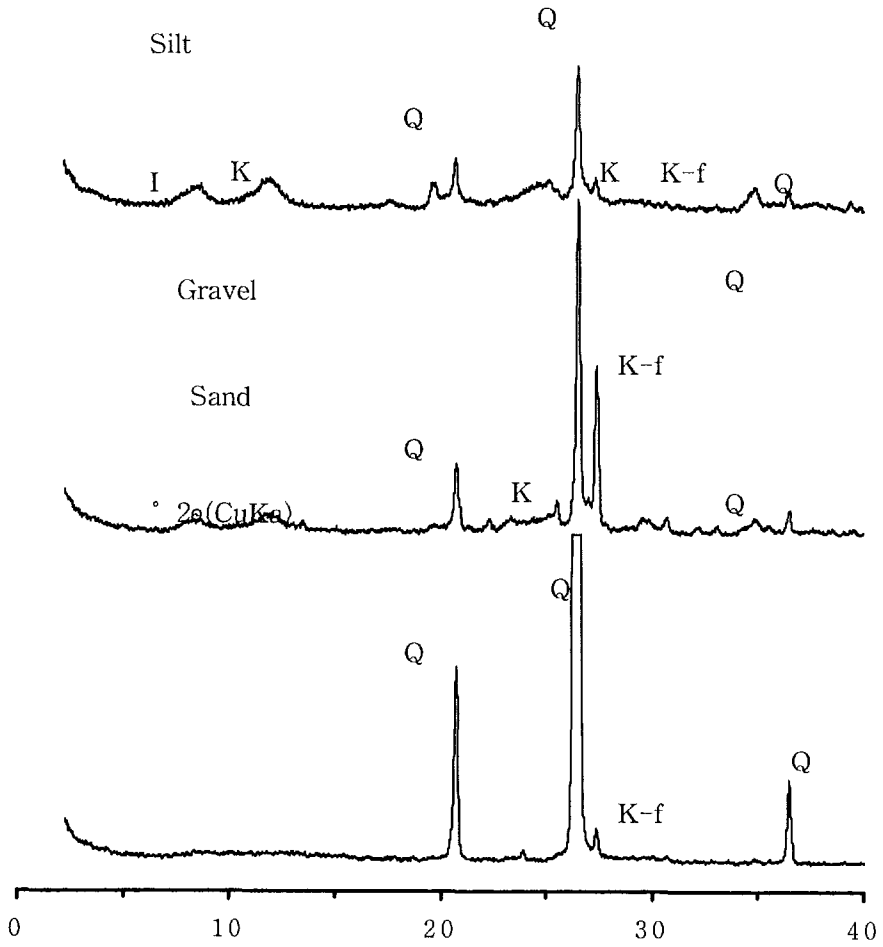


그림 2-9. 황토시료의 입도별 X-선회절 패턴

K; 고령석광물, I; 일라이트, Q; 석영, K-f; K-장석

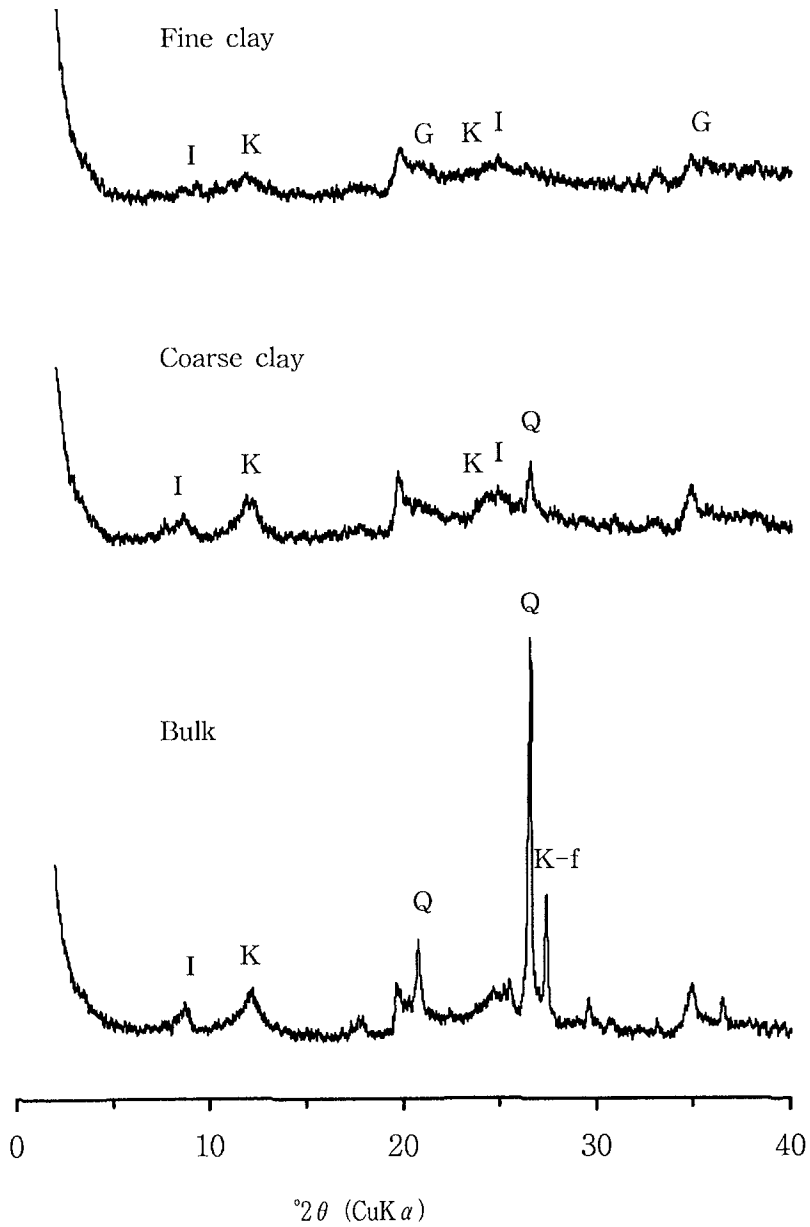


그림 2-10. 황토시료의 입도별 X-선회절 패턴

K; 고령석광물, I; 일라이트, Q; 석영, K-f; K-장석, G; Goethite.

표 2-12. 황토시료의 입도별 구성광물

Particle sizes	Quartz	Feldspar	Illite	Kaolin mineral	HIV	Iron oxides
Bulk	++	+	+	++	+	+
Gravel	+++	+				
Sand	+++	++	+	+		
Silt	++	+	++	++		
Coarse clay	+		++	+++	+	
Fine clay			++	++	+	+

*Abbreviation: HIV; hydroxy interlayered vermiculite.

+++ : Abundant, ++ : Moderate, + : Rare.

2) 점토광물

황토에 포함된 점토광물의 판별을 위해서 coarse clay (<2 μm)와 fine clay (<0.2 μm)에 대하여 정방위시편을 만들어 각각 무처리, 에칠렌글리콜처리, K 이온포화처리 (25 $^{\circ}\text{C}$), K 포화 후 가열처리(300 $^{\circ}\text{C}$, 550 $^{\circ}\text{C}$) 등을 수행하였다. 그 결과는 그림 2-11 과 그림 2-12에 나타내었다. 그림 2-11은 coarse clay의 X-선 회절분석 결과이다. 7 \AA 회절선은 에칠렌글리콜 처리에서 거의 변화가 없으며, K로 포화한 후(25 $^{\circ}\text{C}$)의 X-선 회절선도 본래와 거의 변함이 없었다. K 포화 후 300 $^{\circ}\text{C}$ 로 1시간 동안 가열한 후에도 회절선의 변화가 없다가 550 $^{\circ}\text{C}$ 로 1시간동안 가열하면 7 \AA 회절선과 3.5 \AA 회절선이 사라진다. 이러한 결과로 보아 이 광물은 카오린광물에 해당한다. 10 \AA 회절선은 에칠렌글리콜처리, K 포화(25 $^{\circ}\text{C}$), K 포화 후 300 $^{\circ}\text{C}$, 550 $^{\circ}\text{C}$ 가열처리에서도 회절선의 이동이 보이지 않으므로 일라이트에 해당한다. 14 \AA 회절선은 비교적 약하게 나타난다.

에칠렌글리콜처리, K 포화(25 $^{\circ}\text{C}$)까지는 회절선의 이동이 없다가 K 포화 후 300 $^{\circ}\text{C}$, 550 $^{\circ}\text{C}$ 가열처리에서 10 \AA 로 회절선이 이동한다. 이것으로 볼 때 층간에 Al과 수산기(OH)를 가지는 수산화층간 버미클라이트(HIV)에 해당되는 것으로 보인다(Dixon et al., 1996). 이 광물을 녹니석-버미클라이트 중간체광물 혹은 Al-버미클라이트라고 부르기도 한다(岩生周一 등, 1985).

그림 12는 fine clay의 X-선 회절분석 결과이다. Coarse clay에 비해 미립이고 결정도가 저하되어 회절선의 강도가 약하다. 7 \AA 회절선은 에칠렌글리콜 처리에서 거의 변화가 없으며, K로 포화한 후(25 $^{\circ}\text{C}$)의 X-선 회절선은 피크의 강도가 약해지긴 했으나 회절선의 이동은 없었다. K 포화 후 300 $^{\circ}\text{C}$ 로 1시간 동안 가열한 후에도 회절선의

이동이 없다가 550 °C로 1시간 동안 가열하면 7 Å 회절선과 3.5 Å 회절선이 사라진다. 이러한 결과로 보아 이 광물은 카오린광물임을 알 수 있다. 10 Å 회절선은 예칠렌글리콜처리, K 포화(25 °C), K 포화 후 300 °C, 550 °C 가열처리에서도 회절선의 이동이 보이지 않으므로 일라이트에 해당한다. 14 Å 회절선은 처리결과로 보아 coarse clay와 마찬가지로 HIV로 생각된다. 부정방위시료에서는 소량 관찰되었던 산화철광물의 회절선은 정방위시료에서는 잘 관찰되지 않았다.

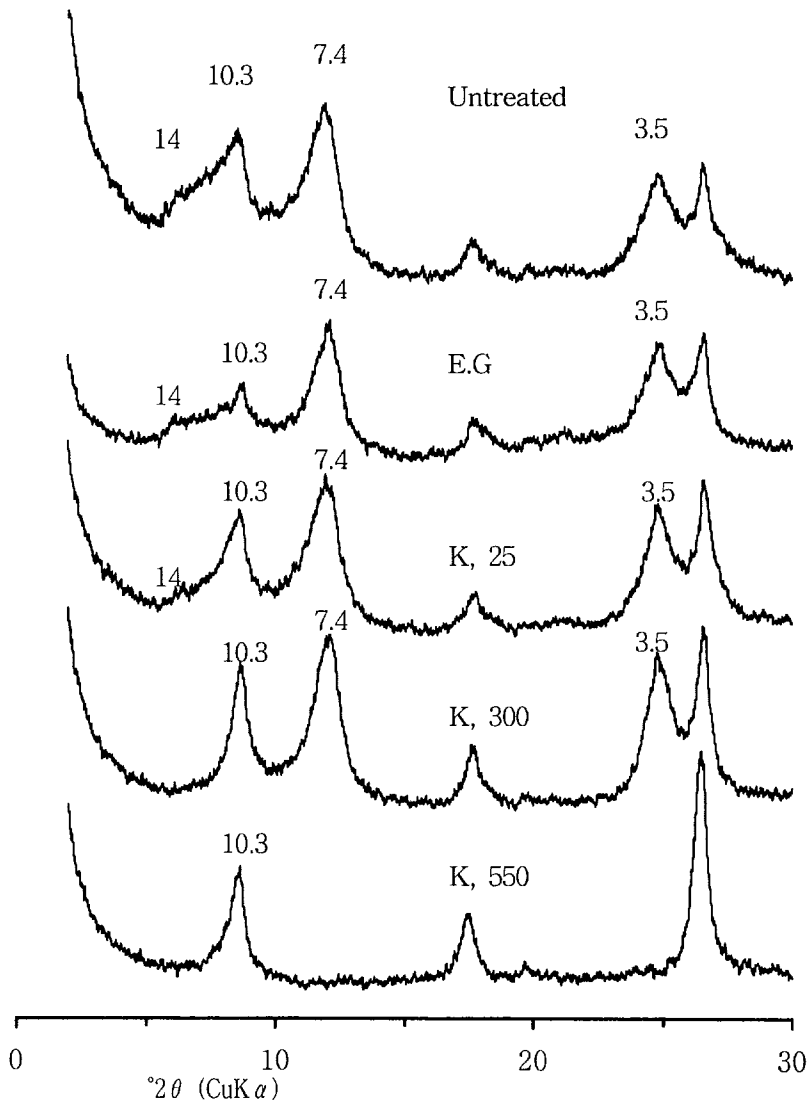


그림 2-11. 황토의 조립점토분에 대한 각종 처리 후의 X-선회절패턴
 면간격의 단위; A, E.G; 에칠렌글리콜 처리, K, 25; K 포화 후 상온 건조,
 K, 300; K 포화 후 300 °C 가열, K, 500; K 포화 후 550 °C 가열

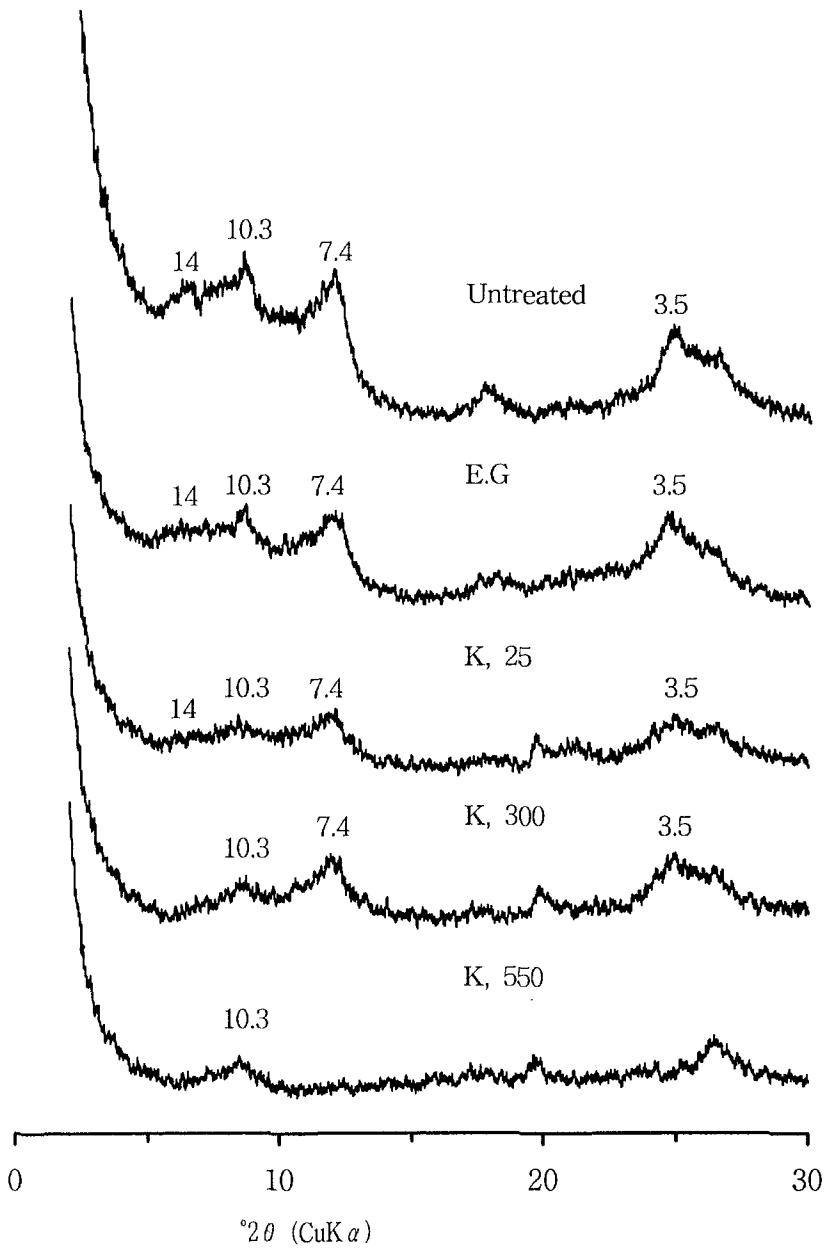


그림 2-12. 황토의 세립점토분에 대한 각종 처리 후 X-선회절패턴
기호는 그림 6과 동일

3) 광물학적 특성

구성광물의 광물학적인 특성을 보다 정확히 파악하기 위해서 X-선 회절분석 외에 적외선분광분석(IR), 시차주사열용량분석(DSC)을 행하였다. 각 입도별로 분리된 시료의 적외선분광분석(IR) 결과는 그림 13과 같다. 3447 cm^{-1} 부근에 나타나는 넓은 흡수띠는 층간수에 의한 것으로 coarse clay와 fine clay에 잘 나타난다.

카오린광물 계통은 보통 $3600\sim 3700\text{ cm}^{-1}$ 사이에 OH의 신축 진동에 의한 2개의 흡수띠가 나타나는데, 일반적으로 3620 cm^{-1} 부근의 흡수띠는 격자내부의 수산기로부터 기인되고 3701 cm^{-1} 부근의 흡수띠는 표면의 수산기로부터 기인된다(Wilson, 1994). 그림 2-13을 보면 측정된 모든 시료에서 3620 cm^{-1} 과 3700 cm^{-1} 에 2개의 흡수띠를 나타내고 입도가 감소할수록 피크의 강도가 커짐을 확인할 수 있다. 따라서 입도가 감소할수록 카오린광물의 함량이 증가함을 알 수 있다. 특히 coarse clay에서 가장 큰 강도를 나타내는 것으로 보아 coarse clay에 카오린광물이 가장 많이 함유되어 있음을 알 수 있고, 이것은 X-선 회절분석결과와 일치한다.

Coarse clay에서 $3600\sim 3700\text{ cm}^{-1}$ 사이의 구간을 자세히 보면 3653 cm^{-1} 에서 하나의 넓은 피크로 나타나는 것으로 보아 결정도가 낮은 카오린광물인 것으로 생각되며, 이는 다른 시료에서도 모두 동일하게 나타난다. 3622 cm^{-1} 의 흡수띠로 보아 일라이트도 포함되며, 938 cm^{-1} 와 916 cm^{-1} 에서의 흡수띠 또한 각기 격자내부와 표면의 OH 진동과 관계된 점토광물의 특징적인 흡수띠인데, 이 흡수띠 역시 sand에서 가장 작고 bulk, silt, fine clay, coarse clay의 순서로 그 강도가 증가한다. 이것 또한 입도 변화에 따른 점토광물의 함량변화를 잘 보여준다.

황토가 원적외선을 다량 방출한다고 알려져 있어 본 연구에서는 원적외선 범위($350\sim 200\text{ cm}^{-1}$)까지 IR분석을 수행하였다. 그 결과는 그림 2-14에 나타내었다. 입도별 시료에 따라 흡수띠가 약간의 차이를 보이긴 하지만 큰 차이가 나타나지 않았다. 따라서 이들 시료에 있어서 원적외선의 흡수 및 방출에 대한 특성이 거의 비슷한 것으로 보인다.

각 입도별로 분리된 시료의 시차주사열용량분석(DSC) 결과는 그림 2-15와 같다. 카오린광물의 OH기 구조수의 탈수작용은 대체로 $400\sim 525\text{ }^{\circ}\text{C}$ 범위에서 일어난다(문희수, 1996). 비교적 넓은 온도범위에서 흡열반응이 일어나는 것은 주로 결정도의 차이와 입도 분포의 차이에 기인한다. 분석 결과에 의하면 5개 시료에 공통적으로 이 범위에서 흡열피크를 보인다. 하지만 sand에서는 흡열피크가 약하고 silt, bulk, clay로 갈수록 그 강도는 커진다. 또한 $40\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 범위에서도 층간수의 탈수에 의한 흡열피

크가 보이는데, 이 피크폭의 변화 역시 입도 변화 순서와 일치한다. Coarse clay의 927 °C와 fine clay의 860 °C부근에서 약한 발열피크가 나타나는데, 이 피크는 메타카올린(metakaolin)에서 물라이트(mullite)로의 전이로 생각된다.

일반적으로 물라이트의 생성은 1000 °C부근에서 나타나지만 fine clay의 미립성과 낮은 결정도 때문에 낮은 온도에서 전이가 발생하는 것으로 사료된다.

그리고 fine clay에서는 coarse clay보다 40 °C정도 낮은 온도인 490 °C에서 탈수작용이 일어나는데, 이것도 역시 그 미립성과 낮은 결정도 때문에 구조수의 탈수가 낮은 온도에서 일어나는 것으로 생각된다. 따라서 극미립의 점토광물은 열적 반응이 낮은 온도에서 일어나는 것을 알 수 있다.

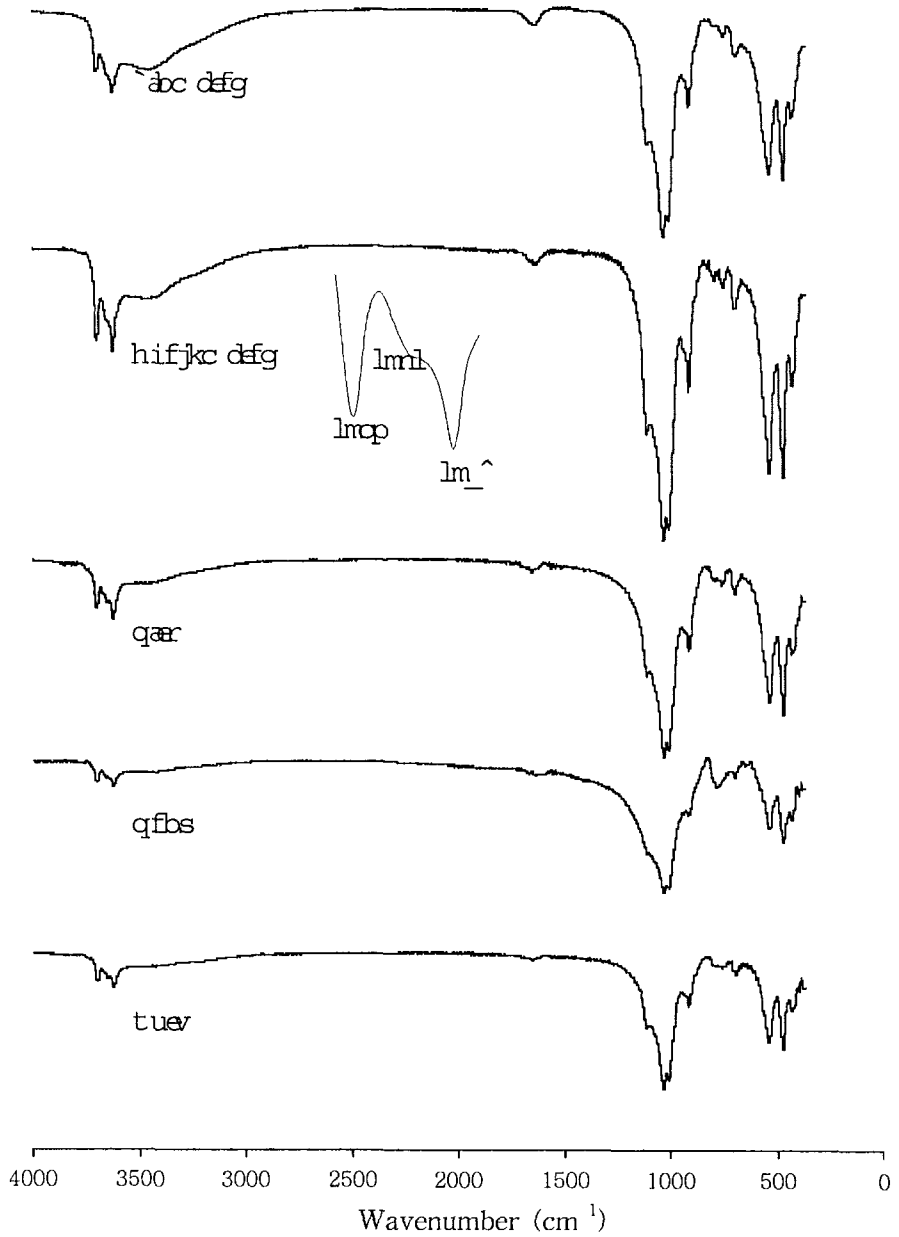


그림 2-13. 황토시료의 입도별 적외선분광분석(IR) 흡수선

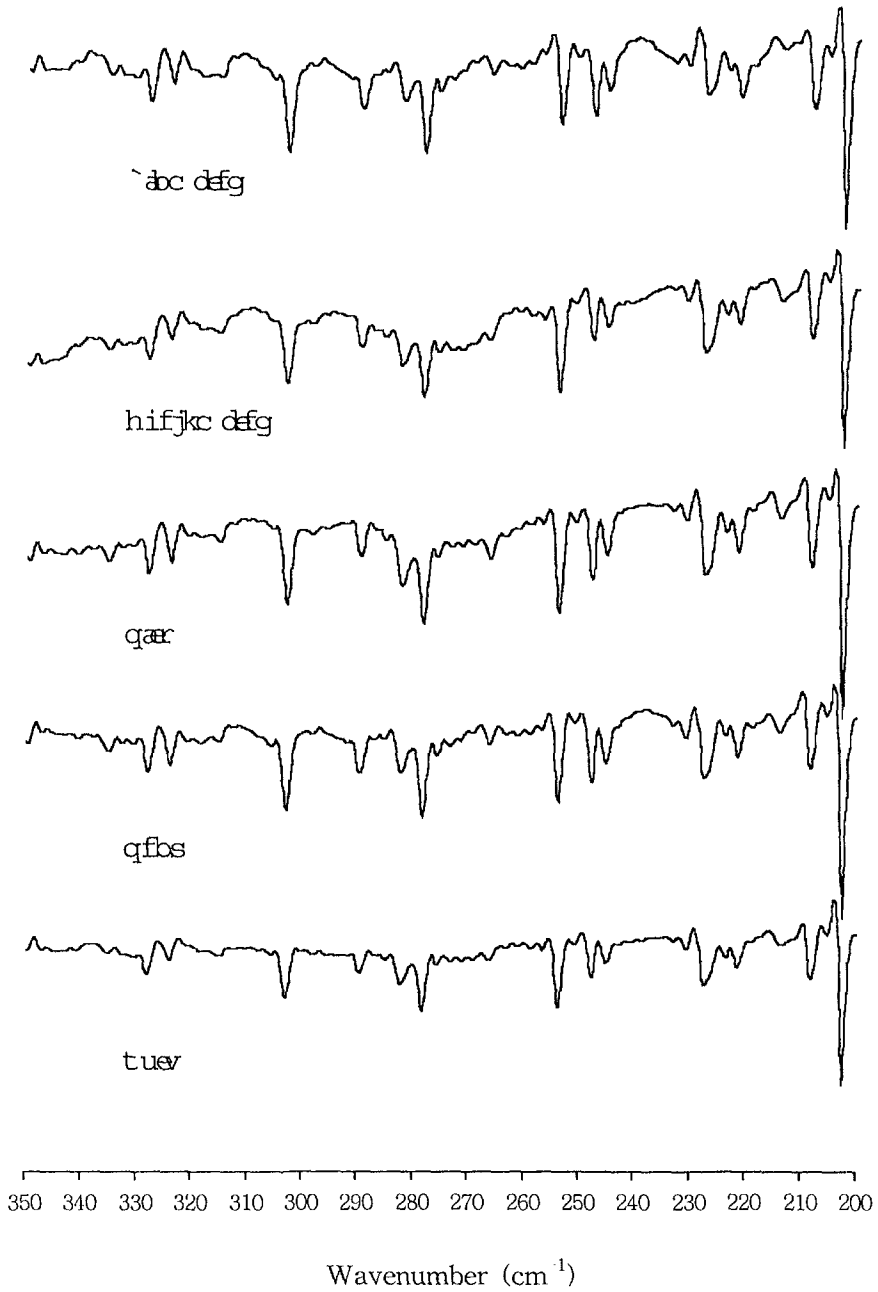


그림 2-14. 황토시료의 입도별 원적외선 흡수선

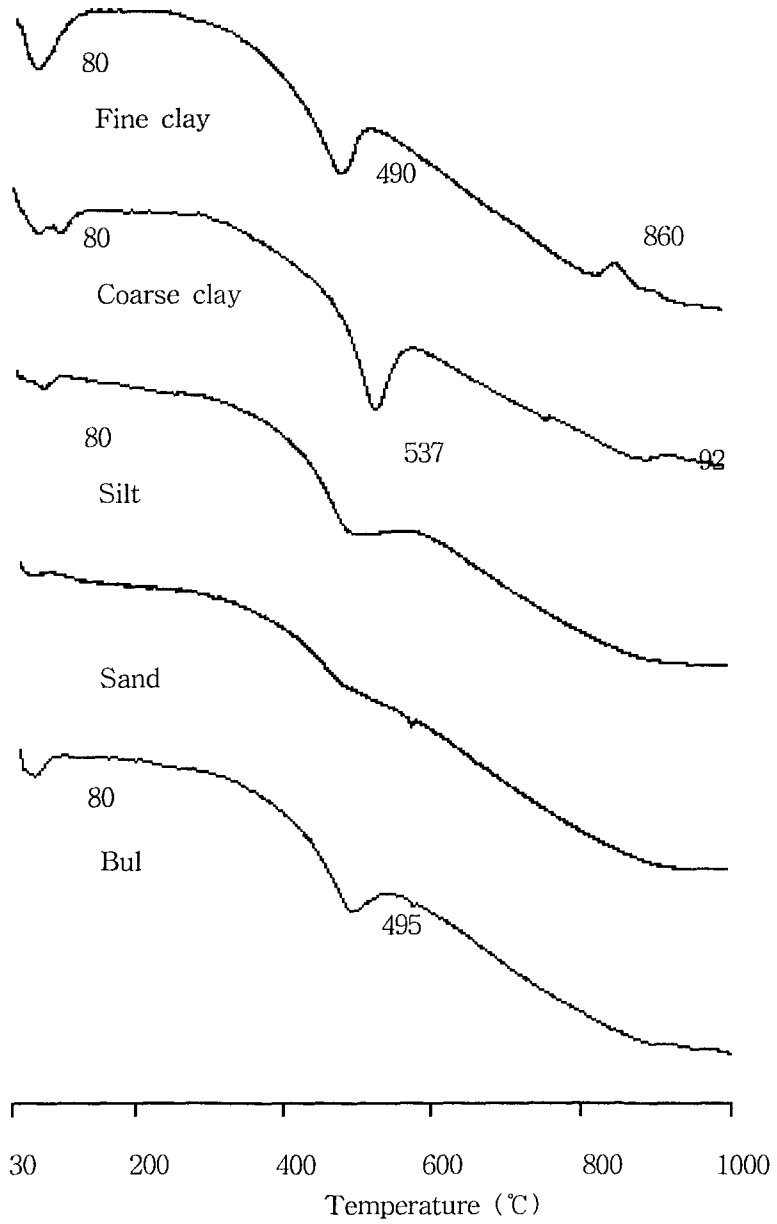


그림 2-15. 황토의 입도에 따른 시차주사열용량분석(DSC).

다. 입도별 화학 성분 및 특성

1) 주성분원소

입도별로 분리한 시료에 대한 주성분원소의 함량은 표 2-13과 같다. 전체적인 주성분원소의 함량을 살펴보면 입도별 시료에 따라 SiO_2 의 함량은 41.78~94.05 %로 가장 넓게 나타나고 Al_2O_3 는 2.49~31.29 %, Fe_2O_3 는 0.90~14.35 %, K_2O 는 1.75~6.16 % 범위로 나타나며, L.O.I (작열감량, 주로 H_2O)는 0.5~10 %의 범위를 보인다. 그림 2-16은 입도별로 주성분원소 함량의 변화를 나타낸 그래프이다.

SiO_2 의 함량변화는 52 %로 그 변화폭이 가장 크고, Al_2O_3 가 29 %정도의 비교적 높은 변화폭을 보인다. Fe_2O_3 는 13 %, K_2O 는 4 %, L.O.I는 9 % 등의 비교적 적은 변화폭을 나타내며 그 외 원소의 함량변화는 미미하다. 그림 2-17에 입도별로 비교적 함량이 많은 주성분원소의 변화를 그래프로 나타내어 보았다. SiO_2 의 함량은 gravel에서 가장 많은데, 이것은 gravel 내의 석영의 함량에 기인하며 입자의 크기가 감소할수록 그 함량도 감소한다.

반면에 Al_2O_3 함량은 입자의 크기가 감소할수록 증가하는데, 이것은 점토광물의 함량이 많아지기 때문이다. K_2O 의 함량은 sand에서 가장 많은데, 이것은 K-feldspar의 함량과 관계되는 것으로 X-선 회절분석 결과와 일치한다. Fine clay에서는 가장 많은 Fe함량을 나타내는데, 이것은 산화철광물에 기인하는 것으로 보인다. H_2O 의 함량은 coarse clay에서 가장 높고 입도가 증가할수록 감소하는 경향을 보인다. 이것은 점토광물의 영향으로 입자의 크기가 작을수록 물을 포함하는 점토광물의 함량이 많아지는 것에 기인한다.

표 2-13. 황토시료의 입도에 따른 주화학적 성분 분석표

(Unit : wt %)

Elements	Bulk	Gravel	Sand	Silt	Coarse clay	Fine clay
SiO ₂	59.19	94.05	70.89	53.57	44.64	41.78
Al ₂ O ₃	22.45	2.49	15.53	26.59	31.29	30.33
Fe ₂ O ₃	5.50	0.90	3.23	5.31	8.70	14.35
K ₂ O	4.38	1.16	6.16	4.45	3.22	1.75
TiO ₂	0.67	0.23	0.69	0.85	0.46	0.47
CaO	0.03	0.01	0.04	0.04	0.11	0.13
MnO	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.08
MgO	0.54	0.05	0.25	0.69	0.87	0.95
Na ₂ O	0.18	0.08	0.42	0.49	0.66	0.31
L.O.I	6.59	0.47	2.87	7.34	10.06	9.84
Total	99.55	99.45	100.09	99.35	100.05	99.99

*Fe₂O₃; total Fe.

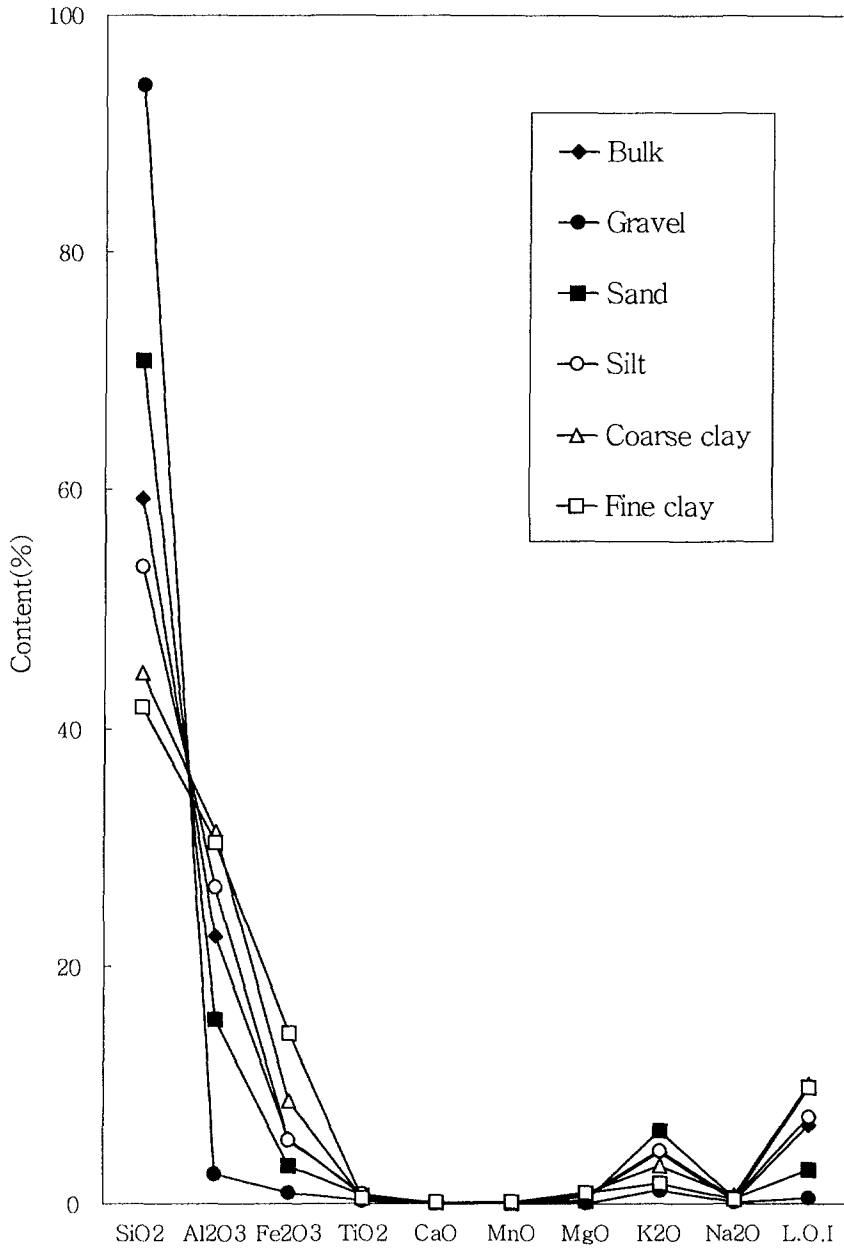


그림 2-16. 황토시료의 입도별 주화학적성분의 변화 양상

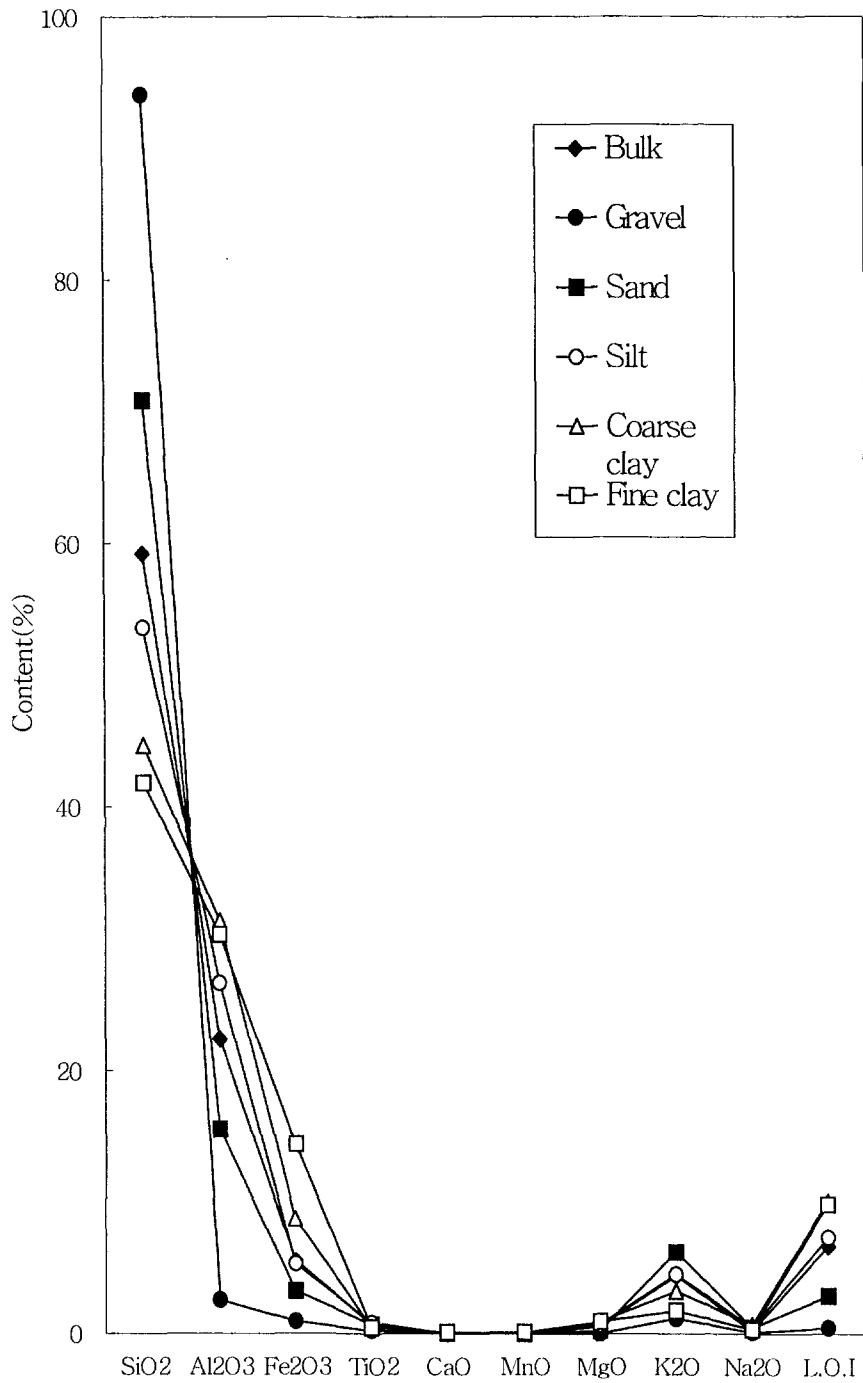


그림 2-17. 황토의 입도별 시료에 따른 주화합성분의 차이

2) 미량성분원소

미량성분원소의 함량은 표 2-14와 같다. 그림 2-18은 각 입도별 미량성분원소 함량의 변화 그래프이다. 전체적인 미량성분원소의 함량을 보면 Zn, Rb, Sr, Ba, Pb의 함량이 비교적 높게 나온다. 특징적인 것은 Ba이 sand에서 1508 ppm으로 가장 높은 함량을 보이고 fine clay에서 가장 적은 144 ppm으로 그 변화폭이 아주 크다. Co, Cu, Zn, Rb, Y, Zr, Lu, Hf, U은 대체로 입자의 크기가 미립일수록 그 함량이 높으며 Co, Nb, Cs, Ba은 fine clay에서 coarse clay보다 오히려 그 함량이 줄어든다. Cr, Ni은 gravel, fine clay에서 그 함량이 많아진다. Nb, La, Pb은 silt에서 그 함량이 커지며 Sr, Ba은 sand에서 비교적 높은 함량을 나타낸다.

이것은 sand의 광물조성과 관계되는 것으로 sand 내의 K-feldspar 내에 Sr, Ba의 치환이 용이하기 때문이며, 특히 Ba의 높은 함량으로 보아 Ba은 주로 K-feldspar 내에 존재함을 알 수 있다. Fine clay에서 비교적 높은 함량을 보이는 원소는 Ni, Cu, Y, Hf, Pb, U이며 이것은 fine clay 내의 미립 점토광물의 영향으로 보인다. Pb의 함량은 bulk에서 다른 시료에 비해 그 함량이 아주 높게 나타난다. 이것으로 보아 Pb는 그 정제과정에서 제거되기 쉬운 형태로 존재함을 알 수 있다.

희토류원소의 함량은 표 2-15와 같다. 그림 2-19는 각 입도별 희토류원소 함량의 변화 그래프이다. Cc의 함량은 특징적인 차이를 보이는데, silt에서 163 ppm으로 가장 많고 gravel에서 가장 적게 나타나며, 다른 원소에 비해 다량 포함되어있다. Silt에서 그 함량이 높은 이유는 X-선 회절선과 비교해 볼 때, 일라이트 내에 Ce이 다량 존재하기 때문인 것으로 생각된다. Nd의 함량은 fine clay가 가장 많고 coarse clay, silt 순으로 감소한다. 그리고 Ce, Nd, Sm 외에는 비교적 낮은 함량을 보인다.

특히 Sm은 bulk에서 그 함량이 가장 많고 gravel과 sand에서는 그 함량이 낮은 것으로 보아 석영과 장석 내에는 거의 없고 점토광물에 존재할 가능성이 많으며, Pb와 마찬가지로 정제과정에서 제거되기 쉬운 형태로 존재함을 알 수 있다. 모든 희토류원소가 입도가 감소함에 따라 그 함량이 증가하는 동일경향을 보이는데, 이는 란타늄에 속하면서 전자구조가 유사하므로 화학성의 유사성을 나타내기 때문인 것으로 생각된다. 전체적인 입도에 따른 희토류원소 함유량의 경향성은 대체로 점토 입자 내에 희토류원소가 존재하기 용이함을 잘 보여준다.

표 2-14. 황토시료의 입도에 따른 미량화학성분 분석표

(Unit : ppm)

Elements	Bulk	Gravel	Sand	Silt	Coarse clay	Fine clay
Cr	57.13	157.61	66.27	38.22	71.13	161.03
Co	10.90	2.40	5.13	12.16	42.56	23.34
Ni	32.91	72.61	25.69	19.75	20.26	87.10
Cu	21.08	14.39	24.98	18.54	46.55	49.81
Zn	187.18	91.88	112.15	147.90	219.95	268.77
Rb	280.76	46.64	246.73	305.93	324.29	116.20
Sr	94.82	31.46	186.58	51.76	31.61	18.69
Y	18.92	1.70	4.68	12.87	42.76	52.34
Zr	33.82	7.79	11.01	25.33	125.83	112.15
Nb	19.84	7.83	19.58	24.01	14.53	14.75
Cs	8.95	0.62	0.52	8.64	17.19	2.16
Ba	797.04	256.67	1508.92	450.79	420.45	144.49
La	54.69	9.89	20.29	126.63	80.71	82.95
Hf	2.90	0.96	0.95	2.27	4.65	6.32
Ta	4.12	2.14	3.72	4.40	2.57	2.73
Pb	307.50	105.86	108.07	58.04	67.72	175.81
Th	22.10	3.93	9.12	23.30	5.95	11.11
U	2.91	0.76	1.80	3.22	3.03	4.08

표 15. 황토시료의 입도에 따른 희토류원소 분석표

(Unit : ppm)

Elements	Bulk	Gravel	Sand	Silt	Coarse clay	Fine clay
Ce	88.65	18.98	37.72	163.09	115.60	136.40
Pr	10.38	2.12	5.29	16.92	15.75	20.21
Nd	36.45	7.43	15.90	55.01	57.90	76.39
Sm	63.22	1.25	2.37	8.04	11.25	15.96
Eu	1.48	0.30	0.82	1.76	2.56	4.04
Gd	6.17	2.23	2.22	6.44	11.36	16.47
Tb	0.75	0.11	0.23	0.79	1.50	2.31
Dy	3.51	0.48	1.07	3.25	7.61	11.92
Ho	0.64	0.08	0.15	0.53	1.42	2.17
Er	1.64	0.23	0.42	1.37	3.86	5.85
Tm	0.23	0.03	0.05	0.18	0.54	0.82
Yb	1.54	0.28	0.40	1.20	3.41	5.14
Lu	0.21	0.03	0.06	0.17	0.49	0.73

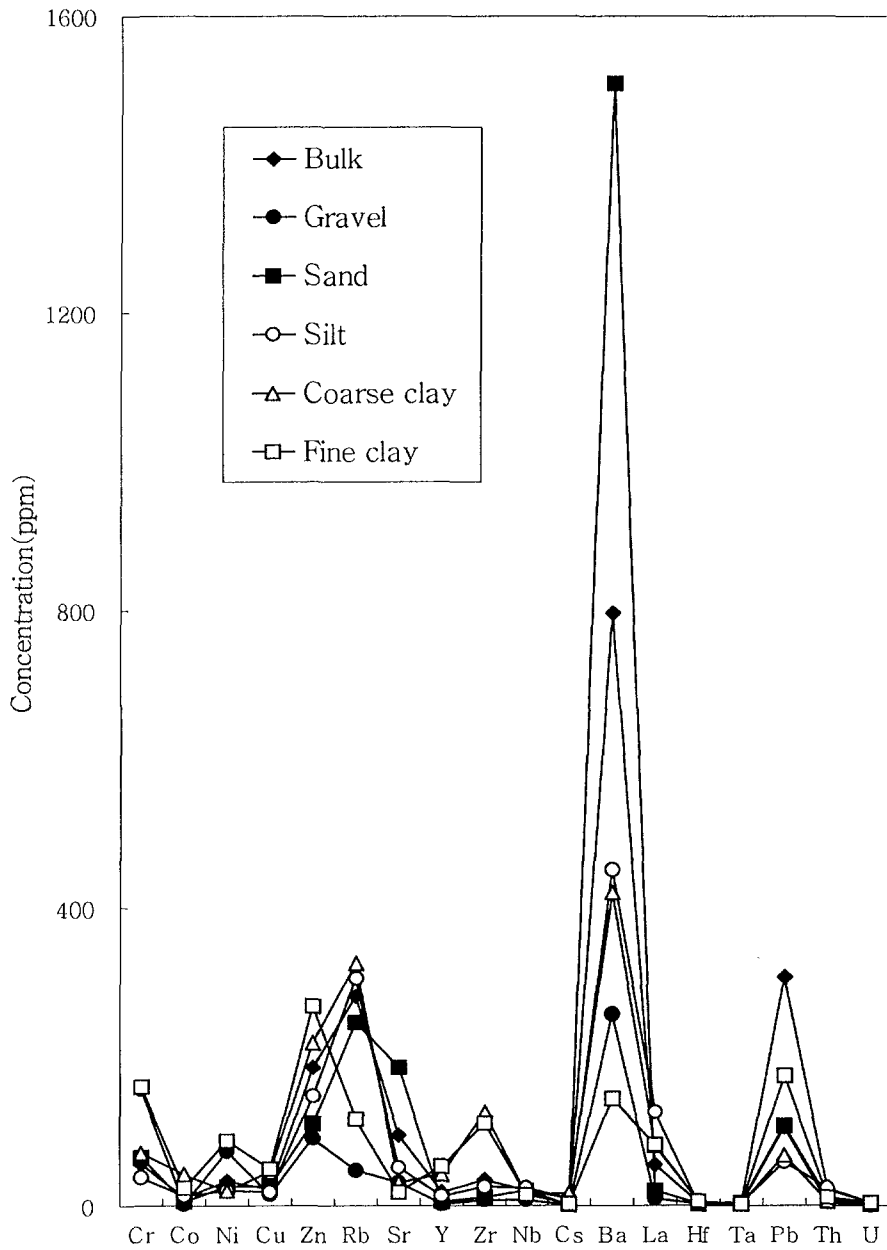


그림 2-18. 황토시료의 입도별 미량화학생분의 차이

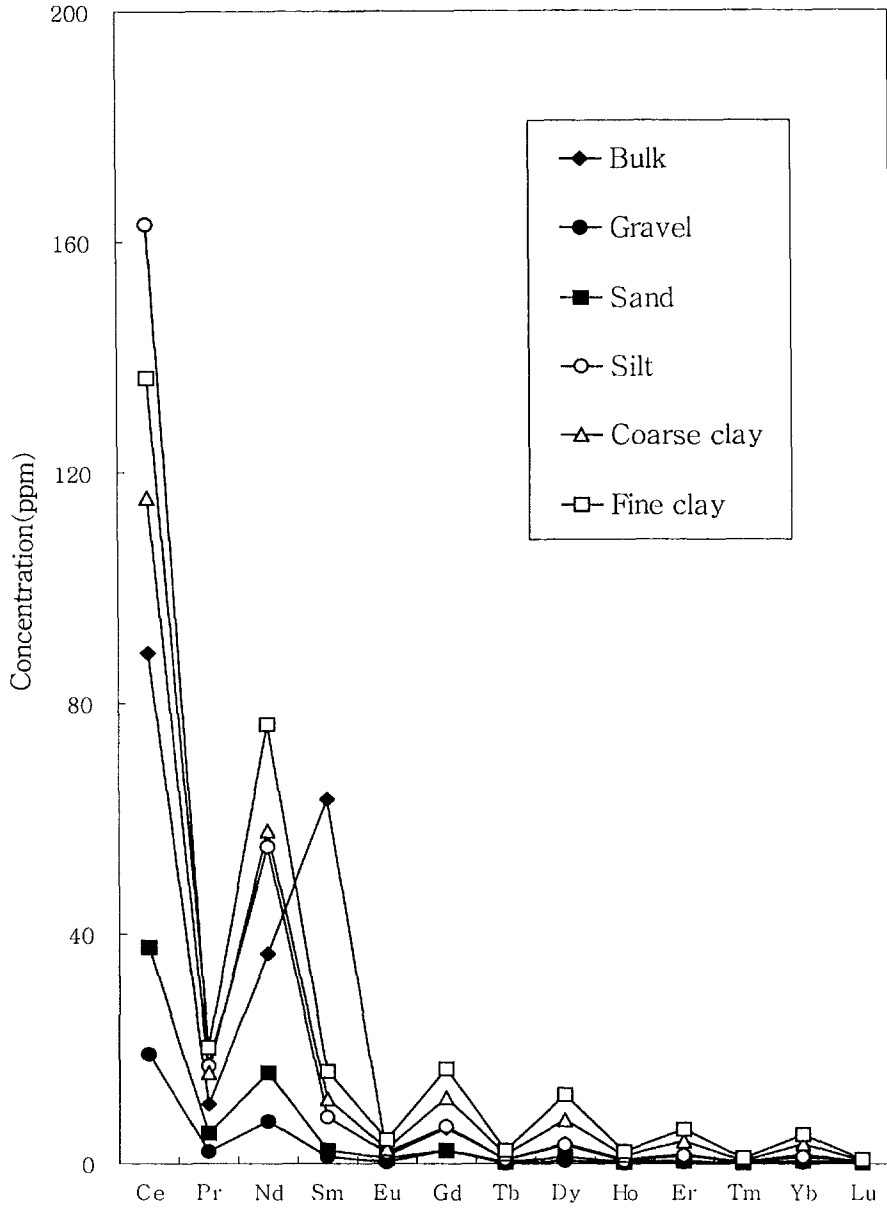


그림 2-19. 황토시료의 입도별 희토류원소의 차이

3) 기타 화학적 특성

황토의 입도에 따른 양이온치환용량(Cation Exchange Capacity : CEC)을 측정하였다. 그 결과는 표 2-16과 같다. 분석 결과, 교환성 양이온의 함량은 Ca이온이 5.25~45.3 meq/100g의 범위를 보이며, Mg이온은 1.40~21.43 meq/100g, K이온은 4.11~20.85 meq/100g, Na이온은 0.35~1.10 meq/100g의 범위를 나타내었다. 전체적으로는 Ca>Mg>K>Na의 순서를 보였다. 양이온치환용량은 fine clay에서 가장 높고 sand에서 가장 낮게 나타났으며, 입자의 크기가 감소할수록 양이온치환용량은 대체로 증가하는 양상을 보인다.

황토의 입도별로 밀도를 측정하였다. 그 결과는 표 2-17과 같다. Coarse clay, fine clay가 다른 시료에 비해 높게 나타났고 bulk, gravel, silt는 비슷하게 나타났다. 따라서 밀도 역시 입자의 크기가 감소할수록 증가하는 양상을 보여준다.

표 2-16. 황토시료의 입도별 교환성 양이온 함량

Particle sizes	pH	Exchangeable cations (meq/100g)					CEC (meq/100g)
		Ca	Mg	K	Na	H ⁺	
Bulk	6.70	9.58	8.04	5.38	1.10	6.60	30.70
Sand	7.03	5.25	1.40	5.73	0.35	-0.66	12.07
Silt	7.05	14.61	5.54	4.11	0.94	-1.10	24.10
Coarse clay	7.17	32.85	6.76	6.17	1.38	-3.74	43.42
Fine clay	7.01	45.30	21.43	20.85	0.98	-0.22	88.34

표 2-17. 황토시료의 입도별 밀도

Particle sizes	Density (g/cm ³)
Bulk	2.78
Gravel	2.68
Sand	2.62
Silt	2.83
Coarse clay	3.02
Fine clay	3.08

라. 금속이온의 흡착 및 용출 특성

1) 산·알카리에 의한 용출 실험

산과 알카리는 토양 중에 포함된 이온이나 원소가 교환되기 용이한 격자 위치에 있는 원소 혹은 콜로이드 입자의 표면에 흡착된 원소를 분해하는데 용이하다. 산에 의한 용출 실험 결과는 표 2-18과 같다. 그림 2-20은 각 입도별 이온의 추출량의 변화를 나타낸 그래프이다. 실험 결과를 보면 Pb, Cr, Zn, Mn, Ba, Mg, K의 함량은 입도 변화에 따라서 별다른 변화를 보이지 않는다.

특히 Ba은 미량성분원소분석에서 sand 내에 다량 함유하는 것으로 나타났으나 용출량은 거의 없는 것으로 보아 장석 중의 Ba은 장석 내에 고정되어 있어 잘 빠져 나오지 않는 것으로 생각된다. Si, Ca, Fe의 함량은 입자가 감소할수록 소량 증가하며 Al, Na의 함량은 입자가 감소함에 따라 그 함량이 확연히 커진다. 특히 Si와 Al은 fine clay에서 그 함량이 많은데, 이것은 점토광물의 규산염층이 일부 분해되기 때문이라고 생각되며, 특히 미립이고 결정도가 낮은 점토광물의 구조분해가 비교적 용이함을 알 수 있다.

알카리에 의한 용출 실험 결과는 표 2-19과 같다. 그림 2-21은 각 입도별 이온의 추출량의 변화를 나타낸 그래프이다. 실험 결과를 보면 전체적으로 산 추출에 비해 그 양이 비교적 적게 나타난다. Al과 Si의 함량은 입자의 크기가 감소할수록 증가하며 fine clay에서 가장 많은 함량을 보인다.

표 2-18. 황토시료의 0.1 N HCl에 의해 용출된 양이온 분석표

(Unit : ppm)

Elements	Bulk	Sand	Silt	Coarse clay	Fine clay
Pb	0.039	0.013	0.038	0.104	0.200
Cr	0.003	0.001	0.001	0.001	0.002
Zn	0.042	0.062	0.069	0.085	0.129
Mn	0.094	0.030	0.044	0.077	0.247
Fe	0.186	0.289	0.259	0.388	0.801
Ba	0.214	0.091	0.244	0.420	0.159
Si	0.734	0.958	0.626	2.408	5.222
Al	4.960	1.925	1.458	4.887	14.926
Ca	1.305	0.880	1.739	3.109	4.553
Mg	0.545	0.182	0.418	0.716	1.187
Na	0.844	4.013	10.888	16.988	11.648
K	0.990	1.044	0.746	0.521	3.776

표 2-19. 0.1N NaOH 수용액에 의한 용출 양이온 함량.

(Unit : ppm)

Elements	Bulk	Sand	Silt	Coarse clay	Fine clay
Pb	0.004	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Cr	N.D.	N.D.	0.002	0.002	N.D.
Zn	N.D.	0.011	0.004	N.D.	0.002
Mn	0.001	N.D.	0.003	N.D.	0.003
Fe	0.104	0.103	0.039	0.069	0.330
Ba	N.D.	N.D.	0.004	N.D.	N.D.
Si	5.197	2.764	2.213	7.270	19.982
Al	12.017	3.428	4.804	14.347	39.277
Ca	0.018	0.006	0.064	0.054	0.080
K	0.268	0.012	N.D.	N.D.	0.524

*Abbreviation: N.D.; not detected.

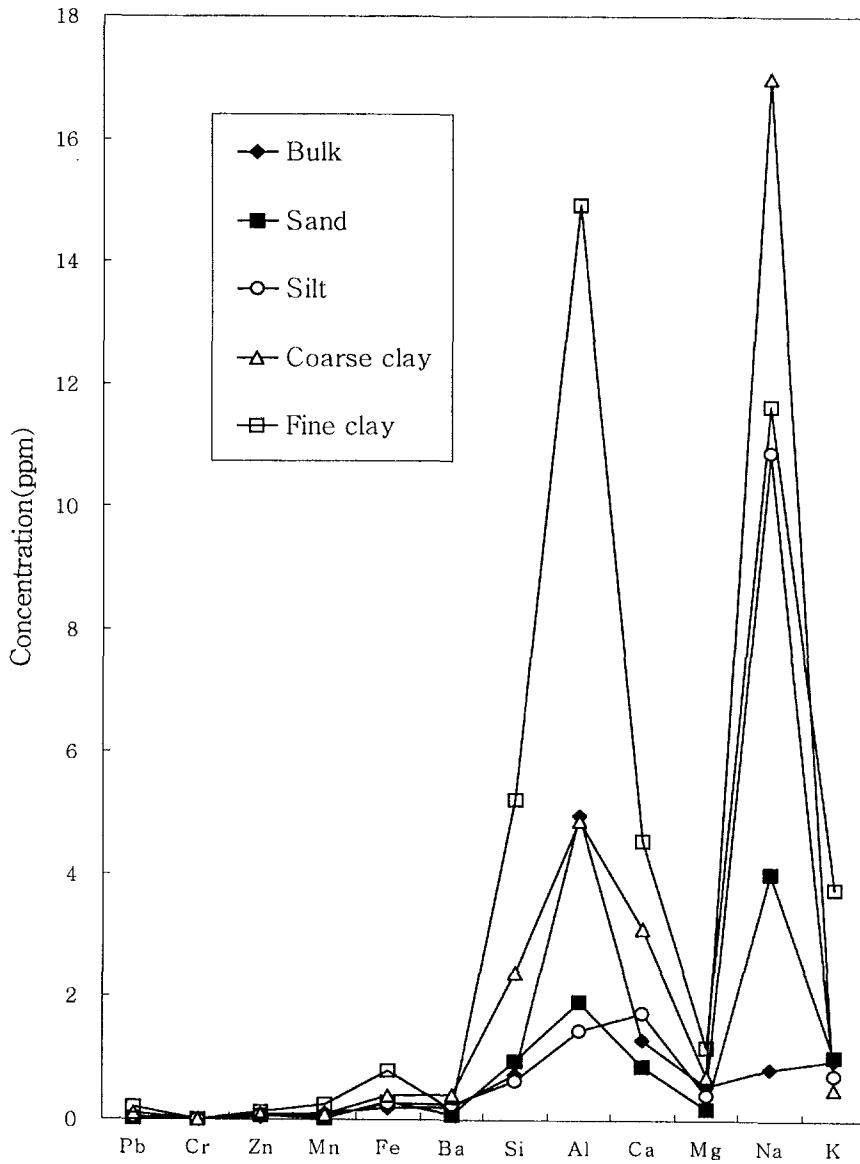


그림 2-20. 황토시료의 입도별 0.1 N HCl에 의한 용출 양이온의 차이.

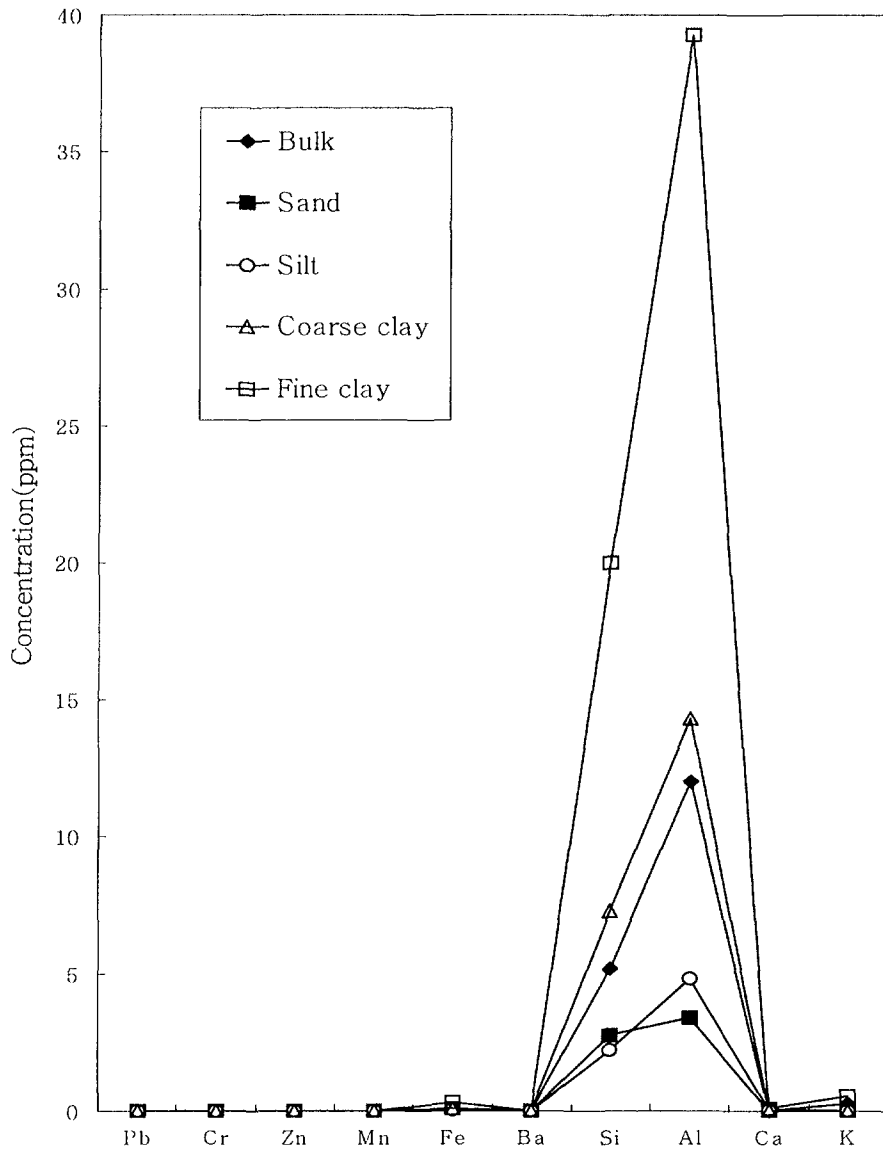


그림 2-21. 황토시료의 입도별 0.1 N NaOH에 의한 용출 양이온의 차이.

2) 금속이온의 흡착 실험

입도 분리한 황토시료 bulk, sand, silt, coarse clay, fine clay의 5가지 시료에 대해서 pH 변화에 따른 금속이온의 흡착 특성과 용출 특성을 조사하였다. 0.1 N HCl과 0.1 N NaOH를 사용하여 금속용액의 pH를 2, 4, 6으로 조절하였다. 입도 분리된 시료 0.2 g에 pH가 조절된 50 ml의 중금속 용액을 넣고 반응시켰다. 각 시료에 대한 금속이온의 잔존량을 측정된 후 blank용액의 농도에서 각 이온의 잔존량을 가감하여 pH 변화에 따른 금속 이온의 흡착량과 용출량을 검토하였다.

표 2-20은 pH=2에서 금속이온의 흡착실험 결과이다. 표 2-21은 pH=2에서 금속이온의 흡착량과 용출량을 나타낸 것이고, 그림 2-17은 그 결과를 각 입도별로 도시한 그래프이다. 금속이온의 농도 0을 중심으로 -방향이 흡착량이며 +방향이 용출량이다. pH=2에서는 전체적으로 흡착량이 적은 가운데 Cr, Fe, Ba은 2~4 ppm정도의 흡착량을 보인다. Na, Al, Ca의 용출량이 비교적 많은데, Na은 coarse clay에서 가장 많고 sand와 bulk에서는 적은 흡착량을 보인다. Al은 fine clay에서 가장 많고 그 외에는 비교적 적은 흡착량을 보인다. 전체적인 흡착량과 용출량은 입자의 크기가 감소할수록 증가하는 경향을 보인다.

표 2-22는 pH=4에서 금속이온의 흡착실험 결과이다. 표 2-23은 pH=4에서 금속이온의 흡착 및 용출량을 나타낸 것이고, 그림 2-23은 그 결과를 각 입도별로 도시한 그래프이다. pH=4에서 금속이온의 흡착량은 pH=2에서보다 증가한다. Pb는 coarse clay와 fine clay에서 8 ppm정도로 가장 많은 흡착량을 보이며 silt, bulk, sand 순으로 감소한다.

Cu는 coarse clay, fine clay, silt에서 4 ppm정도의 흡착량을 보이고 bulk와 sand에서는 흡착량이 거의 없다. Ba은 coarse clay, fine clay에서 4 ppm정도이며 bulk와 sand에서는 흡착량이 거의 보이지 않는다.

Zn은 coarse clay, fine clay, silt에서 3~2 ppm정도의 흡착량을 보이고 bulk와 sand에서는 흡착량이 거의 없다. Cd은 비교적 흡착량이 적게 나타났다. 용출량은 Ca과 K에서 소량 나타나는데, pH=2에서의 실험 결과에 비해 K의 용출량이 증가한다. pH=4에서도 금속이온의 흡착과 용출의 정도는 입도 변화의 순서와 대체로 일치함을 알 수 있다.

표 2-24는 pH=6에서 금속이온의 흡착실험 결과이다. 표 2-25는 pH=6 에서 금속이온의 흡착 및 용출량을 나타낸 것이고, 그림 2-24는 그 결과를 각 입도별로 도시한 그래프이다. pH=6에서는 금속이온의 흡착량이 가장 많다. Pb는 coarse clay, fine clay에서 9 ppm정도로 가장 많고 silt, sand, bulk로 갈수록 흡착량이 감소한다.

미량성분원소분석 결과를 보면 Pb는 bulk에서 가장 많고 다른 입도별 시료에서는 적은량을 보였다. 이것으로 보아 Pb는 정제과정에서 흡착과 탈착이 비교적 용이한 원소임을 알 수 있다. Cu는 coarse clay, fine clay에서 8~7 ppm정도이고 bulk에서는 적은 흡착량을 보인다. Ba는 coarse clay, fine clay, silt에서 6~5 ppm정도이고 bulk와 sand에서는 적은 흡착량을 보인다. Zn은 coarse clay, fine clay, silt가 5~3 ppm정도이고 bulk와 sand에서는 적은 흡착량을 보인다. Cd은 모든 시료에서 3 ppm이하로 금속이온 중에서 가장 적은 흡착량을 보인다.

전체적인 금속이온의 흡착정도는 $Pb > Cu > Ba > Zn > Cd$ 의 순으로 나타났다. 용출량은 pH=4에서와 마찬가지로 Ca과 K에서 소량 나타난다. pH=6에서도 금속이온의 흡착과 용출의 정도는 입자 크기가 감소할수록 증가하는 양상을 보인다.

pH 변화에 따른 Pb, Cu, Zn, Cd, Ba이온의 제거율을 각 입도별로 비교해 보았다. 그 결과는 표 26과 같다. 그리고 bulk와 coarse clay에 대한 pH 변화에 따른 금속이온의 제거율을 그림 25과 그림 26에 도시하였다.

모든 시료에서 그 제거율의 차이는 있으나 각 금속이온의 제거경향은 비슷하게 나타났다. pH=2에서는 입도 변화에 따른 금속이온의 제거율은 거의 없고 pH가 커질수록 제거율도 증가하며 pH=6에서 가장 높은 제거율을 보인다. 입도 변화에 따른 금속이온의 제거율 순서를 살펴보면 모든 pH에서 $Pb > Cu > Ba > Zn > Cd$ 의 순서를 보인다. Pb이온의 제거율만 살펴보면 bulk와 sand에서는 50 %이하이며 silt, coarse clay, fine clay에서는 76~92 %정도의 우수한 제거율을 보인다. 이것은 입자의 크기가 감소할수록, 즉 점토광물의 함량이 증가할수록 흡착능이 증가함을 의미한다.

이러한 황토의 입도 변화에 따른 흡착량을 조사해 본 결과, 황토가 높은 흡착성을 보이는 주된 원인은 clay, silt와 같은 미립분의 흡착능에 기인하며 황토를 흡착제로 사용할 때에 황토 내의 sand, gravel 등과 같은 조립분은 오히려 그 흡착능을 감소시킬 것으로 사료된다.

금속이온의 등은 흡착 특성을 파악하기 위하여 Pb, Cu, Zn, Cd, Ba의 5가지 용액 50 ml에 대하여 pH=4, 초기 농도 10 ppm, 온도 25 °C를 유지하며 coarse clay의 양을 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 및 1.0 g으로 변화시켜가며 1시간 동안 반응시켜 coarse clay양의 변화에 따른 금속이온의 흡착량(mg/l)과 잔류량(mg/l)을 측정하였다. 그 결과는 표 27, 표 28과 같다. Freundlich 등은 흡착식의 적용은 아래의 식으로 검토하였다 (Organ Altun et al., 1998).

$$X/M = KC^{1/n}$$

X : 흡착 평행시 흡착된 금속이온의 흡착량(mg/l)

M : Coarse clay의 양(g)

K : 흡착계수

C : 흡착 평행시 잔존하는 금속이온의 양(mg/l)

양변에 대수를 취하면

$$\log X/M = \log K + 1/n \log C$$

농도에 따른 등은 흡착 곡선을 그림 2-27에 도시하였고, Freundlich 등은 흡착 그래프를 그림 2-23에 나타내었다. 그림 2-27에서 보듯이 Pb에 대한 흡착성이 가장 뛰어났고 Cd의 흡착은 가장 낮게 나타났다. 그림 2-28에서 절편과 기울기로부터 coarse clay에 대한 각 금속이온의 흡착계수(K)와 1/n값을 구하였다. 흡착계수는 Pb가 -0.54, Cu가 -0.70, Ba이 -1.13, Zn이 -1.18, Cd이 -1.22로서 Pb가 가장 높고 Cd이 가장 낮게 나타났다. 1/n값은 Pb는 0.19, Cu가 0.16, Zn이 0.27, Cd이 0.23, Ba이 0.25로서 Cu가 가장 적고 Zn이 가장 크게 나타났다.

일반적으로 Freundlich 흡착식에 있어서 1/n의 값이 0.1~0.5의 범위에서 흡착이 잘 일어나고 2이상이면 흡착이 불량하다고 알려져 있다(Castellian, 1978). 전체적으로 0.16~0.27의 범위로 아주 양호한 흡착능을 보여주며 Freundlich 흡착식에 잘 적용되었다.

표 2-20. 입도별 황토시료의 중금속 흡착실험 후 잔류량 (pH=2).

(Unit : ppm)

Elements	Bulk	Sand	Silt	Coarse clay	Fine clay	Blank
Pb	9.96	10.01	9.71	9.64	9.82	9.98
Cu	10.37	10.65	10.58	10.27	10.46	10.48
Cr	9.36	9.75	9.36	7.85	6.92	10.21
Zn	10.44	10.49	10.40	10.35	10.43	10.45
Cd	10.44	10.38	10.40	10.28	10.30	10.18
Mn	10.29	10.17	10.15	10.04	10.31	10.28
Fe	7.97	9.00	6.31	7.06	9.06	9.87
Ba	10.02	10.23	10.15	10.14	8.00	10.09
Si	0.23	0.34	0.13	0.46	1.17	0.01
Al	5.20	2.32	2.02	4.55	13.12	0.02
Ca	2.66	0.76	1.82	3.19	4.41	0.02
Mg	0.47	0.18	0.39	0.73	1.35	0.01
Na	1.01	4.11	10.80	15.49	11.42	0.15
K	0.86	0.90	0.85	0.85	1.12	0.77

표 2-21. 입도별 황토시료의 중금속의 흡착량 및 용출량 (pH=2).

(Unit : ppm)

Elements	Bulk	Sand	Silt	Coarse clay	Fine clay
Pb	-0.02	+0.03	-0.27	-0.34	-0.16
Cu	-0.11	+0.17	+0.10	-0.21	-0.02
Cr	-0.85	-0.46	-0.85	-2.36	-3.29
Zn	-0.01	+0.04	-0.05	-0.10	-0.02
Cd	+0.26	+0.20	+0.22	+0.10	+0.12
Mn	+0.01	-0.11	-0.13	-0.24	+0.03
Fe	-1.90	-0.87	-3.56	-2.81	-0.81
Ba	-0.07	+0.14	+0.06	+0.05	-2.09
Si	+0.22	+0.33	+0.12	+0.45	+1.16
Al	+5.18	+2.30	+2.00	+4.53	+13.10
Ca	+2.64	+0.74	+1.80	+3.17	+4.39
Mg	+0.46	+0.17	+0.38	+0.72	+1.34
Na	+0.86	+3.96	+10.65	+15.34	+11.27
K	+0.09	+0.13	+0.08	+0.08	+0.35

* -: The amount of adsorption, +: The amount of desorption.

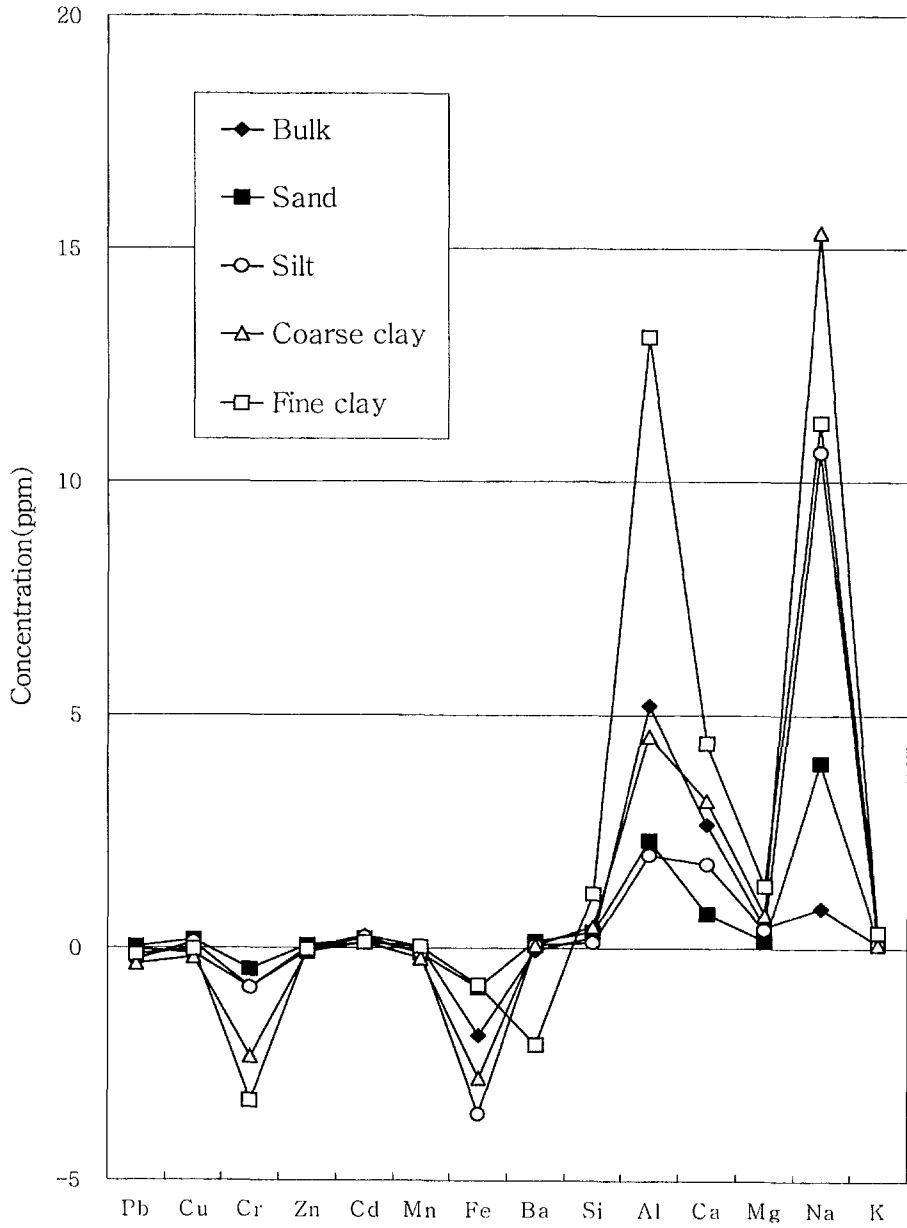


그림 2-22. 황토시료의 입도별 중금속 흡착실험에 의한 흡착량 및 용출량(pH=2).

표 2-22. 입도별 황토시료의 중금속 흡착실험 후 잔류량(pH=4)

(Unit : ppm)

Element	Bulk	Sand	Silt	Coarse clay	Fine clay	Blank
Pb	7.85	8.30	4.01	1.85	2.30	9.84
Cu	9.54	9.64	6.64	5.35	6.01	9.95
Zn	9.88	9.93	7.97	6.87	7.40	10.07
Cd	9.89	10.00	8.67	7.89	8.23	10.00
Mn	0.08	0.01	0.02	0.02	0.13	N.D.
Fe	N.D.	0.01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ba	9.87	9.90	7.71	5.73	6.08	10.07
Si	5.71	6.01	5.80	5.95	6.24	5.63
Al	0.89	0.24	N.D.	N.D.	0.02	0.42
Ca	1.64	1.25	1.65	2.49	3.44	0.47
Mg	0.41	0.17	0.31	0.36	0.77	0.02
K	1.18	1.23	0.94	1.06	2.76	0.37

*Abbreviation: N.D.; not detected.

표 2-23. 입도별 황토시료의 중금속 흡착량 및 용출량 (pH=4).

(Unit : ppm)

Elements	Bulk	Sand	Silt	Coarse clay	Fine clay
Pb	-1.99	-1.54	-5.83	-7.99	-7.54
Cu	-0.41	-0.31	-3.31	-4.60	-3.94
Zn	-0.19	-0.14	-2.10	-3.20	-2.67
Cd	-0.11	0.00	-1.33	-2.11	-1.77
Mn	+0.08	+0.01	+0.02	+0.02	+0.13
Fe	0.00	+0.01	0.00	0.00	0.00
Ba	-0.20	-0.17	-3.36	-4.34	-3.99
Si	+0.08	+0.38	+0.17	+0.32	+0.61
Al	+0.47	-0.18	-0.42	-0.42	-0.40
Ca	+1.17	+0.78	+1.18	+2.02	+2.97
Mg	+0.39	+0.15	+0.29	+0.34	+0.75
K	+0.81	+0.86	+0.57	+0.69	+2.39

* -: The amount of adsorption, +: The amount of desorption.

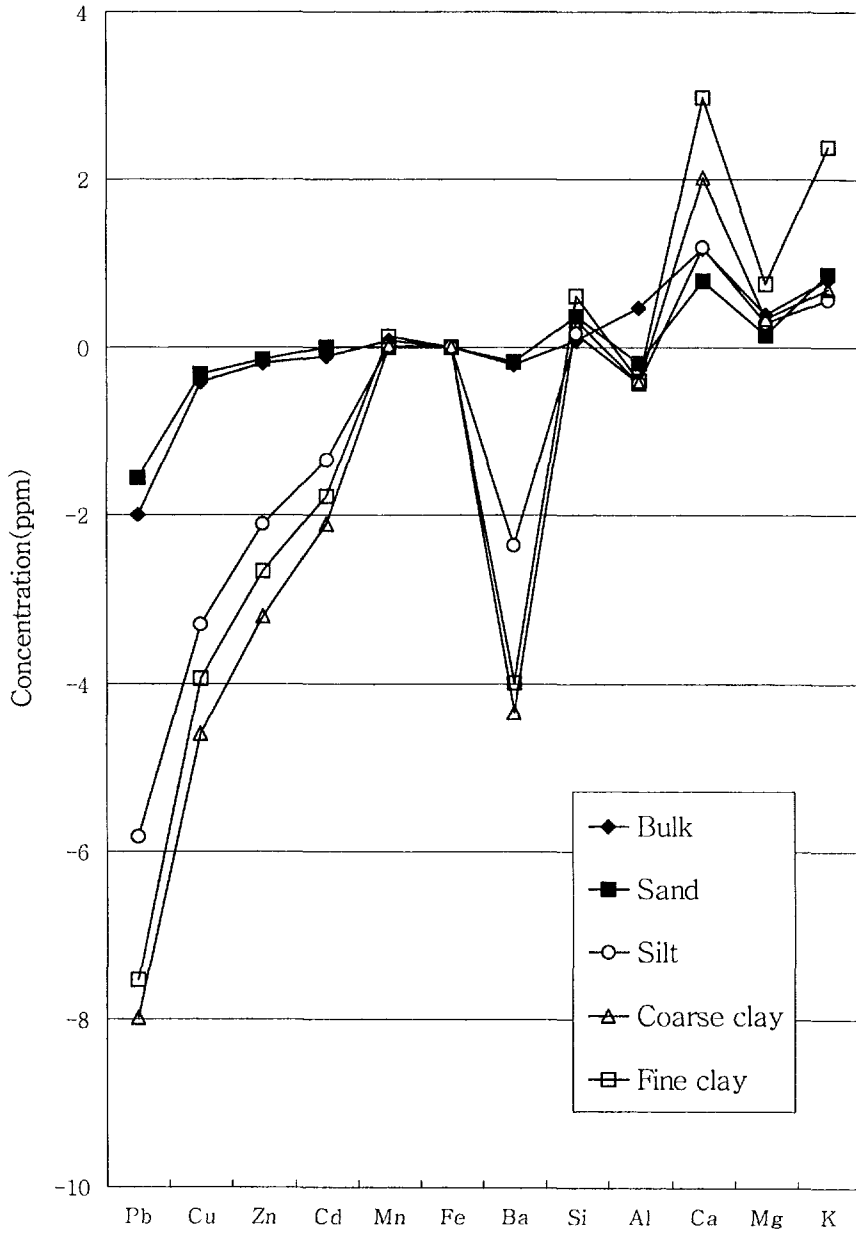


그림 2-23. 황토시료의 입도별 중금속 흡착실험에 의한 흡착량 및 용출량(pH=4).

표 2-24. 입도별 황토시료의 중금속 흡착실험 후 잔류량 (pH=6).

(Unit : ppm)

Elements	Bulk	Sand	Silt	Coarse clay	Fine clay	Blank
Pb	6.60	4.96	2.31	0.79	0.96	9.57
Cu	8.89	7.46	5.15	2.05	3.11	10.33
Zn	9.53	9.30	7.09	5.56	6.19	10.35
Cd	9.45	9.33	7.77	6.71	7.14	10.02
Mn	0.08	0.01	0.12	0.02	0.12	N.D.
Fe	N.D.	0.20	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ba	8.87	8.37	5.46	4.03	4.84	10.00
Si	1.42	1.52	1.40	1.58	1.77	1.30
Al	0.24	0.06	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ca	1.21	0.94	1.37	2.12	2.99	0.07
Mg	0.36	0.16	0.31	0.28	0.68	N.D.
K	1.02	1.35	0.92	1.03	2.50	0.29

*Abbreviation: N.D.; not detected.

표 2-25. 입도별 황토시료의 중금속 흡착량 및 용출량 (pH=6).

(Unit : ppm)

Elements	Bulk	Sand	Silt	Coarse clay	Fine clay
Pb	-2.97	-4.61	-7.26	-8.78	-8.61
Cu	-1.44	-2.87	-5.18	-8.28	-7.22
Zn	-0.82	-1.05	-3.26	-4.79	-4.16
Cd	-0.57	-0.69	-2.25	-3.31	-2.88
Mn	+0.08	+0.01	+0.12	+0.02	+0.12
Fe	0.00	+0.20	0.00	0.00	0.00
Ba	-1.13	-1.63	-4.54	-5.97	-5.16
Si	+0.12	+0.22	+0.10	+0.28	+0.47
Al	+0.24	+0.06	0.00	0.00	0.00
Ca	+1.14	+0.87	+1.30	+2.05	+2.92
Mg	+0.36	+0.16	+0.31	+0.28	+0.68
K	+0.73	+1.06	+0.63	+0.74	+2.21

* -: The amount of adsorption, +: The amount of desorption.

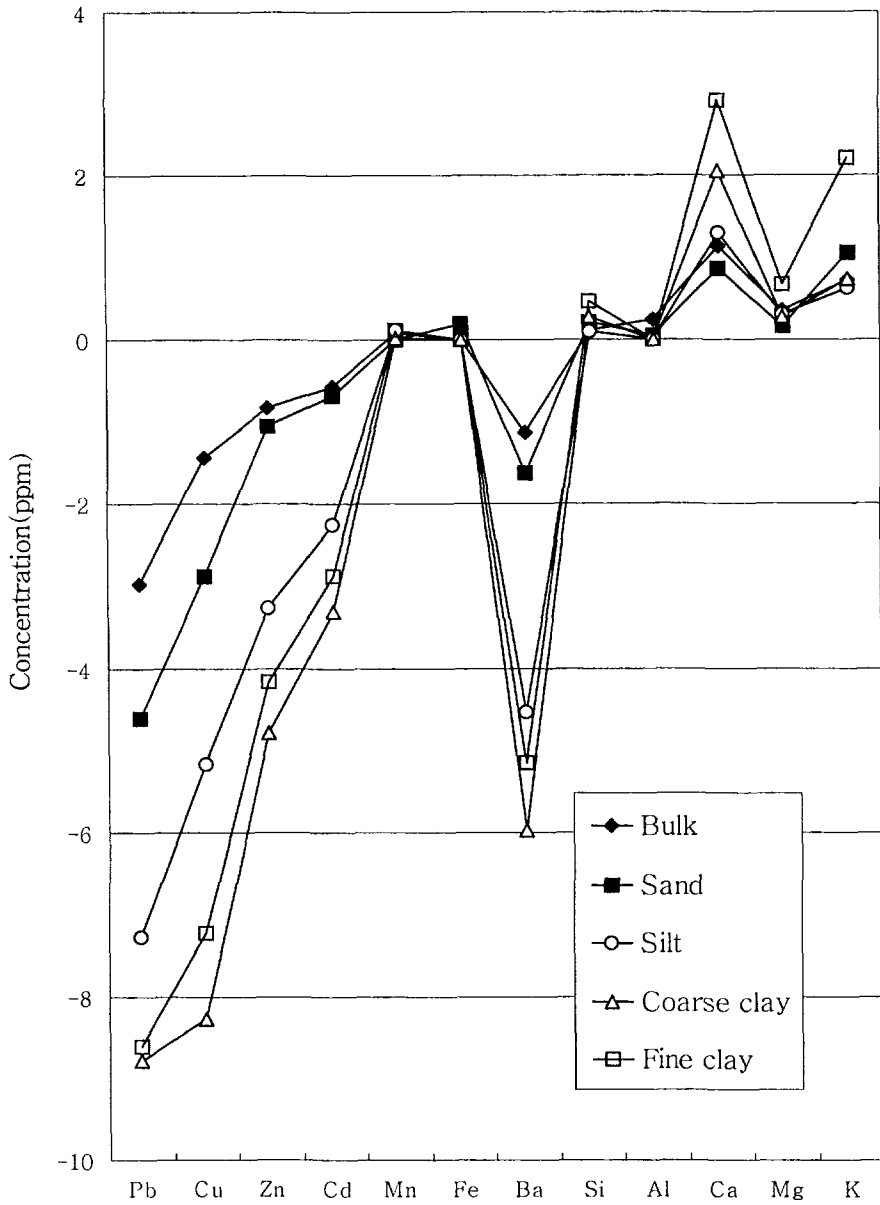


그림 2-24. 황토시료의 입도별 중금속 흡착실험에 의한 흡착량 및 용출량(pH=6).

표 2-26. pH에 따른 황토시료의 중금속 흡착률

Metallic ions	pH	Removal efficiency (%)				
		Bulk	Sand	Silt	Coarse clay	Fine clay
Pb	2	0.2	0.0	2.7	3.4	1.6
	4	20.2	15.3	59.3	81.2	76.6
	6	31.0	48.2	75.9	91.7	90.0
Cu	2	1.1	0.0	0.0	2.0	0.2
	4	4.1	3.1	33.3	46.2	39.6
	6	14.0	27.8	50.2	80.2	70.0
Zn	2	0.1	0.0	0.5	0.0	0.2
	4	1.9	1.4	20.9	31.8	26.5
	6	7.9	10.1	31.5	46.3	40.2
Cd	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	4	1.1	0.0	13.3	21.1	17.7
	6	5.7	6.9	22.5	33.0	28.7
Ba	2	0.7	0.0	0.0	0.0	20.7
	4	2.0	1.7	23.4	43.1	39.6
	6	11.3	16.3	45.4	59.7	51.6

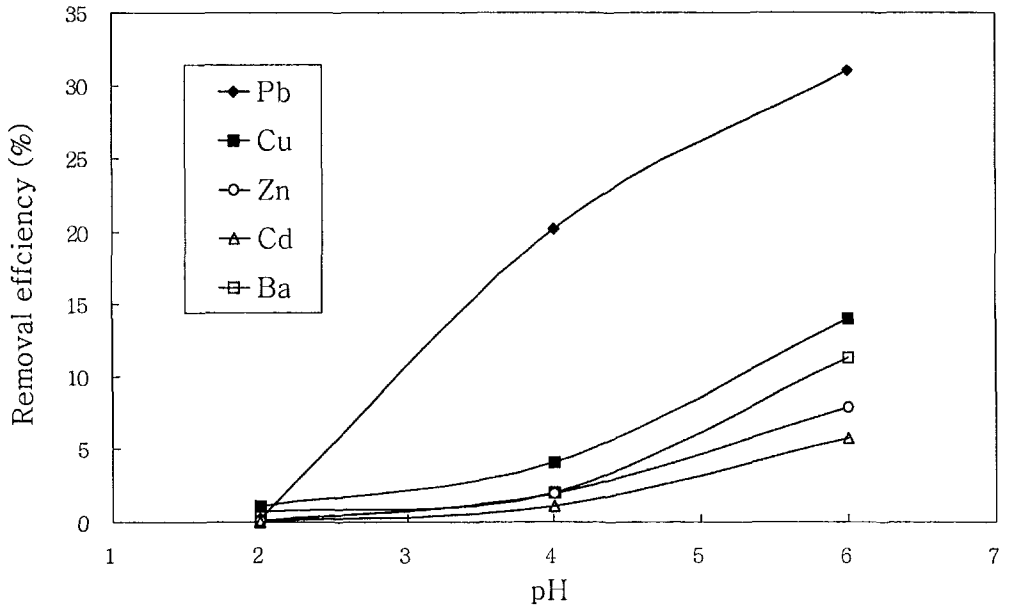


그림 2-25. 황토시료의 중금속 흡착성에 따른 pH의 영향.

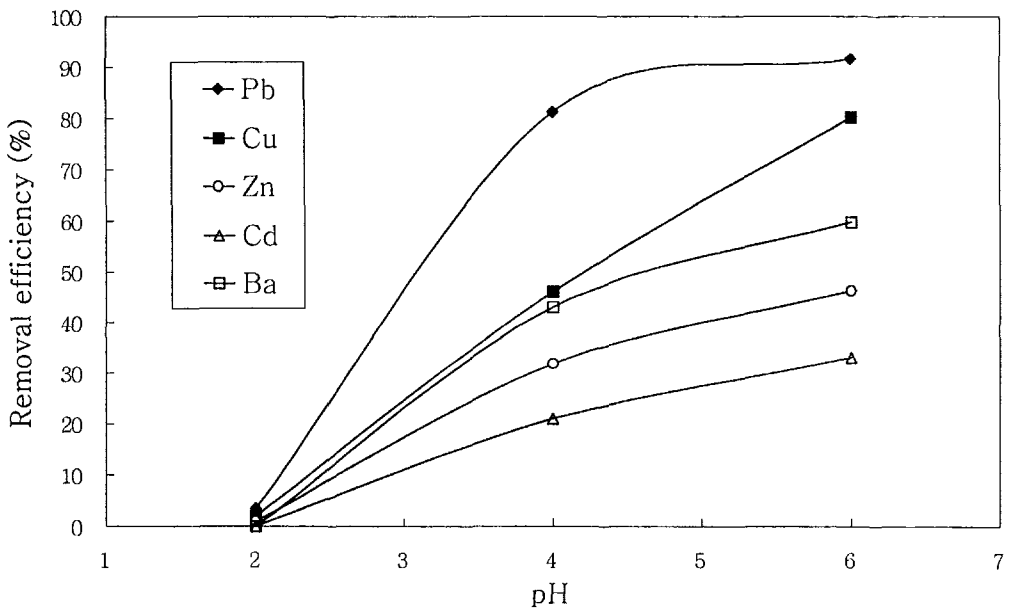


그림 2-26. 황토의 조립 점토분의 중금속 흡착률과 pH의 관계

표 2-27. 점토입자 황토시료의 시료량에 따른 흡착 평형상수

(Unit : mg/ℓ)

Elements	Equilibrium concentration					
	0.2 g	0.4 g	0.6 g	0.8 g	1.0 g	Blank
Pb	0.1081	0.0162	0.0029	0.0010	0.0001	0.4937
Cu	0.2502	0.0539	0.0132	0.0038	0.0011	0.4928
Zn	0.3200	0.1705	0.0624	0.0309	0.0178	0.5095
Cd	0.3559	0.2161	0.1084	0.0600	0.0380	0.4928
Ba	0.2670	0.0908	0.0305	0.0155	0.0094	0.5105

표 2-28. 점토입자 황토시료의 시료량에 따른 중금속 흡착량

(Unit : mg/ℓ)

Elements	Adsorption contents				
	0.2 g	0.4 g	0.6 g	0.8 g	1.0 g
Pb	0.3857	0.4776	0.4909	0.4928	0.4937
Cu	0.2427	0.4389	0.4797	0.4891	0.4917
Zn	0.1896	0.3390	0.4471	0.4786	0.4918
Cd	0.1466	0.2768	0.3844	0.4329	0.4548
Ba	0.2435	0.4198	0.4801	0.4951	0.5012

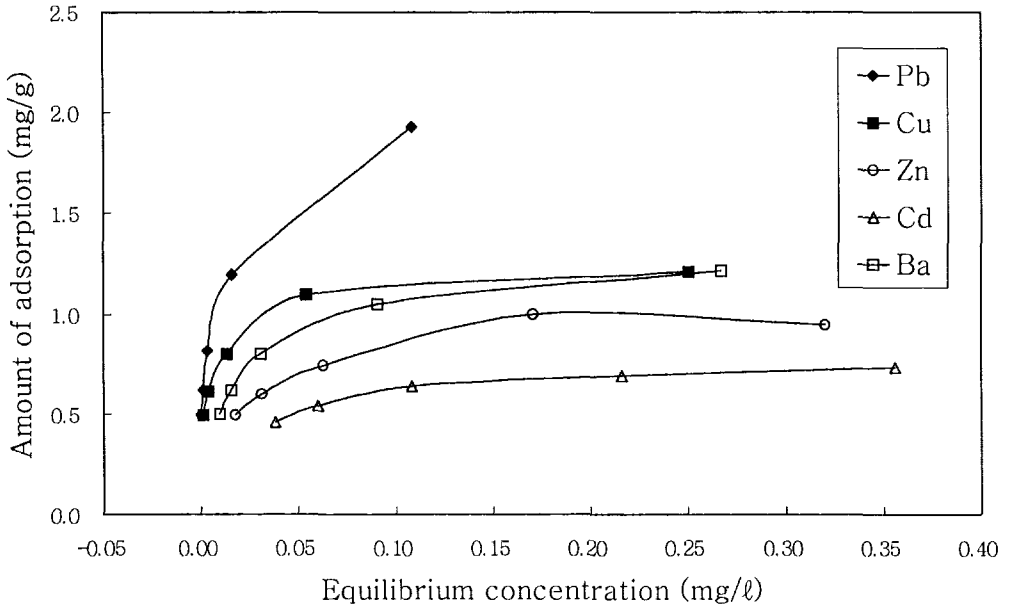


그림 2-27. 황토의 조립 점토분의 중금속 흡착 곡선.

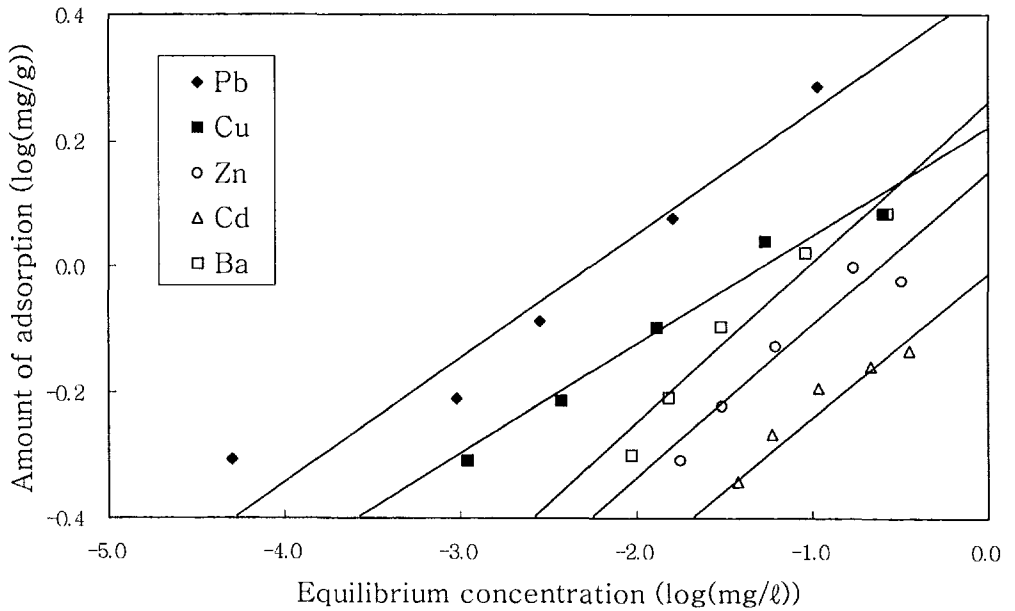


그림 2-28. 황토내 조립 점토분의 중금속 흡착에 대한 Freundlich plot.

마. 황토의 입도별 특성에 대한 고찰 및 결론

1) 고찰

급번 연구에 사용한 전북 익산지역의 황토를 입도 분석한 결과, gravel과 sand가 전체 황토에서 차지하는 비율이 47 %로 비교적 많으며, silt와 clay 등의 미립분이 차지하는 비율은 53 %로 다른 지역의 황토(황진연 외, 2000)에 비해 비교적 적게 나타났다. 따라서 이 지역의 황토를 가축사료 등으로 사용할 때에는 gravel과 sand 등의 조립분을 제거하는 것이 더욱 효과적인 것으로 생각된다. 천연 황토의 pH는 산성으로 물에서는 분산이 잘되지 않으므로, 황토의 현탁성을 향상시키고 미립분의 효과적인 분리를 위해서는 탄산나트륨과 인산나트륨을 분산제로 사용하는 것이 필요한 것으로 나타났다. 분산 실험 결과, 탄산나트륨용액의 최적농도는 1.56 g/l 이고, 인산나트륨의 최적 농도는 1.0 g/l 으로 인산나트륨이 더 효과적인 것으로 나타났다.

실험에 사용한 황토 중의 구성광물에 대한 분석 결과, 카올린광물, 일라이트, HIV (hydroxy interlayered vermiculite) 등이 주광물성분으로 나타났고, 이 중에서도 카올린광물이 다량 함유되어 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에 사용한 황토의 모암인 주라기 화강암은 절리와 암맥을 비교적 많이 포함하고 시대와 분포지역 등을 고려해 볼 때, 강한 풍화작용을 받았을 것(황진연 외, 2000)으로 생각된다. 이것은 풍화안정도(Jackson et al., 1948)의 측면에서 보면 잘 설명된다. 다른 광물에 비하여 카올린광물이 풍화작용에 더 안정한 것으로 볼 수 있기 때문이다. 그리고 풍화작용의 진행에 따라 점토의 양이 많아지고, 이에 따라 2:1 층형 점토광물에서 1:1 층형 점토광물로 일반적으로 변화된다는 Velde (1992)의 연구와도 같은 경향을 나타냈다.

황토의 전체 광물조성은 석영과 장석, 점토광물이 대부분이다. 특히 sand에서 장석의 함량이 많으며 장석은 주로 K-feldspar로 구성되어있다. 점토광물의 구성은 카올린광물, 일라이트, HIV 등이 주로 나타난다. Fine clay에서 소량으로 산화철광물이 나타난다. 이와 같은 입도별 광물조성의 차이는 결정도와 더불어 주성분원소, 미량성분원소 및 희토류원소의 조성은 물론 금속이온의 흡착 및 용출 특성을 지배하는 중요한 원인이 된다.

주성분원소의 분석 결과, fine clay 내의 Fe함량은 산화철광물에 기인하는 것으로 보인다. 입도가 증가함에 따라 석영의 함량이 증가하므로 Si의 함량은 높은 폭을 보이며 증가하고, K-feldspar의 영향으로 K가 sand에서 가장 많은 함량을 나타낸다. Al이

미립분에서 함량이 많은 이유는 점토광물 층간에 Al과 수산기(OH)를 가지는 수산화 층간 버미클라이트(HIV)와 카오린광물의 함량이 많기 때문으로 생각된다. H₂O의 함량 역시 미립분에서 높고, 입도가 증가할수록 감소하는 경향을 보인다. 이것은 입자의 크기가 작아질수록 점토광물의 함량이 많아지는 것에 기인한다.

미량성분원소의 분석 결과, Co, Cu, Zn, Rb, Y, Zr, Lu, Hf, U은 대체로 입자의 크기가 미립 일수록 그 함량이 증가하는 일정한 경향성을 보인다. 즉, 이들은 미립의 점토광물 내에 포함되어 있을 가능성이 크다. Co, Nb, Cs, Ba은 coarse clay에 비해 fine clay에서 그 함량이 감소한다. 이것은 비교적 큰 입자의 점토광물 내에 상대적으로 많이 함유하기 때문이다. 입자가 작고 결정구조가 불규칙한 것에는 잘 유출되기 때문인 것으로 보인다. Nb, La, Pb은 silt에서 그 함량이 커지는데, 이것은 큰 입자의 운모와 운모점토광물의 영향으로 보인다. Fine clay에서 비교적 높은 함량을 보이는 원소는 Ni, Cu, Y, Hf, U이다. 이것은 산화철광물과 미립 점토광물에 포함되는 것으로 사료된다. 희토류원소의 분석 결과는 Ce이 가장 많은 함량을 보이며, 특히 실트분과 미립 점토분에서 아주 많다. 다른 원소들에서 입자의 크기가 감소할수록 희토류원소의 함량이 증가하는 경향성을 보인다. 이것은 미립의 점토 입자 내에 희토류원소가 많이 함유되어 있음을 의미한다.

황토의 금속이온에 대한 흡착능은 pH가 높아질수록 증가하였다. 이것은 기존의 연구 결과와 일치한다(정 등, 1999a; 1999b). 본 연구에서는 특히, pH=6에서 가장 흡착능이 높았고, 점토광물의 함량이 많은 미립분일수록 금속이온의 제거율은 높았다. 금속이온 중에서도 Pb의 제거율이 가장 높았고, clay에서 가장 높은 제거율을 보였다. Coarse clay에 대한 등온 흡착 특성 분석 결과, Freundlich 흡착식에 의한 $1/n$ 값이 0.16~0.27로서 Freundlich 흡착식에 잘 적용되어 흡착제로서의 이용가능성(이민규 등, 1995)이 충분한 것으로 판단된다. 이와 같은 황토의 금속이온에 대한 흡착능 분석 결과는 적조제거, 폐수처리 등 황토가 지니는 흡착성을 이용해서 황토를 사용할 경우에 유용한 자료로 이용될 수 있다.

이상과 같은 황토의 입도 변화에 따른 여러 실험 결과를 볼 때, 거의 모든 분석 결과가 입도 변화에 따른 일관된 경향성을 보여주었다. 이것은 황토의 광물학적, 물리화학적 특성으로 보아 황토가 나타내는 여러 특성의 근본이 구성광물, 특히 점토광물의 특성에 가장 크게 좌우되는 것으로 생각된다. 왜냐하면 점토광물은 다른 광물에 비해 가장 활성도가 높고 가소성, 이온교환성, 흡착성, 촉매성, 현탁성, 높은 비표면적, 전자파의 흡수 및 방출 등의 다양한 성질을 가지고 있기 때문이다. 그러므로 황토에 대한 올바른 이해와 효과적인 이용을 위해서는 구성광물에 대한 검토 및 연구가 필요하다. 이상과 같이 황토에 포함된 점토광물의 성질을 이해하고 황토를 사용한 다면 황토가 지닌 여러 특성을 극대화시킬 수 있을 것이다.

제 4절 요약

1. 본 연구에 사용한 전북 익산지역 황토의 전체 입도 분포는 gravel 15.5 %, sand 31.7 %, silt 27.6 %, coarse clay 22.7 %, fine clay 2.5 %로 구성되어있다.
2. 황토의 미립분 분리에 필요한 분산제에 의한 분산특성의 검토 결과, 탄산나트륨의 분산 최적농도는 1.56 g/l, 인산나트륨의 분산 최적농도는 1.0 g/l 으로 나타났으며, 인산나트륨이 탄산나트륨에 비해 분산능이 현저히 양호하다.
3. 전체적 광물조성의 검토 결과, 석영과 장석 이외에 점토광물이 대부분이며 점토광물의 구성은 카오린광물, 일라이트, HIV (hydroxy interlayered vermiculite)가 주로 나타났다. 산화철광물은 fine clay에서 소량으로 포함된다. Sand에는 장석의 함량이 많고, 장석은 주로 K-feldspar로 되어있다. Clay와 silt에는 점토광물의 함량이 많으며, 이것은 황토의 주요 특성을 좌우하는 것으로 나타났다.
4. 황토의 입도에 따른 주성분원소의 검토 결과, 입도가 감소함에 따라 Al, Fe, H₂O의 함량이 증가하는데, 이것은 점토광물의 함량에 기인한다. Fine clay에서 Fe의 함량이 많아지는 것은 fine clay 내에 포함된 산화철광물에 기인하며, 이것은 전체 황토의 적갈색을 좌우하는 원인이 된다.
5. 황토의 입도에 따른 미량성분원소의 검토 결과, Zn, Rb, Sr, Ba, Pb의 함량이 비교적 높게 나타났으며, Ba은 장석이 많은 sand에 다량 함유되며 주로 장석에 존재하는 것으로 나타났다. Pb는 입도 분리 과정에서 제거되기 쉬운 형태로 존재하는 것으로 나타났다. 희토류원소는 Ce의 함량이 가장 많으며, 거의 모든 원소에서 점토광물의 함량이 증가할수록 희토류원소의 함량이 증가하는 경향 나타내는 것으로 보아 점토광물 내에 주로 존재하는 것으로 보인다.
6. 교환성양이온의 함량은 Ca>Mg>K>Na의 순서이며, 양이온치환용량(CEC)은 입도가 감소할수록 증가한다.
7. 산, 알칼리에 의한 용출 실험 결과, 입도가 감소할수록 Al, Na, Si, Ca, Fe의 용출량이 증가하며, Si와 Al은 fine clay에서의 함량으로 보아 결정도가 낮은 점토광물의 구조분해가 비교적 용이한 것으로 판단된다.

8. 황토의 입도에 따른 금속이온의 흡착 특성 검토 결과, pH=2에서는 흡착능이 거의 없으나 pH가 높아질수록 흡착능은 현저히 상승한다. 전체적인 흡착능은 Pb>Cu>Ba>Zn>Cd 순이다. Pb는 silt, coarse clay, fine clay에서 아주 우수한 흡착능을 보였다. 또한 coarse clay에 대한 등온 흡착 특성 분석 결과, Freundlich 흡착식에 의한 흡착계수(K)는 Pb이 가장 높고 Cd이 가장 낮게 나타났고, 1/n값은 0.16~0.27로서 분석한 5개 원소에 대해 양호한 흡착능을 나타내었다.

9. 본 연구의 결과, 황토의 활용에 있어서 천연상태의 황토를 그대로 사용하는 것보다는 입도 분리를 통한 정제과정을 거쳐서 clay, silt 등과 같은 미립 점토분 위주로 사용한다면 황토의 가소성, 흡착성, 흡수 및 탈수성, 현탁성, 이온교환성 등의 특성을 극대화시킬 수 있을 것으로 나타났다.

제 5절 참고문헌

1. Barnhisel, R.I. and Bertsch. P.M. 1989. Chlorites and hydroxy interlayered vermiculite and smectite, In. J.B. Dixon and S.B. Weed eds, Minerals in Soil Environments. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin, USA. 729~788.
2. Brady, N.C. and Weil, R.R. 1996. The nature and properties of soil. Prentice Hall, 1-24.
3. Castellan, G. W. 1978, Physical Chemistry, 2nd ed.
4. Chung, F.H. 1974 Quantitative interpretation of X-ray diffraction patterns of mixtures. I. Matrix flushing method for quantitative multicomponent analysis. J. Appl. Cryst., 7, 519-525.
5. Churchman, G.J., Whittion, J.S., Clardge, G.G.G. and Theng, B.K.G. 1984. International method using foramide for differentiating halloysite from kaolinite, Clay and Clay Minerals, 32, 241~248.
6. Dixon, J. B. and White, G. N. 1996, Soil Mineralogy Laboratory Manual, p. 44~52.
7. Douglas, L.A. 1977. Vermiculite: in Minerals in Soil Environment (J.B. Dixon and S.B. Weed, eds.), Soil Science Society of America, 259-292.
8. Jackson, M.L., Tyler, S.A., Willis, A.L., Bourbeau, G.A., and Pennington, R. P. 1948. weathering sequence of clay-size minerals in soil and sediments. I. Fundamental generalization. Jour. Phys. Colloid. Chem., 52, 1237-1260.
9. Loughman, F.C. 1969. Chemical weathering of the silicate minerals. Elsevier, New York, p. 154.
10. Organ Altun, Oender Oezbelge, H. and Timer Dogu 1998, Use of general purpose adsorption isotherms for heavy metal-clay mineral interactions, Journal of colloid and interface science, 198, p. 130~140.
11. Reynold, R.C. and Reynold III, R.C. 1996. NEWMOD for WINDOW. The calculation of one dimensional X-ray diffraction patterns of mixed-layered clay minerals. 8 Brook Road, Hanover New Hampshire, 1-25.
12. Velde, B. 1992. Introduction to clay minerals, Chapman and Hall, p. 198.
13. White, D.E., Hem, J.D. and Waring, G.A. 1963. Chemical composition of subsurface waters, Chap. F in Data of Geochemistry. 6th ed., U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 440-470.
14. Wilson, M. J. 1994, Clay mineralogy: Spectroscopic and Chemical determinative

- methods, Chapman and Hall, p. 11~64.
15. 小山正忠, 竹原秀雄. 1999, 標準土色, 日本色研事業株式會社.
 16. 岩生周一. 1985, 粘土の事典, 朝倉書店, p. 457~458.
 17. 김기현, 김세현, 최영천. 1996, 중금속의 토양오염; 한국중부지역의 농경지를 중심으로, 자원환경지질, 29(6), p. 725~732.
 18. 김복영, 정변간, 최정원, 윤율선, 최 선. 1995, 우리나라 논 토양중 중금속 자연함량. 한국토양비료학회지, 28(4), 295~300.
 19. 남기상, 조규성. 1993, 암석의 풍화에 따르는 주요성분의 상대적 이동. 광산지질, 26, 1, 67-81.
 20. 남영우, 조달운. 1993, 황성탄에 의한 중금속 이온의 제거에 관한 연구, 대한화학학회지, 28(2), p. 121~129.
 21. 농업기술연구소. 1988, 토양화학분석법. -토양, 식물체, 토양미생물-. 농촌진흥청 농업기술연구소, 117-124.
 22. 농촌진흥청 농업기술연구소. 1988, 토양화학분석법, p. 121~123.
 23. 동화기술 편집부. 1993, 수질오염 폐기물 공정시험방법. 동화기술 출판사, 313-325.
 24. 류도옥. 1995, 黃土의 神秘, 행림출판, p. 201~215.
 25. 박중진, 김명균, 전효택. 1997, 금왕 금·은광산 주변 지구화학적 환경에서의 중금속 원소들의 분산, 자원환경지질, 30(5), 407~416.
 26. 엄명호, 엄기태, 임형식. 1992a, 한국의 주요 모암에서 발달된 토양점토광물의 특성과 생성학적 연구. III. 모래와 미사 중에 토양광물의 특성비교, 한국토양비료학회지, 25(1), p. 1~7.
 27. 엄명호, 임형식, 김영호, 엄기태. 1991, 한국의 주요 모암에서 발달된 토양점토 광물의 특성과 생성학적 연구. I. 조암광물과 광물학적 특성. 한국토양비료학회지, 24(1), 1~9.
 28. 엄명호, 임형식, 김태순. 1992b, 한국의 주요 모암에서 발달된 토양점토광물의 특성과 생성학적 연구. IV. 토양점토광물의 분포 및 생성. 한국토양비료학회지, 25, 3, 202-212.
 29. 엄명호, 정필균, 엄기태, 임형식. 1993, 회색혈암에서 유래된 토양점토 광물의 특성. 한국토양비료학회지, 26, 1, 1-9.
 30. 이민규, 서근학. 1996, 제주 송이를 이용한 중금속 흡착에 관한 연구, 한국환경학회지, 5(2), p. 195~201.
 31. 이찬희, 이현구, 이종창. 1998, 나립광산 수계의 토양과 퇴적물에 관한 지구화학적 특성; 중금속 원소의 분산, 부화 및 기원, 자원환경지질, 31(4), p. 297~310
 32. 이희승 . 1994. 국어대사전, 민중서림.
 33. 전효택, 안수성. 1996. 수도권 위성도시의 토양과 분진의 중금속 오염에 관한 연

- 구. 자원환경지질, 29(1), 87~100.
34. 정영욱, 민정식, 김인기, 김옥환, 이승길, 우중환, 최광호. 1997. 다덕광산 주변 토양에서의 금속 및 시안의 분포와 산성침출수 생성. 토양환경학회지, 2(3), 39~47.
 35. 정의덕, 김호성, 박경원, 백우현. 1999a. 황토의 물리적 특성 및 수용액 중의 중금속 이온의 흡착 특성에 관한 연구, 한국환경과학회지, 8(4), p. 491~496.
 36. 정의덕, 김호성, 원미숙, 윤장희, 박경원, 백우현. 1999b. 국내산 황토를 이용한 수용액 중의 Pb, Cu, Cr 및 Zn 이온의 흡착 특성, 한국환경과학회지, 8(4), p.497~502.
 37. 채교익. 1978. 분산체의 차이가 흙의 입도 분포에 끼치는 영향, 동국대학교 석사학위논문, p. 25~29.
 38. 황진연. 1997. 백반석과 황토의 특성과 활용. 한국광물학회 창립 10주년 기념 심포지움 논문집, 89-99.
 39. 황진연. 2000a. 우리 나라 황토의 성분 및 특성, 적조와 황토에 관한 국가간 심포지움 논문집, 국립수산진흥원, p. 28~33.
 40. 황진연. 2000b. 우리 나라 황토의 성분 및 특성, 월간 우리양식 7월호, (주)수산해양신문, p. 164~167.
 41. 황진연, 장명익. 1994. 부산시 구월산의 풍화토 중 점토광물의 특성 및 성인, 한국토양비료학회지, 27(3), p. 158~167.
 42. 황진연, 장명익, 김준식, 조원모, 안병석, 강수원. 2000. 우리 나라 황토(풍화토)의 구성광물 및 화학성분, 한국광물학회지, 13(2), p. 147~163.
 43. 황진연, 장명익, 윤지혜. 1999. 우리 나라 황토(적황색 토양)의 산상, 구성광물 및 화학성분, 한국광물학회 학술발표회 요약집, p. 68~69.

제 3장 송아지 항병성 사료개발

제 1절 서 설

쇠고기 및 생우를 포함한 한우산업 전반이 수입개방 됨에 따라 한우산업도 다른 작목과 마찬가지로 국제무대에서 살아남기 위해 육질개선은 물론 가격경쟁이 불가피하나, 국내 초지 면적은 총 53.8천 ha로 1두 당 300㎡ 정도에 불과하고 한우사육두수도 호당 6두 미만으로 사육기반이 전반적으로 열악하여 송아지 및 쇠고기생산비가 축산 선진국에 비해 4~5배 높은 실정이다.

비육우의 출하체중 및 번식우의 초산 월령은 이유시 체중과 정의 상관관계가 있고, 이유시 체중은 포유기의 질병발생 회수 및 지속일수 등과 고도의 상관관계가 있으므로 포유기 송아지의 설사병 발생을 억제함으로써 번식 및 비육 밀소의 저가 안정생산에 의한 송아지 및 쇠고기 생산비절감이 가능한데, 쇠고기 생산비의 대부분을 차지하는 밀소비용을 줄이는 길은 국내 부존자원을 최대한 개발 활용하여 송아지의 안정생산과 사료비 절감에 있다.

부존자원 중 항병력증진을 위한 사료첨가제로 높은 이용성을 갖고 있는 것으로 황토를 들 수 있는데, 우리의 선조들은 예로부터 황토의 신비성을 인식하여왔고 줄곧 사용하였었다. 황토 한 스푼에는 2억 마리의 미생물이 활발하게 생명력을 유지하고 있다고 하며 또한 많은 다양한 효소들이 촘촘히 들어 있어서 순환작용을 하여 주고 있다고 한다(류, 1995). 특히 어류 질병에 황토를 뿌려 피해를 최소화하고 있으며 최근에 돼지사료에 황토의 일부 성분을 투여하여 우수성을 인정받아 좋은 반응을 얻고 있다.

많은 농가와 일부 대형목장에서는 황토의 중요성을 인식하고 비육우에게 황토를 급여하여 육질등급을 향상시키는 동시에 질병을 예방하여 높은 소득을 얻고 있다. 이러한 특성 때문에 농가에서는 젖소 및 한우에게 자연스럽게 황토를 급여하고 있으나 과학적인 규명이 크게 미흡한 상태이다. 최근에는 가축에 대한 황토급여 연구는 거의 찾아보기 힘들지만 황토에 함유된 점토광물에 대한 연구는 상대적으로 많이 이루어 졌다.

우리 나라는 광상학 상 규산염계 토양으로 구성되어 있으며 이에 속하는 점토광물 (clay mineral) 역시 다양한 종류가 있다. 종래에는 zeolite를 비롯한 일부 규산염광물이 비반추동물에 대하여 연구가 진행되었으나, 최근에는 bentonite, kaolinite 및 illite 등을 가축사료로 이용하는 경우에 이온 교환성 혹은 흡수, 흡착성으로 인한 연변의 방지, 유해가스의 흡착, 펠렛사료 결합제로서 이용 등의 이점들이 밝혀져 왔다(한, 1994). 손 등(1998)은 이들 점토광물은 물리·화학적인 성질로 볼 때 반추동물의 장관 내에서도 비량무기물의 공급효과는 물론 완충효과도 기대되며, bentonite는 농후사료나 입자도가 작은 사료를 섭취했을 때 반추위내 통과속도가 증가하는 것을 방지하여 섬유소의 발효시간을 길게 유지하여 줌으로서 acetate의 생성을 증가시킨다고 하였다.

유우에 있어서 bentonite의 급여로 인하여 사료섭취량을 감소시킨다고 하였고, 2% 수준의 bentonite를 첨가, 급여하였을 때 다량의 농후사료 섭취로 인해 야기될 수 있는 반추위내 pH의 저하가 방지되고(Rindsig 등, 1992) 반추위내 완충작용이 증진되었으며, 사료내 urea의 이용시 N retention 역시 증가되었다(Martin 등, 1969)고 하였다. bentonite으로부터 미생물 발효패턴을 어느 정도 정상적인 수준으로 유지할 수 있는 효과를 기대할 수 있다고 하였다.

번식우 사육이 다두 및 군사 형태로 전환됨에 따라 질병 발생율이 증가되고 있는데, 각종 질병은 포유기에 70%, 육성기에 20% 그리고 성숙기에 10%가 발병되는 등 포유기에 집중적으로 발병되고, 송아지 폐사도 설사에 의한 폐사가 45%로, 폐렴(26%) 및 기타(26%)에 비해 월등히 높았으며, 특히 어린 송아지의 설사발생율이 증가할 뿐 아니라 질병발생 개시일수도 점차 빨라지고 있어 송아지 질병억제를 위한 새로운 기술개발이 요구된다.

어미로부터 송아지로의 수동 면역의 전이는 송아지의 건강과 생산성에 있어서 평생 영향을 주는 가장 중요한 일인데, 수동 면역의 전이에 영향주는 두 가지 요인 중 하나는 초유의 면역글로불린(Ig)농도이고, 다른 하나는 생후 초유를 급여하는데 까지 경과되는 시간이다. Ig의 장내흡수는 송아지가 태어난 후 경과된 시간에 영향을 받으며, 또한 송아지의 건강상태, respiratory acidosis, 어미의 영양상태, 급여방법 및 세균미생물에 의한 감염 등 영향을 받는다. 송아지의 성장과정에서 두 번째의 중요한 변화는 이유시기로서, 이유에 의한 스트레스는 송아지의 장 질병과 호흡기 질병의 발생율의 증가와 밀접한 관련이 있으며, 이러한 스트레스는 adrenal corticosteroid의 분비를 유발하여 연속적으로 면역기능을 억압할 수 있기 때문이다.

포유기 송아지가 각종 스트레스에 노출되면 부신피질의 adrenal corticosteroid가

분비되고 연속적으로 면역기능이 억압됨으로 각종 질병에 감염되기 쉬운데, 출생직후의 송아지에 대해 설사병에 걸렸다 회복된 성우의 혈액을 수혈하면 항체의 공급 및 체액의 보충으로 유효하게 이용될 수 있어 혈청 감마글로블린 주사는 설사나 호흡기병예방에 효과가 탁월하다고 하였고, 미량광물질(Cr, Zn, Se 등) 이나 비타민(A, D, E 등)을 스트레스에 처한 송아지에게 투여했을 때 각종 질병발생율을 감소시킴으로서 항생제의 사용을 줄일 수 있다고 하였으며, 황토를 포함한 점토광물, 활성탄, 올리고당 및 크롬 등은 동물이 섭취하였을 때 동물장내에서 유해세균이 장 상피세포의 흡착을 줄이고, 유해 가스를 흡착하며 연변을 방지하여 질병발생을 억제할 뿐 아니라 면역력을 증진시키는 등, 직·간접적으로 면역체계에 관여하거나 항병력을 증진시키는 데 관여한다고 한다.

최근 한우사육이 제한된 지역 내에서 조방직이고 다두사육 체계로 전환됨에 따라 송아지의 설사병 발생률 및 설사병에 의한 폐사율이 특히 높은 것으로 보고되고 있지만, 이에 대한 대책으로 환축에 대한 항생제 투여에 의한 직접적인 치료방법에 의존하고 있어 그 결과 항생제 남용에 의한 폐단만 속출되고 있는 실정이다.

따라서 송아지가 질병에 대한 강력한 면역능을 갖고 태어나거나 질병의 감염율이 높은 포유기만이라도 인위적으로 면역능 및 항병력을 갖출 수 있도록 조처해 줄 수 있다면 육성을 향상 및 이유시체중 증가로 송아지 및 쇠고기 생산비를 획기적으로 절감할 수 있어 한우산업의 국제경쟁력을 한층 증가시킬 수 있을 것으로 국내 부존자원으로서 송아지에게 급여시 면역능 또는 항병력을 증강시킬 것으로 예상되는 물질을 선별하여 어린 송아지 및 임신우에 투여시 투여된 송아지의 성장발육 및 질병발생과 어미소의 차기생산성에 어떠한 영향을 미치는가를 구명하고자 본 시험을 실시하였다.

제 2절 재료 및 방법

시험1 : 홀스타인 어린 송아지에 대한 황토 및 올리고당 급여가 발육 및 항병력에 미치는 영향

1. 공시동물

본 시험을 위해 생후 4일령 Holstein 수송아지 16두(평균체중 44.70kg)를 공시하여 서울대학교 시험목장에서 실시하였다.

2. 시험설계

Holstein 수송아지 16두를 4처리 4반복으로 완전 임의배치하여 총 2개월간 본 사양 시험을 실시하였다. 시험사료와 첨가제의 종류 및 첨가방식에 대한 처리 내역은 아래 Table 3-1에 나타내었다. 첨가제는 급여상태의 기준에 따라 농후사료에 첨가하였다.

Table 3-1 . Experimental design and feeding regimen allotted in feeding trial

Item	Treatments			
	Control	T1	T2	T3
Feeding regimen	Calf starter	Calf starter + 3% loess	Calf starter + 6% loess	Calf starter + 0.04% glucosamine-D
Head / Treatment	4	4	4	4

3. 사양관리

시험용 사료로는 시판용 대용유(milk replacer)와 어린 송아지사료(calf starter)를 사용하였다. 대용유와 어린 송아지사료의 영양소함량(건물기준)은 Table 3-2에 나타내었다.

대용유 급여는, 25일령 까지 두당 350g의 대용유를 체온정도(37.8 ℃)의 따뜻한 물 3ℓ에 잘 희석한 다음 1일 3회로 나누어서 급여하였고, 25일령부터 31일령까지는 매일 175g의 대용유를 체온정도(37.8 ℃)의 따뜻한 물 1.5ℓ에 잘 희석한 다음 1일 2회로 나누어서 급여하였으며, 32일령부터는 대용유 급여를 중단하였다. 어린 송아지사료는 생후 4일령부터 본 시험이 끝날 때까지 전 기간 자유 급식시켰고, 첨가제인 황토

및 올리고당(glucosamin-D : GD)은 어린 송아지사료와 함께 혼합하여 급여하였다. 조사료는 전 시험기간 중에 급여하지 않았는데, 이는 어린 송아지사료(조섬유함량 15%)가 조사료를 급여하지 않아도 송아지의 반추위를 발달시키는데 필요한 충분한 양의 조섬유를 공급시킬 수 있도록 만들어졌기 때문이다. 맑은 물은 시험 전 기간동안에 자유 급여시켰다.

Table 3-2. Chemical composition of experimental diets

Feedstuffs	Chemical composition (%)				
	Crude protein	Crude fat	Ca	P	TDN
Milk replacer	22	12	0.5	0.4	82
Calf starter	16	2	0.7	0.4	68

송아지 입식 후 수송스트레스 예방 및 해소를 위하여 전해질제를 대용유에 타서 3일간 급여하였고, 수송스트레스로 인한 설사발생을 예방하기 위하여 연속 3일간 생균제를 대용유에 타서 급여하였으며, 호흡기질환을 예방하기 위하여 3일간 항생제를 주사하였다. 수송스트레스를 신속히 해소시킴으로 송아지들의 건강상태를 확보하여 본 시험이 성공적으로 진행되도록 조건을 마련하였다.

송아지 사육은 케이지 당 한 마리씩 사육함으로 완전개체별 분리급여방식을 채택하였고, 대용유는 젖병에 넣어서 송아지에게 젖꼭지를 물리는 방식으로 급여하였으며, 송아지 타액이나 혹은 물이 사료조로 들어가서 변질 염려가 있는 사료는 즉시 교체하여 주었다.

4. 체중 및 사료섭취량 측정

송아지들의 체중측정은 총 5차 진행하였다. 송아지 입식 직후 측정된 체중성적을 개시체중으로 하였고 그후 매 2주마다 한번씩 오후 4시에 측정하였다. 사료 섭취량의 측정도 매 2주마다 한번씩 총 4차례 수행하였는데, 체중측정과 함께 수행하였다.

5. 질병발생을 조사

사료첨가제가 송아지들의 항병력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 설사와 호흡기질환을 위주로 질병 발생율을 조사하였다.

6. 혈액분석

첨가제가 송아지의 면역계에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실험 종료시에 송아지

의 경정맥으로부터 혈액 10ml 을 채취하였으며 방법으로 flow cytometry를 이용하여 혈중 각종 면역세포에 대한 분석을 진행하였다. 분석에 사용한 단클론 항체는 Table 3-3에 나타내었다.

Table 3-3. A panel of monoclonal antibodies specifically reactive with bovine leukocyte differentiation antigens

Molecules	Monoclonal antibodies	Cell types
Class I MHC	H58A	All nucleated cell
Class II MHC	H42A	Antigen presenting cell
BoCD2	BAQ95A	T cell
BoCD4	CACT138A	T helper/inducer cell
BoCD8	CACT80C	T cytotoxic/suppressor cell
sIg M	PIG45A2	B cell
N	CACT61A	Non T/B cell
G + M	DH59B	Granulocyte & Monocyte

7. 통계분석

본 시험의 통계분석은 Statistical Analysis System package를 이용하여 처리간 유의성 검정을 실시하였다.

시험 2 : 황토 첨가급여가 Holstein 송아지의 증체량 및 면역 기능에 미치는 영향

1. 시험축 및 시험기간

생후 4일령의 Holstein 수송아지 8두(평균체중 41.4kg)를 이용하였다. 사양시험은 1999년 1월부터 3월까지 총 2개월간 축산기술연구소 종축개량부(충남 천안시 성환읍 소재)에서 실시하였다.

2. 시험설계 및 사양관리

Holstein 수송아지 8두를 황토 무첨가구(대조구)와 황토 5% 첨가구(처리구)로 나눈 후 처리당 4반복을 완전임의 배치하여 총 2개월간 사양시험을 실시하였다. 송아지들에게 급여한 대용유(milk replacer)와 어린 송아지사료(calf starter)의 영양소 함량은 NRC(1986) 권장량을 고려하여 Table 3-4 및 3-5와 같고, 황토의 성분 분석은 Table 3-6과 같다.

Table 3-4. Chemical composition of experimental diets

Diets	Chemical composition(% of DM)*				
	CP	CF	Ca	P	TDN
Milk replacer	22	12	0.5	0.4	82
Calf starter	16	2	0.7	0.4	68

*Abbreviations : CP, crude protein; CF, crude fat; Ca, calcium; P, phosphorus;
TDN, total digestible nutrients.

Table 3-5. Ingredient composition of calf starter for Holstein calves (% , as fed basis)

Ingredient	(% , as fed basis)
Corn, ground	43.3
Wheat, ground	34.0
Soybean meal	10.5
Rapeseed meal	8.0
Limestone	1.6
Molasses	2.0
Salt	0.4
Mineral mixture ¹⁾	0.2
Total	100.0

¹⁾ Contains per kg diet : Vitamin A, 2,500,000IU; Vitamin D3 500,000IU; Vitamin E, 1,000IU;
Mn, 4,000mg; Fe, 5,600IU; I,140mg; Cu,375mg; Zn, 1,500mg; Co, 100mg; Mg, 3,000mg

시험사료 급여는 15일령까지는 두당 350g의 대용유를 체온정도(37.8℃)의 따스한 물 3ℓ에 잘 희석한 다음 1일 3회로 나누어서 급여하였고, 15일령부터 30일령까지는 매일 290g의 대용유를 체온정도(37.8℃)의 따스한 물 1.5ℓ에 잘 희석한 다음 1일 2회로 나누어서 급여하였으며 31일령부터는 대용유 급여를 중단하였다. 어린송아지 사료는 생후 4일령부터 본 시험이 끝날 때까지 전 기간 자유 채식시켰고, 첨가제인 황토는 어린송아지 사료와 함께 혼합하여 급여하였다. 물은 시험 전기간 동안에 무제한 급여하였다.

3. 체중 및 사료섭취량

체중은 송아지 입식 직후 측정된 체중 성적을 개시체중으로 하여 시험개시시부터 종료시까지 15일 간격으로 아침사료 급여 전에 측정하였으며, 사료섭취량도 15일 간격으로 체중측정과 함께 조사하였다.

4. 사료성분 분석

시험사료의 일반성분과 Ca 및 P의 함량은 AOAC법(1990)에 준하여, ADF(acid detergent fiber) 및 NDF(neutral detergent fiber)에 의하여 분석하였다.

Table 3-6. Composition of experimental Reddish clay

Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	OM* (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ca	K	Mg	Na	CEC*
					-----c mol/kg -----				
13.2	47.1	39.7	0.6	12.0	1.1	0.17	0.8	0.2	16.0

*Abbreviations : OM, organic matter; CEC, cation exchange capacity.

5. 채혈 및 혈청분리

첨가제가 송아지의 면역계에 미치는 영향을 조사하기 위하여 시험개시 직전과 시험개시 후부터 종료시까지 매 30일 간격으로 혈액을 채취하였으며 혈액채취는 송아지의 정정맥으로부터 혈액 30ml를 채취한 후 sodium heparin이 첨가된 진공관과 EDTA가 첨가된 진공관 그리고 혈액응고 방지제가 첨가되지 않은 진공관에 각각 10ml씩 나누어 넣었다.

혈액응고 방지제가 첨가되지 않은 진공관에 넣은 혈액을 실온에서 응고시킨 후에 4℃ 냉장고에 24시간 보관한 다음 3,000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 분리하였으며 다음 검사에 이용할 때까지 -70℃의 초저온냉동고에 보관하였다.

6. 혈액학적 검사

경정맥에서 채혈한 혈액을 EDTA가 들어 있는 채혈병에 넣어 잘 흔든 다음, 실험실로 옮겨와 자동 혈액분석기(Hemavet 500, Dasct Co.)로 적혈구수(RBC), 백혈구수(WBC), 혈액소치(Hb), 적혈구용적(HCT), 평균 적혈구용적(MCV), 평균 적혈구혈색소량(MCH), 평균 적혈구혈색소농도(MCHC), 호중구(NE), 림프구(LY), monocyte가 있는 백혈구 율(MO, %), eosinophil이 있는 백혈구 수(EO), basophil이 있는 백혈구 수(BA), basophil이 있는 백혈구의 율(BA, %), 호중구가 있는 백혈구 율(NE, %) 그리고 림프구가 있는 백혈구 율(LY, %)을 측정하였다.

7. 백혈구 아군별 분포율 조사

백혈구 아군별 분포율을 조사하기 위하여 방법에 따라 백혈구를 분리한 다음 CD2, CD4, CD8 및 N, B, granulocyte와 monocyte에 특이적인 백혈구 표면 단클론항체 등 총 6종을 시험에 사용하였다(Table 3-7).

Table3-7. A panel of monoclonal antibodies specifically reactive with bovine leukocyte differentiation antigens

Molecules ¹⁾	Monoclonal antibodies	Cell type
BoCD2	BAQ95A	T cell
BoCD4	CACT138A	T helper/incucer cell
BoCD8	CACT80C	T cytotoxic/suppressor cell
sIg M	PIG45A2	B cell
N	CACT61A	Non T/B cell
G + M	DH59B	Granulocyte & Monocyte

¹⁾ Bovine leukocyte differentiation molecules.

Flow cytometry로 분석하기 위하여 conical bottom microplate의 한 well당 단클론항체 $50\mu\text{l}$ ($15\mu\text{g}/\text{ml}$)와 $1 \times 10^7/\text{ml}$ 의 $50\mu\text{l}$ 림프구를 첨가한 후 4°C 에서 30분간 감각시킨 다음 4°C 의 first washing buffer(PBS 450ml, ACD 50ml, 20% NaN_3 5ml, gamma globulin free horse serum 10ml, 250mM EDTA 20ml, 0.5% Phenol red 1ml)로 3회 원심(2,000rpm, 3분, 4°C) 세척한 후 상층액을 버리고 밑부분에 모인 백혈구의 pellet을 vortex mixer를 이용하여 부유시켰다.

부유된 백혈구는 secondary antibody로 염색을 하기 위하여 fluorescein isothiocyanate(FITC)- conjugated goat anti-mouse IgG+IgM antibody를 200배 희석한 후 각 well에 $100\mu\text{l}$ 씩 첨가하였다. 이를 다시 4°C 에서 30분간 감각시킨 다음 4°C 의

secondary washing buffer (first washing buffer 성분중 horse serum만 제거한 것)로 3회 원시 세척하였다. 2% PBS-formalin(38% formalin 20ml, PBS 980ml) 용액을 200 μ l/well 되게 가하여 고정시킨 후 염색이 끝난 세포들은 검사때까지 모두 냉암소(4°C)에 보관하였다. 염색이 완료된 재료는 flow cytometry를 이용하여 총 2,000개 이상의 세포를 검사하여 양성반응 세포수를 측정하였다.

8. 통계분석

처리구간 평균성적에 대한 유의성은 GLM(General Linear Model) 방법을 통해 이루어졌으며, 처리평균간의 비교를 위해 Duncan's multiple range test가 이용되었다.

시험 3 : 점토광물질 첨가 급여가 이유전 송아지의 발육 및 면역기능에 미치는 영향

1. 시험축 및 시험기간

본 시험을 위해 생후 8일령의 한우송아지 16두(평균체중 $31.6 \pm 2.9\text{kg}$)를 공시하였고, 사양시험은 1999년 4월 1일부터 6월 30일까지 3개월간 축산기술연구소 종축개발부(충남 천안시 성환읍 소재)에서 실시하였다.

2. 시험설계 및 사양관리

생후 8일령인 한우송아지 16두를 4처리 4반복의 완전임의 배치 총 3개월간 사양시험을 실시하였다. 시험사료와 첨가제의 종류 및 첨가방식에 대한 처리 내역은 아래 Table 3-8과 같다.

Table 3-8. Experimental design

Items	Control	Test 1	Test 2	Test 3
Diets	Control diet	+ 5% illite	+ 5% bentonite	+ 5% kaolinite
Heads / treatment	4	4	4	4

시험 전기간에 급여한 대용우(milk replacer)로 Holatein 전유(whole milk)를 사용하였고, 인공유(calf starter)로는 축산기술연구소 사료공장에서 Table 3-9와 같이 각각의 점토광물질(illite, bentonite 및 kaolinite)을 첨가하여 제조한 펠렛사료를 사용하였다. 또한 조사료로는 축산기술연구소에서 생산한 orchardgrass 위주의 건초를 이용하였으며, 각 사료별 일반성분 및 영양소 함량은 Table 3-10과 같다.

액상유는 Holstein 전유를 항온수조에서 체온 정도의 온도(38°C)로 따뜻하게 하여 이용하였으며, 30일령까지는 매회 5.0kg씩 1일 3회를, 30일령부터 60일령까지는 1일 2회, 60일령부터 시험 종료시인 90일령까지는 1일 1회로 점차 줄여가며 급여하였다. 인공유와 건초 및 물은 시험 전 기간 동안 자유채식시켰다.

3. 체중 및 사료섭취량

체중은 송아지 입식 직후 측정된 성적을 개시체중으로 하여 시험개시시부터 종료시까지 10일간격으로 아침사료 급여 전에 측정하였으며, 사료섭취량은 매일 아침사료를 급여하기 전, 전일에 급여한 사료의 잔량을 측정하는 방법으로 조사하였다.

4. 사료성분 분석

시험사료의 일반성분은 A.O.A.C.방법(1990)에 준하여 분석하였다.

Table 3-9. Ingredient composition of calf starter for Hanwoo calves (% , as fed basis)

Ingredient	(% , as fed basis)
Corn, ground	21.0
Wheat, ground	19.0
Soybean meal	15.0
Rapeseed meal	4.0
Corn germ meal	5.0
Corn gluten feed	12.0
Wheat bran	14.0
Molasses	4.3
Salt	0.4
AUROFAC-B ₁₂	0.05
ACID-LAC	0.25
Clay mineral	5.0
Total	100.00

Table 3-10. Chemical composition of experimental diets

Diets	(% of DM)				
	DM	CP	EE	CF	Ash
Concentrates					
Control	84.52	17.53	2.40	4.04	4.93
Illite, 5%	86.13	17.91	2.43	4.65	8.55
Bentonite, 5%	86.33	19.24	2.46	4.48	7.16
Kaolinite, 5%	86.39	18.23	2.51	3.90	9.12
Roughage					
Hay	94.89	10.41	1.17	33.39	10.79

Abbreviations : DM, dry matter, CP, crude protein; EE, ether extract; CF, crude fiber.

5. 채혈 및 일반성분

채혈은 시험개시시와 시험개시후부터 종료시까지 매 30일 간격으로 송아지의 경정맥을 통하여 30ml씩 채취한 후 sodium heparin이 첨가된 진공관과 EDTA가 첨가된 진공관 그리고 혈액응고 방지제가 첨가되지 않은 진공관에 넣은 혈액을 실온에서 응고시킨 후에 4℃ 냉장고에 24시간 보관한 다음 3,000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 분리하였으며 다음 검사에 이용할 때까지 -70℃의 초저온냉동고에 보관하였다.

6. 혈액학적 검사

정정맥에서 채혈한 혈액을 EDTA가 들어 있는 채혈병에 넣어 잘 혼든 다음, 실험실로 옮겨와 자동 혈액분석기(Hemavet 500, Dasct Co.)로 적혈구수(RBC), 백혈구수(WBC), 혈색소치(Hb), 적혈구용적(HCT), 평균 적혈구용적(MCV), 평균 적혈구혈색소량(MCH), 평균 적혈구혈색소농도(MCHC), 호중구(NE), 림프구(LY), monocyte가 있는 백혈구 수(MO), monocyte가 있는 백혈구 율(MO, %), eosinophil이 있는 백혈구 수(EO), eosinophil이 있는 백혈구 율(EO, %), basophil이 있는 백혈구 수(BA), basophil이 있는 백혈구 율(BA, %), 호중구가 있는 백혈구 율(NE, %) 그리고 림프구가 있는 백혈구 율(LY, %)을 측정하였다.

7. 백혈구 아군별 분포율 조사

백혈구 아군별 분포율을 조사하기 위하여 Davis 등(1987)의 방법에 따라 백혈구를 분리한 다음 CD2, CD4, CD8 및 N, B, granulocyte와 monocyte에 특이적인 백혈구 표면 단클론항체 등 총 6종을 시험에 사용하였다. Flow cytometry로 분석하기 위하여 conial bottom microplate의 한 well당 단클론항체 $50\mu\text{l}$ ($15\mu\text{l}/\text{ml}$)와 $1 \times 10^7/\text{ml}$ 의 $50\mu\text{l}$ 림프구를 첨가한 후 4°C 에서 30분간 감작시킨 다음 4°C 의 first washing buffer(PBS 450ml, ACD 50ml, 20% NaN_3 5ml, gamma globulin free horse serum 10ml, 250mM EDTA 20ml, 0.5% Phenol Red 1ml)로 3회 원심(2,000rpm, 3분, 4°C)세척한 후 상층액을 버리고 밑부분에 모인 백혈구의 pellet을 vortex mixer를 이용하여 부유시켰다. 부유된 백혈구는 secondary antibody로 염색을 하기 위하여 fluorescein isothiocyanate(FITC) -conjugated goat antimouse IgG+ IgM antibody를 200배 희석한 후 각 well에 $100\mu\text{l}$ 씩 첨가하였다. 이를 다시 4°C 에서 30분간 감작시킨 다음 4°C 의 secondary washing buffer (first washing buffer 성분중 horse serum만 제거한 것)로 3회 원심 세척하였다. 2% PBS- formalin(38% formalin 20ml, PBS 980ml)용액을 $200\mu\text{l}/\text{well}$ 되게 가하여 고정시킨 후 염색이 끝난 세포들은 검사때까지 모두 냉암소(4°C)에 보관하였다. 염색이 완료된 재료는 flow cytometry를 이용하여 총 2,000개 이상의 세포를 검사하여 양성반응 세포수를 측정하였다.

8. 통계분석

처리구간 평균성적에 대한 유의성은 GLM(General Linear Model)방법을 통해 이루어졌으며, 처리평균간의 비교를 위해 Duncan's multiple range 가 이용되었다.

시험 4 : 이유직후 거세한우 송아지에 대한 점토광물질 첨가 급여가 육성기 발육 및 면역기능에 미치는 영향

1. 시험축 및 시험기간

본 시험에는 4개월령 거세한우 육성우 24두(평균체중 109.4kg)를 공시하였다. 사양 시험은 1999년 4월부터 1999년 9월까지 총 6개월간 축산기술연구소 종축개량부(충남 천안시 성환읍 소재)의 한우사에서 실시하였다.

2. 시험설계 및 시험사료

거세한우 24두를 처리별 군사형태로 4처리 6반복으로 완전임의 배치하여 총 6개월간 사양시험을 실시하였다. 시험사료와 첨가제의 종류 및 첨가방식에 대한 처리 내역은 아래 Table 3-11과 같다. 각 공시광물은 충북영동(illite), 경남 산청(kaolinite) 및 경북 포항(bentonite) 등에서 생산된 광물로 입자도가 2mm이하로 시제품으로 유통되고 있는 것을 사용하였다.

농후사료는 축산기술연구소 사료공장에서 각각의 점토광물질(clay mineral)을 첨가하여 제조한 사료를 이용하였으며(Table 3-12), 조사료로는 축산기술연구소에서 생산한 orchardgrass 위주의 건초를 이용하였다. 농후사료와 건초의 영양소 함량은 Table 3-13과 같다.

3. 사양관리

체중은 개방식우사(5.6m×12m 우사에 군사)에서 시험개시시부터 종료시까지 30일간격으로 아침사료 급여 전에 측정하였다. 사료는 배합사료의 경우 체중의 1.5%로 제한급여 하였으며, 조사료는 전기간 자유채식 시켰다. 사료섭취량은 매일 아침사료를 급여하기 전, 전일에 급여한 사료의 잔량을 측정하는 방법으로 측정하였다.

4. 사료성분 분석

시험사료의 일반성분은 A.O.A.C. 방법(1990)에 준하여 분석하였다.

Table 3-11. Experimental design.

Items	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
Diets	Basal diet	Basal + 5% illite	Basal + 5% bentonite	Basal + 5% kaolinite
Heads / treatment	6	6	6	6

Table 3-12. Composition of experimental concentrates for growing Hanwoo steers.

Ingredient	Diet	
	Control	Treatment
	... %, as fed basis ...	
Cron, ground	40.00	38.00
Wheat, ground	16.00	15.00
Corn gluten feed	7.50	7.00
Wheat bran	11.95	11.45
Rice bran	3.00	3.00
Alfalfa pellet	3.00	3.00
Soybean meal	7.40	7.40
Rape seed meal	5.50	4.50
Molasses	4.70	4.70
Salt	0.60	0.60
Vitamin premix ¹⁾	0.10	0.10
Acid-lac ²⁾	0.25	0.25
Clay mineral	-	5.00
Total	100.00	100.00

Table 3-13. Chemical composition of experimental diets.¹⁾

Feedstuffs	Percent composition, as fed basis							
	Mois.	CP	EE	CF	Ash	NFE	NDF	ADF
Concentraites:								
Basal diet	14.6	14.2	5.6	5.4	4.4	55.8	-	-
Basal + 5% illite	13.9	13.7	5.6	5.5	9.0	52.3	-	-
Basal + 5% bentonite	14.6	13.4	5.4	5.8	7.2	53.6	-	-
Basal + 5% kaolinite	14.7	13.7	6.9	4.4	7.5	52.8	-	-
Roughage:								
Hay	5.1	10.4	1.2	33.4	10.8	39.1	75.1	42.0

¹⁾Abbreviations : Mois., Moisture; Cp, crude protein; EF, ether extract; CF, crude fiber; Ash, Crude ash; NFE, nitrogen free-extract; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber.

5. 채혈 및 혈청분리

채혈은 시험개시시와 시험개시후부터 종료시까지 매 30일 간격으로 송아지의 경정맥을 통하여 30ml씩 채취한 후 sodium heparin이 첨가된 진공관과 EDTA가 첨가된 진공관 그리고 혈액응고 방지제가 첨가되지 않은 진공관에 각각 10ml씩 나누어 넣었다. 혈액응고 방지제가 첨가되지 않은 진공관에 넣은 혈액을 실온에서 응고시킨 후 4℃ 냉장고에 24시간 보관한 다음 3,000rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 분리하

였으며 다음 검사에 이용할 때까지 -70°C 의 초저온 냉동고에 보관하였다.

경정맥에서 채혈한 혈액을 EDTA가 들어 있는 채혈병에 넣어 잘 흔든 다음, 실험실로 옮겨와 자동 혈액분석기(Hemavet 500, Dasct Co.)로 적혈구수(RBC), 백혈구수(WBC), 혈액소치(Hb), 적혈구용적(HCT), 평균 적혈구용적(MCV), 평균 적혈구혈액소량(MCH), 평균 적혈구혈색소농도(MCHC), 호중구(NE), 림프구(LY), monocyte가 있는 백혈구 수(MO), monocyte가 있는 백혈구 율(EO, %), basophil이 있는 백혈구 수(BA), basophil이 있는 백혈구의 율(BA, %), 호중구가 있는 백혈구 율(NE, %), 그리고 림프구가 있는 백혈구 율(LY, %)을 측정하였다.

6. 백혈구 아군별 분포율 조사

백혈구 아군별 분포율을 조사하기 위하여 방법에 따라 백혈구를 분리한 다음 CD(cluster of differentiation)2, CD4, CD8 및 다음 N, B, granulocyte와 monocyte에 특이적인 백혈구 표면 단클론항체 등 총 6종을 시험에 사용하였다. Flow cytometry로 분석하기 위하여 conical bottom microplate의 한 well당 단클론항체 $50\mu\text{l}$ ($15\mu\text{g}/\text{ml}$)와 $1 \times 10^7/\text{ml}$ 의 $50\mu\text{l}$ 림프구를 첨가한 후 4°C 에서 30분간 잠작시킨 다음 4°C 의 first washing buffer(PBS 450ml, ACD 50ml, 20% NaN_3 5ml, gamma globulin free horse serum 10ml, 250mM EDTA 20ml, 0.5% Phenol red 1ml)로 3회 원심(2,000rpm, 3분, 4°C) 세척한 후 상층액을 버리고 밑부분에 모인 백혈구의 pellet을 vortex mixer를 이용하여 부유시켰다. 부유된 백혈구는 secondary antibody로 염색을 하기 위하여 fluorescein isothiocyanate (FITC) -conjugated goat anti-mouse IgG+IgM antibody를 200배 희석한 후 각 well에 $100\mu\text{l}$ 씩 첨가하였다. 이를 다시 4°C 에서 30분간 잠작시킨 다음 4°C 의 secondary washing buffer(first washing buffer 성분중 horse serum만 제거한 것)로 3회 원심 세척하였다. 2% PBS-formalin(38% formalin 20ml, PBS 980ml) 용액을 $200\mu\text{l}/\text{well}$ 되게 가하여 고정시킨 후 염색이 끝난 세포들은 검사때까지 모두 냉암소(4°C)에 보관하였다. 염색이 완료된 재료는 FLOW CYTOMETRY를 이용하여 총 2,000개 이상의 세포를 검사하여 양성반응 세포수를 측정하였다.

7. 통계분석

처리구간 평균성적에 대한 유의성은 방법을 통해 이루어졌으며, 처리평균간의 비교를 위해 Duncan's multiple range test가 이용되었다.

시험5 : 황토 및 점토광물 첨가 급여가 조기이유 한우 수송아지의 육성기발육 및 면역기능에 미치는 영향

1. 시험축 및 시험기간

공시축은 한우 번식농가인 안성농축(경기 안성시 서운면 오촌리 소재)에서 자체 교배계획(KPN 보증종모우를 활용하여 인공수정)에 의해 '2000년 봄에 태어난 한우 수송아지로 생후 3개월령 전후에 체중이 60kg 정도가 되었을 때 이유하여 14일간 일 반사료(어린송아지 사료 및 목건초)를 자유채식 시키면서 예비사육을 실시하였다.

2. 시험설계 및 사양관리

본 시험은 3개월령(평균체중 74.1kg)인 한우수송아지 30두를 대상으로 2000년 6월 부터 10월까지 120일간 실시되었는데, 공시축은 Table 3-14에서 보는 바와 같이 개시 부터 종료까지 항병력 또는 면역증강물질 급여종류에 따라 6개처리, 즉 관행사육(T1), 황토 2%(T2), 일라이트 2%(T3), 올리고당 4%(T4), 활성탄 2%(T5) 및 크롬 0.1%(T6)를 두어 처리구당 5두씩 완전임의배치 하였으며 철골구조 칼라강판 지붕아 래 사조가 동향으로 배치되고 천장 개폐식이며 가변형으로 지어진 무벽우사에서 처리 구별로 군사하였다(pen size, 4m×8m). 처리구별로 배치된 각종 첨가제들은 급여되는 농후사료에 중량비율로 첨가하였으며 황토는 전북익산에서 채취하여 음건한 후 2mm체 를 통과한 것을 사용하였고, Illite(충북 영동), 활성탄(강원 횡성), Oligosacharides 및 Chromium picolinate는 시제품으로 유통되고 있는 것을 사용하였다.

Table 3-14. Experimental designs

Treatments	No. of animals	Main contents
T1	5	Basal diet
T2	5	Basal diet + Hwangto 2%
T3	5	Basal diet + Illite 2%
T4	5	Basal diet + Oligosacharides 0.04%
T5	5	Basal diet + Charcoal powder 2%
T6	5	Basal diet + Chromium picolinate 0.1%

3. 체중 및 사료섭취량

공시기간중의 사료는 Table 3-15에서 보는 바와 같이 전기간 어린 송아지사료와 수입 Orchard grass 건초를 사용하였다. 체중은 시험개시부터 종료까지 30일 간격을

두고 측정하였으며 개시시 및 종료시는 2일 연속 측정치의 평균치를 사용하였다. 사료섭취량은 급여량에서 잔량을 제한 것을 사용하였고 잔량조사는 매일 오전 관리시에 실시하였으며 조사료의 일반성분 분석은 A.O.A.C.법(1990)에 의거 수행하였고 TDN은 농촌진흥청에서 제시한 소화율을 적용하여 산출하였다.

4. 채혈 및 일반성분

채혈은 시험개시부터 90일 까지 매 30일 간격으로 송아지의 경정맥을 통하여 30ml 씩 채취한 후 항응고제가 처리되지 않은 진공관에 넣어 실험실로 운반하여 3,000rpm에서 30분간 원심분리하여 혈청을 분리하였으며, 혈청의 분리는 마이크로 피펫을 이용하였고, 각 개체를 확인한후 멸균된 팁으로 혈구가 혼합되지 않게 조심하여 분리하였다. 분리한 혈청은 무균적으로 처리된 1.5ml의 튜브에 보관하여, 다음 검사에 이용할 때까지 -80℃의 초저온 냉동고에 보관하였다.

5. 통계분석

처리구간 평균성적에 대한 유의성은 GLM(General Linear Model)방법을 통해 이루어졌으며, 처리 평균간의 비교를 위해 Duncan의 multiple range test가 이용되었다.

Table 3-15. Chemical composition and TDN value of experimental diets

Feed name	Chemical composition				TDN
	Dry matter	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	
	----- % -----				
Concentrate					
Grower	86.55	14.00	1.5	15.0	69.0
Roughage					
Orchard grass hay	88.14	7.50	2.28	33.41	45.93

시험 6 : 한우 임신우에 대한 황토 및 점토광물 급여가 분만 송아지의 발육 및 항병력 증진에 미치는 효과

1. 시험축 및 시험기간

공시가축은 한우번식농가인 이반농장(전북 익산시 여산면 소재)에서 자체 교배계획(KPN 보증종모우를 활용하여 인공수정)에 의거 종부한지 200일 내외의 임신우로 직장축진법으로 임신이 확인된 경산우였으며, 시험사료 및 축사와 군사에 대한 적응기간을 갖고자 약 20일간 예비사육을 실시하였다.

2. 시험설계 및 사양관리

본 시험은 분만이 60일 정도 남은 임신축(체중 478.4kg)을 대상으로 2001년 2월부터 7월까지 150일간 실시되었는데, Table 3-16에서 보는 바와 같이 개시부터 종료까지 항병력 또는 면역능 증강물질의 급여종류에 따라 6개 처리, 즉 관행사육(T1), 황토 2%(T2), 일라이트 2%(T3), 맥반석 2%(T4), 키토산 320mg(T5) 및 크롬 0.1%(T6)를 두어 처리 당 5두씩 완전입의배치 하였으며, 철 파이프 구조의 천장개폐식 지붕아래 중앙통로를 갖추고 사조가 남향으로 배치된 가변형으로 지어진 무벽우사에서 처리구별로 군사하였다(pen size, 4m×8m).

3. 체중 및 사료섭취량

처리구별로 배치된 각종 첨가제들은 급여되는 농후사료에 중량비율로 첨가하였으며, 황토는 전북익산에서 채취하여 음건한 후 2mm체를 통과한 것을 사용하였고, Illite(충북 영동), 맥반석(경북 경주), 키토산 및 Chromium picolinate는 시제품으로 유통되고 있는 것을 사용하였다.

Table 3-16. Experimental designs

Treatments	No. of animals	Main contents
T1	5	Basal diet
T2	5	Basal diet + Hwangto 2%
T3	5	Basal diet + Illite 2%
T4	5	Basal diet + Porphyry 2%
T5	5	Basal diet + Chitosan 320mg
T6	5	Basal diet + Chromium picolinate 0.1%

공시기간중의 사료는 Table 3-17에서 보는 바와 같이 전기간 번식우사료와 맥강 및 볏짚을 사용하였다. 체중은 시험개시부터 종료까지 30일 간격으로 측정하였고, 분만전

후 및 생시체중은 개체별로 측정하였으며, 개시시 및 종료시는 2일 연속 측정치의 평균치를 사용하였다. 사료섭취량은 급여량에서 잔량을 제한 것을 사용하였고 잔량조사는 매일 오전관리 때 실시하였으며, 조사료의 일반성분 분석은 A.O.A.C.법(1990)에 의거 수행하였고, TDN은 농촌진흥청에서 제시한 소화율을 적용하여 산출하였다.

Table 3-17. Chemical composition and TDN value of experimental diets

Feed name	Chemical composition				TDN
	Dry matter	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	
	----- % -----				
Concentrate ¹⁾					
Formula feed	86.52	13.00	2.0	12.0	66.0
Barley bran	88.59	11.69	5.08	14.01	53.95
Roughage					
Rice straw	88.10	4.50	1.90	27.700	38.80

4. 채혈 및 혈청분석

채혈은 시험개시부터 150일간 매 30일 간격으로 실시하였으며, 어미 소는 미근부로부터 송아지는 경정맥을 통하여 30ml씩 채취한 후 혈액응고 방지제가 첨가되지 않은 진공관에 넣어 실험실로 운반하여 3,000rpm에서 30분간 원심분리하여 혈청을 분리하였으며, 혈청의 분리는 마이크로 피펫을 이용하였고 각 개체를 확인한 후 멸균된 튜브로 혈구가 혼합되지 않게 조심하여 분리하였다. 분리한 혈청은 무균적으로 처리된 1.5ml의 튜브에 보관하여 다음검사에 이용할 때까지 -80℃의 초저온 냉동고에 보관하였다. 혈청분석은 IgG SDID Kit (VMRD, Inc. USA)을 이용하여 단순방사형 면역확산법으로 실시하였다. 사용한 Kit에는 Agarose에 소 IgG 특이 항체를 첨가시킨 후 겔화 시킨 것으로, 총 12개의 Specimen을 포함하고 있다. 각 Specimen간의 거리는 8mm로서 약 3 μ l의 검사용 시약이 들어갈 수 있게 천공되었다. 각 Plate의 1번~4번 Well에는 이미 알고 있는 표준항체를 400mg/dl, 800mg/dl, 1,600mg/dl 및 3,200mg/dl을 3 μ l씩 분주한 후, 나머지 8개의 Well에 검사하려는 혈청을 3 μ l씩 분주하였다. 혈청을 분주한 Plate는 상온에 방치 한후 4시간 간격으로 6회 판정을 하여 확산정도를 기록하고 분주 후 최종 24시간 후의 확산상태를 캘리퍼를 이용하여 정확하게 측정하였다. 사용하지 않은 Kit의 보존은 사용시 까지 4~8℃의 냉장고에서 보관하였다.

5. 통계분석

그 밖에 처리구간 평균성적에 대한 유의성은 GLM (General Linear Model)방법을 통해 이루어졌으며, 처리 평균간의 비교를 위해 Duncan의 multiple range test가 이용되었다.

제 3절 결과 및 고찰

시험 1 : 홀스타인 어린 송아지에 대한 황토 및 올리고당 급여가 발육 및 항병력에 미치는 영향

1. Holstein 송아지의 성장능력

Holstein 송아지의 체중과 사료 섭취량은 매 2주마다 측정하였는데 그 결과는 Table 3-18와 3-19에 나타내었다. 첫 2주의 사양성적을 보면 처리간의 증체량(WG), 일당증체(ADG), 매일 평균 사료섭취량(ADFI) 및 성장효율(GE)사이에는 유의적인 차이를 나타내지 않고 있으나 3% 황토를 첨가한 처리구와 0.04% glucosamine - D를 첨가한 구에서 약간 높게 나타났다. 첫 2주 동안의 사양성적은 모두 낮게 나타났는데 이는 갓난 송아지들의 수송과정에서 받는 심한 수송스트레스와 환경온도의 급격한 변화로 인한 주위 환경으로부터 받는 심한 스트레스에 기인한 것으로 사료된다. 두 번째 2주의 사양성적을 보면, 증체량에서는 처리간 유의적인 차이를 보이지 않지만, 사료섭취량에 있어서는 0.04% glucosamine - D(GD) 첨가구가 1.10(kg/d)로서 가장 높게 나타났다. 세 번째 2주에서는 6% 황토 첨가구에서 증체량과 평균 일당 증체량이 각각 12.93(kg/d)과 0.86(kg/d)로서 유의적($p < 0.05$)으로 가장 높은 수치를 기록하였고, 마지막 2주에서는 증체량과 매일 평균 사료섭취량이 각각 19.40(kg/d)과 2.87(kg/d)로서 0.04% glucosamine - D 첨가구가 가장 높게 나타났다.

총 8주동안의 사양성적을 보면 처리간에 유의적인 차이는 나타내지 않고 있으나 일당증체량에서 3% 황토 첨가구와 0.04% glucosamine - D 첨가구는 각각 1.47(kg/d)과 1.58(kg/d)이었고, 성장효율면에서는 각각 42.18(%)과 46.2(%)로 대조구와 6% 황토 첨가구에 비해서 약간 높게 나타내었다. 이는 올리고당을 사료에 첨가함으로써 탄수화물이 병원균 미생물과 서로 경쟁적으로 장상피세포에 부착하므로써 동물의 장내질병의 발생율을 줄이고 그로 인하여 성장효율과 사료효율에서 개선된 효과를 가져올 수 있다는 기존의 결과들과 일치하였다.

황토의 첨가가 성장효율과 사료효율 면에서 개선된 효과를 가져왔다는 연구들은 아직도 매우 적은 상태지만, 본 연구결과를 볼 때 성장효율에 있어서 3% 황토의 첨가가 비교적 적합하다는 것으로 나타났고 일당증체와 사료 섭취량에 있어서도 비교적 개선된 효과를 나타내었지만, 6% 황토의 첨가는 오히려 송아지의 성장에 부의 영향을 나타내고 있다. 이는 소화기관이 잘 발달되지 않은 갓난 송아지에 있어서 과량의 황토 첨가가 송아지의 소화능력에 좋지 않은 영향을 미쳤으며, 또한 황토가 차지하는 비율이 높아 기호성을 떨어뜨려 사료섭취량에 영향을 주어 그만큼 영양소 섭취량도 감소되었던 것으로 사료된다.

Table 3-18. Effects of loess and glucosamine-D on the body weight(BW) and weight gain (WG) in Holstein calve

Item	Treatment				PSE ¹
	Control	3% loess	6% loess	0.04% GD*	
	0 ~ 2 weeks				
IBW* (kg)	47.28	43.98	43.93	43.60	0.83
FBW* (kg)	46.88	44.13	42.80	44.13	0.97
WG* (kg)	-0.40	0.15	-1.23	0.53	0.70
	2 ~ 4 weeks				
IBW (kg)	46.88	44.13	42.80	44.13	0.97
FBW (kg)	54.40	55.65	49.38	55.08	1.58
WG (kg)	7.53	11.53	6.58	10.93	0.98
	4 ~ 6 weeks				
IBW (kg)	54.40	55.65	49.38	55.08	1.58
FBW (kg)	63.13	67.65	62.30	67.80	1.98
WG (kg)	8.73 ^b	12.00 ^{ab}	12.93 ^a	12.73 ^{ab}	0.74
	6 ~ 8 weeks				
IBW (kg)	63.13	67.65	62.30	67.80	1.98
FBW (kg)	80.80	81.13	76.55	87.20	2.77
WG (kg)	17.68 ^{ab}	13.48 ^b	14.25 ^{ab}	19.40 ^a	1.00
	0 ~ 8 weeks				
IBW (kg)	47.28	43.98	43.93	43.60	0.83
FBW (kg)	80.80	81.13	76.55	87.20	2.77
WG (kg)	33.52 ^b	37.15 ^{ab}	32.62 ^b	43.60 ^a	2.84

* Abbreviations : IBW (initial body weight), FBW (final body weight), WG (weight gain), GD (Glucosamine - D).

^{a,b,c} Means with the different superscript in the same row are significantly different at 5% level. ¹ Pooled standard error

Table 3-19. Effects of loess and glucosamine-D on the growth performance in Holstein calves

Item	Treatment				PSE ¹
	Control	3% loess	6% loess	0.04% GD*	
	0 ~ 2 weeks				
ADG* (kg/d)	-0.03	0.01	-0.10	0.04	0.05
ADFI* (kg/d)	0.63	0.63	0.56	0.59	0.02
GE* (%)	-4.76	1.59	-17.86	6.78	0.08
	2 ~ 4 weeks				
ADG (kg/d)	0.50	0.77	0.44	0.73	0.07
ADFI (kg/d)	0.96 ^{ab}	1.08 ^{ab}	0.76 ^b	1.10 ^a	0.06
GE (%)	52.08	71.30	57.89	66.36	0.07
	4 ~ 6 weeks				
ADG (kg/d)	0.58 ^b	0.80 ^{ab}	0.86 ^a	0.85 ^a	0.05
ADFI (kg/d)	1.42 ^b	2.02 ^a	1.81 ^{ab}	1.75 ^{ab}	0.08
GE (%)	40.85	39.60	47.51	48.57	0.02
	6 ~ 8 weeks				
ADG (kg/d)	1.18 ^{ab}	0.90 ^b	0.95 ^{ab}	1.29 ^a	0.07
ADFI (kg/d)	2.54 ^{ab}	2.16 ^b	2.17 ^b	2.87 ^a	0.12
GE (%)	46.46	41.67	43.78	44.95	0.01
	0 ~ 8 weeks				
ADG (kg/d)	0.56	0.62	0.55	0.73	0.04
ADFI (kg/d)	1.39	1.47	1.33	1.58	0.06
GE (%)	40.29	42.18	41.35	46.20	0.02

* Abbreviations : ADG (average daily gain), ADFI (average daily feed intake, DM), GE (growth efficiency , calculated as : growth efficiency = ADG/ADFI × 100), GD (Glucosamine-D).

^{a,b} Means with the different superscript in the same row are significantly different at 5% level. ¹ Pooled standard error

2. 질병발생율

전 기간 중에 설사와 호흡기질환 및 고창증이 발생하였지만 기타 질병은 나타나지 않았다. 설사빈도는 Table 3-20 나타내었다. 전체 그룹에서 설사발생은 송아지 입사 후 첫 1달 내에 주로 발생하였으며, 수송스트레스로 인한 설사발생율은 사료첨가제에 기인한 것이 아니므로 기록하지 않았다. 설사빈도는 송아지들의 수송스트레스에 의한

설사발생기간이 지난 후부터와 사료섭취를 시작한 후부터 기록한 결과이다. 사양시험 4주에서 6%의 황토를 급여한 처리구의 송아지 1두가 고창증 발생으로 폐사 하였고 대조구의 송아지 1두가 심한 설사로 인하여 폐사하였다. 송아지의 폐사로 인하여 대조구와 6% 황토 첨가구의 성장능력이 받은 영향이 비교적 컸으며, 그 중에서도 사료섭취량 증가에 따라 6% 황토를 첨가한 구에서 많이 발생하였는데, 이는 높은 비율의 황토첨가가 어린 송아지 소화기관의 정상적인 기능발휘에 좋지 않은 영향을 미쳤던 것으로 사료된다.

그렇지만 0.04%의 glucosamine - D를 첨가한 처리구에서 설사회수가 가장 적게 나타났는데, 이러한 결과도 송아지들의 일당중체량과 사료섭취량의 개선된 효과를 초래한 원인의 하나일 것으로 사료된다. 이는 주로 탄수화물이 동물의 장내에서 설사를 일으키는 병원성 미생물들과 경쟁적으로 장 상피세포에 부착하므로써 설사를 예방하고 치료하는 효과를 일으키며 따라서 어린 송아지의 장을 건강하게 유지하고 장내 유익한 미생물들의 증식을 도와주기 때문이라고 사료된다.

Table 3-20. Diarrhea frequency of Holstein calves

	Treatment			
	Control	3% loess	6% loess	0.04% GD*
Diarrhea frequency	0.75	0.75	1	0.25

* GD : Glucosamine - D.

3. Flow cytometry를 이용한 혈중 각종 면역세포 분포율의 조사

어린송아지사료에 3, 6% 수준의 황토와 0.04% 수준의 glucosamine - D를 첨가한 송아지와 첨가하지 않은 송아지에 대한 면역학적 특징을 조사하기 위하여 백혈구 세포 표면 분자, 즉 class I MHC, class II MHC, CD2, CD4, CD8에 특이적인 단클론 항체와 sIgM, N, granulocyte와 monocyte에 특이적인 단클론 항체를 포함해서 총 8종을 실험에 사용하였다. 백혈구 아군별 분포율 분석의 방법에 준해서 flow cytometry를 이용하여 총 10,000개 정도의 세포를 검사하여 양성반응 세포수를 측정하였다. 양성세포수를 읽어서 나타낸 결과는 Table 3-21에 나타내었다.

항원전달세포(antigen presenting cell), B 림프구 및 활성화된 일부 T 림프구 표면에서 발현되는 class II MHC에 대한 양성 분포율은 0.04% glucosamine - D 첨가구와 대조구에서 각각 37.70%와 36.73%로서 두 처리구간에는 유의적인 차이를 나타내지 않고 있지만, 반면에 3% 황토 첨가구와 6% 황토 첨가구에서는 각각 32.02%와 27.00%로서 상대적으로 적게 나타났다.

모든 T 림프구가 소유하고 있는 CD2 양성세포에 대한 분포율은 대조구의 19.87%

에 비해서 3% 황토 첨가구, 6% 황토 첨가구 및 0.04% glucosamin - D의 첨가구가 각각 25.14%, 26.78% 및 25.82%로 대조구에 비해 증가하였고, T 림프구 아군중 T helper cell이 소유하고 있는 CD4 양성분포율은 0.04% glucosamine - D첨가구에서 35.60%로서 가장 높게 나타났으며, 3% 황토 첨가구는 대조구에 비해서 유의적인 차이를 나타내지 않고 있지만, 6% 황토 첨가구는 18.66%로서 대조구에 비해서 유의적(P <0.01)으로 높게 나타내었다. T cytotoxic/suppressor가 소유하고 있는 CD8 양성세포에 대한 분포율에서는 대조구와 각 처리구사이에서 유의적인 차이는 없었지만 0.04% glucosamine - D 첨가구와 6% 황토 첨가구가 대조구와 3% 황토 첨가구에 비해서 높은 경향을 나타내고 있다.

Table 3-21. Effects of loess and glucosamine-D addition to the distribution rate of leukocytes and class I, II MHC

Molecules	Treatment (%)				PSE ¹
	Control	3% loess	6% loess	0.04% GD*	
Class I MHC	81.72 ^b	96.35 ^a	96.24 ^a	97.52 ^a	1.87
Class II MHC	36.73 ^a	32.02 ^b	27.00 ^c	37.70 ^a	1.29
CD2	19.87 ^b	25.14 ^a	26.78 ^a	25.82 ^a	0.85
CD4	14.23 ^c	10.40 ^c	18.66 ^b	35.60 ^a	2.63
CD8	15.65	14.59	16.61	17.18	0.51
sIg M (B)	15.39 ^c	24.86 ^a	19.52 ^b	21.19 ^b	0.99
N	20.88 ^b	21.06 ^b	21.91 ^b	30.47 ^a	1.17
G + M	67.86	73.80	75.29	79.06	1.89

* Abbreviations : GD (Glucosamine - D).

^{a,b,c} Means with the different superscript in the same row are significantly different at 1% level. ¹ Pooled standard error

숙주의 체액성 면역기능에 관여하는 B cell 표면에 분포되어 있는 surface IgM의 양성 분포율에 있어서 모든 처리구가 대조구보다 유의적(P <0.01)으로 높았고 3% 황토 첨가구에서 24.86%로 가장 높게 나타났다.

비 특이적 면역반응에 있어서 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려진 N 림프구에 대한 양성율에서 0.04% glucosamine - D 첨가구에서 30.47%로 다른 처리구보다 유의적(P <0.01)으로 높게 나타내었고, granulocyte와 monocyte의 양성율에 있어서는 각 처리구간에 유의적인 차이는 없었지만 대조구에 비해서 각 첨가구가 높은 경향을 나타내었고 그 가운데서도 0.04%의 glucosamine - D가 가장 높게 나타났다.

이상의 결과들을 종합해볼 때 0.04%의 glucosamine - D 첨가구에서 높은 백혈구 아집단 양성 분포율을 뚜렷이 나타내고 있다. 특히, T helper cell이 소유하고 있는 CD4의 분포율과, T helper cell과 결합하여 면역반응을 활성화시켜 주는 class II MHC 분자들의 분포율이 가장 높게 나타났다. 이는 glucosamine - D에 의해서 특이적인 면역반응이 활성화된 것으로 사료된다.

황토 첨가구에 의한 효과를 볼 때, CD2, CD4의 양성율이 대조구에 비해서 증가한 반면에 class II MHC의 양성분포율에 있어서는 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 class II MHC 분자의 기능과 관계가 있는데, 즉 class II MHC 분자는 B 림프구, 대식세포 및 다른 항원제시세포와 같이 세포바깥에서 외래항원을 취해서 helper T 림프구에게 항원 제시 기능을 하는 특정한 세포들에서만 발현되기 때문에 이들 수효가 많아짐에 따라서 helper T 림프구가 활성화 된 후 여러 사이토카인을 분비함으로써 면역반응이 증가될 수 있으나, 또한 이와 반대로 class II MHC 분자가 부적절한 발현을 할 경우 자가면역질환을 일으킬 수 있다.

Class II MHC 분자의 이러한 특징들에 비추어 보면, glucosamine - D는 특이적인 면역반응에 기여하는 반면에 황토 첨가구에서 class II MHC의 감소현상은 황토가 과도한 면역반응을 진정시켜 줄 수 있는 가능성을 나타내고 있어서 비특이적인 면역반응에 기여할 수 있는지 그 여부는 앞으로 더 연구되어야 할 것으로 사료된다.

시험 2 : 황토 첨가가 Holstein 송아지의 증체량 및 면역기능에 미치는 영향

1. 발육능력 및 사료섭취량

생후 4일령된 Holstein 수송아지를 이용하여 15일 간격으로 발육능력과 사료섭취량을 조사한 결과 Table 3-22 및 3-23에서 보는 바와 같다.

Table 3-22. The changes of body weights(BW) and daily gains(DG) by Hwangto supplements in Holstein calves(kg)

Days*	Control group		Reddish clay group	
	BW	DG	BW	DG
0	41.53±7.70 ¹⁾	-	41.28±6.20	-
15	43.10±7.26	0.11±0.25	42.95±4.49	0.11±0.16
30	54.03±6.31	0.73±0.08	53.70±1.39	0.72±0.21
45	65.85±9.24	0.79±0.22	65.05±2.16	0.76±0.14
60	78.60±10.02	0.85±0.32	77.35±3.25	0.82±0.21
ADG	-	0.62	-	0.60

¹⁾Mean±S.D.

*Days : Starting from 4 days of age after birth.

시험 전 기간동안의 체중과 일당증체량은 일령 증가와 동반하여 증가하는 경향이었고, 대조구와 황토 첨가구의 평균 일당증체량은 각각 0.62와 0.60kg으로 황토 첨가구에서 다소 낮았으나 유의성은 인정되지 않았다. 이러한 결과의 실험에서 보고한 Jersey 송아지에게 인공유 및 대용유 급여시 56일령에 조사한 일당증체량 0.48kg보다는 높았다. 황토는 그 속에 함유된 점토광물에 의하여 영향을 받는다고 하였으며 점토광물은 물리·화학적인 성질로 볼 때 반추동물의 장관 내에서도 미량광물질의 공급 효과는 물론 완충작용도 기대된다고 하였다. 반추위내 완충제의 효과에 관한 한 지금까지의 국내외 연구들은 대부분 중탄산소다나 산화마그네슘을 비롯한 일부 무기화합물에 국한하여 실시하였다. 그 중에서는 bentonite가 반추동물의 영양에 상당한 효과를 얻을 수 있는 것은 활성점토라고 하였다.

한편 Kuehn 등(1994)은 Holstein송아지의 대용유를 고 지방유로 급여시 발육 및 건강에는 차이가 없었다고 하였으며 생후 49일령까지 인공유의 단백질원으로 wheat gluten 및 soybean meal 급여시 발육에서 차이가 없었다고 하였다. 또한 생후 7일부터 26일까지 Holstein송아지의 대용유에 antibiotics 및 galactose-lactose 첨가시 일당증체량이 0.72kg으로 대조구와 유사하였다. 인공유(calf starter) 섭취량에 있어서도 평

균섭취량이 각각 1.27과 1.23kg으로 대조구에서 다소 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 유우에 있어서 bentonite의 급여로 인하여 사료섭취량이 감소하였다고 하였다.

Table 3-23. Daily feed intakes of Holstein calves(kg)

Days*	Control group		Reddish clay group		
	Milk replacer	Calf starter	Milk repacer	Calf starter	Hwangto
15	0.35	0.27±0.14 ¹⁾	0.35	0.33±0.18	0.02±0.01
30	0.29	0.97±0.20	0.29	0.74±0.31	0.04±0.02
45	-	1.60±0.27	-	1.78±0.49	0.09±0.03
60	-	2.22±0.35	-	2.06±0.72	0.11±0.04
ADG	0.16	1.27	0.16	1.23	0.07

¹⁾Mean±S.D.

*Days : Starting from 4 days of age after birth.

현재까지 황토가 어린 송아지의 성장효율과 사료효율면을 뚜렷이 개선시킨다는 보고는 거의 없지만 본 시험의 결과로 미루어 보아 어린 송아지에서의 5%의 황토 첨가 급여는 성장과 사료효율 증가에 크게 영향하지 못하는 것으로 나타났다. 보고에 의하면 Holstein송아지에 황토 3%와 6%의 첨가구를 두고 8주간 사양시험을 한 결과 비록 처리간의 유의성은 인정되지 않았지만 황토 3% 첨가구에서 성장과 사료효율이 대조구에 비해 약간 높은 것으로 나타난 반면 6% 첨가구에서는 오히려 송아지의 성장에 부의 영향을 보였다고 하였다.

따라서 본 시험에서와 같이 황토 5% 첨가급여는 김(1999)의 보고에서와 마찬가지로 소화기관이 잘 발달되지 않은 갓난 송아지에 있어서 과량으로 작용하여 송아지 소화력에 좋지 않은 영향을 미쳤던 것으로 사료된다.

2. 혈액성상

혈액검사치가 가축질병의 진단, 치료 및 생리적 변화의 병적상태와 예후를 판단하는데 있어 중요한 부분을 차지한다고 하였다. 병적상태에 있는 가축의 혈액화학치의 변화를 판독하기 위해서는 비교할 수 있는 건강한 가축의 생리적 기준치가 필요하며, 혈액화학치는 같은 품종이라도 연령, 지역차이, 사양관리, 환경변화 및 생리적 변동뿐만 아니라 영양상태에 따라 어느 정도 변화가 발생된다고 하였다. Table 3-24에서 보는 바와 같이 Holstein 송아지에게 황토를 급여하였을 때 황토를 급여하지 않은 구에 비하여 질병에 강한가를 조사하기 위해서 혈액성상의 변화를 살펴보았다.

Table 3-24. The effects of Reddish clay supplements on the leukocytes, erythrocytes and thrombocytes in Holstein calves

Item*	Diets		P ≤
	Control	Reddish day	
Leukocytes:			
WBC (K/μl)	7.92 ± 1.02 ¹⁾	10.07 ± 2.31	0.1261
NE (K/μl)	3.79 ± 0.55	4.50 ± 0.46	0.1561
LY (K/μl)	3.28 ± 0.22	4.47 ± 0.34	0.5062
MO (K/μl)	0.41 ± 0.08	0.55 ± 0.05	0.3196
EO (K/μl)	0.41 ± 0.09	0.53 ± 0.07	0.2713
BA (K/μl)	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.06	0.4389
NE (%)	47.03 ± 3.12	43.59 ± 4.16	0.9189
LY (%)	42.65 ± 3.52	45.49 ± 4.44	0.2558
EO (%)	5.29 ± 0.57	5.79 ± 0.76	0.9392
MO (%)	4.69 ± 0.23	4.81 ± 0.65	0.0722
BA (%)	0.34 ± 0.02	0.33 ± 0.07	0.1524
Erythrocytes:			
RBC (M/μl)	7.18 ± 1.05	8.56 ± 2.31	0.2209
Hb (g/d l)	9.57 ± 1.57	11.42 ± 2.56	0.4592
HCT (%)	24.17 ± 3.56	28.80 ± 4.32	0.3813
MCV (f l)	34.09 ± 2.14	30.14 ± 3.25	0.9893
MCH (pg)	13.50 ± 0.78	13.43 ± 0.56	0.9767
MCHC (g/d l)	39.80 ± 0.76	39.95 ± 0.56	0.3340
RDW (%)	29.33 ± 2.01	30.08 ± 1.96	0.4635
Thrombocytes:			
PLT (K/μl)	426.96 ± 62.56	368.58 ± 74.02	0.7589
MPV (f l)	4.58 ± 0.87	4.62 ± 0.54	0.7533

¹⁾ Mean ± S.D. Abbreviations : WBC, white blood cells; NE, neutrophils; LY, lymphocytes; MO, monocytes; EO, eosinophils; BA, basophils; RBC, red blood cells; Hb, hemoglobin; HCT, hematocrit; MCV, mean corpuscular (erythrocyte) volume; MCH, mean corpuscular (erythrocyte) hemoglobin; MCHC, mean corpuscular (erythrocyte) hemoglobin concentration; RDW, red cell (erythrocyte volume) distribution width; PLT, plateletcrits; MPV, mean platelet (thrombocyte) volume.

송아지의 경정맥에서 채혈하여 혈액분석기(Hemavet 600, Dascot회사)로 측정된 정상 혈액성상의 범위는 leukocytes중 주요 성분의 경우 WBC(4.0~12.0K/μl), NE(0.6~4.1K/μl), LY(2.5~7.5K/μl)이며 erythrocytes는 RBC(5.0~10.0M/μl)가 항병력과 관련된 주요 혈액성분들이다. 그러나 본 시험의 결과는 WBC에 있어 수치가 대조구 및 황토구가 7.92~10.07K/μl로 모두 정상범위에 속하며 유의한 차이를 나타내지는 않았으며(P<0.1), NE의 수치도 대조구 및 황토구에 있어서 각각 3.79, 4.50K/μl로 유의한 차이를 나타내지 않았고, LY의 평균치 역시 각각 3.28 및 4.47K/μl로 정상범위에 속하였다. RBC 평균치가 대조구 및 황토구에 있어서 각각 7.18 및 8.56M/μl로 모두 정상

범위에 있었으나, 전체적으로 황토구에서 높은 경향을 보였다. 그밖에 다른 혈액 성분에서도 큰 차이를 보이지 않고 있다. 그리고 보고한 혈액수치는 생리적인 변화에 차이가 있다고 하였으며, 본 연구에서는 처리간 유의성이 인정되지 않았다.

이것은 황토의 효과보다는 환경적인 요인에 의해 영향을 더 많이 받았기 때문인 것으로 사료된다. 소의 적혈구 및 백혈구의 정상치에 있어 적혈구 수가 생시에는 7.68M/ μ l, 3개월령은 6.65M/ μ l, 4개월령은 6.74M/ μ l이었고, 백혈구 수는 생시에는 9.4K/ μ l, 1주일령은 7.46K/ μ l 그리고 3개월령에서는 9.30K/ μ l이었다고 하였다. 또한, 생시부터 생후 1년까지 Holstein의 혈액성상을 조사한 결과, 출생시 적혈구 수는 평균 7.4M/ μ l, 백혈구 수는 8.7M/ μ l이었으며, 1주 후에는 적혈구 수가 평균 7.5M/ μ l이었다. 또한 2~4개월령의 적혈구 수는 평균 8.1M/ μ l, 백혈구는 9.7K/ μ l이었으며, 4~6개월령의 적혈구 수는 평균 7.8M/ μ l이고, 백혈구는 9.3K/ μ l 그리고 1년 후에는 적혈구 수는 평균 7.5M/ μ l이었다고 하였다. 또한 가축이 우사간에 이동한다든지 타 장소로 이동시 수송열(shipping fever)이 발생이 되고, 이에 따라 총적혈구수 및 총백혈구수가 증가한다고 하였다. 혈액중에 neutrophil 및 lymphocyte의 변화가 가축의 바이러스성 설사와 hksfus이 높다고 하였으며, 바이러스성 설사에 감염된 가축의 neutrophil 및 lymphocyte의 기능이 감소하였다고 하였다.

3. 백혈구 아집단 분포율 변화

모든 T 림프구가 소유하고 있는 CD2 양성세포에 대한 분포율에 있어서는 대조구의 CD2 양성세포에 대한 분포율에 있어서는 대조구의 28.56%에 비해서 황토 첨가구가 31.03%를 나타내어 대조구에 비하여 약간 증가하였다. 그러나 T 림프구 아군중 T helper cell이 소유하고 있는 CD4 양성세포에 있어서는 대조구가 14.77%로 황토 첨가구의 15.99%와는 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

또한 T cytotoxic/suppressor가 소유하고 있는 CD8 양성세포에 대한 분포율에서는 대조구가 13.70%, 황토 첨가구가 12.48%로 조사되어 유의적인 차이는 없었다.

한편, 숙주의 체액성 면역기능에 관여하는 B cell의 표면에 분포되어 있는 surface IgM의 didd성 분포율에 있어서는 처리구(30.46%)가 대조구(25.45%)에 비하여 유의적으로 높았고(P<0.1), 비특이적 면역반응에 있어서 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려진 N 림프구에 대한 양성율에서도 황토 첨가구에서 22.78%로 대조구(15.0%)보다 유의적으로 높았으며(P<0.1), monocyte의 양성율에 있어서는 각 처리구간에 유의적인 차이는 없었지만 대조구에 비해서 첨가구가 높은 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 보고한 신생송아지의 백혈구 백분율에 있어서 N cell은 15~30%, CD2은 45.7~51.8%, CD4는 21.7~29.8%, CD8는 16~17% 그리고 monocyte가 8~16%이었다는 성적과

3~9주령의 송아지 10두를 대상으로 조사한 면역세포 양성율에 있어 CD2가 42.8±5.9%, CD4는 20.2±4.0, CD8는 20.8±3.8, N cell은 20.2±7.6%, B cell는 10.0±3.9% 그리고 monocyte는 18.9±6.8%로 보고한 성적과 비교할 때 낮은 결과를 보였으나 보고한 신생송아지 10두의 생후 4일령제와 30일째의 각 세포의 양성율에 있어 CD2의 경우 각각 34%와 30%, CD4는 각각 20%와 16%, CD8는 각각 9%와 8% 그리고 N cell은 각각 35%와 25%보인 성적과 비슷한 결과를 나타내었다.

이러한 차이는 송아지 품종, 연령, 개체의 건강상태와 실험방법에 의한 것으로 규정되어 있다. 그리하여 외국에서는 각종 동물에는 주조직적합체 및 백혈구 감별항원에 대한 특이 단클론항체를 이용하여 정상동물의 전신 면역체계와 질병의 발병기전에 관한 많은 연구가 진행되었다.

어린송아지 사료에 황토 첨가 급여에 따른 면역학적 특징을 조사한 결과 CD2, CD4 양성세포에 대한 분포율은 대조구보다 높은 경향을 보였으며, 또한 황토 첨가는 숙주의 체액성 면역기능에 관여하는 B cell 표면에 분포되어 있는 surface IgM의 양성 분포율에 있어서 처리구가 대조구보다 높았고(P<0.1), 비특이적 면역반응에 있어서 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려진 N 림프구에 대한 양성율에서 황토 첨가구가 22.78%로 대조구보다 유의적으로 높았으며(p<0.1), monocyte의 양성율에 있어서는 각 처리구간에 유의적인 차이는 없었지만 대조구에 비해서 첨가구가 높은 경향을 나타내는 등 황토는 체내의 비특이적인 면역반응에 기여한 것으로 사료된다. 이것은 황토속에 함유된 점토광물의 물리적인 특성(이온교환성, 완충작용 및 수분의 흡수와 탈수 등)이 송아지의 건강상태를 양호하게 한 곳으로 판단된다.

Table 3-25. The effects of Reddish clay supplementats on the distribution rate of leukocytes(%) in Holstein calves

Item*	Diets		P≤
	Control	Hwangto	
CD2 ¹⁾	28.56 ± 3.21	31.03 ± 2.12	0.3699
CD4	14.77 ± 2.13	15.99 ^b ± 1.56	0.4204
CD8	13.07 ± 1.56	12.48 ± 2.04	0.8855
B cell	23.45 ^b ± 3.64	30.46 ^a ± 2.56	0.0686
N cell	15.00 ^b ± 2.12	22.78 ^a ± 3.79	0.0790
Monocyte	9.91 ± 1.02	10.78 ± 1.25	0.8837

¹⁾ CD(cluster of differentiation)2.

시험 3 : 점토광물질 첨가 급여가 이유전 송아지의 발육 및 면역기능에 미치는 영향

1. 발육능력 및 사료섭취량

생후 8일령된 한우송아지를 이용하여 90일 동안 발육능력을 조사한 결과 그 성적은 Table 3-26과 같다. 체중은 대조구를 포함한 전 처리구에서 일령 증가와 동반하여 점차 증가하여 90일령 종료시 대조구가 65.33kg, illite 첨가구가 65.55kg, bentonite 첨가구가 67.77kg 그리고 kaolinite 첨가구가 74.10kg으로 나타났다. 또한 총증체량에 있어서는 kaolinite 첨가구(39.23kg), illite 첨가구(36.10kg), bentonite 첨가구(35.97kg) 그리고 대조구(34.88kg)의 순으로 높게 나타나 처리구가 대조구에 비해 다소 높았던 것으로 나타났지만 처리간의 유의성은 인정되지 않았다. 일당증체량에 있어서도 대조구가 0.39kg, illite 첨가구 0.41kg, bentonite 첨가구 0.43kg 및 kaolinite 첨가구 0.47kg으로 처리구가 대조구에 비하여 전체적으로 높은 경향을 보였으나 유의성은 인정되지 않았다.

Table 3-26. The changes of body weights(BW) and daily gains(DG) by clay mineral supplements in Hanwoo calves

Item*	Diets				P≤
	Control	Illite	Bentonite	Kaolinite	
IBW (kg)	30.45	29.45	31.80	34.87	0.53
FBW (kg)	65.33	65.55	67.77	74.10	0.36
TBG (kg)	34.88	36.10	35.97	39.23	0.52
ADG (kg)	0.39	0.41	0.43	0.47	0.49

Abbreviations : IBW, initial body weight; FBW, final body weight; ADG, average daily gain; TBG, total body gain.

송아지에게 zeolite을 5% 사료에 첨가할 경우 기호성 증가하고, 체내독소를 흡수하여 연변하리 등 불소화 상태를 예방하고 또한 장내섬모를 자극하므로써 장액분리를 촉진하여 소화흡수를 돕는다고 하였다. 점토광물(clay mineral)을 가축의 발육촉진, 소화율과 사료효율개선, 축분의 수분조절과 악취제거와 유질 향상에 활용할 수 있다고 하였다.

그러나 보고에 의하면 젖소사료에 bentonite를 첨가 급여할 경우 생산성 향상에 영향을 미치지 않았다고 하였다. 어린송아지에게 대용유, 인공유 및 건초를 급여한 결과는 Table 3-27과 같다. 대용유는 한달간은 3회/일, 다음 한달은 2회/일, 마지막 한달은 1회/일 급여하였다. 인공유 및 건초는 자유채식한 결과, 월령이 증가할수록 대용유의 섭취량이 감소된 반면 건초 및 인공유의 섭취량은 증가하였다. 전체적으로 두당 일일 인공유섭취량은 대조구에서 0.66kg, illite 첨가구 0.80kg, bentonite 0.72kg 그리고

kaolinite 0.76kg이었고, 건초는 대조구에서 0.11kg, illite 첨가구 0.12kg, bentonite 0.10 kg 및 kaolinite 0.14kg이었다. Bentonite구에서 다소 낮은 결과를 얻었으나 전체적으로 처리구에서 섭취량이 증가하는 경향을 보였다. 거세우에게 3% sodium bentonite급여 시 증체율은 8% 향상되었으며, 사료효율도 9%정도 향상되었다고 하였다. 이러한 결과를 볼 때 점토광물은 송아지 장내에서 미량광물 공급효과 및 소화율을 증진시키는 것으로 사료된다. 한편 점토광물중 Bentonite는 반추위내서 일부 미량성분의 이용성을 저해한다는 보고도 있다. 면양에 bentonite 사료첨가시 사료내 Cu이용성이 감소되었다고 하였다. 유우에 있어서 사료섭취량이 감소한다고 보고하였다. Zeolite의 경우 육성 거세우 사료에 Zeolite를 2% 첨가시 증체량 및 사료효율이 개선되었고, 하리발생율도 낮았으며 분의 냄새도 적었다고 하였다.

Table 3-27. The changes of feed intakes by clay mineral supplements in Hanwoo calves

Item*	Diets				P≤
	Control	Illite	Bentonite	Kaolinite	
----- 0 ~ 90 days -----					
Milk replacer(ℓ)					
Total intake	175.3	170.0	176.4	178.0	0.45
Dairy intake	1.95	1.89	1.96	1.98	0.59
Calf starter(kg)					
Total intake	59.3	71.8	64.4	68.5	0.42
Daily intake	0.66	0.80	0.72	0.76	0.49
Hay(kg)					
Total intake	9.7	11.2	9.4	12.7	0.52
Daily intake	0.11	0.12	0.10	0.14	0.25

2. 혈액성상

한우 송아지에 대한 점토광물질 첨가급여가 처리구별 혈액성상에서의 변화에 어떠한 영향을 미치는지를 구명하기 위하여 처리구별 혈액성상의 변화를 살펴보았다. Table 3-28에서 보는 바와 같이 각 처리별로 큰 차이는 없었으나, NE(호중구)의 정상 범위가 0.6~4.1K/ μ l이나 모든 구에서 정상범위를 약간 넘었다. 보고에 의하면 유우에 있어서 급성유방염의 경우 임상증상이 발현된 직후에 호중구 및 임파구의 감소로 인한 백혈구수가 감소하나, 몇 시간 또는 수일이내에 대부분이 미성숙형인 호중구의 증가로 인한 총백혈구가 증가되어 임상증상이 사라질 때 백혈구상은 정상으로 돌아온다고 하였다. 이와 같이 송아지에게 임상적인 질병이 발현되면 호중구의 감소로 인한 백혈구의 감소현상이 보여야 하나, 오히려 모든 구에서 정상수준에서 높은 경향 쪽으로 나타나 충분한 영양소 공급 및 양질의 건초 급여가 송아지의 건강에 미치는 효과가 더 큰 것으로 사료된다.

Table 3-28. The effects of clay minerals on the leukocytes, erythrocytes and thrombocytes in Hanwoo calves

Item*	Diets				P≤
	Control	Illite	Bentonite	Kaolinite	
Leukocytes:					
WBC (K/ μ l)	11.54± 3.02 ¹⁾	8.64± 3.12	11.30± 3.52	8.87± 4.12	0.23
NE (K/ μ l)	5.65± 1.27	4.27± 1.53	6.45± 2.01	4.59± 0.99	0.45
LY (K/ μ l)	4.31± 1.02	3.30± 1.05	3.70± 2.01	3.22± 1.02	0.28
MO (K/ μ l)	0.52± 0.28	0.81± 0.45	0.47± 0.23	0.40± 0.82	0.44
EO (K/ μ l)	1.01± 0.43	0.60± 0.32	0.74± 0.53	0.69± 0.34	0.61
BA (K/ μ l)	0.05± 0.02	0.06± 0.03	0.08± 0.02	0.03± 0.07	0.40
NE (%)	46.04± 3.11	44.03± 3.23	49.00± 4.02	44.67± 3.52	0.80
LY (%)	41.21± 3.46	40.55± 3.32	35.81± 3.56	38.88± 4.02	0.77
EO (%)	4.98± 2.35	6.10± 2.31	4.08± 3.02	3.93± 4.47	0.91
MO (%)	7.42± 1.65	7.04± 1.45	5.97± 2.23	6.63± 2.59	0.18
BA (%)	0.35± 0.35	0.39± 0.87	0.56± 1.12	0.73± 0.67	0.25
Erythrocytes:					
RBC (M/ μ l)	10.50± 0.21	10.74± 0.42	10.79± 1.23	9.92± 1.85	0.75
Hb (g/d l)	10.44± 0.11	11.06± 0.23	11.31± 0.52	10.74± 0.35	0.61
HCT (%)	28.74± 3.22	32.11± 3.57	32.32± 3.11	30.14± 3.74	0.39
MCV (f l)	27.89± 2.64	30.56± 3.01	30.14± 3.25	30.99± 2.85	0.33
MCH (pg)	10.16± 0.02	10.55± 0.11	10.62± 0.98	10.91± 0.64	0.75
MCHC (g/d l)	36.36± 0.97	34.63± 1.23	35.52± 1.11	35.18± 0.19	0.29
RDW (%)	35.72± 0.87	34.64± 1.23	36.21± 1.45	34.19± 0.95	0.82
Thrombocytes:					
PLT (K/ μ l)	576.54±28.55	605.28±23.08	619.34±52.35	404.17±65.22	0.85
MPV (f l)	4.58± 0.78	5.07± 0.58	4.66± 0.56	4.31± 0.52	0.74

¹⁾ Mean±S.D. Abbreviations : WBC, white blood cells; NE, neutrophils; LY, lymphocytes; MO, monocytes; EO, eosinophils; BA, basophils; RBC, red blood cells; Hb, hemoglobin; HCT, hematocrit; MCV, mean corpuscular (erythrocyte) volume; MCH, mean corpuscular (erythrocyte) hemoglobin; MCHC, mean corpuscular (erythrocyte) hemoglobin concentration; RDW, red cell (erythrocyte) distribution width; PLT, plateletcrits; MPV, mean platelet (thrombocyte) volume.

가축의 사양조건, 성별 및 품종에 따라 혈액성상의 변화는 다양할 수 있으나, 병적인 가축의 혈액변화를 알기 위하여 건강한 동물의 생리적 혈액치와 비교 검토함으로써 이상유무를 진단할 수 있기 때문에 지금까지 보고한 내용들과 비교하여 진단하고자 한다. Leukocytes중 주요성분과 그들의 정상적인 범위를 보면 WBC 4.0~12.0K/ μ l, NE 0.6~4.1K/ μ l, LY 2.5~7.5K/ μ l이며 erythrocytes는 RBC 5.0~10.0M/ μ l 등이다.

적혈구가 평균 6.8M/ μ l이고, 백혈구는 7.5K/ μ l이었다고 하였다. 또한 다른 보고에 의하면 점토광물이 혈액성상의 변화뿐만 아니라, 혈액속에 있는 미량원소에 변화를 준다고 하였으나, 아직 점토광물에 대한 이해부족 및 정확한 가축에 대한 급여효과 등 자료가 부족한 실정이다.

3. 백혈구 아집단 분포율 변화

점토광물질을 illite, bentonite, kaolinite 종류별로 첨가하여 백혈구 아집단을 조사하였으며, 그 결과는 Table 3-29과 같다. CD2 양성세포에 대한 분포율은 대조구가 42.83%, 점토광물 첨가구가 37.32~42.22%로 큰 차이는 없었으나, CD4 양성세포는 대조구(25.96%)에 비하여 점토광물 첨가구가 14.75~18.09%로 낮은 경향을 나타내었다. CD8 양성세포에 대한 분포율에서도 대조구가(19.67%) 점토광물 첨가구에 비하여(15.27~17.10%) 유의적인 차이는 없었지만 높은 경향을 보였다.

Table 3-29. The effects of clay mineral addition on the distribution rate of leukocytes(%) in Hanwoo calves

Item*	Diets				P≤
	Control	Illite	Bentonite	Kaolinite	
CD2 ¹⁾	42.83 ± 4.56 ²⁾	37.32 ± 3.12	41.53 ± 2.35	42.22 ± 2.14	0.87
CD4	25.96 ^a ± 3.25	17.90 ^{ab} ± 4.74	14.75 ^b ± 2.53	18.09 ^{ab} ± 3.58	0.08
CD8	19.67 ± 2.34	17.10 ± 1.97	15.27 ± 2.22	15.94 ± 1.97	0.64
B cell	21.60 ± 2.15	24.65 ± 2.54	22.02 ± 3.16	26.26 ± 2.12	0.81
N cell	35.79 ± 4.78	31.10 ± 3.67	27.87 ± 3.24	30.34 ± 3.25	0.80
Monocyte	19.38 ± 5.62	15.36 ± 3.75	20.34 ± 4.86	11.88 ± 4.55	0.17

¹⁾ CD(cluster of differentiation), ²⁾ Mean ± S.D. ^{ab} p < 0.10

숙주의 체액성 면역기능에 관여하는 B cell 표면에 분포되어 있는 surface IgM의 양성 분포율에 있어서 kaolinite구(26.26%)가 대조구(21.60%)보다 높았으며, 특이적 면역반응에 있어서 N 림프구에 대한 양성율에서 점토광물 첨가구가 27.87%~31.10%로 대조구 35.79%보다 낮았다. Monocyte의 양성율에 있어 유의적인 차이는 없었지만 대조구에 비해서 첨가구가 낮은 경향을 나타냈다. 송아지에서 림프구의 분포가 무엇보다도 연령에 따라 상당한 차이를 보이는데, 신생 송아지에서 면역계의 대부분 세포가 생후에 존재하나 30일 까지는 성우의 수준이 아니며, B림프구는 성우의 20%이고 생후 40일에 성우의 수준에 이르게 된다는 보고에 비추어 볼 때 이와 같은 결과의 차이는 연령, 품종, 사양관리 방법, 그리고 실험동물의 건강상태 등에 의한 것으로 사료된다. 한편 본 연구에서 점토광물질을 종류별로 한우 송아지에게 급여한 결과 백혈구 아집단 분포율에서 유의성 있는 큰 차이를 나타내지 않았다.

시험 4 : 이유직후 거세한우 송아지에 대한 점토광물질 첨가 급여가 육성기 발육 및 면역기능에 미치는 영향

1. 발육능력 및 사료섭취량

점토광물질을 첨가 급여한 한우 육성우의 발육 및 사료섭취량의 변화는 Table 3-30과 같다. 증체량은 대조구에 비하여 처리구에서 약간 높은 경향을 보이고 있다. 또한 시험 기간동안의 평균 일당증체량은 illite 첨가구 0.70kg, bentonite 첨가구 0.69kg, kaolinite 첨가구 0.67kg 및 대조구 0.65kg의 순으로 높게 나타났으나 처리구간 유의성은 없었다. 평균 건조섭취량은 대조구 3.34kg, bentonite 첨가구 3.17kg, kaolinite 첨가구 2.96kg 그리고 illite 첨가구 2.91kg의 순으로 높게 나타났으나 통계적인 유의차는 인정되지 않았다. 발육에 있어서는 보고한 Holstein 송아지의 경우도 kaolinite 첨가구 0.47kg으로 가장 높았으며, 다음이 bentonite 첨가구가 0.43kg, illite 첨가구가 0.41kg이었으며, 대조구가 0.39kg으로 가장 낮아 점토광물구에서 약간 높은 경향을 보이고 있다. 그러나 사료섭취량에 있어서도 인공유 및 건조섭취량은 처리구에서 약간 증가하였으나 큰 차이는 없었다고 보고하였다.

Table 3-30. The changes of body weights and feed intakes of growing Hanwoo steers with clay mineral supplementats.

Items	Diets				P≤
	Control	Illite	Bentonite	Kaolinite	
Total feed intake ¹⁾ /head					
Concentraits (kg)	430.56	457.75	437.95	437.24	0.94
Hay (kg)	611.32	531.85	580.82	542.38	0.93
Feed intake/head/day					
Concentraits (kg)	2.35	2.50	2.39	2.39	0.98
Hay (kg)	3.34	2.91	3.17	2.96	0.93
Change of body weight					
Initial body weight (kg)	106.60±2.23 ²⁾	113.00±3.12	108.80±2.98	109.00±1.96	0.94
Final body weight (kg)	202.40±5.62	215.60±7.26	210.20±4.62	207.40±5.48	0.92
Total body gain (kg)	95.80±3.27	102.60±2.85	101.40±2.54	98.40±3.31	0.95
Average daily gain (kg)	0.65±0.05	0.70±0.03	0.69±0.04	0.67±0.03	0.95

¹⁾ kg, as fed basis

²⁾ Mean±S.D.

여러 연구자에 의하면 점토광물질은 반추위 미생물의 발효패턴을 정상 수준으로 유지시키고 반추위내 급격한 pH저하를 방지할 수 있으며, 반추위내 사료의 retention time을 증가시켜 사료이용성을 높여줌으로서 반추동물의 사료효율 및 증체를 향상시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한 점토광물질은 농후사료나 작은 입자도의 사료를 섭취하였을 때 반추위내 통과 속도가 증가하는 것을 방지하여 섬유소의 발효시간을 길게 유지함으로써 acetate의 생성을 증가시킨다고 하였다. 따라서 본 시험에서도 점토광물질 첨가에 의한 사료 이용효율이 개선되고 증체 효과도 확인할 수 있었다. 이러한 원인은 점토광물질이 반추위 미생물의 발효상을 정상적으로 유지시켜 주는 역할을 한 것으로 사료된다.

이와는 달리 점토광물질이 반추위내 pH 저하 방지에 대한 효과가 없었으며 유우에 있어서는 오히려 사료섭취량이 감소되었다는 보고도 있다.

2. 혈액성상

거세한우 육성우에 대한 혈액성상의 변화를 대조구 및 점토광물질 처리구로 나누어 조사하였다(Table 3-31). 전체적으로 대조구 및 처리구간에 차이는 보이지 않고 있다. 백혈구의 수치도 대조구 및 처리구 모두 7.38~8.38K/ μ l로 정상범위인 4~12K/ μ l에 속하며, neutrophil 및 lymphocyte의 범위도 2.80~3.15K/ μ l 및 3.25~4.37K/ μ l로 정상범위인 0.6~4.1K/ μ l 및 2.5~7.5K/ μ l에 속한다. 또한 적혈구의 수치는 대조구 및 처리구 모두 10.64~11.87M/ μ l로 정상범위인 5~10M/ μ l보다는 약간 높은 경향을 보이고 있으나 유의성은 인정되지 않았다. 보고한 점토광물질첨가 급여가 Holstein 송아지 혈액성상의 변화에 있어서도 차이가 없었다고 보고하였다.

가축의 질병이 발생했을 때 육안적으로 판단하여 질병을 치료하였으나, 오늘날 거의 모든 가축질병은 최종적인 확진과 예후판단은 실험실 검사성적의 뒷받침으로 이루어지고 있는데, 그리고 등은 성축에 있어서 적혈구 및 백혈구의 정상치가 각각 6.8M/ μ l~8.26M/ μ l 및 7.0K/ μ l~9.3K/ μ l의 범위에 있다고 하였다.

이러한 보고에 따라 거세한우 육성우의 혈액성상의 변화를 살펴본 결과 처리간에는 차이가 보이지 않았다. 이것은 송아지단계에서 환경적인 변화 및 반추위의 미발달에 따른 질병저항력의 약화 등에서 회복되어 정상적인 영양소의 섭취 및 환경에 적응함으로써 순조로운 성장에 따른 사양관리로 인한 것으로 사료되며, 5% 수준의 점토광물질을 첨가하여 혈액성상의 변화를 임상적인 결과나 항병성에 관련된 연령, 사양조건 및 환경적인 변화에 따라 더 많이 영향을 미칠 것으로 사료된다.

Table 3-31. The effects of clay minerals on the leukocytes, erythrocytes and thrombocytes in growing Hanwoo steers.

Items	Diets				P≤
	Control	Illite	Bentonite	Kaolinite	
Leukocytes:					
WBC (K/ μ l)	7.69±0.98 ¹⁾	8.38±0.54	7.51±0.21	7.38±0.34	0.87
NE (K/ μ l)	2.80±0.23	3.15±1.20	3.06±0.87	2.98±0.75	0.96
LY (K/ μ l)	4.37±1.34	4.08±1.22	3.63±1.32	3.25±1.23	0.45
MO (K/ μ l)	0.46±0.12	0.46±0.21	0.37±0.31	0.29±0.26	0.41
EO (K/ μ l)	0.28±0.22	0.23±0.11	0.18±0.18	0.37±0.14	0.49
BA (K/ μ l)	0.02±0.01	0.04±0.02	0.03±0.01	0.03±0.01	0.20
NE (%)	37.01±3.01	39.89±2.01	39.39±4.01	41.24±3.21	0.64
LY (%)	52.49±3.25	49.45±2.85	50.36±3.26	47.96±2.55	0.82
EO(%)	5.49±0.53	5.86±0.23	5.48±0.36	5.09±0.42	0.25
MO(%)	3.10±1.62	2.95±1.32	2.13±1.01	4.15±2.01	0.71
BA (%)	0.29±0.12	0.38±0.21	0.43±0.22	0.41±0.12	0.55
Erythrocytes:					
RBC (M/ μ l)	10.64±0.98	11.73±0.58	11.87±0.47	11.20±0.65	0.18
Hb (g/dl)	11.48±0.85	11.76±0.35	10.68±0.42	11.66±1.21	0.77
HCT (%)	34.37±1.95	34.89±1.54	36.37±2.01	36.22±1.65	0.48
MCV (fl)	31.37±1.31	30.17±1.21	30.11±1.68	31.68±2.62	0.55
MCH (pg)	10.61±0.23	10.21±0.25	10.40±0.42	10.84±0.69	0.43
MCHC (g/dl)	33.89±1.36	32.93±2.57	34.90±1.25	33.97±1.95	0.15
RDW (%)	32.26±0.23	32.52±0.78	32.00±0.65	32.08±0.75	0.97
Thrombocytes:					
PLT (K/ μ l)	255.79±45.57	392.08±58.26	362.62±45.23	376.63±45.32	0.41
MPV (fl)	4.23±0.52	4.83±0.42	4.65±0.63	4.80±0.67	0.48

¹⁾ Mean±S.D.

Abbreviations : WBC, white blood cells; NE, neutrophils; LY, lymphocytes; MO, monocytes; EO, eosinophils; BA, basophils; RBC, red blood cells; Hb, hemoglobin, HCT, hamatocrit; MCV, mean corpuscular (erythrocyte) volume; MCH, mean corpuscular (erythrocyte) hemoglobin; MCHC, mean corpuscular (erythrocyte) hemoglobin concentration; RDW, red cell (erythrocyte volume) distribution width; PLT, plateletcrits; MPV, mean platelet (thrombocyte) volume.

3. 백혈구아집단 분포율 변화

Table 3-32의 결과는 어린 한우송아지에 대하여 점토광물 첨가, 급여한 시험 결과에서는 T 림프구가 소유하고 있는 CD2 양성세포에 대한 분포율이 대조구가 42.83%, 점토광물 첨가구가 37.32~42.22%이었으나, 거세한우 육성우 시험에서는 대조구가 54.32%, 점토광물 첨가구가 39.18~55.40%로 어린송아지 보다 높았다. CD4 양성세포도 어린송아지 시험은 대조구가 25.96%, 점토광물 첨가구가 14.75~18.09%이었으나,

거세한우 육성우 시험에서는 대조구가 28.83%, 점토광물 첨가구가 21.77~36.27%로 어 린송아지 보다 높았다. CD8 양성세포에 대한 분포율에서는 대조구가 20.08%, 점토광물 첨가구가 15.13~20.68%으로 차이는 없었지만 송아지 보다는 약간 높은 경향을 보였 다. 그러나 monocyte 양성율은 각 처리간 유의성이 인정되지 않았지만 처리구에서는 높은 경향을 보였다. 거세한우 육성우에서는 처리구별로 다른 결과를 보이고 있다.

Illite 첨가구에서는 CD4, CD8, B cell 및 monocyte에서 대조구보다 높은 결과를 보 였고, kaolinite 첨가구에서는 CD4, CD8, N cell 및 monocyte에서 대조구보다 높은 결 과를 얻었다. 또한 bentonite 첨가구에서는 B cell 및 monocyte에서 대조구보다 높은 결과를 얻었다. 보고자마다 차이가 나타날 수 있는데, 이것은 시험축의 품종, 성별, 나이 및 건강상태 등에 따라 혹은 시험방법에 차이로 나타날 수 있다고 하였다.

이런 결과로 볼 때 거세한우 육성우의 illite나 kaolinite 등에서 대조구와는 처리간 에 유의성은 인정되지 않았지만 대조구에 비하여 첨가구가 높은 경향을 나타내는 등 점토 광물도 체내의 비특이적 면역반응에 기여할 것으로 사료된다.

Table 3-32. The effects of clay minerals on the distribution rate of leukocytes(%) in growing Hanwoo steers.

Items*	Diets				P≤
	Control	Illite	Bentonite	Kaolinite	
CD2 ¹⁾	54.32±2.23 ⁴⁾	55.40±1.52	39.18±1.45	45.17±2.14	0.42
CD4	28.83±3.24	36.27±2.24	21.77±1.41	33.48±2.31	0.23
CD8	20.08±2.17	18.48±2.91	15.13±1.96	20.68±3.12	0.31
B cell ²⁾	21.93±3.54	25.88±2.65	25.57±2.74	20.67±2.62	0.81
N cell ³⁾	24.10±3.41	18.63±3.52	17.02±2.95	26.82±2.43	0.11
Monocyte	4.05±1.32	8.58±2.42	11.58±3.24	6.20±2.11	0.30

¹⁾CD(cluster of differentiation)2, ²⁾B-lymphocyte, ³⁾N-lymphocyte(non T/non B), ⁴⁾Mean±S.D.

시험 5 : 황토 및 점토광물 첨가 급여가 조기이유 한우 수송아지의 육성기 발육 및 면역기능에 미치는 영향

1. 체중 및 일당증체량

총 사육기간 120일간 사료에 첨가되는 항병력 증진물질 종류에 따라 6개 처리를 두고 처리별로 공시한 한우 수송아지의 체중 및 일당증체량 변화는 Table 3-33에서 보는 바와 같다. 항병력 증진물질 급여에 따른 송아지의 월령별체중은 개시시인 3 및 7개월령에 각각 72.2~75.0(평균 74.1) 및 173.2~184.6kg(평균 179.6kg)이었고, 총증체량 및 일당증체량은 각각 98.3~108.4(평균 105.0) 및 0.819~0.919kg(평균 0.875 kg)이었으며, 증체량은 T3, T6, T4, T5, T2 및 T1 순으로 높은 것으로 나타났다.

따라서 본 시험에 공시한 모든 첨가제가 어린 송아지의 발육에 불리하게 작용하지 않았고, 이 들 첨가제 중에서 일라이트, 크롬 및 올리고당의 효과가 그 중 높은 것으로 나타났으며, 본시험에서의 월령별 체중은 어미소의 포유와 함께 보조사료를 급여 하면서 6개월령에 이유한 한우수송아지의 월령별 체중이 3, 4, 5 및 6개월령에 각각 82.1, 106.2, 131.8 및 158.6kg이라고 한의 보고와 비슷한 결과였다.

Table 3-33. Live weight and average daily gain

Item	Treatments ¹⁾					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Initial age(mo.)	3.3±0.7	3.1±0.4	3.1±0.2	3.0±0.4	3.3±0.4	3.0±0.2
Body weight(kg)						
Initial	74.9±9.7	75.0±9.5	74.3±9.8	73.4±9.8	72.2±6.6	74.6±4.2
120th day	173.2±8.2	174.2±24.5	184.6±12.1	184.6±12.1	177.9±22.3	183.0±21.2
Total gain(kg)	98.3±8.1	99.2±18.7	110.3±18.9	108.3±18.9	105.7±16.0	108.4±20.1
Average daily gain(kg)	0.819±0.1	0.827±0.2	0.919±0.2	0.903±0.2	0.881±0.1	0.903±0.2

¹⁾T1 : Control, T2 : Hwangto 2%, T3 : Illite 2% T4 : Oligosacharides 0.04%

T5 : Charcoal powder 2%, T6 : Chromium picolinate 0.1% addition

2. 사료섭취량 및 이용성

공시기간 120일간 사료섭취량 및 이용성은 Table 3-34에서 보는 바와 같다. 전기간 평균섭취량은 농후사료 및 목건초가 각각 3.910~4.148kg(평균 4.03kg) 및 0.344~0.372kg(평균 0.354kg)이었으며, 섭취된 사료의 DM, CP 및 TDN은 각각 3.607~3.810kg(3.714kg), 0.652~0.690kg(평균 0.771kg) 및 2.818~2.981kg(2.902kg)으로 처리

구에 따른 뚜렷한 차이는 없었다. 체중에 대한 농후사료비율은 각각 3.10~3.31%(평균 3.21%)로 T6 및 T1에서의 섭취비율이 다른 처리구보다 다소 높았고, 섭취사료의 조·농비율 중에서 조사료비율 역시 8.1~8.8%(평균 8.4%)로 T1 및 T5에서 다소 높은 것으로 나타났으며, 전반적으로 본 시험에 공시한 송아지는 개시시가 3.0~3.3개월령(평균 3.1개월령)으로 번식우농가에서 일반적으로 이유하는 월령보다 다소 이른 월령이었고, 이후부터 사양시험 종료시까지의 120일간도 반추위의 기능이 완성되지 않은 시기여서 특히 체중에 대한 농후사료 섭취량이 많은 반면 조사료 섭취량이 적었다. 1kg 증체에 소요된 TDN 량은 3.199~3.565kg(3.354kg)으로 T5, T3 및 T6의 순으로 우수한 것으로 나타나, 첨가제 모두 사료이용성을 개선시켜주지만, 그 중에서도 활성탄, 일라이트 및 크롬 등의 효과가 높은 것으로 나타났다.

이와같은 결과 들은 여러 종류의 첨가제들을 농후사료에 첨가하여 급여함으로써, 점토광물은 반추위 내에서 미생물발효가 정상적으로 이루어질 수 있도록 유해성분을 흡착하거나 pH 저하를 방지해주며 반추위 내에서 사료가 머물러 있는 시간을 연장시킴으로서 사료이용성을 높이고 가축의 성장을 촉진시킨다는 보고, 점토광물은 농후사료나 작은 입자도의 사료를 섭취하였을 때 반추위내 통과속도가 증가하는 것을 방지하여 섬유소의 발효시간을 길게 유지함으로써 acetate의 생성을 증가시킨다는 보고 및 점토광물이 비록 에너지 발생능력이나 다른 유기영양소의 공급능력은 거의 없지만 광물질을 공급하고 수분흡수력에 의한 연변방지 및 장내 가스 흡착 등의 효과가 있어 증체 및 사료이용성을 개선시킨다는 보고 zeolite를 가축사료에 첨가급여시 사료효율이 9% 정도 개선되었다고 하였다.

Table 3-34. Feed and nutrient intake of Hanwoo bull calves

Item	Treatments					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Feed and nutrient intake(kg/day, 120day)						
Concentrate	4.045	3.943	4.030	4.102	3.910	4.148
Orchard hay	0.372	0.344	0.355	0.354	0.347	0.349
DM	3.743	3.633	3.716	3.776	3.607	3.810
CP	0.675	0.657	0.671	0.683	0.652	0.690
TDN	2.921	2.839	2.903	2.952	2.818	2.981
Concentrate intake to body weight(%)	3.30	3.14	3.10	3.22	3.20	3.31
TDN intake per kg gain(kg)	3.566	3.505	3.217	3.336	3.199	3.300
Roughage rate to concentrate(DM, %)	8.8	8.3	8.4	8.3	8.5	8.1

그 밖에 황토는 주성분이 SiO₂ 50~65%, Al₂O₃ 16~24%, Fe₂O₃ 4~9%, MgO 0.6~2.5%, K₂O 1~3% 및 H₂O 5~15% 로 황토를 구성하는 광물에는 점토광물류가 대부분

분이며 나머지가 석영, 장석, 산화철광물 등으로 되어 있으며, 활성탄(Charcoal)도 전통적으로 탈취, 탈색 및 독성제거 등의 용도로 사용되어온 탄화물로서 흡착성을 비롯한 여러 가지 성질이 점토광물과 유사하기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 Oligosaccharide는 동물장 내에서 유해균이 장 상피세포로의 흡착을 줄이면서 세균을 조절하여 질병을 줄이거나, 장내 유익한 젖산균과 비피도박테리아의 급속한 증식을 유도함으로써 증체 및 사료이용성이 증대된다고 하였다.

3. 혈액내 면역물질 변화

시험기간 중 ZST(zinc sulfate turbidity)법에 의해 측정된 혈청중 Ig 농도는 Table 3-35에서 보는 바와 같다. 송아지를 이유하기 직전에 어미소와 송아지의 경정맥에서 채취한 혈청중의 Ig 농도는 어미소에서 10.9~12.2mg/ml(평균 11.3mg/ml)이었고, 송아지에서는 10.2~10.9mg/ml(평균 10.8mg/ml)으로 어미소의 혈청내 Ig 농도가 송아지의 것보다 다소 많은 것으로 나타났다. 일반적으로 송아지의 혈청중 Ig농도는 생후 1주일간은 2.5mg/ml 이상이 필요하고, 그 후 5.0mg/ml 이상을 유지하여야 하며 정상적인 성장발육을 위해서 10mg/ml 정도를 유지하여야 하는데, 본 시험의 결과 어미소 및 송아지 모두 정상축에서 함유하고 있어야 할 범위 내에 있었으며, 각종 첨가제를 투여 후 90일 간을 사육한후의 송아지 혈청 내 Ig 총량 역시 10.7~11.0mg/ml (평균 10.8mg/ml)내에서 변화하여 정상축에서 볼 수 있는 범위 내에 있었지만 T3 및 T5 등은 개시시에 비해 혈청내 Ig 함량이 각각 6.9% 및 2.8%가 증가한 것으로 나타났다.

Table 3-35. Change of the immunoglobulin in blood by treatments

Item	Treatments					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Before weaning(mg/ml)						
Dam	11.3	10.9	11.3	12.2	11.3	10.9
Calf(A)	10.8	11.6	10.2	10.8	10.7	10.9
Calf after weaning(mg/ml)						
30th day	10.7	10.9	10.8	10.8	10.8	10.7
60th day	11.1	11.0	10.7	10.9	10.7	10.8
90th day(B)	10.9	10.8	10.9	10.7	11.0	10.7
Difference(%), (B-A)/A	0.9	-6.9	6.9	-0.9	2.8	-1.8

4. 질병발생

공시기간 120일 동안 처리구별 질병발생상황은 Table 3-36에서 보는 바와 같다.

발병된 개체가 완치되었을 때를 기준으로 발병두수, 치료일수 및 질병종류별로 분류하였을 때 총 발병두수는 소화기 계통으로 T1 및 T2에 각각 1두, 호흡기 계통으로 T1 및 T5에 각각 1두 그리고 피부병으로 T4 및 T5에 각 1두씩 총 6두로 처리구별 뚜렷한 차이가 없었으며, 치료일수는 1두당 2~5일로 질병에 대한 진전정도가 경미한 것으로 나타났다. 송아지에 대한 각종 스트레스는 부신피질에서 adrenal corticosteroid의 분비를 유발하여 연속적으로 면역기능을 억압하기 때문에 각종 질병에 대한 감수성이 높아져 이유시기를 전후하여 소화기 및 호흡기질병의 발병율이 증가한다고 하였지만, 본 시험의 공시축이 조기에 이유되어 스트레스가 적지 않았음에도 질병발생 및 치료일수가 적었던 것은 공시된 송아지 모두가 동일지역에서 생산되고 포유기간을 거쳐 이유되었기 때문에 운송 및 지역이동에 따른 스트레스가 거의 없었고 시험축사가 송아지를 사육하지 않았던 신축우사로 각종 병원균에 오염도가 적었기 때문인 것으로 사료된다. 그 밖에 및 거세우 육성 사료에 zeolite를 2% 수준 급여시 설사발생율이 적었다고 하였다.

Table 3-36. Incidence of disease by treatments

Item	Treatments					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Infected head with disease						
Digestive system	-	1	-	-	-	-
Respiratory system	1	-	-	-	-	1
The others	-	-	-	-	-	-
Days of treatment						
Digestive system	3	3	-	-	-	-
Respiratory system	-	2	-	-	-	-
The others	5	-	-	5	5	-
Sort of disease						
Diarrhea	1	1	-	-	-	-
Pneumonia	-	1	-	-	-	-
Ring worm	1	-	-	1	1	-

이상과 같은 결과들을 종합해 볼 때 Illite는 어린 송아지의 발육에 관여 할 것으로 사료되는 물질들과 같이 3개월령 이후 송아지의 증체 및 사료효율 개선에 비교적 좋은 효과를 나타냈지만, 가공되지 않은 황토는 어린 송아지에서 급여효과가 나타나지 않으므로 소화기관이 충분히 발달된 후에 급여하거나, 정제과정을 거쳐 입자크기가 작게(2 μ m이하)하여 급여토록 해야 할 것으로 사료되며, 송아지의 면역력 증강을 위해서는 송아지에게 직접급여보다는 임신기간 중에 급여하여 어미 소의 혈청 내 면역물질 함량을 높일 수 있도록 하여야 할 것으로 판단된다.

시험 6 : 한우 임신우에 대한 황토 및 점토광물 급여가 분만 송아지의 발육 및 항병력 증진에 미치는 효과

1. 체중 및 일당증체량 변화

총 사육기간 150일 동안 항병력 또는 면역능 증진물질 종류에 따라 6개 처리를 두고 처리별로公示한 한우 임신우의 분만전후 체중 및 일당증체량 변화는 Table 3-37에서 보는 바와 같다.

분만 60일전 및 분만직전의 체중은 각각 459.1~506.7(평균 478.4) 및 482~519.0(평균 496.7)으로 이 기간 동안에 1일 평균 0.157~0.419kg(평균 0.305kg)이 증체되었다. 처리구별로는 T5, T6, T4, T3, T2 및 T1의 순으로 높아 관행사육구의 증체량이 첨가제급여구보다 낮아 본 시험에公示된 모든 첨가제가 임신우의 증체 즉 태아의 발육에 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났으며, 분만직전 및 직후의 체중은 각각 482.0~519.0(평균 496.7) 및 443.9~481.4kg(평균 458.2kg)으로 평균 38.5kg이 감소하여 분만에 의한 체중감소는 분만직전 체중의 7.8%인 것으로 나타났다.

Table 3-37. Pre and post-partum body weight of dams by treatments

Item	Treatments					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Body weight(kg)						
Pre-partum 60day(a)	492.5±110.9	506.7±85.1	481.4±27.4	463.2±78.6	467.5±53.3	459.1±53.1
Right before calving(b)	501.9±107.3	519.0±74.4	499.2±31.1	485.4±80.2	492.7±48.2	482.0±50.0
Right after calving(c)	463.9±110.9	481.4±81.2	461.1±31.1	445.5±81.9	453.4±46.3	443.9±50.0
Post-partum 90day(d)	436.2±132.6	452.0±100.8	449.7±37.7	421.8±95.1	445.1±57.2	437.3±49.9
Difference(kg/day)						
b-a	0.157±0.06	0.205±0.18	0.297±0.06	0.369±0.05	0.419±0.12	0.381±0.22
d-c	-0.308±0.24	-0.327±0.22	-0.128±0.07	-0.263±0.18	-0.092±0.14	-0.074±0.31
d-a	-0.375±0.14	-0.365±0.10	-0.212±0.07	-0.277±0.11	-0.149±0.09	-0.146±0.15

¹⁾ T1 : Control, T2 : Hwangto 2%, T3 : Illite 2%,
T4 : Porphyry 2%, T5 : Chitosan 320ug, T5 : Chromium picolinate 0.1%

분만직후 및 분만후 90일의 체중은 각각 443.9~481.4(평균 458.2) 및 421.8~452.0kg(평균 440.4kg)이었고, 이 기간 동안 어미 소의 체중 감소량은 0.074~0.327kg(평균 0.199kg)이었으며, 처리구별로는 T6, T5, T3, T4, T1 및 T2의 순으로 적게 감소하여 황토를 제외한 모든 첨가제가 포유모우의 체중감소를 둔화시켜 주는 것으로 나타났다.

또한 임신 60일전부터 분만 후 90일까지 전기간 동안 어미 소의 체중은 1일 평균 0.146~0.375kg(평균 0.254kg)이 감소하였고, 처리구별로는 T6, T5, T3, T4, T2 및 T1 순으로 감소폭이 적어, 본시험에 사용된 첨가제 모두가 번식우의 체중변화에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이와 같이 본 시험에서 나타난 임신축의 분만전후에 나타난 결과들은 에너지와 단백질수준을 각각 NRC 요구량의 80~120%로 하여 분만전 90일 동안 사육하였을 때 증체량이 0.187~0.471kg(평균 0.302kg)이었다는 보고와, 경산의 한우임신우 18두를 대상으로 분만전 3개월간 일본사양표준 요구량의 60~100%수준으로 공시하였을 때 분만직전까지의 체중변화는 영양소 급여수준에 따라 유의적으로 증가하였다는 보고 및 500kg 내외의 흑모화우와 갈모화우의 분만에 의한 체중감소율이 7.2~7.5%라고 한 보고와 비슷한 경향이었다.

2. 사료섭취 및 이용성

공시기간 동안 임신축 및 어미소에게 급여한 사료는 Table 3-38에서 보는 바와 같다. 임신기간 60일 동안 농후사료로서 배합사료 0.35kg과 맥강 0.81kg을 혼합하여 급여하였고 조사료로서 볏짚을 7.26~8.23kg(평균 7.74kg)을 급여하였는바, 이 때의 DM, CP 및 TDN량은 각각 7.416~8.271(평균 7.841), 0.467~0.511(평균 0.487kg) 및 3.485~3.861kg(평균 3.672kg)이었다.

Table 3-38. Feed and nutrient intake of cows at last third pregnancy

Item	Treatments					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Feed intake(kg/day, 60day)						
Concentrate	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Barley-bran	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
Rice straw	7.54	7.52	7.97	7.26	7.93	8.23
Nutrient intake(kg/day),A						
DM	7.663	7.646	8.042	7.416	8.007	8.271
CP	0.479	0.479	0.499	0.467	0.497	0.511
TDN	3.594	3.586	3.760	3.485	3.745	3.861
Nutrient requirement*(kg/day),B						
CP	0.659	0.688	0.696	0.704	0.724	0.705
TDN	4.569	4.750	4.782	4.817	4.943	4.817
Difference(%), A/B						
CP	72.7	69.6	71.7	66.3	68.6	72.5
TDN	78.7	75.5	78.6	72.3	75.9	80.2

*NRC(1986)

처리별로 섭취된 영양소 함량과 체중변화량에 따른 영양소요구량을 비교해 보면, 동일 기간중의 1일 평균 CP 및 TDN요구량은 각각 0.659~0.724(평균 0.696) 및 4.569~4.943kg(평균 4.780kg)으로 CP는 요구량의 66.3~72.7%(평균 70.2%)가 급여된 반면 TDN은 72.3~80.2%(평균 76.9%)가 급여되어 CP 및 TDN 모두는 각각 29.8 및 23.1%에 해당되는 양이 체내에서 동원된 것으로 나타났으며 처리구에 따른 뚜렷한 차이는 없었다.

3. 번식우의 생산성

공시기간 중 임신우에 급여한 첨가제의 종류에 따른 분만후 발정재귀일수 및 포유 능력에 따른 송아지의 체중 변화는 Table 3-39에서 보는 바와 같다. 송아지 분만후 처리구별 발정재귀비율은 60일 이내, 61~90일 및 90일이후가 각각 0~40(평균 20), 20~60(평균 33.3) 및 20~60%(평균 46.7%) 였다.

이와 같은 성적은 이 분만 전 100일 내외의 한우임신우 36두를 대상으로 에너지와 단백질 수준을 각각 NRC의 80~120%로 두어 사양시험을 실시한 결과, 발정재귀 일수는 에너지와 단백질 급여수준에 따라 45.8~67.8일(평균 55.3일)로 변화되었고, 임신축 24두에 대한 축사와 무축사 월동시험 결과, 사육장소 및 영양소급여수준에 따라 공시축의 발정재귀 일수가 55~61일(평균 57.8일)로 변화된다고 하였지만, 한우 번식우의 분만후 발정재귀일수는 평균 60일 내외라고 한 것에 본시험의 공시축에서 상당히 늦어진 것으로 나타났다.

본 시험에서의 발정재귀 일수가 길어지는 것은 임신기에 저영양수준으로 사육되었고 분만후에도 임신기와 동일한 수준으로 사료를 급여함에 따라 전기간 동안 공시축이 저영양수준으로 사육되었기 때문인 것으로 사료된다.

최근의 번식우 사육지표가 1년 1산인 점으로 미루어 늦어도 분만 후 90일까지 종부가 이루어져야 하므로, 본 시험에서 도 90일 이전까지 처리구별 발정재귀 비율을 살펴본 바, 40~80%(평균 53.3%)였고, 처리구별로는 T6, T4, T5, T3, T1 및 T2의 순으로, 관행사육구에 비해 점토광물급여구가 다소 높았지만 크롬이나 키토산 등보다 낮은 것으로 볼 때 어미 소의 발정재귀 일수에 대한 황토 및 점토광물 효과는 그리 크지 않음을 알 수 있다.

분만된 송아지는 생시 및 90일령 체중이 각각 24.5~26.5(평균 25.9) 및 78.9~93.8kg(평균 86.9kg)이었고, 90일간의 일당중체량은 0.604~0.747(평균 0.678kg)으로 처리구 간에 뚜렷한 차이는 없었다.

Table 3-39. Preand post-partum animal performance of dams by treatments

Item	Treatments					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Re-estrus day(%)						
Before 60th day	20	-	20	40	20	20
61 to 90th day	20	40	20	20	40	60
After 90th day	60	60	60	40	40	20
Body weight(kg)						
At birth	25.0±0.0	26.5±5.7	26.5±4.2	24.5±2.1	26.5±0.7	26.5±0.7
45th day	45.5±4.2	57.8±1.4	48.4±6.2	48.5±6.6	50.3±6.4	50.7±2.6
90th day)	79.8±8.2	90.0±2.3	93.8±1.2	78.9±3.5	88.6±0.00	90.0±2.7
Total gain(kg)	54.8±8.2	63.5±1.6	67.3±2.8	54.4±5.6	62.1±0.71	63.3±1.7
Average daily gain(kg)	0.609±0.09	0.706±0.02	0.747±0.03	0.604±0.06	0.696±0.00	0.706±0.02

¹⁾ T1 : Control, T2 : Hwangto 2%, T3 : Illite 2%,
T4 : Porphyry 2%, T5 : Chitosan 320mg, T6 : Chromium picolinate 0.1%

4. 혈액 내 면역물질의 변화

IgG 키트의 각 well에 혈청을 분주한 후 30분 경부터 항체항원 반응에 의한 혈청의 확산이 확인되었다. 혈청 분주 후 24시간후의 양상을 그림 3-1에 표시하였다. 그림 1의 첫 번째 줄 1번 well에는 400mg/dl, 2번 well에는 800mg/dl, 3번 well에는 1,600mg/dl 및 4번 well에는 3,200mg/dl의 표준시료를 나머지 well에는 검사 혈청 3 μ l씩 분주한 후 24시간 경과 후 확산이 정지된 상태의 사진이다.

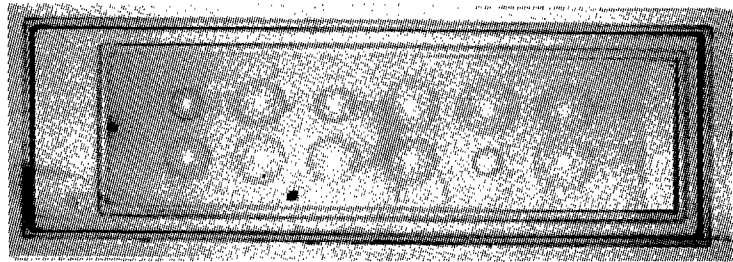


Fig. 3-1. Aspect of the testing serum sprinkled on the kit for IgG after 24hour

400mg/dl의 표준시료를 분주한 well은 직경이 3.9mm, 800mg/dl을 분주한 well은 직경이 4.8mm, 1,600mg/dl을 분주한 well은 직경이 5.9mm 및 3,200mg/dl을 분주한 well은 직경이 7.8mm로 측정되었다. 이 직경을 그래프에 표시하고 표시된 점을 연결하여 표준 곡선을 작성하였다. 그래프에 대한 Root Mean square Error값은 0.227로 계산되었고,

통계적으로 추정한 결과 이 그래프는 0.006수준에서 유의성이 검증되어 상관성이 매우 높은 것으로 판단하였다. 검사 혈청의 직경은 4.0~8.6mm의 직경으로 관찰되어 IgG 농도의 범위는 450mg/dl~3,200mg/dl의 범위인 것으로 추정되었다. 표준시료의 3,200mg/dl에서 보인 직경 7.9mm보다 크게 관찰된 개체에 대하여는 3,200mg/dl로 하여 계산하였다.

분만전후의 어미 소에 대한 황토 및 점토광물급여가 어미 소 및 송아지의 혈청 내 면역물질 변화에 어떠한 영향이 미치는 가를 구명하고자 어미 소와 송아지에서 채혈한 혈액 내 면역물질 함량을 분석한 결과는 표 3-40에서 보는 바와 같이 각 처리구별의 IgG 농도를 전체, 임신기, 포유기 및 송아지로 구별하여 각 군의 평균값 및 표준오차를 표시하였다.

Table 3-40. Density of IgG in blood by treatments

Density	Treatments					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Dam(mg/dl)						
Pre-partum period	2,460±16	2,720±16	2,010±28	2,528±13	2,300±15	2,275±23
Post-partum period	2,327±30	2,507±18	1,992±24	2,440±21	2,172±27	2,250±18
Average	2,380±26	2,560±17	1,995±26	2,510±18	2,197±25	2,254±18
Calf in suckling(mg/dl)						
	2,619±19	2,556±15	2,175±19	2,269±24	2,606±16	2,394±17

분만전후 어미소의 혈중 IgG 농도는 임신기1 및 포유기에 각각 2,010~2,720(평균 2,382) 및 1,992~2,507mg/dl(평균 2,281mg/dl)이었고, 이 기간 중 평균은 1,995~2,560mg/dl(평균 2,316mg/dl)이었으며, IgG 농도는 분만을 전후하여 약 4.2%가 감소된 것으로 나타났다. 또한 각 처리구별 평균값 중 가장 높게 관찰된 군은 T2로 2,560mg/dl의 농도를 보였으며, 다음으로 T1의 2,380mg/dl로 관찰되었고, 제일 낮은 혈중 IgG 농도를 보인 구는 T3로 1,995mg/dl의 농도를 보여 전자와 후자간에는 통계적으로 유의적인 차이(p<0.05)가 있는 것으로 나타났다.

임신우에서 분만전 및 분만후의 혈 중 IgG 농도차이가 가장 높았던 시험구는 T2였고, 213mg/dl의 차이를 보였으며, 다음으로는 T1의 133mg/dl, T5의 128mg/dl, T4의 88mg/dl, T6의 25mg/dl, T3의 11mg/dl 순이었다. 처리구별 송아지의 혈중 IgG 농도는 T1, T5, T2, T6, T4 및 T3 순으로 높게 관찰되었으며, 분만을 전후해서 어미소의 IgG 농도가 크게 감소한 처리구의 송아지에서 IgG 함량이 높은 경향이었지만 각 처리간에 통계적 유의차는 없는 것으로 나타났다.

각 처리구 간의 임신우에 대한 분만전 후의 혈중 IgG 농도 변화량을 보기 위하여 그래프로 처리하였다. T1(그림 3-2), T3(그림 3-4) 및 T5(그림 3-6)의 경우에는 분만

후 혈중 IgG 농도가 500~1000mg/dℓ로 급격하게 감소하는 경향을 보였으며 T4(그림 3-5) 및 T6(그림 3-7)의 경우에는 농도의 변화는 있으나 현저한 차이는 인정하지 못하였다. 그러나 T2(그림 3-3)은 다른 처리구보다 분만전후의 혈중 IgG 농도 변화가 아주 적은 것으로 관찰되었다.

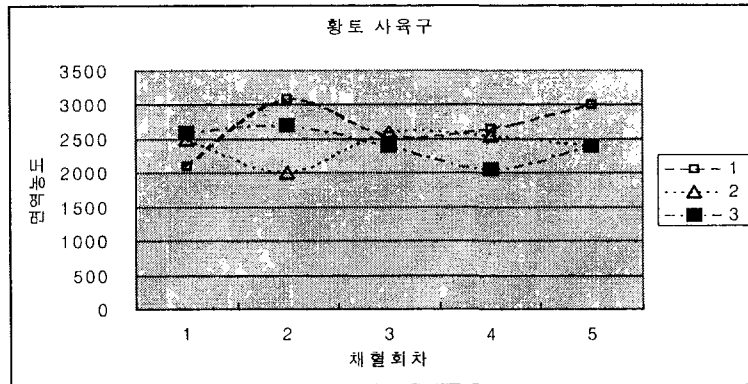


Fig. 3-2. Change of the density of IgG for pre-partum period of dam in T1

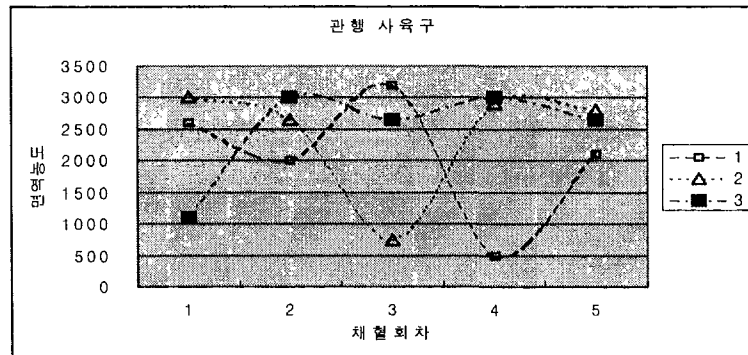


Fig. 3-3. Change of the density of IgG for pre-partum period of dam in T2

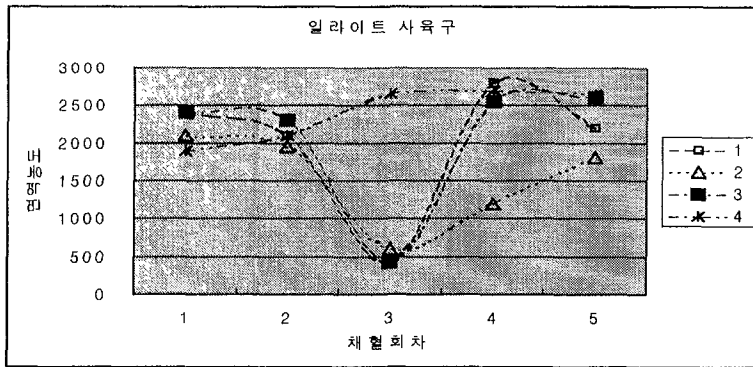


Fig. 3-4. Change of the density of IgG for pre-partum period of dam in T3

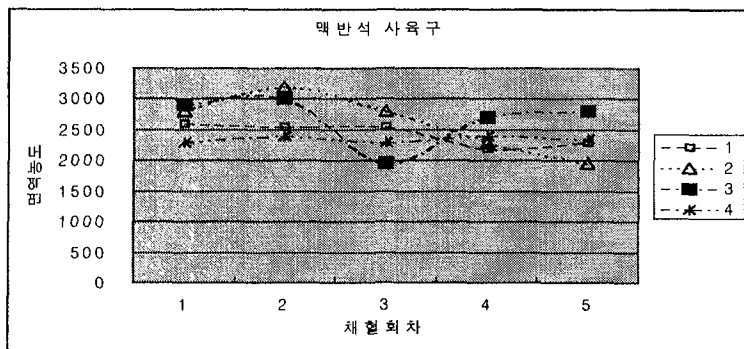


Fig. 3-5. Change of the density of IgG for pre-partum period of dam in T4

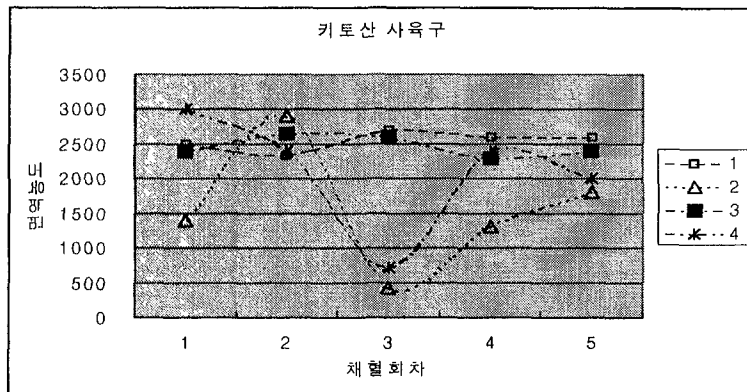


Fig. 3-6. Change of the density of IgG for pre-partum period of dam in T5

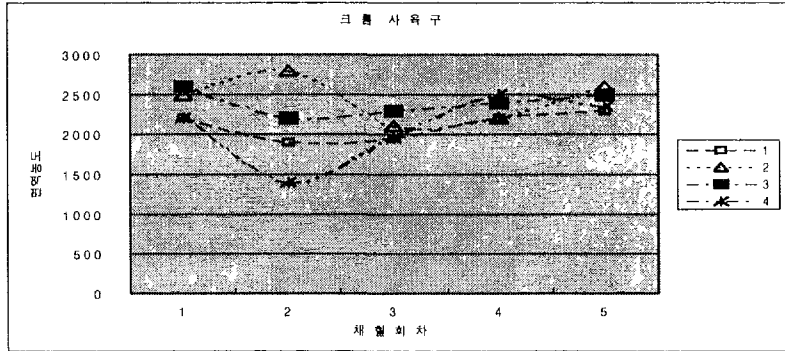


Fig. 3-7. Change of the density of IgG for pre-partum period of dam in T6

이상의 결과를 종합하여보면 황토를 첨가하여 사육한 구는 다른 구에 비하여 IgG 농도가 높고, 분만 후에도 그 농도의 변화가 적은 것으로 나타나 임신기간 동안 어미소의 면역능을 증강시켰을 뿐만 아니라 분만후에도 오래 동안 면역능을 유지한 것으로 나타났으며, 맥반석을 첨가하여 사육한 구도 이와 유사한 결과를 나타내었다. 반면에 일라이트 혹은 키토산을 사료에 첨가하여 사육한 구는 낮은 IgG 농도와 분만후의 변화도 관행 사육구와 유사한 것으로 나타났다.

본 시험에서 나타난 결과들은 젖소에게 분만을 전후해서 비타민 E를 4~8주간 하루 3,000IU 정도 추가 급여하거나 분만 1주일 전에 5,000IU를 주사하면 분만후의 혈액내 과산화 음이온 물질이 2배정도 더 증가하며 혈액 내 면역단백질의 일종인 interleukin 1(IL -1)의 양이 15~35% 더 증가하는 것으로 나타났다고 한 보고(Politis 등, 1995)나, 젖소에게 분만전후 4주간(총 8주간) 1일 베타케로틴 300~600mg을 급여한 결과, 분만전후의 혈장내 베타케로틴 농도가 훨씬 높았고, 혈중 식세포(다형핵호중구와 대식세포)의 살균능력이 무급여구에 비해 월등히 높은 것으로 나타났으며 베타케로틴의 유효성에 대한 효과는 특이적 세포반응체계와 비특이적 세포 반응체계 모두에 영향을 미쳐 면역기능을 강화시킴으로서 발생하였다는 보고들과 같이 분만전후의 어미소에 어떤 특정물질을 급여하면 면역능에 변화가 있다는 것이 확인되었다. 그러나 본 시험에서 나타난 어미소의 면역물질 함량이 T2, T4, T1, T6, T5 및 T3 순으로 많았지만, 송아지의 면역물질 함량은 T1, T5, T2, T6, T4 및 T3의 순으로 많아 송아지의 면역물질 함량이 비록 어미 소의 면역물질이 많을 때 송아지의 면역물질도 높아지는 경향을 나타내었지만, 어미 소와 다소 차이는 있었다.

이와 같은 결과는 어미로부터 송아지로의 수동 면역의 전이는 송아지의 건강과 생산성에 있어서 평생 영향을 주는 가장 중요한 요인이지만 수동 면역의 전이에 영향을

주는 두 가지 요인 중 하나는 초유의 면역글로블린(Ig)농도이고, 다른 하나는 생후 초유를 급여하는데 까지 경과되는 시간이며 Ig의 장내흡수는 송아지가 태어난 후 경과된 시간에 영향을 받거나, 송아지 및 어미의 건강상태 및 세균미생물에 의한 감염 등 여러 요인에 의해 영향을 받는다는 보고 등과 같이 사육환경에 따른 차이에서 유래된 것으로 판단된다.

따라서 송아지의 항병력을 증강시키기 위해서는 어미소로부터 물려받는 수동면역능의 증강도 중요하지만 송아지가 스스로 면역능을 증강시킬 수 있는 조치가 필요하며, 나아가서는 사육환경의 개선으로 질병을 일으키는 원인균과의 차단이 가장 중요할 것으로 판단된다. .

5. 송아지 질병발생

분만후 90일간 처리구별 송아지의 질병발생상황은 Table 3-40에서 보는 바와 같다. 발병된 개체가 완치되었을 때를 기준으로 처리구별 전체두수에 대한 발병율, 치료일수 및 질병 종류별로 분류하였을 때, 발병율은 설사 및 폐렴이 각각 40~60(평균 48.3) 및 0~25%(평균 11.7%)이었고, 처리구별 치료일수는 설사 및 폐렴이 각각 7~13(평균 10.5) 및 0~4일(평균 1.3일)이었으며 총 치료일수는 10~14일(평균 11.8일)로 발병율 및 치료일수 모두 처리구간 에 따른 뚜렷한 차이는 없었다.

Quigley 등(1995)은 생후 48시간 전후의 송아지는 생리적으로 트립신을 분비하기 때문에 초유에 존재하는 면역글로블린을 파괴시키고 장을 통한 면역체의 수동적 전달이 억제되는데, 초유 1ℓ에 트립신 억제인자 1g을 첨가해주면 혈액 속의 면역 글로블린(IgG, IgM)과 총 단백질 농도가 증가하므로 초유에 대두의 트립신 억제인자를 첨가해 줌으로서 면역체의 체내 수동적 전달이 향상되고 갓 태어난 송아지의 면역력이 강화된다고 하였지만 본 시험에서는 동일한 조치는 취하지 않았다.

한우송아지의 경우 분만 후 3~4시간 이내에 스스로 초유를 섭취하는 개체는 전체 분만두수의 82.7%이었고, 나머지 17.3%는 인위적인 도움이 필요한 개체인 것으로 볼 때 어미소의 초유 내에 면역물질이 충분히 있다고 하여도 송아지가 충분히 이용할 수 있는 기회가 적어 많은 두수의 송아지가 각종 질병에 대한 면역능력이 부족한 상태로 포유기를 보내게 되었으며, 또한 한우의 산유량은 1비유기 180일 동안 1일 평균 3.5kg 내외로 외국 육우품종의 5.0kg보다 적을 뿐 아니라, 60일령 이후에는 송아지가 유전적으로 증체 할 수 있는 잠재능력도 충족시키지 못할 정도로 부족하여 송아지는 항상 어미

소의 사료 또는 주위에서 흔히 볼 수 있는 이물질을 핥거나 씹는 일이 자주 발생하였기 때문에 설사 발병율이 높았던 것으로 판단된다.

Table 3-41. Incidence of disease in calves by treatments

Item	Treatments					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Infected head with disease, %						
Diarrhea	50	50	50	40	60	40
Pneumonia	25	25	-	20	-	-
Days of treatment, day						
Diarrhea	10	12	11	7	10	13
Pneumonia	2	2	-	4	-	-

이상과 같은 결과들을 종합해 임신우에 대해 항병력 및 면역력 증진물질 첨가는 임신우 자체의 체중변화, 사료이용성 및 번식성적 등에 영향을 미치고 송아지의 혈청 내 면역물질에도 영향을 미치지만 분만된 송아지의 질병발생을 및 발생정도 그리고 포유기 동안의 증체량 등은 전적으로 사육환경이나 사육기술에 달려있는 것으로 판단된다.

제 4절 요 약

1 홀스타인 어린 송아지에 대한 황토 및 올리고당 급여가 발육 및 항병력에 미치는 영향

본 시험은 사료첨가제로서 황토와 올리고당의 첨가가 Holstein 숫송아지(4~60일령)의 성장과 항병력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행하였다. 생후 4일령의 어린 송아지사료에 3%, 6% 황토와 0.04% glucosamine-D를 첨가하여 체중, 사료섭취량, 사료효율 및 혈중 각종 면역세포의 분포를 측정하였다. 결과적으로 0.04% glucosamine-D 첨가구에서 가장 높은 증체량(0.73kg/d), 사료섭취량(1.58kg/d) 및 성장효율(46.20%)을 얻어내었으며, 설사회수와 기타 질병을 비롯하여 가장 적게 나타났고, 혈중 각종 면역관계, 즉 각종 백혈구 아집단 양성분포율과 구조적 적합체들의 양성분포율이 다른 처리구에 비하여 가장 높게 나타났다. 3% 황토 첨가구와 6% 황토 첨가구 송아지들의 혈중 각종 면역관계에 있어서 그 효과가 0.04% glucosamine - D의 첨가효과에는 미치지 못했지만, 대조구 보다는 보편적으로 높게 나타났으며, 오직 class II MHC 분자들의 양성분포율만은 대조구보다 적게 나타났다. 하지만 사양성적에 있어서는 6% 황토 첨가구가 대조구보다도 적은 성적을 나타내었다.

이상의 결과들을 종합하여 볼 때 glucosamine - D는 어린 송아지들의 장내에서 병원성 미생물들과 경쟁적으로 장 상피세포와 부착하므로써 설사를 줄이는 효과를 나타내며, 또한 체내의 특이적인 면역반응을 활성화 시키므로써 항병력증진 효과를 나타내어 결과적으로 이에 따른 성장증진효과를 가져왔던 것으로 사료되며, 3%의 황토는 생후 2개월령내의 어린 송아지에 있어서 적정 첨가 수준으로서 황토 성분에 포함되어있는 풍부한 광불질에 의한 유해한 미생물들의 흡착제거작용과 유익한 효소 및 아직도 밝혀지지 않은 기타 성분들의 복합적인 작용에 의해서 질병예방 효과와 성장증진 효과를 나타낼 수 있었던 것으로 사료되며, 또한 송아지체내에서 일어나는 과도한 면역반응을 안정시켜줄 수 있는, 즉 비 특이적인 면역반응에도 효과를 발생할 수 있다는 가능성을 나타내고 있는 것으로 생각되어진다.

그러므로 생후 2개월령내의 어린 송아지 성장 증진제와 항병력 증진제로는 0.04% glucosamine - D가 적합하며, 장기적인 첨가효과를 얻어내려는 데는 3% 황토가 적합하다고 볼 수 있다. 6% 황토 첨가는 정상 첨가수준 이상의 양으로서 아직도 소화기관이 발달되어 있지 않은 어린 송아지에 있어서는 적합하지 않다고 본다.

2. 황토첨가 급여가 Holstein 송아지의 증체량 및 면역기능에 미치는 영향

본 시험은 황토 첨가가 Holstein 수송아지의 증체량 및 면역기능에 미치는 효과에 대하여 알아보기로 생후 4일령의 Holstein 수송아지 8두를 이용하여 60일간 시험한 결과 발육에 있어서는 일령증가와 동반하여 증가하였으나, 황토 첨가구가 대조구에 비하여 다소 낮은 경향을 보였다. 이것은 황토 섭취에 따른 건물섭취량이 낮은 것으로 사료되며 발육에는 큰 차이가 없음을 보여주고 있다.

그러나 백혈구 세포 표면 분자에 특이적인 CD2, CD4, CD8 및 N cell 그리고 monocyte 단클론항체를 이용한 백혈구 아군별 분포율 분석을 한 결과 모든 T 림프구가 소유하고 있는 CD2 양성세포에 대한 분포율, 숙주의 체액성 면역기능에 관여하는 B cell의 표면에 분포되어 있는 surface IgM의 양성분포율($P<0.1$), 비특이적인 면역반응에 중요한 역할을 하는 N림프구에 대한 양성세포율($P<0.1$) 및 monocyte의 양성율에 있어서도 황토 첨가구가 대조구에 비하여 높은 경향을 보이고 있다. 이것은 황토가 체내의 비 특이적인 면역기능에 기여할 것으로 사료된다. 이상과 같이 시험결과들을 종합해 보면 어린 송아지의 경우 황토 급여가 체내의 비 특이적인 면역반응에 기여한 것으로 사료된다.

3. 점토광물질 첨가급여가 이유전 송아지의 발육 및 면역기능에 미치는 영향

한우송아지를 이용하여 황토속에 함유된 점토광물질의 급여효과에 대한 결과로 발육에 있어서는 총증체량이 대조구는 34.88kg, illite구 36.10kg, bentonite구 35.97kg 및 kaolinite구가 39.23kg로 처리구에서 다소 높은 경향을 보였다. 이것은 점토광물질 물리화학적인 성질상으로 볼 때 반추동물의 장관 내에서도 미량무기물의 공급효과는 물론 완충효과도 기대된다고 한 결과로 사료된다.

그러나 혈액성상의 변화 및 백혈구 세포 표면 분자에 특이적인 CD2, CD4, CD8, B 및 N cell 그리고 monocyte 단클론항체를 이용한 백혈구 아군별 분포율 분석에서는 차이가 나타나지 않았다.

4. 이유직후 거세한우 송아지에 대한 점토광물질 첨가급여가 육성기 발육 및 면역기능에 미치는 영향

본 시험은 거세한우를 이용하여 점토광물질 급여 효과를 알아보기로 생후 4개월령 거세한우 24두를 공시하여 6개월간 시험한 결과 일당증체량은 illite구 0.70kg, bentonite구 0.69kg, kaolinite구 0.67kg 및 대조구 0.65kg순으로 나타났으나 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. 이것은 점토광물질은 반추위 미생물의 발효패턴을 정상으로 유지시

키고 반추위내 급격한 pH저하를 방지하는 역할을 하기 때문인 것으로 보인다. 그러나 혈액성상의 변화(WBC, RBC, NE 및 LY 등)는 차이가 없었으나, illite 첨가구의 경우 백혈구 세포 표면 분자에 특이적인 CD2, CD4, B cell 및 monocyte에서 대조구보다 높은 경향을 보였으며, kaolinite 첨가구에서는 CD4, CD8, N cell 및 monocyte에서 대조구보다 높은 경향을 보였다. 이것은 대조구와는 처리구간에 유의성은 인정되지 않았지만 점토광물도 체내의 비특이적인 면역반응에 기여할 것으로 사료된다.

5. 황토 및 점토광물 첨가급여가 조기이유 한우수송아지 육성기발육 및 면역 기능에 미치는 영향

한우 수송아지에 대한 육성기 항병력 증진물질 투여 효과를 구명하기 위하여 3개월령에 이유된 한우수송아지 30두(평균체중 : 74.1kg)를 대상으로 사료내 항병력증진물질 첨가 종류에 따라 6개처리(T1 : 관행사육, T2 : 황토 2%첨가, T3 : Illite 2% 첨가, T4 : Oligosaccharides 0.04% 첨가, T5 : Charcoal powder 2% 첨가, T6 : Chromium picolinate 0.1% 첨가)를 두어 3개월령부터 7개월령까지 120일간 사양시험을 실시한 결과, 처리구별 일당 증체량은 T3, T6, T4, T5, T2 및 T1이 각각 0.919, 0.903, 0.903, 0.881, 0.827 및 0.819으로 Illite 및 크롬은 이유직후 송아지의 성장발육에 영향을 미쳤으나 가공되지 않은 황토급여는 성장발육에 뚜렷한 효과가 없었다. 육성기 120일간 1일평균 농후사료 섭취량 및 체중대비 섭취비율은 각각 3.91~4.15kg(평균 4.03kg) 및 3.1~3.31%(평균 3.21%)였고, 1kg 증체에 소요된 TDN 량은 3.199~3.566kg(평균 3.354kg)으로 T5, T3, T6, T4, T2 및 T1 순으로 우수하였다.

시험기간 중 ZST(zinc sulfate turbidity) 법에 의해 측정된 혈청중 Ig 농도는 처리구별로 10.2~11.6mg/ml 내에서 변화하여 정상축에서 볼 수 있는 범위 내에 있었지만, T3 및 T5는 개시시에 비해 각각 6.9 및 2.8% 증가하였으며, 질병발생은 처리구별로 뚜렷한 차이가 없었다.

이상과 같은 결과들로 볼 때, 점토광물인 Illite는 다른 항병력 증진물질과 마찬가지로 어린 송아지의 발육 및 사료이용성을 증진시키나 가공되지 않은 황토의 급여는 발육 및 사료이용성에 뚜렷한 차이가 없는 것으로 나타났다.

6. 한우 임신우에 대한 황토 및 점토광물질 급여가 분만 송아지의 발육 및 항병력에 미치는 효과

한우 임신우에 대한 항병력 증진물질 투여 효과를 구명하기 위하여 임신말기 한우 30두(평균체중 : 478.4kg)를 대상으로 사료내 항병력 증진물질 첨가 종류에 따라 6개처리(T1 : 관행사육, T2 : 황토 2%첨가, T3 : Illite 2% 첨가, T4 : Porphyry 2% 첨

가, T5 : Chitosan 320mg 첨가, T6 : Chromium picolinate 0.1% 첨가)를 두어 분만전 60일부터 분만 후 90일 까지 150일간 사양시험을 실시한 결과, 어미소의 분만전 60일부터 분만후 90일간의 체중변화에서, 분만전 60일간은 0.157~0.419kg이 증가하였으나, 분만후 90일간은 0.074~0.327kg이 감소되어 전기간 동안에는 0.146~0.375kg이 감소되었으며, 처리구별로는 T6, T5, T3, T4, T2 및 T1 순으로 감소량이 적었다.

분만된 송아지의 90일간 일당증체량은 0.604~0.747kg이었고, 처리구별로는 T3, T2, T6, T5, T1 및 T4의 순으로 증체량이 높았다. 어미소에 대한 수정두수는 분만후 60일 이내가 0~40%, 90일 이내가 40~80%로 T6, T4 및 T5 순으로 번식성적이 개선되는 경향이였다.

처리구별 어미소의 임신기 및 포유기 혈중 IgG 함량은 각각 2,382 및 2,281mg/dl로 분만후에 약 4.2%가 감소하였고, 처리별로는 황토 및 맥반석 급여구에서의 함량이 높았으며, 송아지의 혈중 IgG 함량은 어미 소의 혈중 IgG 함량이 높은 처리에서 높은 경향을 나타냈다.

송아지의 질병발생은 설사 및 폐렴이 주요질병이었고 설사는 처리구별 40~60%의 발병 율을 보였으며 발병우의 치료일수는 7~13일간이었다.

제 5절 : 참고문헌

1. Adams, G. D., Bush, L. J., Horner, J. L. and Staley, T. E. 1985. Two methods for administering colostrum to newborn calves. *J. Dairy Sci.* 68:773.
2. A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis(14th Ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
3. Artin L.C., Clifford, A.J. and Tillman, A.D. 1969. Studies on sodium bentonite in ruminant diets containing urea. *J. Anim. Sci.* 41:396.
4. Asplund, J.M. Grummer, R. H. and Phillips, P.H. 1962. Absorption of colostral gammaglobulins and insulin by the newborn pig. *J. Anim. Sci.* 21:412~413.
5. Barrier, H.H. 1961. Diagnostic Aids in the practice of Veterinary Medicine. Alban, St. Louis.
6. Benno, Y., Endo, K., Shiragami, N., Sayama, K. and Mitsuoka, T. 1987. Effects of raffinose intake on human fecal microflora. *Bifidobacteria Microflora* 6:59.
7. Benjamin, M.N. 1953. Blood cytology of shipping fever in beef cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 123:209.
8. Berrier, H.H. 1961. Diagnostic Aids in the Practice of Veterinary Medicine. Alban, St. Louis.
9. Bridger, J. C. and Brown, J. F. 1981. Development of immunity to porcine rotavirus in piglets protected from disease by bovine colostrum. *Infection and immunity.* 906~910.
10. Bringe, A.N. and Schultzy, L.H. 1968. Effects of roughage type or added bentonite in maintaining fat test. *J. Dairy Sci.* 50:465-471.
11. Bringe, A.N. and Schultzy, L.H. 1969. Effects of added bentonite in ruminants. *J. Dairy Sci.* 52:465.
12. Britton, R.A., Colling, D.P. and Klopfenstein, T.J. 1978. Effect of complexing sodium bentonite with soybean meal or urea in vitro ruminal ammonia release and nitrogen utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.* 46:1738.
13. Brown, G.B., Bolin, S.R., Frank, D.E. and Roth, J.A. 1991. Defective function of leucocytes from cattle persistently infected with bovine viral diarrhea virus, and the influence of recombinant cytokines. *J. Am. Vet. Research.* 52:381.
14. Burton, J. H., Hosein, A. A., McMillan, I., Grieve, D. G. and Wilkie, B. N. 1984. Immunoglobulin absorption in calves ad influenced by dietary protein intakes of their dams. *Can. J. Anim. Sci.* 64(Suppl.):185.(Abstr).
15. Bush, L. J. 1987. Colostrum-immunoglobulin interrelationships in dairy calves.

Prod. Anim. Sci. 3:25.

16. Char D. 1990. A third sublineage of avian T cells can be identified with a T cell-specific antibody. *J Immunol.* 145:3475.
17. Christian, L.L., E.R. Hausser and A.B. Chapman. 1965. Association of pre-weaning and post-weaning traits with weaning weight in cattle. *J. Anim. Sci.* 24:652~659.
18. Coalson, J.A. and Lecce, J.G. 1973. Influence of nursing intervals on changes in serum proteins(Immunoglobulins) in neonatal pigs. *J. Anim. Sci.* 36(2) ; 381~385.
19. Davis, W.C., Marusic, S. and Lewin, H.A. 1987. The development and analysis of species specific and cross reactive monoclonal antibodies to leucocyte differentiation antigens of the major histocomparability complex for use in the study of the immune system in cattle and other species. *Vet.Immunol. Immunopathol.*, 15:337.
20. Davis, W.C. and Park, Y.H. 1990. Ruminant leukocyte differentiation molecules. In : MHC, differentiation antigens, and cytokines in animals and birds. *Monographs in Animal Immunology.* 1:17-70.
21. Dembinski, Z., Kosicki, B., Dembiska, S.M., Szczecniak, L. and Wieckowski, W. 1985. Influence of home-made bentonite on acid-base balance in dairy cattle in peripartum period. *Medycyna Weterynaryjna(Poland).* 41:311.
22. Doxey, D.L. 1977. *Comparative Clinical Haematology*, 1st ed. R. K. Archer and L. B. Jeffcott. Oxford, Blackell Scientific Publications. p. 216.
23. Duncan, D.B. 1955. Multiple F tests. *Biometric.* 11:1.
24. Edwards, S. A., Broom, D. M. and Collis, S. C. 1982. Factors affecting levels of passive immunity in dairy calves. *Br. Vet. J.* 138:233.
25. Ellis, J. A., Scott, J. R., Machugh, N. D., Gettinby, G. and Davis, W. C.198.
26. Erwin, E.S., Elam, C.J. and Dyer, I.A. 1957. The influence of sodium bentonite in vitro and in the ration of steers. *J. Anim. Sci.* 16:858.
27. Greatorex, J.C. 1954. Studies on the haematology of calves from birth to one year of age. *Brit. Vet. J.* 110:120.
28. Greatorex, J.C. 1954. Studies on the haematology of calves from birth to one year of age. *Brit. Vet. J.* 110:210.
29. Guyton, A. C. 1981. *Medical Physiology.* W. B. Saunders Co., Philadelphia, PA.
30. Ha, J.K., Emerick, R.J. and Embry, L.B. 1985. Effect of bentonite and

- lime-stone on the growth rate and plasma mineral concentrations of fattening lambs. *Korean J. Anim. Sci.* 27:24.
31. Haely, W.B. 1968a. Ingestion of soil by daily cows. *N. Z. J. Agric. Res.*11: 487.
 32. Haely, W.B. 1968b. The Influence of Soil Type on Ingestion of Soil by Grazing Animals, *Trans. 9th Int. Cong. Soil Sci.* III, 437-445.
 33. Haely, W.B. 1971. In vitro Studies on the Effects of Soil on elements in ruminal "duodenal", and ileal liquors from sheep. *N. Z. J. Agric. Res.*15:289-305
 34. Haely, W.B., McCabe, W.J. and Wilson, G.F. 1970. Ingested soil as a source of microelements for grazing animals. *ibid.* 13:503.
 35. Hanson, L. A., Ahlstedt, S., Andersson, B., Carlsson, B., Fallstrom, S. P., Mellander, L., Porras, O., Soderstrom, T. and Eden, C. S 1985. Protective factors in milk and the development of the immune system. *Pediatrics* 75:658.
 36. Heinrichs, A. J., Wells, S. J. and Losinger, W. C. 1995. A study of the use of milk replacers for dairy calves in the United States. *J. Dairy Sci.* 78:2831.
 37. Hoerlein, A.B. and Marsh, C.L. 1957. Studies on the epizootiology of shipping fever in calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 131:123.
 38. Honda Sakuro and Mitsue Koizumi. 1976. The use of zeolite mudstone in hog raising at Ikawa-machi, Akita prefecture, Japan. *Proc. & Abstracts, ZEOLITE 76-Interr. Count Occur. Prop. Util Nat. Zeolite, Ar., June*(Abstr.).
 39. Indsig, R.B., Schulty, L.H. and Shook, G.E. 1969. Effects of added bentonite in ruminants. *J. Dairy Sci.* 52:1770.
 40. Ivan, M., Dayrell, M. and Hidiroglou, de S.M. 1992. Effects of bentonite and monensin on selected elements in the stomach and liver of fauna-free and faunated sheep. *J. Dairy Sci.* 75:201.
 41. James, R. E., and Polan, C. E. 1978. Effect of orally administered duodenal fluid on serum proteins in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 61:1444.
 42. Jasaitics, D.K., Wohlt, J.E. and Evans, J.L. 1987. Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs in vitro. *J. Dairy Sci.* 70:1391.
 43. Kawaguchi, M., Tashiro, Y., Adachi, T. and Tamura, Z. 1993. Changes in intestinal condition, fecal microflora and composition of rectal gas after administration of fructooligosaccharide and lactulose at different doses. *Bifidobacteria Microflora* 12:57.
 44. Kirt, Paymond E. 1956. *Encyclopedia of Chemical Technology.* The International Encyclopedia, INC. New York. 12:295.
 45. Klobasa, F., Butler, J.E. and Habe, F. 1990. Maternal-neonatal immuno-regul

- uation : Suppression of de novo synthesis of IgG and IgA, but not IgM, in neonatal pigs by bovine colostrum, is lost upon storage. *Am. J. Vet. Res.*, 51(9) : 1407-1412.
46. Kuehn, C.S., Otterby D.E., Linn, J.G., Olson, W.G., Chester-Jones, H., Marx, G.D. and Barmore, J.A. 1994. The effect of dietary energy concentration on calf performance. *J. Dairy Sci.* 77(9):2621.
 47. Leary, H.L. and Lecce, J. G. 1976. Uptake of macromolecules by enterocytes on transposed and isolated piglet small intestine. *J. Nutr.* 106 : 419~427.
 48. Lecce, J. G. 1973. Effect of dietary regimen on cessation of uptake of macromolecules by piglet intestinal epithelium (closure) and transport to the blood. *J. Nutr.*, 103: 751~756.
 49. Lunn, D.P. 1993. A comparative review of human and equine leukocyte differentiation antigens. *Br. Vet. J.* 149:31.
 50. Martin, S. A. 1994. Potential for manipulating the gastrointestinal microflora: a review of recent progress. Page 15 *in* *Biotechnology in the Feed Industry*. T. P. Lyons and K. A. Jacques, ed Nottingham Univ. Press, Loughborough, Leicestershire, England.
 51. Martin, L.C., Clifford, A.J. and Tillman, A.D. 1969. Studies on sodium bentonite in ruminant diets containing urea. *J. Anim. Sci.* 41:396.
 52. Menge, C.M., Neufeld, B. and Hirt, W. 1998. Compensation of preliminary blood phagocyte immaturity in the newborn calf. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 62:309.
 53. Menge, C.M., Neufeld, B. and Hirt, W. 1998. Compensation of preliminary blood phagocyte immaturity in the newborn calf. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 62:309
 54. Miller, J.K. 1978. Ingested soil as a source of microelements for grazing animals. *Feedstuffs*. 50, 43(Oct. 16).
 55. Miller, E.R., Harmon, B.G., Ullrey, D. E., Schmidt, D.A., Leucke, R. W. and Hoefler, J.A. 1962. Antibody absorption, retention and production by the baby pig. *J. Anim. Sci.*, 21:309~314.
 56. National Research Council. 1986. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. National Academy Press. Washington, D. C.
 57. Neumann, A. L. 1977. Beef cattle. *In* *Beeding Herd Management in Winter*. pp. 229~281. John Wiley & Sons, Inc. New York, Chichester, Brisbane, Toronto.
 58. Newman, K. 1994. Mannan-oligosaccharides: natural polymers with significant impact on the gastrointestinal microflora and the immune system. Page 167 *in* *Biotechnology in the Feed Industry*. T. P. Lyons and K. A. Jacques, ed. Nottingham Univ. Press, Loughborough, Leicestershire, England.

59. Nocek, J. E., Braund, D. G. and Warner, R. G. 1984. Influence of neonatal colostrum administration, immunoglobulin, and continued feeding of colostrum on calf gain, health, and serum protein. *J. Dairy Sci.* 67:319.
60. Oyofe, B. A., Deloach, J. R., Corrier, D. E., Norman, J. O., Ziprin, R. L. and Mollenhauer, H. H. 1989. Inhibition by mannose of in vitro colonization of chicken small intestine by *Salmonella typhimurium*. *Poult. Sci.* 68:1351.
61. Peripheral blood leukocytes subpopulation dynamics during *Trypanosoma congolense* infection in Boran and N'Dama cattle: an analysis using monoclonal antibodies and flow cytometry. *Parasite Immunol.* 1987 May;9(3):363
62. Politis, I., M. Hidioglou, T.R.Batra, J. A. Gilmore, R. C. Gorewit and H. Scherf. 1995. Effects of vitamin E on immune function of dairy cows. *Am. J. Vet. Res.* 56: 179~184. Department of animal and Food Sciences, University of Vermont, Burlington, VT 05405 ; Department of animal Science, Cornell University, Ithaca, NY 14853.
63. Quigley, J. D., K. R. Martin, H.H.Dowlen and K. C. Lamar. 1995. Addition of soybean trypsin inhibitor to bovine colostrum: Effects on serum immunoglobulin concentrations in Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 78 : 886~892. Institute of Agriculture, Department of Animal science, University of Tennessee, Knoxville, TN 37901.
64. Quigley, J. D., III. 1996. Intake, growth, and health of dairy calves in response to mannanoligosaccharide and oral challenge with *Escherichia coli*. 1996. *J. Dairy Sci.* 79(Suppl. 1):230.(Abstr.)
65. Quigley, J.D., III. 1996a. Influence of weaning method on growth, intake, and selected blood metabolites in Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 79:2255.
66. Quigley, J.D., III. 1996b. Intake, growth, and health of dairy calves in response to mannanoligosaccharide and oral challenge with *Escherichia coli*. *J. Dairy Sci.* 79(Suppl. 1):230.(Abstr.).
67. Quigley, J.D., Drewry, J.J., Murray, L.M. and Ivey, S.J. 1997. Body weight gain, feed efficiency and fecal scores of dairy calves in response to galactosyl lactose or antibiotics in milk replacers. *J. Dairy Sci.* 80(8):1751.
68. Rindsig, R.B., Schultzy, L.H. and Shook, G.E. 1969. Effects of added bentonite in ruminants. *J. Dairy Sci.* 52:1770.
69. Robison, O. W., M. K. M. Yusuff and E. U. Dillard. 1978. Milk production in Hereford cows. I. Means and correlations, *J. Anim. Sci.* 47 : 131~136.
70. Rutledge, J. J., O. W. Robison, W. T. Ahlschwede and J. E. Legates. 1971. Milk yield and its influence on 205-day weight of beef calves. *J. Anim. Sci.* 33:563~567.
71. SAS. 1997. SAS User's Guide : Statics. SAS Inst., Inc., Cary, NC.

72. SAS[®] User's Guide: Statistics, Version 6 Edition. 1988 SAS Inst., Inc., Cary, NC.
73. Schalm, O.W., Lasmanis, J. and Carroll, E.J. 1965. The use of a synthetic corticoid on experimental coliform (*Aerobacter aerogenes*) mastitis in cattle: The response of leukocytes and the effect of hormone-induced neutrophilia. *Am. J. Vet. Res.* 26:851.
74. Schultzy, L.H. 1971. Effects of added bentonite in ruminants. *Anim. Nutr. and Health.* August.
75. Sharon, N. and Lis, H. 1993. Carbohydrates in cell recognition. *Scientific American.* January 74.
76. Terui, H., Morrill, J.L. and Higgins, J.J. 1996. Evaluation of wheat gluten in milk replacers and calf starters. *J. Dairy Sci.* 79(7):1261.
77. Theilen, G.H., Schalm, O.W., Straub, O.C. and Hughes, J.P. 1959. Bovine hematology. I. Leukocyte response to acute bovine mastitis. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 135:481.
78. Trevis, J. 1979. Cow colostrum improves piglet survival, daily gain. *Feed-stuffs* 51(5):12.
79. Van de, W. J., Wilson, T. J., Haapanen, L. A., Boyd, R. L., Abplanalp, H. and Gershwin, M. E. 1990. Ontogeny of T cell development in avian scleroderma. *Clin Immunol Immunopathol.* Aug;56(2):169.
80. Van soest, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. O and B books. Inc., Corvallis. OR. p. 81-84.
81. Watanabe, S., Yanaka, Y. and Juroda, A. 1971. Report on the experimental use of zeolite-tuff as dietary supplement for cattle. Rep. Okayama Prefecture Feeder. aGR. cOOP. aSS. aPR. P. 18.
82. Webb, P. R., Kellogg, D. W., McGahee, M. W. and Johnson, Z. B. 1992. Addition of fructo-oligosaccharide (FOS) and sodium diacetate (SD) plus deoxycholate (D) to milk replacer and starter grain fed to Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 75(Suppl. 1):300.(Abstr.)
83. White, J.L. and Ohlrogge, A.J. 1971. Ion exchange materials to increase consumption of nonprotein nitrogen in ruminants. *Can. Patent* 939 Jan. 2. p.30.
84. Wilson, R.A., Zolnai, A. and Rudas, P. 1996. T-cell subsets in blood and lymphoid tissues obtained from fetal calves, maturing calves, and adult bovine. *Vet. Immunol.* 53:49.
85. Wyatt, C.R., Madruge, C., Cluff, C. and Parish, S. 1994. Differential distribution

- bution of $\gamma \delta$ T-cell receptor lymphocyte subpopulations in blood and spleen of young and adult cattle. Vet. Immunopathol. 40:187.
86. www.smc.samsung.co.kr/health/html/s-news/smc54296.htm.
87. 近勝 淵, 勝城清司, 鈴木文夫, 多賀貞二, 林長英男, 和賀井文作, 近勝登之助. 1969. 제오테이트 添加飼料가 子牛におよぼす 影響. 家畜の研究. 23:987.
88. 小林義之. 1982. 反すう家畜による土壤菜食に伴うコベルト供給の可能性. 日本土壤肥料學會誌. 53:176.
89. 小山雄生, 官本 進, 順勝まどか, 菊池武昭, 高橋政義, 久馬 忠. 1985. 스카소즈ウム (Sc)를 指標とする放牧牛の土壤菜食量の推定とそ意義. 日本土壤肥誌. 56:269.
90. 日本飼養標準(肉用牛). 2000. 農林水産省農林水産技術會議事務局編 中央畜産會. 東京.
91. 강수원, 박남건, 오운용, 고서봉. 1995. 한라산 중산간 방목지에서 월동기 야외사육이 제주한우 번식우의 체중변화 및 번식능력에 미치는 영향. 한영사지 19(5): 387~398.
92. 강수원, 정연후, 손용석. 1991. 한우 포유모우의 산유량 및 유성분에 관한 연구 II. 포유모우의 산유량에 관한 연구. 한축지 : 33(1) 85~93.
93. 강수원, 정연후, 손용석, 신형태. 1992. 사양시험에 의한 한우 경산우의 영양소 요구량 결정에 관한 연구. II. 임신시 에너지 및 단백질요구량 결정에 관한 연구. 한영사지 16(3):125~135.
94. 강정부. 1986. 혈액. 대한수의학회지. 22(4). p. 217.
95. 김강식. 1978. 한우의 사양 및 영양개선에 의한 육생산 능력 증진에 관한 연구. 한축지 20(4) : 280~289.
96. 김명국. 1999. Holstein 송아지의 새로운 사양체계 확립을 위한 연구. 서울대 석사 학위논문. p. 49.
97. 김정기, 장국현, 김태종, 윤화중. 1989. 강원도지역 한우의 혈액상에 관한 연구. 대한수의학회지. 25(2). p. 102.
98. 농림부, 국립농산물품질관리원. 2001. 가축통계. 2.축종별 조사결과. 가. 한육우 pp. 1~5.
99. 농촌진흥청. 1999. 축산기술연구보고서. p. 101.
100. 대한광업진흥공사. 1988. 한국의 광상. 제11호. 비금속편.
101. 류도옥. 1997. 황토의 신비. 행림출판사.
102. 백종희. 1999. 점토광물의 사료화 및 용도별 경제성 평가. 한국축산경영학회지. 15(2):392.
103. 손용석, 김수홍, 홍성호, 이성호. 1998. Bentonite와 맥반석의 급여가 반추위내 완충능력과 발효 양상에 미치는 영향. 한국낙농학회지. 21:21.
104. 손제영, 김교준. 2000. 최신 가축질병학. 제2장 전염병 pp.141-236.
105. 송동영, 한구석, 이남배, 김동중, 주재섭. 1999. 한우 거세우 황토급여가 발육 및 육질에 미치는 영향. 대산농촌. p. 15.

106. 원유석. 1998. 소의 행동. 축협중앙회 개량사업본부. p. 150.30. 엄명호, 정필균, 엄기태, 임형식. 1993. 회색정암에서 유래된 토양점토 광물의 특성. 한국토양비료학회지. 26:1.
107. 연정웅. 1990. Bovine Colostrum 투여가 신생자돈의 혈청중 IgG 농도와 생산성에 미치는 영향. 연암축산원에 전문대학 논문집 제 10호 : 39~62.
108. 이민호, 손중천, 김정우. 1995. 초유 Gammaglobulin의 효율적 분리방법. 한축지 37(5) 514~520.
109. 조성식, 윤화중, 이원창, 김태종. 1988. 도축우의 혈액화학치에 관한 연구. 대한수의사회지. 24(10):632.
110. 조원모, 최성복, 백봉현, 안병석, 김준식, 강우성, 이수기, 송만강. 2000. 점토 광물질 첨가가 한우송아지의 발육 및 면역기능에 미치는 영향. 동물자원지. 42(6):871.
111. 최윤제. 2001. 제 2회 친환경 단미·보조사료 산업발전을 위한 국제 심포지움. 사료의 안전성 확보를 위한 항생제 대체제 활용방안 PP. 153~194.
112. 한인규. 1994. 제 3판 사료자원 핸드북. 규산염광물질사료. pp. 420~ 423. 한국영양사료학회 , 한국단미사료협회
113. 한홍표. 1999. 수의임상병리. 기전연구사. p. 10.
114. 황인갑. 1993. 송아지설사증. 바이엘 사보 대가측편. p. 32.
115. 황진연. 1997. 맥반석과 황토의 특성과 활용. 한국광물학회 창립 10주년 기념 산업광물 심포지움. p. 89.
116. 황진연, 장명익, 김준식, 조원모, 안병석, 강수원. 2000. 우리나라 황토(풍화토)의 구성광물 및 화학성분. 한국광물학회지 13(3) : 147~163.

제 4장 부존자원을 이용한 저비용 한우사료 개발

제 1절 서설

옛부터 내려오는 우리 나라의 전통적인 한우사육은 소규모 부업농 형태의 농사를 기반으로 한 복합농이었으며 소를 사육하는 장소도 고정자본이 많이 들어가는 우사의 형태가 아니고 집 안 밖의 흙바닥이 있는 작은 공간에서 단조로우면서도 자유롭게 활동할 수 있도록 설계된 그런 우사였다. 이와 같은 사양관리 과정에서 소가 자연스럽게 황토를 섭취하게 되고 황토를 섭취한 한우는 건강하게 성장하여 역용우로서 그 역할을 다 하였다. 그러나 현재와 같이 한우의 관리가 집약화 되고 규모화로 발전되면서 오히려 가축의 질병 발생율은 높아가고 있는데, 이러한 점을 경험한 축산농가는 옛날방식을 자연스럽게 이용하게 되었으며, 더 나아가 한우고기의 차별화 및 특성화 일환으로 황토브랜드 관련 축산단체들이 많이 증가되어 왔다(이, 1999). 황토를 이용하고 있는 대부분 축산농가는 인근 야산의 황토를 이용하거나 지장수(地漿水, 황토의 미립 현탁액)의 형태로 급여하기도 한다(농촌진흥청, 1999).

황토는 우리 나라 거의 전역에서 쉽게 발견할 수 있는 황색 또는 적갈색을 띠는 흙의 일종으로 암석이 화학적인 풍화작용을 받아 변질되어 토양화 되는 과정에 형성된 풍화잔류토로 토양단면의 B층 토양에 해당되며, 주로 중국의 황하유역과 같은 대륙에 분포하며 바람에 날려와서 퇴적된 미세한 입자(Loess)로 구성된 퇴적물, 즉 학술적인 용어의 황토(黃土)와는 상이하다. 황(1997^b)은 황토의 주성분으로 SiO₂ 50~65%, Al₂O₃ 16~24%, Fe₂O₃ 4~9%, MgO 0.6~2.5%, K₂O 1~3%, 그리고 H₂O가 5~15%의 범위로 구성되어 있으며, 물리적인 특성으로는 모래입자(2~0.05mm)가 15~40%, Silt입자(0.05~0.002mm)는 20~50%, 그리고 점토입자(0.002mm이하)가 30~60%의 범위로 구성되어 있다고 하였다. 이와 같이 우리 나라의 황토를 구성하는 광물에는 점토광물류가 대부분을 차지하고, 나머지가 석영, 장석, 산화철광물 등으로 되어 있으며, 황토의 채취지역에 따라 광물종과 그 함량이 다르며 황토의 물리화학적 특성은 주로 이들 점토광물의 종류와 함량에 따라 크게 좌우된다고 하였다.

한우의 흙 섭취량과 관련하여 비록 두당 1일 흙 핥는 회수 및 핥는 량 등에 대하여는 정확히 알려진 것이 없으나, Healy(1968^{ab}, 1971), Healy 등(1970) 그리고 윈(1998)은 젖소 방목시 흙 섭취량이 두당 연간 90~362kg 정도가 된다고 하였으며, Miller(1978)도 방목시 1일 0.1~0.4kg의 흙을 섭취한다고 하였다. 小林(1982) 및 小山(1982)은 섭취한 신선한 토양으로부터 미네랄을 얻고 있는 것이 분명한 것 같다고 하였다. 이 밖에도 류(1995)는 “본초강목” 및 “향약집성방”에서 황토를 흙 중에서도 맛이 달고 약성이 가장 뛰어난 흙으로 취급하고 있다고 하였으며, 옛날부터 우리농

가에서는 민간요법으로 질병의 치료를 위해 황토를 이용한 지장수를 가축에게 급여하였다고 하였다. 이러한 특성 때문에 농가에서는 젖소 및 한우에게 자연스럽게 황토를 급여하고 있으나 과학적인 규명이 크게 미흡한 상태이다.

또한 점토광물(Clay minerals)이란 토양의 생성과정에서 재 합성된 2차 광물을 말하며 합성될 때의 환경조건에 따라 여러 종류가 형성되는데, 황(1997^a)은 점토광물의 미립성(微粒性, 比表面的이 큼)에 대한 특성으로 점토광물은 입경이 0.002mm이하의 소립자 광물이기 때문에 활성표면적이 매우 크며, 이러한 소립자 함량이 결국 토성을 지배하는 기본이 된다고 하였고, 1g의 미립자 표면적은 배구장 면적과 같다고 하였다. 점토광물은 쉽게 다른 형태로 변할 수 있는 가소성과 벽돌이나 그릇 제조시와 같이 불로 구울 때 단단하게 잘 깨어지지 않는 성질 그리고 2 : 1격자형 결정단위와 단위사이에 양이온성분이 외부의 양이온과 교환하는($\text{Na}^+ \leftrightarrow \text{K}^+$)이온교환성 및 다른 물질을 잘 흡착하고 토양생태계에서 촉매작용을 하는 특성을 가지고 있다고 하였다. 그 밖에도 점토광물은 물에 쉽게 풀어지는 현탁성과, 점토광물의 표면에 전기를 띠는 성질(계면전기)을 가지고 있으며, 구조 형태(2:1, 1:1)에 따라 수분을 흡수하거나 탈수하는 성질과 수분이나 다른 용액에 젖게되면 부피가 팽창하는 성질(팽윤성), 그리고 pH를 중화시키는 완충작용 등의 다양한 특성 때문에 그 이용성이 다양하다고 하였다. 지금까지 이들 규산염 광물질은 탈취제, 이온교환제 및 토성개량제 등으로 사용되었고, 최근에는 용도의 다양화와 함께 농업분야에도 많이 응용하고 있지만(대한광업진흥공사, 1988), 동물에게는 생리적인 불활성인 것으로 생각되어져 왔으나, 최근의 연구결과(송 등 ; 1999, Britton 등 ; 1978)에 의하면 송아지 및 육성우의 사료에 소량 첨가할 경우 증체율 및 사료이용율 등에 개선효과가 있고, 배설물의 냄새를 줄이며 설사를 방지하는 등의 효과가 있음이 입증되어 사료로서의 가치가 인정되기에 이르렀으며, 한(1994)도 규산염계(silicate)에 속하는 점토광물들은 일반적으로 이온교환용량(ion exchange capacity)이 높고 동물이 섭취하였을 때 미량무기물을 비롯한 영양소이용성을 개선하며 장내 유해가스의 흡착 및 연변방지 등의 효과가 인정된다고 하였다.

국내에서 생산되는 주요 점토광물로서 이러한 효과측면에서 이용가치가 있을 것으로 판단되는 것으로 Zeolite, Kaolin, Bentonite, Illite, Porphyry(맥반석) 등을 들수 있지만 아직까지도 한우를 대상으로 점토광물의 효과를 검증한 시험 결과가 드물고 특히 고급육 생산을 위한 시험결과는 전무한 실정이다.

따라서 한우농가에서 급여하고 있는 황토와 국내에 매장량이 풍부한 점토광물 중 사료가치가 클 것으로 생각되는 Kaolinite, Bentonite 및 Illite가 거세한우 육성비육시 육량 및 육질에 미치는 효과를 구명하기 위하여 본 시험을 실시하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 거세한우 육성비육우에 대한 황토 급여가 사료이용성, 육량 및 육질에 미치는 영향

가. 황토 급여유무 축산연 시험

공시축은 논산지역의 우시장에서 구입된 한우 수송아지로, 충남 천안시 성환읍 어룡리에 소재한 축산기술연구소(개량부)로 운송하여 일정기간 순치 후 외과적 시술에 의한 거세를 실시하였고, 이후 6개월령까지 배합사료와 목건초를 자유채식시키면서 예비사육을 실시하였다. 본시험은 6개월령(평균체중 144.7kg)인 거세우를 대상으로 '99년 9월부터 '01년 3월까지 18개월간 실시되었는데, 공시축은 Table 4-1에서 보는 바와 같이 개시부터 종료까지 황토급여유무에 따라 2개 처리, 즉 황토 무급여구(T1) 및 황토 자유채식구(T2)를 두어 처리구 당 5두씩 완전 임의배치 하였으며, 철골구조 칼라장판 지붕아래 사조가 남향으로 배치된 가변형으로 지어진 무벽우사에서 처리구 별로 군사하였다(pen size, 4m×8m).

Table 4-1. Experimental designs

Item	Treatments	
	T1	T2
Growing stage	Basal diet	Basal diet + <i>ad libitum</i> Hwangto
Fattening I	Basal diet	Basal diet + <i>ad libitum</i> Hwangto
Fattening II	Basal diet	Basal diet + <i>ad libitum</i> Hwangto

공시기간중의 사료는 Table 4-2에서 보는바와 같이 성장단계(육성기 : 7~12개월령, 비육전기 : 13~18개월령, 비육후기 : 19~24개월령)에 따라 성분량을 달리한 배합사료와 볏짚을 사용하였고, 공시축의 체중은 시험개시부터 종료까지 30일 간격으로 측정하였으며, 개시시 및 종료시는 2일 연속 측정치의 평균치를 사용하였다. 사료섭취량은 급여량에서 잔량을 제한 것으로 하였고, 잔량조사는 매일 오전 관리시에 실시하였으며 조사료의 일반성분 분석은 A.O.A.C.법(1990)에 의거 수행하였고 TDN은 소화율을 적용하여 산출하였다. 그리고 사양시험종료 후 도체조사를 위해 공시축 들을 도살 전일부터 절식시킨 후 다음날 화물차를 이용하여 사양시험 우사에서 축산기술연구소 육가공 공장(수원 소재)으로 운반하였으며 도착후 일정시간 안정시킨 후 도축하였다.

도체조사 및 육성분 분석은 축산기술연구소 관행법에 의거 수행하였으며 얻어진 결

과는 SAS(1997)의 GLM(General Linear Model) 방법으로 분석하였고, 처리 평균간의 비교를 위해 Duncan의 Multiple Range Test가 이용되었다.

Table 4-2. Chemical composition and TDN value of experimental diets

Feed name	Chemical composition				TDN
	Dry matter	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	
	----- % -----				
Concentrate ¹⁾					
Grower	87.19	15.00	3.17	6.68	70.0
Finisher I	85.91	12.50	3.52	5.04	71.5
Finisher II	85.62	10.00	4.26	4.91	74.0
Roughage					
Rice straw	84.72	5.01	2.18	28.30	37.5

나. 황토 급여수준 농가시험

공시가축은 논산지역의 우시장에서 구입된 한우 수송아지였으며, 구입직후 전북 익산시 함라면 소재의 비육농가로 운송하여 일정기간 순치 후 무혈거세를 실시하였고, 이후 6개월령까지 배합사료와 목건초를 자유채식시키면서 예비사육을 실시하였다. 본 시험은 6개월령(평균체중 159.3kg)인 거세우를 대상으로 '99년 7월부터 '01년 1월까지 18개월간 공시하였는데, Table 4-3에서 보는 바와 같이 개시시부터 종료시까지 황토 급여수준에 따라 4개 처리, 즉 전기간 황토 무급여구(T1), 농후사료 내 황토 2% 첨가구(T2), 농후사료 내 황토 5% 첨가구(T3) 및 황토 자유채식구(T4)를 두어 처리구당 4두씩 완전 임의배치 하였고, 철골구조 칼라강판 지붕아래 중앙통로를 갖추고 사조가 북향으로 배치된 가변형으로 지어진 무벽우사에서 처리구별로 군사하였다(pen size, 4m×8m).

공시기간중의 사료는 표 4-4에서 보는바와 같이 성장단계(육성기 : 7~12개월령, 비육전기 : 13~18개월령, 비육후기 : 19~24개월령)에 따라 성분량을 달리한 배합사료와 볏짚을 사용하였다.

공시축의 체중은 시험개시부터 종료까지 30일 간격을 두고 측정하였으며 개시 및 종료는 2일 연속 측정치의 평균치를 사용하였다. 사료섭취량은 급여량에서 잔량을 제한 것으로 하였고 사양시험 종료 후 도체조사를 위해 공시축들을 도살전일부터 절식시킨 후 다음날 화물차를 이용하여 사양시험 우사에서 농협 서울공판장으로 운반하여 도축 후 등급판정을 받았다.

본 시험에서 얻어진 결과는 SAS(1997)의 GLM(General Linear Model) 방법으로 분석하였고 처리 평균간의 비교를 위해 Duncan의 Multiple Range Test가 이용되었다.

Table 4-3. Experimental designs

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Growing stage		Basal	Basal	Basal
Fattening I	Basal diet	+	+	+
Fattening II		Hwangto 2%	Hwangto 5%	<i>ad libitum</i> Hwangto

Table 4-4. DM and nutritive value of experimental diet

Feed name	DM	CP	TDN
	-----	----- % -----	-----
Concentrate			
Grower	87.68	13.58	70.0
Finisher I	87.8	13.0	71.0
Finisher II	86.28	11.0	72.0
Roughage			
Rice straw	81.49	4.41	36.8

2. 거세한우 육성비육우에 대한 점토광물 급여가 사료이용성, 육량 및 육질에 미치는 영향

가. 점토광물 종류별 급여 축산연시험

공시가축은 논산지역의 우시장에서 구입된 한우 수송아지로, 구입 즉시 충남 천안 시 성환읍 어룡리 소재의 축산기술연구소(개량부)로 운송하여 일정기간 순치 후 외과 적 시술에 의한 거세를 실시하였고, 이후 6개월령까지 배합사료와 목건초를 자유채식 시키면서 예비사육을 실시하였다.

본시험은 6개월령(평균체중 166.1kg)인 거세우를 대상으로 '99년 7월부터 '00년 12월까지 18개월간 실시되었는데, Table 4-5에서 보는 바와 같이 개시시부터 종료시까지 농후사료 내 점토광물 첨가종류에 따라 4개 처리, 즉 전기간 점토광물 무급여구(T1), 농후사료 내 Kaolinite 첨가구(T2), Bentonite 첨가구(T3), Illite 첨가구(T4)를 두어 처리구 당 6두씩 완전 임의배치 하였으며, 철골구조 칼라강판 지붕아래 사조가 남향으로 배치된 가변형의 무벽우사에서 처리구별로 군사하였다(pen size, 4m×8m).

공시기간중의 사료는 Table 4-6에서 보는 바와 같이 성장단계(육성기 : 7~12개월령, 비육전기 : 13~18개월령, 비육후기 : 19~24개월령)에 따라 성분량을 달리한 배합 사료와 볏짚을 사용하였으며 사료섭취량은 급여량에서 잔량을 제한 것으로 하였고 잔

량조사는 매일 오전 관리시에 실시하였으며 조사료의 일반성분분석은 A.O.A.C.법 (1990)에 의거 수행하였고 TDN은 소화율을 적용하여 산출하였다.

공시축의 체중은 시험개시부터 종료까지 30일 간격을 두고 측정하였으며 개시 및 종료는 2일 연속 측정치의 평균치를 사용하였다. 그리고 사양시험 종료 후 도체조사를 위해 공시축들을 도살 전일부터 절식시킨 후 다음날 화물차를 이용하여 사양시험 우사에서 축산기술연구소 육가공 공장(수원 소재)으로 운반하였으며 도착후 일정시간 안정시킨 후 도축하였다.

도체조사 및 육 성분분석은 축산기술연구소 관행법에 의거 수행하였으며 얻어진 결과는 SAS(1997)의 GLM(General Linear Model) 방법으로 분석하였고 처리 평균간의 비교를 위해 Duncan의 Multiple Range Test가 이용되었다.

Table 4-5. Experimental designs

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Growing stage	Basal diet	Basal+Kaolinite 5%	Basal+Bentonite 5%	Basal+Illite 5%
Fattening I	Basal diet	Basal+Kaolinite 2%	Basal+Bentonite 2%	Basal+Illite 2%
Fattening II	Basal diet	Basal+Kaolinite 1%	Basal+Bentonite 1%	Basal+Illite 1%

Table 4-6. Chemical composition and TDN value of experimental diets

Feed name	Chemical composition				TDN
	Dry matter	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	
	%				
Concentrate ¹⁾					
Grower	85.95	14.10	3.13	6.58	70.0
Finisher I	87.09	12.80	3.57	5.11	71.8
Finisher II	88.00	11.50	4.38	5.03	74.0
Roughage					
Rice straw	83.50	4.46	2.15	27.89	37.5

나. 점토광물 종류별 급여 농가시험

공시가축은 논산지역의 우시장에서 구입된 한우 수송아지였으며 구입직후 전복 익산시 여산면 소재의 비육농가로 운송하여 일정기간 순치후 무혈거세를 실시하였으며, 이후 6개월령까지 배합사료와 볏짚을 자유채식시키면서 예비사육을 실시하였다.

본시험은 6개월령(평균체중 159.3kg)인 거세우를 대상으로 '99년 7월부터 '01년 1월까지 18개월간 공시하였는데, 개시부터 종료까지 Table 4-5에서 보는 바와 같이 점토광물 첨가 종류에 따라 4개 처리, 즉 전기간 점토광물 무급여구(T1), 농후사료 내

Kaolinite 첨가구(T2), Bentonite 첨가구(T3), Illite 첨가구(T4)를 두어 처리구당 4두씩 완전 임의배치 하였다. 공시축은 철파이프 구조의 천장 개폐식 지붕아래 중앙통로를 갖추고 사조가 남향으로 배치된 가변형으로 지어진 무벽우사에서 처리구별로 군사하였다(pen size, 4m×8m).

시험기간중의 사료는 Table 4-7에서 보는바와 같이 성장단계(육성기 : 7~12개월령, 비육전기 : 13~18개월령, 비육후기 : 19~24개월령)에 따라 성분량을 달리한 배합사료와 볏짚을 사용하였고, 공시축의 체중은 시험개시부터 종료까지 30일 간격을 두고 측정하였으며 개시 및 종료는 2일 연속 측정치의 평균치를 사용하였다.

사료섭취량은 급여량에서 잔량을 제한 것으로 하였고 사양시험 종료 후 도체조사를 위해 공시축들을 도살전일부터 절식시킨 후 다음날 화물차를 이용하여 사양시험 우사에서 농협 서울공판장으로 운반하여 도축 후 등급판정을 받았다.

본 시험에서 얻어진 결과는 SAS(1997)의 GLM(General Linear Model) 방법으로 분석하였고 처리 평균간의 비교를 위해 Duncan의 Multiple Range Test가 이용되었다.

Table 4-7. DM and nutritive value of experimental diets

Feed name	DM	CP	TDN
	----- % -----		
Concentrate			
Grower	87.44	13.92	70.0
Finisher I	87.09	13.0	71.0
Finisher II	88.00	11.0	72.0
Roughage			
Rice straw	84.72	5.01	37.5

제 3 절 결과 및 고찰

1. 거세한우 육성비육우에 대한 황토 급여가 사료이용성, 육량 및 육질에 미치는 영향

가. 황토 급여유무 축산연시험

1) 체중 및 일당증체량

총사육기간 540일을 황토급여 유무에 따라 2개 처리로 구분, 처리별로 공시한 거세한우의 체중 및 일당증체량 변화는 Table 4-8에서 보는 바와 같다. 처리별 체중은 개시시(6개월령)가 141.3~148.1kg(평균 144.7kg), 12개월령이 238.1~251.1kg(평균 244.6kg), 18개월령이 400.7~407.0kg(평균 403.9kg)이었고, 24개월령이 554.7~563.4kg(평균 559.1kg)으로, 출하체중은 전기간 황토를 급여하지 않은 T1(관행사육구)이 T2(황토 자유채식구)에 비해 8.7kg이 더 무거웠다. 성장단계에 따른 일당증체량은 육성기(6~12개월령)에 0.537~0.572kg, 비육전기(12~18개월령)에 0.866~0.904kg 및 비육후기(18~24개월령)에 0.857~0.869kg으로 육성기 및 비육후기에는 T1에서, 비육전기에는 T2에서 증체량이 높았지만 전기간 동안에는 0.766~0.769kg으로 처리간에 따른 뚜렷한 차이는 없었다.

이와 같이 성장단계에 따른 일당증체량이 처리구에 따라 다소 차이가 있지만 통계적인 유의차가 없는 것으로 볼 때, 황토급여 유무가 비육우의 증체량에 영향을 미치지 않았음을 알 수 있다. 그러나 김(1999)은 황토에 함유되어 있는 점토광물과 Catalase, Protease 등은 자기 용적 600배의 산소 흡착력으로 강력한 음이온 에너지를 발산시켜 virus나 bacteria 등의 병원균을 제거함으로써 항병력 증진작용을 하며 원적외선 방출로 체내의 세포를 활성화시켜 가축의 증체율 증가에 따른 생산성향상 및 고른 육질분포의 효과를 가져온다고 하였다.

또한 본시험에서 시험구 모두 비육전기와 비육후기의 증체량이 거의 비슷한 것으로 나타나 비육기간 동안 농후사료 과다급여에 의한 대사성 질병발생이나 기타 반추위의 기능장애가 없었다는 것을 예상할 수 있으며 그 결과 황토가 반추위의 기능을 개선시키는 작용이 있다고 하여도 황토섭취에 의해 반추위기능이 개선될 기회가 거의 없었음을 암시한다.

이와 같은 결과는 비육우를 장기간에 걸쳐 농후사료위주로 사육하면 비육후기에 대

사성 질병의 다발 및 사료 섭취량 감소로 증체량이 둔화되어 조기에 출하할 수 밖에 없다고 한 농림부(1992), 宮崎昭(1991) 및 中央畜産會(1981) 등의 보고와는 다소 상이한 결과였는데, 이것은 고급육 생산을 위해 거세우를 장기간 비육할 때 농후사료 및 조사료 급여량을 조절해줌으로서 가능하며 본시험에서도 육성기 제한사양과 비육기간 동안에도 농후사료 급여량을 어느 정도 제한하였기 때문인 것으로 판단된다.

Table 4-8. Live weight and average daily gain of Hanwoo steer by treatments

Item	Treatments	
	T1	T2
No. of animals	5	5
Live weight(kg)		
Initial (6mo. of age), A	148.1±31.7	141.3±21.8
180th day(12mo. of age), B	251.1±42.9	238.1±28.3
360th day(18mo. of age), C	407.0±64.8	400.7±35.7
540th day(24mo. of age), D	563.4±94.5	554.7±56.8
Average daily gain(kg)		
B - A (6~12mo.)	0.572±0.07	0.537±0.06
C - B (12~18mo.)	0.866±0.13	0.904±0.08
D - C (18~24mo.)	0.869±0.18	0.857±0.21
D - A (6~24mo.)	0.769±0.12	0.766±0.09

*T1 : Control, T2 : *ad libitum* Hwangto

그 밖에 이 기간 중 처리구별 공시축의 출하체중 554.7~563.4kg(평균 559.1kg)은 홍 등(1996)이 한우송아지를 5개월령에 무혈거세 후 옥수수, 호맥 및 이탈리아 라이그라스 등 담근먹이를 조사료원으로 하여 6개월령부터 24개월령까지 18개월간 개방형 우사에서 군사형태로 비육하였을 때 24개월령 체중이 551.5~571.9kg(평균 560.5kg)이라고 한 보고와 강 등(1997)이 한우 수송아지 24두를 6개월령에 무혈거세하여 8개월령부터 24개월령까지 방목유무에 따라 16개월간 비육하였을 때 출하체중이 554.6~572.1kg(평균 562.8kg)이라고 한 보고와 비슷한 결과로 본 시험에 공시한 시험축 들이 황토급여 유무를 떠나 정상적인 발육이 이루어졌음을 알 수 있다.

2) 사료섭취량 및 이용성

공시기간 18개월 동안 처리별 사료이용성은 Table 4-9에서 보는 바와 같다. 전기간의 일평균 사료섭취량은 처리구에 따라 농후사료 7.131~7.314kg, 볏짚 3.141~3.304kg

이었고, 황토 자유채식구에서의 황토섭취량은 0.223kg이었으며, 섭취된 사료의 DM, CP 및 TDN도 각각 8.929~8.948kg, 0.988~1.000kg, 6.419~6.491kg으로 처리구에 따른 뚜렷한 차이는 없었다. 그리고 1kg 증체에 소요된 DM, CP 및 TDN 량은 각각 11.635~11.658kg, 1.290~1.300kg 및 8.381~8.440kg으로 역시 처리구에 따른 뚜렷한 차이가 없었다. 또한 체중대비 농후사료비율은 육성기, 비육전기 및 비육후기에 각각 1.78~1.87, 1.88~1.90, 2.48~2.50%로 처리구 모두 비육기간이 길어짐에 따라 섭취비율이 높아졌지만 처리구간에 따른 차이가 없었으며 전기간 평균은 2.05~2.06% 였다. 그 밖에 섭취사료의 조·농비율 중에서 조사료비율은 전기간 평균이 29.7~31.3%(평균 30.5%)로 역시 처리구간에 뚜렷한 차이는 없는 것으로 나타났다.

이와 같은 성장단계별 체중에 대한 농후사료 급여비율은 농림부(1992)와 농촌진흥청 축산기술연구소(1999)에서 고급육 생산을 위해 한우 사육농가에 권장하고 있는 육성기(6~12개월령) 1.2~1.5%, 비육전기(13~18개월령) 1.7~1.8%, 비육후기(19~24개월령) 1.8~2.0% 및 전기간 1.6~1.8%에 비해 본 시험의 경우 육성기 및 비육전기의 농후사료 급여비율은 거의 비슷한 수준이었으나 비육후기 및 전기간에는 다소 높은 편이었다. 또한 강 등(2001)이 거세한우를 공시하여 6개월령부터 24개월령까지 조사료비율을 23.3, 33.5 및 40.3%로 하여 18개월간 비육시험을 실시한 결과 조사료비율이 33.5%인 처리에서 비육우의 증체량이 가장 높았다고 한 보고와 비교해볼 때, 전기간 동안의 조사료비율은 거의 비슷한 수준이었다. 그러나 Table 4-8에서 보는 바와 같이 육성기 및 비육전기의 일당증체량이 비교적 적을 뿐 아니라, Table 4-9에서 보는 바와 같이 동일시기의 농후사료 급여량이 비육후기에 비해 낮은 것으로 볼 때 육성기 및 비육전기 동안에 과도한 제한사양으로 인하여 정상발육이 되지 않았고, 그 결과 비육후기에 자유채식으로 농후사료를 최대로 급여하였음에도 불구하고 출하체중이 비교적 적었으며 상대적으로 체중에 대한 농후사료 비율이 높아진 것으로 판단된다.

따라서 출하체중을 높이고 적은 사료량으로도 충분한 증체량을 이루기 위해서는 육성기 및 비육전기에 일당증체량을 각각 0.8kg 및 1.0kg 정도로 높일 수 있는 사료 급여체계가 요구된다고 할 수 있다.

그 밖에 본 시험의 결과와 비육우농가들에 대한 실태조사 결과를 종합해 볼 때 국내 비육우농가에서 사용되고 있는 조사료원이 대부분 벗짚인 점을 고려해 보면 지금까지 고급육 생산을 위해 권장되고 있는 체중대비 농후사료 급여비율이 다소 적은 것으로서 비육우의 경우 24개월령 출하를 권장하고 있지만 권장되고 있는 고급육 프로그램으로 비육하였을 경우 출하체중이 적게 나타나는 관계로 보통 2~3개월 정도를 더 비육하고 있는 것이 현실이다. 따라서 조사료원이 벗짚위주인 경우 성장단계별 농후사료급여수준은 육성기 1.8~2.0%, 비육전기 2.0~2.2%, 비육후기 1.8~2.0%로 하고

비육전기 이후 농후사료 다급에 의한 반추위 기능장애 억제를 위한 천연물질 즉 황토 등을 급여할 필요가 있을 것으로 판단된다.

Table 4-9. Feed intake and efficiency by treatments

Item	Treatments	
	T1	T2
Feed and nutrient intake(kg/day, 540day)		
Concentrate	7.314	7.131
Rice straw	3.141	3.304
Hwangto	-	0.223
DM	8.948	8.929
CP	1.000	0.988
TDN	6.491	6.419
Intake per 1 kg gain(kg)		
Concentrate	9.510	9.310
Rice straw	4.084	4.314
DM	11.635	11.658
CP	1.300	1.290
TDN	8.440	8.381
Concentrate intake to body weight(%)		
Growing period	1.78	1.87
Fattening period	1.90	1.88
Finishing period	2.50	2.48
Over-all period	2.06	2.05
Roughage intake ratio(DM, %)	29.7	31.3

3) 도체특성

황토급여유무에 따라 사육된 거세한우 육성비육우의 도체조사 결과는 Table 4-10 및 4-11에서 보는 바와 같다. 도체등급 중 육량등급의 결정요인인 도체중, 등지방두께, 배최장근단면적 중에서 도체중은 처리구에 따라 322.6~345.8kg(평균 334.2kg)으로 T1(관행사육구)이 T2(황토 자유채식구)보다 다소 높았으나 유의적인 차이는 없었고, 도체율 및 정육율 역시 각각 60.8~61.2%(평균 61.0%) 및 83.0~84.0%(평균 83.5%)로 T1이 T2보다 다소 높았으나 통계적인 유의차는 없었다. 또한 정육에서 가식에 부적합한 근육사이의 지방피를 제거한 후 도체에 0.5~1.0cm 두께로 지방을 부착시킨 거래정육의 비율은 67.9~68.7%(평균 68.3%)로 T2가 T1보다 높았지만 유의적인 차이는 없었다.

육량특성 비교에서는 등지방두께, 등심단면적 및 육량지수가 각각 6.6~7.6mm(평균 7.1mm), 78.4~85.0(평균 81.7) 및 69.0~70.1(평균 69.6)로 등지방두께는 T1이 T2보다 두꺼웠지만 등심단면적 및 육량지수는 T2에서 더 우수하여 이들을 기초로 하여 결정되는 육량등급이 T1에 비해 T2가 유의적인 차이를($P<0.05$) 가지며 우수한 것으로 나타났다. 그러나 육질특성을 나타내는 근내지방도, 육색 및 지방색은 각각 3.2~3.3, 4.2 및 2.8~3.0으로 처리간에 따른 차이가 없었으며 이들을 기초로 하여 결정되는 육질등급도 모두 2등급으로 처리간에 따른 차이는 없었다.

이와 같은 결과는 거세한우의 비육개시시기를 달리하여 24개월령까지 비육후 도축하였을 때 도체중이 379.1~392.1kg, 도체율 및 거래정육율이 각각 63.2~64.4% 및 62.8~66.3%라고 하였고, 거세한우의 육성기 방목유무 및 농후사료 급여수준에 따라 24개월령까지 비육시험을 하였을 때, 도체중이 310.9~348.6kg, 도체율 및 거래정육율이 각각 60.7~63.7% 및 62.4~66.1%였다고 한 강 등(2001)의 보고와 전국에서 등급판정된 한우 거세우 33,518두를 대상으로 도체중, 등지방두께 및 등심단면적을 조사해본 결과 각각 336.3kg, 10.1mm 및 80.5cm²라고 한 축산물 등급판정소(2000)의 보고들과 비교해 볼 때, 본 시험에서의 도체율이 다소 낮았으나 정육율은 높은 것으로 나타났으며 등지방두께 및 근내지방도 등도 다소 낮은 것으로 나타났다.

Table 4-10. Carcass characteristics of Hanwoo steers by treatments

Item	Treatments	
	T1	T2
Post-fasting weight(kg)	561.8±93.6	530.4±55.9
Carcass weight		
Weight(kg)	345.8±73.2	322.6±32.6
Rate(%)	61.2±3.3	60.8±0.6
Bonless meat ¹⁾		
Weight(kg)	291.2±65.3	268.1±27.8
Rate(%)	84.0±1.1	83.0±1.1
Trimmed meat ¹⁾		
Weight(kg)	233.6±42.7	221.5±19.2
Rate(%)	67.9±3.4	68.7±1.2

¹⁾ Included ribs

또한 축산물등급판정소(2000)의 보고에 의하면 한우거세우에서 도체중이 증가함에 따라 등지방두께, 배최장근단면적 및 근내지방도가 증가한다고 하였고, 육량지수는 등지방두께, 배최장근단면적 및 도체중이 포함되어 나타나는 수치로 육량지수의 크기는 체중이 작을수록 유의적으로 높았다고 하였던 바, 본 시험에서 얻어진 결과들은 육성

기 및 비육전기의 제한사양으로 배합사료위주 비육기간이 다소 짧아진 결과 등지방두께가 얇았고 근내지방도도 다소 낮았으며, 이러한 상태는 비육우의 반추위를 포함한 체반 소화기관 등이 생리적인 장애가 거의 없어 황토급여에 따른 효과가 반감되었을 것으로 예측이 된다.

Table 4-11. Meat quantity and quality characteristics of Hanwoo steers

Item	Treatment	
	T1	T2
Meat quantity characteristics		
Back fat thickness(mm)	7.6±3.4	6.6±0.9
Rib-eye area(cm ²)	78.4±11.3	85.0±6.9
Meat yield index	69.0±1.3	70.1±0.5
Quantity grade ¹⁾	1.8±0.4 ^a	1.0±0.0 ^b
Meat quality characteristics		
Marbling score ²⁾	3.3±2.0	3.2±2.0
Meat color ³⁾	4.2±0.5	4.2±0.5
Fat color ⁴⁾	2.8±0.4	3.0±0.0
Quality grade	2.0±1.2	2.0±1.2

¹⁾ 1 = A 2 = B 3 = C

²⁾ Scored : 1(devoided) to 7(very good)

³⁾ Scored : 1(scarlet) to 7(dark red)

⁴⁾ Scored : 1(white) to 7(yellow)

⁵⁾ 1' grade = 0, 1st grade = 1, 2nd grade = 2, 3rd grade = 3

소 도체등급기준에 의하면 육질등급은 근내지방도 기준 6이상, 4~5, 2~3 및 1이하에 의해 각각 1', 1, 2, 3등급으로 결정하되, 육색기준 1또는 7, 지방색기준 7, 조직감기준 3 및 성숙도기준 3에 해당될 때는 근내지방도 기준에 의한 등급을 낮추어야 할 항목수의 개수에 따라 1~2 등급을 낮추도록 되어있는 바, 본시험에서는 전처리 모두 감점요인이 없어 근내지방도에 의해 등급이 결정되었고, 판정된 육질등급은 T1 및 T2 모두 평균 2등급으로 황토급여 유무에 따른 차이는 없었다.

등심부위에서 채취한 쇠고기의 이화학적 특성은 Table 4-12에서 보는 바와 같이 수분이 69.5~69.7(평균 69.6%), 단백질이 21.4~21.7%(평균 21.6%), 지방이 7.7~8.1%(평균 7.9%) 그리고 조회분이 각각 0.91%로 쇠고기의 일반성분 모두 처리구에 따른 차이는 없었다.

이와 같은 결과는 강 등(2001)이 거세한우를 대상으로 24개월령까지 비육한 시험축의 등심부위에서 채취한 시료를 분석한 결과, 수분이 64.8~67.6%, 단백질이 18.9~20.1% 그리고 지방이 10.1~14.4% 였다고 한 보고에 비해 단백질 함량은 높고, 지방 함량은 낮았는데 이것은 본 시험에 공시한 비육우의 성숙도가 다소 낮았기 때문인 것으로 판단된다.

그 밖에 pH, 전단력, 가열감량 및 보수력 등은 각각 5.52, 4.42~6.10kg/cm², 26.5~26.75%, 52.1~54.8%로서 전단력 및 보수력은 황토급여구에서 개선된 것으로 나타났으며, 잘 훈련된 검사원들을 활용하여 관능검사를 실시한 결과, 각 요소들에 대한 배점을 “매우 나쁘다(1)”부터 “매우 좋다(5)”까지 5단계로 구분하였을 때, 처리구별 다즙성, 연도 및 향미 등은 4.08~4.64(평균 4.36), 3.42~3.96(평균 3.69) 및 4.58~4.80(평균 4.69)이었고 제반특성 모두 황토급여구에서 개선된 것으로 나타났다.

Table 4-12. Physico-chemical properties of beef in Hanwoo steers by treatments

구 분	Treatment	
	T1	T2
Chemical composition(%)		
Moisture	69.7±2.4	69.5±3.8
Protein	21.7±0.8	21.4±2.3
Fat	7.7±3.1	8.1±5.0
Ash	0.91±0.03	0.91±0.06
pH	5.52±0.06	5.52±0.06
Shear force(kg/cm ²)	6.10±2.2	4.42±0.98
Cooking loss(%)	26.75±2.9	26.5±2.6
Water holding capacity(%)	52.1±2.8	54.8±3.1
Panel test ¹⁾		
Juiciness	4.08±0.26	4.64±0.40
Tenderness	3.42±0.79	3.96±1.07
Flavor	4.58±0.31	4.80±0.34

¹⁾ scored : 1(devoid) ~ 5(very good)

4) 경제성 분석

한우거세우 육성비육시 황토급여유무에 따른 경제성분석 결과는 Table 4-13에서 보는 바와 같다.

조수입은 '00년 12월 농협 서울공판장에서 경매를 통해 결정된 등급별 지육가격(A1⁺ : 12,017, A1 : 11,507, A2 : 11,012, B1⁺ : 11,576, B1 : 11,093, B2 : 10,723, C1⁺ : 10,609원/kg)에 도체부산물 및 퇴구비 가격 등을 합산하였고, 경영비는 송아지구입비, 농후사료비, 볏짚 및 황토구입비 등을 적용한 후 농축산물 표준소득(농촌진흥청, 2001)에 의거 제반 비용을 산출한 후 합산한 금액이었다.

소득은 비육개시부터 종료까지 18개월 동안 조수입에서 경영비 지출을 공제한 잔액으로 축산농가의 관행사육방법인 T1에서 825.1천원/두 인데 비해 황토급여구인 T2에서는 826.3천원/두로 황토급여유무에 따른 차이가 없었다.

Table 4-13. Economic analysis for 18 months in Hanwoo steers by treatments

Item	Treatments	
	T1	T2
Gross receipt	3,742,743	3,749,027
-Carcass and others	3,720,252	3,726,536
-By-product	22,491	22,491
Operating cost	2,917,643	2,922,694
-Livestock	1,263,000	1,263,000
-Feedstuffs	1,458,577	1,463,628
· Concentrate	1,153,272	1,124,416
· Roughage	305,305	321,149
· Additional agent	-	18,063
-Others	196,066	196,066
Cost of family labor	307,789	307,789
Income	825,100 (100)	826,333(100.1)
Net profit	517,311	518,544

*Selling price of carcass by grade, by-product and manure('00. 12)

-Carcass price by grade(won/kg) : A1* 12,027, A1 11,507 A2 11,012

B1* 11,576, B1 11,093, B2 10,723, C1* 10,609

**Feed intake ×unit price(won/kg)

-Concentrate 292(grower 288, fattener 272, finisher 316)

-Rice straw 180, Hwangto 150

나. 황토 급여수준 농가시험

1) 체중 및 일당증체량

7개월령부터 24개월령까지 총 사육기간 540일간을 황토급여수준에 따라 4개처리로 구분하여 처리별로公示한 거세한우의 체중 및 일당증체량 변화는 Table 4-14에서 보는 바와 같다. 처리별 체중은 개시시(6개월령)가 156.4~161.6kg(평균 159.3kg), 12개월령이 276.5~300.5kg(평균 285.0kg), 18개월령이 445.2~473.2kg(평균 458.6kg), 24개월령이 566.6~579.7kg(평균 572.8kg)이었고, 시험기간 동안의 일당증체량은 T1, T3, T2 및 T4가 각각 0.775, 0.772, 0.761kg 및 0.756kg으로 황토를 급여하지 않은 T1이 황토를 급여한 처리구에 비해 0.4~2.5%가 증가하였지만 통계적인 유의차는 없는 것으로 나타났다. 또한 일당증체량을 성장단계로 구분하여 살펴보면, 육성기에는 황토 급여구에서 증체량이 높았고, 비육전기에는 뚜렷한 차이가 없었으며, 비육후기에는 황토급여구에서 증체량이 다소 높았지만 통계적인 유의차는 없는 것으로 나타났다.

본 시험에서 나타난 시험축의 출하체중 566.6~579.7kg(평균 572.8kg)은 5개월령에

무혈 거세하여 옥수수, 호맥 및 이탈리아인 라이그라스 등 담근먹이를 조사료원으로 하여 6개월령부터 24개월령까지 개방형우사에서 군사형태로 18개월간 비육한 거세한우의 출하체중이 551.5~571.9kg(평균 560.5kg)이었다는 홍 등(1996)의 보고, 한우수송아지 24두를 6개월령에 무혈거세하여 8개월령부터 24개월령까지 방목유무에 따라 16개월간 비육하였을 때 출하체중이 554.6~572.1kg(평균 562.8kg)이었다는 강 등(1997)의 보고 및 가을송아지 24두를 외과적인 시술로 거세를 한 후, 성장단계별 농후사료급여 수준 및 방목유무에 따라 6개월령부터 24개월령까지 비육하였을 때 출하체중이 524.4~604.5(평균 561.3kg)이었다는 강등(2001)의 보고와 비슷한 결과였다.

또한 성장단계에 따른 일당증체량에서 육성기에는 황토무급여구의 증체량이 높았지만 비육후기 6개월 동안에는 황토급여구의 증체량이 무급여구에 비해 7.3~14.0%(평균 9.6%)가 높은 것으로 볼 때, 육성기동안 둔화된 증체량이 비육후기에 보상성장으로 나타날수도 있겠지만, 황토급여가 비육후기의 농후사료 다급에 의해 발생이 예상되는 대사성질병이나 반추위의 기능장해를 어느정도 막아주었기 때문인 것으로 예상된다. 손과 김(1983)도 비육우를 장기간 농후사료 위주로 사육시 제1위 부전각화증 및 제1위 산성증 등이 발생하여 제1위 내용물의 pH를 저하시킴으로서 위내 미생물군총의 활력을 저하시킬 뿐 아니라 간농양 등을 유발하여 증상이 경미할 경우에도 정상우에 비해 증체량이 10%정도 감소한다고 하였지만, 본 시험에서는 전기간의 일당증체량에 뚜렷한 차이가 없는 것으로 미루어 그 효과가 크지 않다는 것을 알 수 있다.

Table 4-14. Live weight and average daily gain of Hanwoo steer by treatments

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
No. of animals	4	4	4	4
Live weight(kg)				
Initial (6mo. of age), A	161.6±29.5	156.4±38.8	160.9±27.5	158.4±27.5
180th day(12mo. of age), B	300.5±44.7	281.2±59.2	281.7±41.7	276.5±63.3
360th day(18mo. of age), C	473.2±46.2	452.8±76.2	463.3±35.6	445.2±60.8
540th day(24mo. of age), D	579.7±60.9	567.1±84.0	577.7±42.6	566.6±70.5
Average daily gain(kg)				
B - A (6~12mo.)	0.772±0.12	0.693±0.19	0.671±0.12	0.656±0.24
C - B (12~18mo.)	0.960±0.06	0.954±0.10	1.009±0.15	0.937±0.07
D - C (18~24mo.)	0.592±0.09	0.635±0.09	0.636±0.17	0.675±0.08
D - A (6~24mo.)	0.774±0.08	0.761±0.11	0.772±0.10	0.756±0.10

*T1 : Basal diet , T2 : 2% Hwangto T3 : 5% Hwangto T4 : *ad libitum*

2) 사료섭취량 및 이용성

공시기간 18개월 동안 처리별 사료이용성은 Table 4-15에서 보는 바와 같다. 전기간의

일평균 사료섭취량은 처리구에 따라 농후사료 6.469~6.794kg(평균 6.599kg), 볏짚 2.859~2.981kg(평균 2.919kg)이었고, 섭취된 사료의 DM, CP 및 TDN은 각각 8.151~8.476(평균 8.319), 0.916~0.953(평균 0.931) 및 5.682~5.913kg(평균 5.784kg) 이었다.

공시기간 중 총 섭취한 사료를 총 증체량으로 나누어 1 kg 증체에 소요된 DM, CP 및 TDN 량을 산출한 바, 각각 10.967~11.522(평균 11.251), 1.226~1.295(평균 1.256) 및 7.517~7.637kg(평균 7.554kg)으로 황토급여구가 무급여구에 비해 사료이용성이 개선된 것으로 나타났으며 개선효과는 T4, T2 및 T3순으로 높았다. 또한 체중대비 농후사료비율은 육성기, 비육전기 및 비육후기에 각각 1.53~1.67(평균 1.63), 1.75~1.87(평균 1.76) 및 1.78~1.86%(평균 1.83%)였으며 전기간 동안에는 평균 1.74~1.77%(평균 1.74%)로 비육기간이 길어짐에 따라 섭취비율이 높아졌지만 처리구간에 따른 차이는 없었으며, 섭취사료의 조·농 비율 중 조사료비율도 전기간 평균이 32.3~33.5%(평균 32.7%)로 역시 처리구간에 뚜렷한 차이는 없는 것으로 나타났다.

Table 4-15. Feed intake and efficiency by treatments

Item	Treatment			
	T1	T2	T3	T4
Feed and nutrient intake(kg/day, 540day)				
Concentrate	6.794	6.480	6.654	6.469
Rice straw	2.903	2.981	2.931	2.859
Hwangto	-	0.130	0.333	0.245
DM	8.476	8.267	8.382	8.151
CP	0.953	0.918	0.937	0.916
TDN	5.913	5.717	5.822	5.682
Intake per 1 kg gain(kg)				
Concentrate	9.499	8.922	9.067	8.707
Rice straw	3.678	3.915	3.847	3.843
DM	11.522	11.219	11.297	10.967
CP	1.295	1.244	1.258	1.226
TDN	7.637	7.517	7.543	7.517
Concentrate intake to body weight(%)				
Growing period	1.53	1.66	1.64	1.67
Fattening period	1.82	1.75	1.80	1.87
Finishing period	1.86	1.84	1.85	1.78
Over-all period	1.74	1.75	1.76	1.77
Roughage intake ratio(DM, %)	32.3	33.5	32.7	32.4

이와 같은 성장단계별 체중에 대한 농후사료 급여비율은 농림부(1992) 및 농촌진흥청 축산기술연구소(1999)에서 고급육 생산을 위해 한우사육농가에 권장하고 있는 육성기(6~12개월령), 1.2~1.5%, 비육전기(13~18개월령) 1.7~1.8%, 비육후기(19~24개

월령) 1.8~2.0% 및 전기간 1.6~1.8%와 거의 같은 수준이었으며, 강등(2001)이 거세 한우를 공시하여 6개월령부터 24개월령까지 조사료비율을 23.3, 33.5 및 40.3%로 하여 18개월간 비육시험을 실시한 결과 조사료비율이 33.5%인 처리에서 비육우의 증체량이 가장 높았다는 보고와 비교해 볼 때, 본 시험에서도 조사료 급여수준이 32.7%로서 전 처리 모두 반추위의 기능장해가 거의 없었고, 그 결과 출하체중 및 증체량 모두 황토 급여수준에 따른 차이가 뚜렷하게 나타나지 않은 것으로 판단된다.

3) 도체특성

황토급여수준에 따른 사양시험이 종료된 공시축을 화물차를 이용하여 농협 서울공 판장으로 운송 및 도축 후 등급판정을 받은 결과는 Table 4-16에서 보는 바와 같다. 육량특성을 나타내는 등지방두께, 등심단면적 및 육량지수는 각각 8.8~11.5mm(평균 10.1 mm), 70.1~79.3cm²(평균 74.8cm²) 및 66.9~68.5(평균 67.6)였으며, 이들 중 등지방두께는 T4, T1, T3 및 T2의 순으로 적었고, 등심단면적은 T1, T4, T2 및 T3의 순으로 넓었으며 육량지수는 T4, T1, T3 및 T2의 순으로 높았으나 통계적인 유의차는 없었다.

육질특성을 나타내는 근내지방도, 육색 및 지방색은 각각 2.3~4.1(평균 3.4), 4.3~5.0(평균 4.7) 및 2.3~3.0(평균 2.7)으로 근내지방도는 T3, T4, T1 및 T2 순으로 높았고 육색은 T3, T1, T4 및 T2 순으로 우수하였으며, 지방색은 T1, T3, T2 및 T4의 순으로 우수하였다.

소도체등급기준(농림부, 1999)에 의하면 육질등급은 근내지방도 기준 6이상, 4~5, 2~3 및 1이하에 의해 각각 1', 1, 2, 3등급으로 결정하되, 육색기준 1 또는 7, 지방색기준 7, 조직감기준 3 및 성숙도 기준 3에 해당될 때는 근내지방도 기준에 의한 등급을 낮추어야 할 항목수의 개수에 따라 1~2등급을 낮추도록 되어있는 바, 본 시험에서는 전처리 모두 감점요인이 없어 근내지방도에 의해 등급이 결정되었고 판정된 육질등급은 1.5~2.2(평균 1.8)였으며 T3, T4, T1 및 T2 순으로 우수한 것으로 나타났다.

본 시험에서 나타난 결과들을 비교해 본 결과, 황토급여에 따라 육색 및 지방색은 거의 변화가 없었으나 근내지방도는 다소 증가하는 경향이었고, 이 들을 기초로 하여 결정되는 육질등급은 황토급여에 의해 다소 개선되는 경향을 나타내었으며, 황토 급여수준은 사료 내에 5% 첨가하는 것이 자유채식이나 2% 첨가하는 것보다 육질개선에 효과가 있었지만 육량 및 육질 모두를 고려할 때 전기간 황토를 자유채식시키는 것이 보다 유리한 것으로 나타났다.

Table 4-16. Meat quantity and quality characteristics of Hanwoo steers

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Meat quantity characteristics				
Back fat thickness(mm)	9.7±4.0	11.5±6.4	10.5±1.3	8.8±4.4
Rib-eye area(cm ²)	79.3±5.0	72.4±7.3	70.1±6.1	77.5±9.3
Meat yield index	67.8±2.0	66.9±3.4	67.3±0.9	68.5±1.4
Quantity grade ¹⁾	1.7±0.6	2.2±0.5	2.0±0.0	1.5±0.6
Meat quality characteristics				
Marbling score ²⁾	3.4±0.1	2.3±1.1	4.1±0.4	3.6±1.7
Meat color ³⁾	4.7±0.6	5.0±0.8	4.3±0.5	4.8±0.5
Fat color ⁴⁾	2.3±0.6	3.0±0.0	2.5±0.6	3.0±0.0
Quality grade	2.0±0.0	2.2±0.5	1.5±0.6	1.5±1.0

¹⁾ 1 = A 2 = B 3 = C

²⁾ Scored : 1(devoided) to 7(very good)

³⁾ Scored : 1(scarlet) to 7(dark red) ⁴⁾ Scored : 1(white) to 7(yellow)

⁵⁾ 1'grade = 0, 1st grade = 1, 2nd grade = 2, 3rd grade = 3

4) 경제성 분석

한우 거세우 육성비육시 황토급여수준에 따른 경제성 분석 결과는 Table 4-17에서 보는 바와 같다.

조수입은 '00 년 12월 농협 서울공판장에서 경매를 통해 결정된 등급별 지육가격 (A1' : 12,017, A1 : 11,507, A2 : 11,012, B1' : 11,576, B1 : 11093, B2 : 10,723, C1' : 10,609원/kg)에 도체부산물 및 퇴구비 가격 등을 합산하였고, 경영비는 송아지구입비, 농후사료비, 볏짚 및 황토구입비 등을 적용한 후 농축산물 표준소득(농촌진흥청, 2001)에 의거 제반 비용을 산출한 후 합산한 금액이었다.

소득은 비육개시부터 종료까지 18개월동안의 조수입에서 경영비 지출을 공제한 잔액으로 축산농가의 관행사육방법인 T1에서 1,133천원/두인데 비해 T4, T3 및 T2에서 각각 1,308.4, 1,205.9 및 890.4천원/두으로 황토 자유채식 및 5%첨가구의 경우 관행인 T1에 비해 각각 15.5 및 6.4%가 증가 된 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과들을 종합해볼 때 거세한우 육성비육우에 대해 가공하지 않은 황토를 급여할 때 비육기간중의 증체량이나 사료이용성에는 뚜렷한 효과가 없었으나 도체특성중 근내지방도, 전단력 및 관능검사 등 육질과 관련된 요소들을 어느정도 개선시켜, 육질개선에 따른 도체단가 상승으로 소득도 증가되는 것으로 나타났다. 따라서 거세한우 비육우에 대한 황토급여가 바람직하지만, 황토 중에서도 가축의 소화생리에 도움을 많이 주는 점토광물의 혼합비율을 높이기 위해 황토를 가공하여 미세입자 또

는 지장수의 형태로 급여하는 것이 바람직하며 급여시기도 비육후기에 집중적으로 급여하되 자유채식의 형태로 급여하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

Table 4-17. Economic analysis for 18 months in Hanwoo steers by treatments

Item	Treatment			
	T1	T2	T3	T4
Gross receipt	3,945,550	3,671,527	4,026,018	4,085,211
Carcass and others	3,923,059	3,649,036	4,003,527	4,062,720
By-product	22,491	22,491	22,491	22,491
Operating cost	2,812,516	2,781,115	2,820,135	2,776,838
Livestock	1,263,000	1,263,000	1,263,000	1,263,000
Feedstuffs	1,353,450	1,322,049	1,361,069	1,317,772
Concentrate	1,071,278	1,021,766	1,049,203	1,020,032
Roughage	282,172	289,753	284,893	277,895
Additional agent	-	10,530	26,973	19,845
Others	196,066	196,066	196,066	196,066
Cost of family labor	307,789	307,789	307,789	307,789
Income	1,133,034	890,412	1,205,883	1,308,373
	(100)	(78.6)	(106.4)	(115.5)
Net profit	825,245	582,623	898,094	1,000,584

*Selling price of carcass by grade, by-product and manure('00. 12)

-Carcass price by grade(Won/kg) : A1' 12,027, A1 11,507 A2 11,012

B1' 11,576 B1 11,093, B2 10,723, C1+ 10,609

**Feed intake ×unit price(Won/kg)

-Concentrate 292(grower 288, fattener 272, finisher 316)

-Rice straw 180, Hwangto 150

2. 거세한우 육성비육우에 대한 점토광물 급여가 사료이용성, 육량 및 육질에 미치는 영향

가. 점토광물 종류별 급여 축산연 시험

1) 체중 및 일당증체량

총 사육기간 540일을 사료에 첨가되는 점토광물 종류에 따라 4개 처리를 두고 처리별로 공시한 거세한우의 체중 및 일당증체량 변화는 Table 4-18에서 보는 바와 같다. 성장단계에 따른 처리별 체중은 개시시(6개월령)가 164.1~168.1kg(평균 166.1kg), 12개월령이 289.7~296.3kg(평균 292.9kg), 18개월령이 410.1~422.9kg(평균 419.7kg) 그리고 24개월령이 543.8~573.4kg(평균 558.5kg)으로 점토광물을 급여한 T2, T3 및 T4의 출하체중이 점토광물을 급여하지 않은 T1에 비해 0.3~29.6kg이 더 무거웠다. 성장단계에 따른 일당증체량은 육성기(6~12), 비육전기(12~18) 및 비육후기(18~24개월령)에 각각 0.682~0.713(평균 0.705), 0.669~0.714(평균 0.699) 및 0.690~0.840kg(평균 0.777kg)으로 전기간에는 0.699~0.756kg(평균 0.727kg)이었다.

이와같이 성장단계별 일당증체량에 대한 점토광물 급여효과를 살펴보면 육성기 및 비육전기에는 뚜렷한 효과가 없었으나 비육후기 6개월 동안에는 대조구에 비해 일당증체량이 8.0~21.7%가 증가하여 전기간 동안으로도 6.5~7.5%가 증가하였으며 특히 T4 및 T3의 증체량이 높은 것으로 나타났다. 그리고 육성기 및 비육전기에는 관행구 및 점토광물 급여구의 일당증체량에 뚜렷한 차이가 없었으나 비육후기에 접어들면서 관행구의 일당증체량은 급격히 감소하였지만 점토광물 급여구에서는 계속 일당증체량이 증가하였다.

이는 관행사육구의 경우 비육우를 장기간에 걸쳐 농후사료 위주로 사육하면 비육후기에 대사성질환의 다발 및 사료섭취량 감소로 증체량이 둔화되어 조기에 출하할 수밖에 없다는 농림부(1992), 宮崎昭(1991) 및 中央畜産會(1981) 등의 보고와, 비육우를 농후사료위주로 장기간 사육하면 제1위 부전각화증 및 제1위산성증 등이 발생하고, 이 들 질병은 제1위 내용물의 pH를 저하시킴으로서 위내 미생물군총의 활력을 저하시킬 뿐 아니라 간농양 등을 유발함으로서 증상이 경미할 경우에도 정상우에 비해 증체량이 10% 감소한다고 한 손과 김(1983)의 보고와 비슷한 결과였지만, 점토광물을 급여한 구의 경우 비육후기에도 정상적인 증체량을 보였는바, 점토광물이 농후사료위주로 장기간 사육하는 동안 반추위의 기능저하를 어느정도 막아주었기 때문인 것으로 판단된다.

또한 이기간 중 처리구별 공시축의 출하체중 529.0~566.3kg(평균 550.1kg)은 홍 등(1996)이 한우송아지를 6개월령에 무혈거세 후 옥수수, 호맥 및 이탈리안 라이그라스 등 담근먹이를 조사료원으로 하여 6개월령부터 24개월령까지 18개월간 개방형우사에서 군사형태로 비육하였을 때 24개월령체중이 551.5~571.9kg(평균 560.5kg)이라고 한 보고와 강 등(1997)이 한우송아지를 6개월령에 무혈거세하여 8개월령부터 24개월령까지 방목유무에 따라 16개월간 비육하였을 때 출하체중이 554.6~572.1kg(평균 562.8kg)이라고 한 보고와 비슷한 결과였다.

Table 4-18. Live weight and average daily gain of Hanwoo steers

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Body weight(kg)				
Initial(6 month), A	164.1±28.3	167.0±19.3	168.1±19.5	165.2±15.2
180th day(12mo.), B	292.0±39.3	289.7±37.9	296.3±32.9	293.6±27.4
360th day(18mo.), C	419.6±38.1	410.1±49.8	422.9±46.3	422.1±47.3
Final(24mo.), D	543.8±44.3	544.1±39.8	572.8±63.9	573.4±71.0
Average daily gain(kg)				
Growing period(B-A)	0.711±0.09	0.682±0.13	0.712±0.10	0.713±0.12
Fattening I (C-B)	0.709±0.08	0.669±0.11	0.704±0.10	0.714±0.14
Fattening II (D-C)	0.690±0.21	0.745±0.16	0.833±0.11	0.840±0.16
Over all(D-A)	0.703±0.08	0.699±0.08	0.749±0.09	0.756±0.12

¹⁾T1 : Control, T2 : Kaolinite addition, T3 : Bentonite addition, T4 : Illite addition

2) 사료섭취량 및 이용성

공시기간 18개월동안 처리별 사료이용성은 Table 5에서 보는 바와 같다. 처리구에 따른 전기간의 일평균 농후사료섭취량은 5.914~6.787kg(평균 6.156kg)으로 T1인 관행구에 비해 T2의 섭취량이 다소 적은 반면 T3 및 T4의 섭취량이 다소 많았으며, 볏짚은 3.227~3.643kg(평균 3.450kg)으로 관행사육구에 비해 점토광물급여구에서 다소 많은 것으로 나타났다. 섭취된 사료의 DM, CP 및 TDN도 각각 8.089~8.602(평균 8.406), 0.901~0.960(평균 0.932) 및 5.375~5.954kg(평균 5.716kg)으로 DM, CP 및 TDN 모두 T1에 비해 T2의 섭취량이 다소 적은 반면 T4 및 T3의 섭취량이 많았다.

또한 비육기간 540일간을 매 6개월마다의 간격으로 육성기(6~12개월령), 비육전기(12~18개월령) 및 비육후기(18~24개월령)로 나누었을 때 각 단계별 체중에 대한 농후사료 섭취비율은 각각 1.41~1.48%(평균 1.46%), 1.42~1.47%(평균 1.44%) 및 2.07~2.11%(평균 2.10%)으로 육성기나 비육전기에 비해 비육후기의 섭취비율이 높았지만

처리구간에 따른 뚜렷한 차이는 없었으며, 전기간 평균은 1.72~1.75%(평균 1.74%)였다. 이와 같은 성장단계별 체중에 대한 농후사료급여비율은 농림부(1992) 및 농촌진흥청과 축산기술연구소(1999)에서 고급육생산을 위해 한우사육농가에 권장하고 있는 것과 비교할 때, 본시험에서는 비육전기가 다소 낮은 반면 비육후기에는 다소 높았으나, 평균으로는 거의 같은 수준을 급여하였다.

섭취사료의 조·농 비율 중에서 조사료의 비율은 처리구에 따라 전기간 평균이 37.0~40.5%(평균 38.9%)였으며 관행사육구에 비해 점토광물급여구가 다소 섭취비율이 높았지만 뚜렷한 차이는 없었다. 그러나 강 등(2001)은 거세한우를 공시하여 6개월령부터 24개월령까지 조사료비율을 23.3, 33.5 및 40.3%로 하여 18개월간 비육시험을 실시한 결과, 조사료비율이 33.5, 40.3 및 23.3% 순으로 비육우의 증체량이 높았으나 근내지방도는 23.3, 33.5 및 40.3% 순으로 높았다고 한 보고와 비교해 볼 때, 처리구 모두 조사료 섭취비율이 다소 높았고 농후사료 비율이 적었던 것으로 판단된다. 이것은 Table 4-18에서 보는 바와 같이 비육전기의 일당증체량이 전 처리구 모두 육성기와 비슷한 수준으로 이 기간 동안에 충분한 증체가 이루어지지 않았고, 또한 Table 4-19에서 보는 바와 같이 비육전기의 체중에 대한 농후사료 섭취비율이 육성기보다 적어 농후사료 다급에 의한 반추위의 기능장해가 없어 점토광물을 급여한 효과가 나타나지 않은 것으로 사료되지만, 비육후기에 농후사료를 자유채식 시킴에 따라 점토광물 첨가구에서 일당증체량 및 사료이용성이 현저히 개선되는 것으로 나타났다. 그러나 이와 같이 비육후기에 농후사료를 자유채식 시켰음에도 불구하고 농후사료위주의 비육기간이 짧아 출하체중이 비교적 적었으며 상대적으로 후기의 체중에 대한 농후사료 비율이 높아진 것으로 판단된다.

비육기간 540일 동안 처리구별 1kg 증체에 따라 소요된 농후사료량은 8.475~8.960kg(평균 8.698kg)으로 T3, T4, T2 및 T1 순으로 적게 소요되었고, 볏짚량은 4.670~5.130kg(평균 4.87kg)으로 T1, T3, T4 및 T2의 순으로 적게 소요되어 관행사육구에 비해 점토광물 급여구에서 농후사료 이용성이 개선된 반면 조사료 이용성이 저하된 것으로 나타났지만 급여된 사료 중 CP 및 TDN 이용성은 각각 1.283~1.343kg(평균 1.317kg) 및 7.935~8.264kg(평균 8.072kg)으로 관행사육구에 비해 점토광물 급여구에서 이용성이 높은 것으로 나타났는데, 황(1997)은 점토광물은 크기가 0.002mm이하인 작은 입자로, 활성표면적이 매우 커서 각종 성분의 흡착, 방출, 고정, 산도(pH), 통기성, 통수성 등 물리화학적 성질을 좌우하는데 커다란 효과를 발휘하는 특성이 있다고 하였고, 손 등(1998)도 점토광물의 물리화학적 성질로 볼 때 반추동물의 장관내에서 미량부기물의 공급효과는 물론 완충능력을 비롯한 여러 가지 기능을 발휘할 것으로 기대된다고 하였다.

따라서 거세한우 육성비육시 출하체중을 높이기 위해 육성기에 농후사료 급여량을 조절하여 농후사료를 체중의 1.5~1.8% 급여와 함께 조사료를 자유채식 시키되 이기간 동안에는 점토광물을 급여하지 않고, 비육전기부터 점토광물이 2%내외로 첨가된 농후사료를 자유채식 시켜 비육전기에 일당증체량을 1.0kg 이상으로 높이며 계속해서 비육후기에도 본 시험에서와 같이 일당증체량을 0.8kg이상으로 높일 수 있는 사료급여체계가 요구된다고 할 수 있다.

Table 4-19. Feed and nutrient intake of Hanwoo steers

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Feed and nutrient intake(kg/day, 540day)				
Concentrate	6.184	5.914	6.229	6.296
Rice straw	3.227	3.447	3.482	3.643
DM	8.540	8.089	8.393	8.602
CP	0.925	0.901	0.943	0.960
TDN	5.704	5.375	5.832	5.954
Concentrate intake to body weight(%)				
6~12mo.	1.48	1.41	1.47	1.47
13~18mo.	1.42	1.44	1.44	1.47
19~24mo.	2.10	2.11	2.07	2.10
6~24mo.	1.74	1.73	1.72	1.75
Roughage rate to concentrate(DM, %)				
6~12mo.	50.4	52.9	50.9	52.8
13~18mo.	40.6	42.8	41.8	46.6
19~24mo.	19.9	22.9	22.5	22.1
6~24mo.	37.0	39.5	38.4	40.5
Feed and nutrient intake per kg gain(kg)				
Concentrate	8.960	8.812	8.475	8.544
Rice straw	4.670	5.130	4.737	4.944
DM	12.373	12.053	11.419	11.674
CP	1.340	1.343	1.283	1.303
TDN	8.264	8.009	7.935	8.080

3) 도체특성

6개월령부터 24개월령까지 처리구별로 사육된 공시축들의 생체중 및 도체중 변화는 Table 4-20에서 보는바와 같다. 도살체중은 사양시험이 종료됨에 따라 24시간 절식후 60km 떨어진 곳으로 운송하여 도살하였을 때의 체중으로 처리구에 따라 529.3~564.2kg(평균 546.6kg)이었다. 도살 후 5℃ 내외의 냉장실에 24시간 냉장시켰을 때

도체중은 325.5~347.1 kg(평균 335.9kg)이었고, 도체율 및 정육율은 각각 61.3~61.5%(평균 61.4%) 및 83.3~83.7%(평균 83.5%)로 처리간에 뚜렷한 차이는 없었으며, 정육에서 가식에 부적합한 근육사이의 지방피를 제거한 후 도체에 0.5~1.0cm두께로 지방을 부착시킨 거래정육의 비율 역시 66.0~67.1%(평균 66.6%)로 처리간에 뚜렷한 차이는 없었다.

Table 4-20. Carcass weight and components of Hanwoo steers by treatments

Item	Treatments ¹⁾			
	T1	T2	T3	T4
Slaughter weight(kg)	529.3±46.4	533.0±54.5	564.2±57.0	559.7±66.6
Cold carcass				
Weight(kg)	325.5±32.6	327.5±13.6	347.1±30.9	343.3±61.3
Rate(%)	61.5±1.3	61.4±0.5	61.5±1.3	61.3±0.9
Dressed meat ²⁾				
Weight	271.3±29.3	273.5±31.2	290.4±24.6	286.4±35.2
Rate	83.3±0.9	83.5±1.4	83.7±0.9	83.4±1.0
Retailed cut ²⁾				
Weight	216.3±21.1	219.8±15.4	231.1±11.9	226.6±20.8
Rate	66.5±2.9	67.1±3.0	66.6±3.3	66.0±2.5

¹⁾ T1 : Control, T2 : Kaolin addition, T3 : Bentonite addition, T4 : Illite addition

²⁾ Included ribs

처리구별 도체등급 결정에 관련된 제반 요소들의 처리별 특성은 Table 4-21에서 보는 바와 같다. 육량등급은 농림부(1999)에서 고시한 도체등급판정기준의 육량지수 산출공식 <육량지수 = 65.834-0.393×등지방두께(mm)+0.088×배최장근단면적(cm²)-0.008×도체중량(kg)+2.01에 의거하여 산출된 육량지수로 결정하는데(육량지수가 69.0이상 일 때 A, 66.0이상 69.0미만일 때 B, 66.0미만일 때 C로 함), 육량등급을 결정하는 3요인중 도체중은 점토광물급여구가 관행사육구에 비해 다소 무거웠고, 등지방두께는 8.3~9.3mm(평균 8.8mm)로 점토광물 급여구와 관행구 사이에 뚜렷한 차이가 없었으나, 배최장근 단면적은 각각 및 75.6~85.2cm²(평균 81.5cm²)로 점토광물 급여구에서 비교적 넓어, 그 결과 산출된 육량지수는 68.6~69.3(평균 68.9)로 관행사육구에 비해 점토광물 급여구에서 높은 것으로 나타났다. 판정된 육량등급에서 육량등급 A, B 및 C를 각각 A=1, B=2 및 C=3의 수치로 나타냈을 때 1.0~1.5(평균 1.3등급)등급으로 점토광물 급여구에서 등급이 높은 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 '99년부터 '00년까지 2개년 동안 한우거세우 71,865두에 대해 도체중이 300~350kg인 개체를 대상으로 등지방두께 및 배최장근 단면적을 조사한 결

과, 각각 8.6~9.4mm 및 78.5~79.7cm² 었다는 축산물등급판정소(2000)의 보고와 비교해 볼 때, 등지방두께는 전처리 모두 비슷하였으나 배최장근단면적은 관행사육구에서는 다소 낮았으나 점토광물급여구에서 다소 높은 것으로 나타났다.

Table 4-21. Effect of clay minerals on beef quality and yield traits in Hanwoo steers

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Yield traits				
Back fat thickness(cm ²)	8.4±2.1	9.3±2.5	8.3±2.8	9.0±3.1
Longissimus muscle area(cm ²)	75.6±8.0	83.0±6.9	85.2±8.1	82.2±5.9
Yield index	68.6±1.3	68.9±3.4	69.3±1.8	68.8±1.4
Grade ¹⁾	1.6±0.5	1.3±0.8	1.5±0.5	1.5±0.5
Quality Traits				
Marbling score ²⁾	3.3±1.3	4.6±2.1	5.1±1.0	4.4±1.3
Meat color ³⁾	4.1±0.7	4.5±0.8	4.3±0.8	4.7±0.5
Fat color ⁴⁾	2.6±0.5	2.5±0.5	2.8±0.4	2.5±0.5
Grade	1.9±0.7	1.2±1.1	0.8±0.7	1.2±0.8

¹⁾ 1 = A, 2 = B, 3 = C

²⁾ Scored : 1(devoided) to 7(very good)

³⁾ Scored : 1(scarlet) to 7(dark red)

⁴⁾ Scored : 1(white) to 7(yellow)

⁵⁾ 1' grade = 0, 1st grade = 1, 2nd grade = 2, 3rd grade = 3

소도체등급기준(농림부, 1999)에 의하면 육질등급은 근내지방도 기준 6이상, 4~5, 2~3 및 1이하에 의해 각각 1+, 1, 2, 3등급으로 결정하되 육색기준 1또는 7, 지방색기준 7, 조직감 기준 3 및 성숙도 기준 3에 해당될 때는 근내지방도 기준에 의한 등급을 낮추어야 할 항목수의 개수에 따라 1~2등급을 낮추도록 되어있는 바, 본시험에서는 전처리 모두 감점요인이 없어 근내지방도에 의해 등급이 결정되었으며, 판정된 근내지방도는 T1, T2, T3 및 T4에서 각각 3.3, 4.6, 5.1 및 4.4로 점토광물 급여구가 관행사육구에 비해 높았고 점토광물구 중에서도 벤토나이트구에서 월등히 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 2개년('99~'00)에 걸쳐 출하된 도체중이 300~350kg인 거세한우에서 근내지방도가 평균 3.6~3.8이었다는 축산물등급판정소(2000)의 보고에 비해서도 월등히 높은 것이었다.

등심부위에서 채취한 쇠고기의 일반성분 및 이화학적 특성은 Table 4-22에서 보는 바와 같다. 쇠고기의 일반성분중 수분은 67.09~70.19(평균 68.7), 단백질은 19.73~20.62(평균 20.21), 지방은 8.28~11.97(평균 10.21) 그리고 회분은 0.88~0.91%(평균 0.89%)로 관행사육구에 비해 점토광물급여구에서 지방함량이 높은데 반해 수분, 단백질 및 회분함량은 관행사육구에서 높은 것으로 나타났으며, 이화학적 특성 중 pH, 전

단력, 가열감량 및 보수력은 각각 5.47~5.49(평균 5.49), 3.51~8.02kg/cm²(평균 4.65kg/cm²), 24.29~27.37%(평균 25.90%) 및 56.1~57.6%(평균 56.7%)로 pH는 처리구에 따른 뚜렷한 차이가 없었으나 전단력, 가열감량 및 보수력 등은 관행에 비해 점토광물급여구에서 우수한 것으로 나타났다.

그 밖에 잘 훈련된 검사원들의 입을 통한 관능검사결과에서는 각각의 요소에 대해 1(매우 나쁘다)부터 5(매우 좋다)까지 점수를 부여하였을 때, 다즙성, 연도 및 향미가 각각 4.11~4.68(평균 4.49), 3.50~4.64(평균 4.10) 및 4.23~4.96(평균 4.68)로 3가지 요소 모두 관행사육구보다 점토광물 급여구에서 우수한 것으로 나타났다.

이와 같이 등급 판정사에 의한 육질등급판정 결과, 쇠고기의 일반성분 및 물리화학적 특성과 관능검사를 통한 결과들을 살펴보면 점토광물급여가 쇠고기의 육질을 개선시킨다는 것을 알 수 있고 점토광물 중에서도 벤토나이트 및 일라이트의 효과가 탁월하다는 것을 알 수 있다.

Table 4-22. Chemical components and physical characteristics of longissimus muscle in Hanwoo steers

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Chemical components(%)				
Moisture	70.19±1.3 ^a	70.09±2.2 ^a	67.09±3.0 ^b	67.41±2.6 ^b
Crude protein	20.62±0.4	20.20±1.07	20.27±1.0	19.73±0.6
Ether extract	8.28±1.5 ^b	8.83±3.0 ^b	11.76±3.8 ^a	11.97±2.4 ^a
Crude ash	0.91±0.1	0.88±0.1	0.88±0.1	0.89±0.05
Physical characteristics				
pH	5.47±0.1	5.49±0.2	5.49±0.1	5.49±0.1
Shear force(kg/cm ²)	6.02±2.1	4.74±1.6	3.51±0.5	4.32±0.7
Cooking loss(%)	27.37±4.0	26.01±3.2	24.29±1.5	25.92±3.5
Water holding capacity(%)	56.2±4.9	56.7±3.5	56.1±3.3	57.6±4.0
Palatability traits ¹⁾				
Juiciness	4.11±0.6	4.62±0.4	4.68±0.4	4.56±0.4
Tenderness	3.5±0.9	4.02±0.7	4.64±0.6	4.24±1.0
Flavor	4.23±0.4	4.55±0.3	4.96±0.3	4.96±0.3

¹⁾Panel test score : 1(very bad) to 5(very good)

²⁾ P < 0.05

³⁾ Values with different superscripts at the same row are significantly different(p<0.05).

4) 쇠고기의 지방산 및 아미노산구성

처리구별 등심의 지방산 구성비율은 Table 4-23에서 보는 바와 같이 각각 Myristic acid(C_{14:0}), Palmitic(C_{16:0}), Palmitoic(C_{16:1n-7}), Stearic(C_{18:0}), Oleic(C_{18:1n-9}), Linoleic(C_{18:2n-6}), γ -Linolenic(C_{18:3n-6}), Linolenic (C_{18:3n-3}), Eicosenoic(C_{20:1n-9}),

Eicosatrienoic(C_{20:3n-6}), Arachidonic(C_{20:4n-6}), Eicosapentaenoic(C_{20:5n-3}) 및 Docosatetraenoic(C_{22:4n-6})가 각각 2.60~3.33(평균 3.03), 20.73~30.60(평균 27.36), 3.04~5.10(평균 3.97), 9.86~13.14(평균 11.23), 47.28~50.22(평균 48.31), 2.62~3.12(평균 2.84), 0.10~0.15(평균 0.13), 0.16~0.25(평균 0.21), 0.32~0.36(평균 0.34), 0.10~0.24(평균 0.17), 0.44~0.78(평균 0.56), 0.0~0.05(평균 0.01) 및 0.0~0.13%(평균 0.05%)가 함유되어 있었으며, 각 처리구 공히 Oleic, Palmitic, Stearic, Palmitoic, Myristic 및 Linoleic acid 순으로 많이 함유되어 있었지만 처리구에 따른 뚜렷한 차이는 없으므로 나타났다.

Table 4-23. Change of the fatty acid components in longissimus muscle by treatments

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Myristic C _{14:0}	3.26±0.78	2.60±1.02	3.33±0.23	2.91±0.70
Palmitic C _{16:0(ω7)}	29.18±1.79	28.91±2.81	30.60±1.27	20.73±15.7
Palmitoic C _{16:1n-7}	4.16±0.61	3.04±0.75	5.10±0.18	3.58±0.62
Stearic C _{18:0(ω9)}	10.71±0.61	13.14±1.11	9.86±0.62	11.20±0.93
Oleic C _{18:1n-9(ω6)}	48.08±2.51	47.66±2.71	47.28±0.79	50.22±3.07
Linoleic C _{18:2n-6(ω6)}	3.12±0.44	2.83±0.45	2.62±0.16	2.78±0.52
γ-Linolenic C _{18:3n-6(ω9)}	0.15±0.07	0.15±0.05	0.10±0.08	0.11±0.09
Linolenic C _{18:3n-3(ω3)}	0.25±0.10	0.16±0.01	0.19±0.04	0.24±0.06
Eicosenoic C _{20:1n-9(ω6)}	0.35±0.10	0.33±0.05	0.32±0.07	0.36±0.02
Eicosatrienoic C _{20:3n-6(ω6)}	0.16±0.02	0.24±0.06	0.16±0.03	0.1±0.09
Arachidonic C _{20:4n-6(ω3)}	0.54±0.15	0.78±0.24	0.46±0.074	0.44±0.02
Eicosapentaenoic C _{20:5n-3(ω6)}	0.0±0.0	0.05±0.09	0.00±0.00	0.00±0.00
Docosatetraenoic C _{22:4n-6(ω3)}	0.05±0.06	0.13±0.1	0.00±0.00	0.00±0.00
ω3	0.26±0.08	0.21±0.10	0.19±0.04	0.24±0.06
ω6	4.02±0.53	4.13±0.76	3.33±0.29	3.42±0.70
ω6/ω3	16.23±3.48	22.57±8.6	17.87±4.25	14.58±1.38
SFA	43.14±2.99	44.66±2.77	43.79±0.78	42.18±2.87
MUFA	52.58±2.51	51.02±2.14	52.69±0.67	54.16±2.55
PUFA	4.28±0.59	4.33±0.78	3.52±0.29	3.66±0.76
MUFA/SFA	1.23±0.14	1.15±0.12	1.2±0.04	1.29±0.2
PUFA/SFA	0.10±0.02	0.10±0.02	0.08±0.01	0.09±0.02

또한 지방산 구성중 ω3계열과 ω6계열은 처리구에 따라 각각 0.19~0.26(평균 0.23) 및 3.33~4.13%(평균 3.75%)였고, 포화지방(Saturated fatty acid, SFA), 단일 불포화 지방산(Monounsaturated fatty acid, MUFA) 및 다중불포화지방산(Polyunsaturated fatty acid, PUFA)은 처리구에 따라 각각 42.18~44.66(평균 43.44), 51.02~54.16(평균 52.61) 및 3.52~4.33%(평균 3.95%)로 처리간에 뚜렷한 차이는 없으므로 나타났으며, MUFA/SFA 및 PUFA/SFA 의 비율도 처리구에 따라 각각 1.15~1.29(평균 1.22)

및 0.08~1.00(평균 0.09)로 처리간에 뚜렷한 차이는 없는 것으로 나타났다.

지방산 구성 중 가장 많은 비율을 차지할 뿐 아니라 고기의 기호도에 영향을 주고 특히 한우에 많이 함유된 것으로 알려진 Oleic($C_{18:1n\ 9}$)의 비율은 일라이트 급여구에서 다른 처리구에 비해 다소 높았고, 다음으로 많이 함유되어있는 Palmitic($C_{16:0}$)은 벤토 나이트구에서 다소 많았고, 세 번째로 많이 함유되어있는 Stearic($C_{18:0}$)은 카울린나이트구에서 다소 많은 등 점토광물 종류에 따른 차이는 있었지만 어떤 일관된 경향치는 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 한우거세우를 6개월령부터 30개월령까지 자유채식과 제한급여형태로 비육하여 도축하였을 때 24개월령의 등심내 지방산비율 중 Oleic acid($C_{18:1n\ 9}$)가 각각 42.4 및 49.58%라고 한 농림부 등(1998)의 보고와 사료급여 형태(Rumsey 등, 1972; Skelly 등, 1973)에 따라 지방산 조성이 달라질 수 있다는 결과와도 유사하였다.

또한 흑모화우 거세우의 피하조직에 Oleate가 48%이상 함유되어있으며 MUFA/SFA 비율이 대략 1.5라고 한 보고와 비슷한 수준이었고, 거세한우 24개월령의 등심내 지방산조성에서 MUFA/SFA 및 PUFA/SFA의 비율은 자유채식시에는 각각 0.95 및 0.06이었고 제한급여시에는 각각 1.22 및 0.03이었다고 한 농림부 등(1998)의 보고와 비교할 때, 분시험에서의 비율도 각각 1.22 및 0.09인 것으로 보와 거의 비슷한 수준이었다.

그러나 Sturdivant 등(1992)이 30개월령 된 흑모화우의 피하지방조직 내 MUFA/SFA비율이 일본의 육질 1, 2, 3, 4, 5 등급에 따라 2.18, 2.34, 2.08, 2.27 및 2.57로 나타나고, 미국 화우교잡종의 피하지방 조직 내 $C_{14:0}$ 가 1.23%, $C_{16:0}$ 가 26.87%, $C_{18:0}$ 가 14.36%, $C_{18:2}$ 가 2.59%였으며 MUFA/SFA 비율이 1.22였다고 하였는바, 흑모화우에서는 단일불포화지방산 비율이 분시험의 결과보다 많았으나 화우교잡종에서는 거의 비슷한 것으로 나타났다.

처리구별 등심 내 아미노산 함량의 변화는 Table 4-24에서 보는 바와 같다. 등심내 함유된 아미노산은 필수아미노산 9종과 비필수아미노산 8종 등 총 17종으로 구성되었으며 각각 9.691~10.228(평균 9.940), 9.170~9.683(평균 9.425) 및 18.861~19.418%(평균 19.365%)였다.

필수아미노산은 Lysine, Leucine, Arginine, Histidine, Threonine, Valine, Isoleucine, Phenylalanine 및 Methionine 등으로 구성되어 있으며, 각각 1.832~1.917(평균 1.872), 1.638~1.738(평균 1.687), 1.297~1.363(평균 1.327), 0.932~0.964(평균 0.946), 0.921~0.966(평균 0.940), 0.898~0.956(평균 0.929), 0.898~0.959(평균 0.926), 0.775~0.825(평균 0.791) 및 0.499~0.539%(평균 0.523%) 순으로 함유되어 있고 구성요소 모두 점토 광물 급여구에 비해 관행사육구에서의 비율이 높았다.

비필수아미노산은 Glutamic acid, Aspartic acid, Alanine, Glycine, Serine, Proline,

Thyrosine 및 Cystine 등 8종으로 각각 2.887~3.085(평균 2.982), 1.800~1.897(평균 1.848), 1.163~1.231(평균 1.191), 0.859~0.908(평균 0.876), 0.767~0.811(평균 0.788), 0.758~0.810(평균 0.786), 0.689~0.739(평균 0.717) 및 0.231~0.238%(평균 0.235%)순으로 함유되어 있으며, 필수아미노산과 같이 점토광물급여구보다 관행사육구에서의 비율이 높은 것으로 나타났다.

Table 4-24. Change of the amino acid components in longissimus muscle by treatments

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Total	19.911±0.42	19.269±0.91	19.418±0.91	18.861±0.52
Essential A. A	10.228±0.42	9.950±0.43	9.889±0.71	9.691±0.18
Leucine	1.738±0.04	1.686±0.09	1.684±0.08	1.638±0.06
Lysine	1.917±0.20	1.876±0.18	1.862±0.29	1.832±0.14
Arginine	1.363±0.20	1.34±0.19	1.297±0.24	1.308±0.17
Valine	0.956±0.06	0.923±0.08	0.937±0.05	0.898±0.08
Threonine	0.966±0.03	0.935±0.04	0.939±0.05	0.921±0.03
Isoleucine	0.959±0.02	0.920±0.05	0.926±0.04	0.898±0.03
Phenylalanine	0.825±0.06	0.781±0.07	0.784±0.07	0.775±0.06
Histidine	0.964±0.11	0.951±0.10	0.936±0.18	0.932±0.11
Methionine	0.539±0.04	0.531±0.05	0.523±0.05	0.499±0.05
Non-essential A. A.	9.683±0.44	9.319±0.79	9.529±0.58	9.170±0.66
Glutamic acid	3.049±0.37	2.907±0.53	3.085±0.35	2.887±0.49
Aspartic acid	1.897±0.10	1.824±0.16	1.869±0.11	1.800±0.14
Alanine	1.231±0.04	1.186±0.05	1.183±0.05	1.163±0.04
Glycine	0.908±0.03	0.866±0.04	0.871±0.03	0.859±0.02
Proline	0.810±0.04	0.80±0.04	0.775±0.05	0.758±0.03
Serine	0.811±0.02	0.784±0.03	0.79±0.04	0.767±0.76
Thyrosine	0.739±0.02	0.720±0.04	0.721±0.04	0.689±0.2
Cystine	0.238±0.01	0.233±0.02	0.236±0.01	0.231±0.01

이와 같은 결과는 농림부 등(1998)이 한우거세우를 대상으로 성장월령 및 사료급여 방법에 따라 6개월령부터 30개월령까지 2개월령마다 도축하여 체위별 아미노산 함량을 조사한 결과, 성장월령이 진행됨에 따라 총아미노산 함량이 감소되고 16개월령을 전후하여 총 아미노산 중 필수아미노산의 비율이 비필수 아미노산보다 많아진다고 하였으며, 24개월령에 도체조사한 결과 필수, 비필수 및 총아미노산 함량이 각각 7.992~8.344, 7.951~7.985 및 15.943~16.329%였다는 보고와 유사한 경향이었다.

그 밖에 필수, 비필수 아미노산 및 총 아미노산 함량이 점토광물급여구보다 관행사육구에서 높았던 것은 Table 4-20 및 Table 4-21에서 보는 바와 같이 근내지방도 및

최고기내 지방함량이 관행사육구보다 점토광물 급여구에서 높아 상대적으로 단백질 및 아미노산 함량이 낮았기 때문인 것으로 판단된다.

5) 사골의 일반성분 및 광물질 구성

처리구별 사골로 조제된 곰탕의 일반성분 및 광물질구성은 Table 4-25에서 보는 바와 같다. 수분, 단백질, 지방 및 회분은 각각 98.57~98.95(평균 98.80), 0.81~1.24(평균 0.97), 0.17~0.35(평균 0.23) 및 0.07~0.09%(평균 0.08%)로 단백질함량은 T3 및 T4에서 높았으나 지방함량은 T1 및 T2에서 높은 것으로 나타났으며, 곰탕에 녹아있는 광물질함량 중 Ca, P, Na 및 Mg는 각각 14.01~15.77(평균 14.96), 11.45~16.40(평균 13.22), 37.92~49.99(평균 41.77) 및 0.26~0.46ppm(평균 0.33ppm)으로 Ca은 T1 및 T4구에서, P는 T4 및 T3구에서, Na은 T4 및 T1에서 그리고 Mg는 T4 및 T2에서 많이 함유되어있는 것으로 나타났다.

Table 4-25. Change of chemical components in Gom-Tang(soup of bone) made by Hanwoo steer's leg bone

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Proximate analysis(%)				
Moisture	98.85±0.24	98.95±0.13	98.57±0.03	98.82±0.11
Crude protein	0.89±0.20	0.81±0.12	1.24±0.04	0.95±0.08
Ether extract	0.35±0.16	0.23±0.00	0.18±0.07	0.17±0.02
Crude ash	0.08±0.00	0.07±0.00	0.09±0.00	0.07±0.01
Mineral components(ppm)				
Ca	15.77±3.8	14.01±1.8	14.51±1.03	15.55±0.51
P	11.45±4.8	12.29±2.4	12.75±6.4	16.40±1.90
Na	40.41±11.3	38.75±2.4	37.92±19.0	49.99±9.0
Mg	0.26±0.10	0.32±0.05	0.28±0.02	0.46±0.08

이와 같이 사골로 조제된 곰탕의 일반성분 및 광물질구성에서 점도와 탁도를 나타낼 수 있는 단백질이나 P, Na 및 Mg 등의 함량이 점토광물을 급여하였던 처리구에서 높았던 것은 성장기이후 비육말기까지 점토광물을 급여함에 따라 사료로 공급되는 석회석이나 인산칼슘의 일시적인 부족분을 대체할 수 있었기 때문인 것으로 사료되지만 보다 정확한 기전의 구명을 위해 금후 계속 연구 검토가 있어야 할 것으로 사료된다.

6) 경제성 분석

한우거세우 육성비육시 농후사료에 첨가되는 점토광물 종류에 따른 경제성 분석 결과는 Table 4-26에서 보는 바와 같다. 조수입은 '00년 12월 농협 서울공판장에서 경매를 통해 결정된 등급별 지육가격(A1' : 12,017, A1 : 11,507, A2 : 11,012, B1' : 11,576, B1 : 11,093, B2 : 10,723, C1' : 10,609원/kg)에 도체부산물 및 퇴구비 가격 등을 합산하였고, 경영비는 송아지구입비, 농후사료비, 볏짚 및 황토구입비 등을 적용한 후 농축산물 표준소득(농촌진흥청, 2001)에 의거 제반 비용을 산출한 후 합산한 금액이었다.

소득은 비육개시부터 종료까지 18개월 동안의 조수입에서 경영비 지출을 공제한 잔액으로 축산농가의 관행사육방법인 T1에서 967.1천원/두 인데 비해 점토광물급여구인 T3, T4 및 T2에서는 각각 1,571.3, 1,369.8 및 1,241.0천원/두로 관행대비 28.3~62.5% 증가한 것으로 나타났다.

Table 4-26. Economic analysis for 18 months in Hanwoo steers by treatments

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Gross receipt	3,714,919	3,986,623	4,371,260	4,195,978
Carcass and others	3,692,428	3,964,132	4,348,769	4,173,487
By-product	22,491	22,491	22,491	22,491
Operating cost	2,747,823	2,745,642	2,799,955	2,826,223
Livestock	1,263,000	1,263,000	1,263,000	1,263,000
Feedstuffs	1,288,757	1,286,576	1,340,889	1,367,157
Concentrate	975,093	932,520	982,189	992,753
Roughage	313,664	335,048	338,450	354,100
Additional agent	-	19,008	20,250	20,304
Others	196,066	196,066	196,066	196,066
Cost of family labor	307,789	307,789	307,789	307,789
Income	967,096	1,240,981	1,571,305	1,369,755
	(100)	(128.3)	(162.5)	(141.6)
Net profit	659,307	933,192	1,263,516	1,061,966

*Selling price of carcass by grade, by-product and manure('00. 12)

-Carcass price by grade(won/kg) : A1' 12,027, A1 11,507 A2 11,012

B1' 11,576 B1 11,093, B2 10,723, C1' 10,609

**Feed intake ×unit price(won/kg)

-Concentrate 292(grower 288, fattener 272, finisher 316)

-Rice straw 180, Clay mineral 300

나. 점토광물 종류별 급여 농가시험

1) 체중 및 일당증체량

총 사육기간 540일을 사료에 첨가되는 점토광물 종류에 따라 4개처리를 두고 처리별로 공시한 거세한우의 체중 및 일당증체량 변화는 Table 4-27에서 보는 바와 같다. 성장단계에 따른 처리별 체중은 개시시(6개월령)가 156.4~161.5kg(평균 159.3kg), 12개월령이 270.4~291.8kg(평균 281.5kg), 18개월령이 421.1~441.9kg(평균 432.4kg) 그리고 24개월령이 545.4~568.6kg(평균 558.3kg)으로 관행사육구에 비해 점토광물 급여구에서 증체량이 다소 높았으며 점토광물 중 벤토나이트(T3) 및 일라이트(T4)를 급여한 구의 출하체중이 점토광물을 급여하지 않은 T1에 비해 12.8~15.4kg이 더 무거운 것으로 나타났다.

성장단계에 따른 일당증체량은 육성기(6~12), 비육전기(12~18), 비육후기(18~24개월령) 및 전기간에 각각 0.633~0.733(평균 0.679), 0.813~0.868(평균 0.838), 0.639~0.780kg(평균 0.700kg) 및 0.721~0.754kg(평균 0.739kg)으로, 육성기에는 점토광물 급여구에 비해 관행사육구의 증체량이 4.1~13.6% 높았으나, 비육전기에는 점토광물급여구가 관행사육구에 비해 2.7~6.8% 더 증체하였으며, 비육후기에는 8.0~22.1% 더 증체함으로 비육전기간 동안에는 점토광물 급여구에서 증체량이 다소 높은 것으로 나타났다.

이와 같이 육성기에 관행사육구의 증체량이 높았고 비육전·후기에는 점토광물 급여구의 일당증체량이 높았던 것은, 본 시험이 한우고급육 프로그램에 의거 수행된 관계로 육성기에 농후사료의 제한급여와 함께 조사료를 자유채식시키는 과정에서 점토광물 급여구의 경우 농후사료급여량의 5%에 해당되는 양의 점토광물을 첨가함에 따라 그 만큼 사료섭취량이 적었을 뿐만 아니라, 이 시기에는 처리구 모두 농후사료를 제한급여 함에 따라 반추위의 기능장해가 없었기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 비육 전·후기에는 농후사료의 자유채식으로 반추위의 기능장해 요인이 발생하였고 점토광물이 반추위의 기능장해를 어느 정도 개선시켰기 때문인 것으로 판단된다.

이는 관행구의 경우 농림부(1992), 宮崎昭(1991) 및 中央畜産會(1981) 등이 비육우를 장기간에 걸쳐 농후사료 위주로 사육하면 비육후기에 대사성질병의 다발 및 사료섭취량 감소로 증체량이 둔화되어 조기에 출하할 수밖에 없다는 보고와 비슷한 결과였고 손과 김(1983)도 비육우를 농후사료위주로 장기간 사육하면 제1위 부전각화증 및 제1위산성증 등이 발생하며, 이 둘 질병은 제1위 내용물의 pH를 저하시킴으로서 위내 미생물군총의 활력을 저하시킬 뿐 아니라 간농양 등을 유발함으로서 증상이 경미할 경

우에도 정상우에 비해 증체량이 10% 감소한다고 하였다.

또한 이기간 중 처리구별 공시축의 출하체중 529.0~566.3kg(평균 550.1kg)은 홍 등(1996)이 한우송아지를 6개월령에 무혈거세후 옥수수, 호맥 및 이탈리아 라이그라스 등 담근먹이를 조사료원으로 하여 6개월령부터 24개월령까지 18개월간 개방형우사에서 군사형태로 비육하였을 때 24개월령체중이 551.5~571.9kg(평균 560.5kg)이라고 한 보고와 강 등(1997)이 한우수송아지를 6개월령에 무혈거세하여 8개월령부터 24개월령까지 방목유무에 따라 16개월간 비육하였을 때 출하체중이 554.6~572.1kg(평균 562.8kg)이라고 한 보고와 비슷한 결과였다.

Table 4-27. Live weight and average daily gain of Hanwoo steers

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Body weight(kg)				
Initial(6 month), A	159.8±34.3	156.4±21.7	161.5±21.8	159.3±16.1
180th day(12mo.), B	291.8±26.2	270.4±44.3	277.9±26.8	285.8±44.9
360th day(18mo.), C	438.2±17.0	421.1±48.0	428.3±23.8	441.9±31.5
Final(24mo.), D	553.2±14.1	545.4±44.1	568.6±37.2	566.0±29.5
Average daily gain(kg)				
Growing period(B-A)	0.733±0.05	0.633±0.15	0.647±0.09	0.703±0.18
Fattening I (C-B)	0.813±0.14	0.837±0.05	0.835±0.03	0.868±0.08
Fattening II (D-C)	0.639±0.08	0.691±0.10	0.780±0.08	0.690±0.09
Over all(D-A)	0.729±0.09	0.721±0.04	0.754±0.04	0.753±0.05

¹⁾T1 : Control, T2 : Kaolinlte addition, T3 : Bentonite addition, T4 : Illite addition

2) 사료섭취량 및 이용성

공시기간 18개월동안 처리별 사료이용성은 Table 4-28에서 보는 바와 같다. 전기간의 일평균 사료섭취량은 처리구에 따라 농후사료 6.741~7.131kg(평균 6.863kg), 볏짚 1.838~1.875kg(평균 1.857kg)으로 처리구간에 따른 차이는 거의 없었다.

섭취된 사료의 DM, CP 및 TDN도 각각 7.448~7.761kg(평균 7.541kg), 0.884~0.928kg(평균 0.899kg) 및 5.510~5.630kg(평균 5.550kg)으로 DM, CP 및 TDN 모두 처리구에 따른 뚜렷한 차이는 없었다. 또한 비육기간 540일간을 매 6개월마다의 간격으로 육성기(6~12개월령), 비육전기(12~18개월령) 및 비육후기(18~24개월령)으로 나누었을 때 각 단계별 체중에 대한 농후사료 섭취비율은 각각 1.75~1.78(평균 1.77), 1.78~1.85(평균 1.83) 및 2.03~2.41%(평균 2.19%)으로 전구 모두 육성기나 비육전기에 비해 비육후기의 섭취비율이 높았고, 처리구간에는 비육전기에는 관행사육구에 비해 점토광물급여구의 섭취율이 높았으나, 비육후기에는 관행사육구의 섭취비율이 높

았으며, 전기간동안에는 1.91~2.04%(평균 1.98%)로 관행사육구가 점토광물급여구에 비해 2.5~6.4%가 많은 것으로 나타났지만, 섭취사료의 조·농비율중에서 조사료 비율은 전기간 평균이 22.1~23.1%(평균 22.7%)였으며 처리구간에 따른 뚜렷한 차이는 없었다.

이와같은 결과는 본시험에 사용된 비육후기사료의 TDN이 72.0%로 일반적으로 사용되는 후기사료의 TDN이 74.0%이상인 것으로 볼 때 에너지가가 다소 낮았기 때문에 사료섭취량에는 크게 영향을 미치지 않았지만 어느정도 반추위의 기능장애를 초래하여 증체량에 영향을 미쳐 출하체중이 다소 적어졌기 때문인 것으로 판단된다.

Table 4-28. Feed and nutrient intake of Hanwoo steers

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Feed and nutrient intake(kg/day, 540day)				
Concentrate	6.787	6.741	6.793	7.131
Rice straw	1.857	1.875	1.858	1.838
DM	7.474	7.448	7.480	7.761
CP	0.892	0.884	0.891	0.928
TDN	5.518	5.510	5.540	5.630
Concentrate intake to body weight(%)				
6~12mo.	1.77	1.78	1.75	1.76
13~18mo.	1.78	1.85	1.84	1.83
19~24mo.	2.41	2.11	2.03	2.19
6~24mo.	2.04	1.96	1.91	1.99
Roughage rate to concentrate(DM, %)				
6~12mo.	34.2	35.2	34.7	33.9
13~18mo.	22.9	23.3	23.1	22.7
19~24mo.	10.6	10.9	10.5	9.8
6~24mo.	22.6	23.1	22.8	22.1
Feed and nutrient intake per kg gain(kg)				
Concentrate	9.316	9.358	9.011	9.468
Rice straw	2.549	2.603	2.465	2.440
DM	10.259	10.339	9.922	10.305
CP	1.224	1.227	1.182	1.232
TDN	7.574	7.649	7.349	7.475

그리고 본 시험에서의 성장단계별 체중에 대한 농후사료급여비율은 농림부(1992) 및 농촌진흥청과 축산기술연구소(1999)에서 고급육생산을 위해 한우사육농가에 권장하고 있는 체중대비 농후사료급여비율이 육성기(6~12개월령) 1.2~1.5%, 비육전기(1

3~18개월령) 1.7~1.8%, 비육후기(19~24개월령) 1.8~2.0% 및 전기간 1.6~1.8%와 비교할 때, 본시험에서는 비육전기를 제외하고는 육성기 및 비육후기 모두 권장비율보다 높은 것으로 나타났는 바, 기존의 성장단계별 농후사료 권장비율도 새롭게 연구해 볼 필요가 있을 것으로 사료된다.

그 밖에 강 등(2001)은 거세한우를 공시하여 6개월령부터 24개월령까지 조사료 비율을 23.3, 33.5 및 40.3%로 하여 18개월간 비육시험을 실시한 결과, 조사료비율이 33.5, 40.3 및 23.3% 순으로 비육우의 증체량이 높았으나 근내지방도는 23.3, 33.5 및 40.3% 순으로 높았다고 한 보고와 비교해 볼 때, 전처리구 모두 조사료 섭취비율이 다소 적었고 농후사료 비율이 높았던 것으로 판단된다.

비육기간 540일 동안 처리구별 1kg 증체에 따른 농후사료량은 9.011~9.468kg(평균 9.288kg)으로 T3, T1, T2 및 T4 순으로 적게 소요되었고, 볏짚량은 2.440~2.603kg(평균 2.514kg)으로 T4, T3, T1 및 T2의 순으로 적게 소요되었으며, 급여된 사료중의 CP 및 TDN 이용성은 각각 1.182~1.232kg(평균 1.216kg) 및 7.349~7.649kg(평균 7.512kg)으로 관행사육구에 비해 점토광물 급여구에서의 이용성이 높은 것으로 나타났다.

따라서 거세한우 육성비육시 출하체중을 높이기 위해서는 육성기에 농후사료 급여량을 조절하여 농후사료를 체중의 1.5~1.8% 급여와 함께 조사료를 자유채식 시키되 이기간 동안에는 점토광물을 급여하지 않으며, 비육전기에는 벤토나이트나 일라이트 등의 점토광물을 농후사료량의 2%정도 첨가 후 자유채식 시켜 일당증체량을 1.0kg 이상으로 높이고, 비육후기에도 벤토나이트나 일라이트 등의 점토광물을 농후사료량의 1% 정도 첨가 후 자유채식 시키되 급여되는 농후사료의 TDN을 74%이상으로 하여 비육후기에도 일당증체량을 0.8kg이상으로 높일 수 있는 사료급여체계가 요구된다고 할 수 있다.

3) 도체특성

농후사료에 첨가되는 점토광물의 종류에 따른 사양시험 종료 후 화물차를 이용하여 250km 떨어진 농협 서울공판장으로 운송 및 도축 후 등급판정을 받은 결과는 Table 4-29에서 보는 바와 같다.

육량등급은 농림부(1999)에서 고시한 도체등급판정기준의 육량지수 산출공식 <육량지수 = $65.834 - 0.393 \times \text{등지방두께(mm)} + 0.088 \times \text{배최장근단면적(cm}^2) - 0.008 \times \text{도체중량(kg)} + 2.01$ > 에 의거 산출된 육량지수로 결정하는데, 육량지수가 69.0이상일 때 A, 66.00이상 69.00미만일 때 B, 66.00미만일 때 C로 한다. 육량등급을 결정하는 요인중 등지방두께, 등심단면적은 각각 8.5~16.3mm(평균 13.2mm) 및 75.0~84.7cm²(평균 79.0cm²)

였고, 산출된 육량지수는 66.3~68.8(평균 67.4)이었으며, 이들 중 등지방두께는 T1, T4, T2 및 T3의 순으로 적었고, 등심단면적은 T4, T1, T3 및 T2의 순으로 넓었으며, 육량지수는 T1, T4, T3 및 T2의 순으로 높아 이들에 의해 결정되는 육량등급은 A, B 및 C등급을 각각 A=1, B=2, C=3으로 수치화 하였을 때 1.5~2.0(평균 1.9등급)으로 관행사육구가 점토광물급여구보다 우수한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 축산물 등급판정소(2000)에서 '99년부터 '00년까지 2개년 동안 국내에서 도축된 한우거세우 71,865두 중 도체중이 300~350kg인 개체를 대상으로 등지방두께 및 배최장근 단면적을 조사한 결과, 각각 8.6~9.4mm 및 78.5~79.7cm² 였다는 보고와 비교해 볼 때, 등지방 두께 및 등심단면적 모두 본 시험축에서 다소 높은 것으로 나타났다.

그러나 육질특성을 나타내는 근내지방도, 육색 및 지방색은 각각 3.3~4.7(평균 3.8), 4.5~4.7(평균 4.6) 및 2.8~3.0(평균 2.9)으로 근내지방도는 T4, T1, T2 및 T3 순으로 높았고, 육색은 T2, T3, T4 및 T1 순으로 우수하였으며, 지방색은 T3, T4, T2 및 T1의 순으로 우수하였다.

소도체등급기준(농림부, 1999)에 의하면 육질등급은 근내지방도 기준 6이상, 4~5, 2~3 및 1이하에 의해 각각 1', 1, 2, 3등급으로 결정하되, 육색기준 1 또는 7, 지방색 기준 7, 조직감기준 3 및 성숙도 기준 3에 해당될 때는 근내지방도 기준에 의한 등급을 낮추어야 할 항목수의 개수에 따라 1~2등급을 낮추도록 되어있는 바, 본시험에서는 전처리 모두 감점요인이 없어 근내지방도에 의해 등급이 결정되었고, 판정된 육질 등급은 1.0~1.8(평균 1.5)였으며, T4, T1, T2 및 T3 순으로 우수한 것으로 나타났다.

Table 4-29. Effect of clay minerals on beef quality and yield traits in Hanwoo steers

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Yield traits				
Back fat thickness(cm ¹)	8.5±1.3	15.5±7.8	16.3±3.8	12.3±1.2
Longissimus muscle area(cm ²)	79.8±5.3	75.0±2.8	76.3±3.8	84.7±5.9
Yield index	68.8±0.5	66.3±3.2	66.9±1.7	67.6±0.1
Grade ¹⁾	1.5±0.6	2.0±0.8	2.0±0.0	2.0±0.0
Quality Traits				
Marbling score ²⁾	3.8±1.5	3.4±1.4	3.3±1.0	4.7±1.9
Meat color ³⁾	4.7±0.5	4.5±0.7	4.6±0.8	4.6±0.6
Fat color ⁴⁾	3.0±0.5	2.9±0.7	2.8±0.6	2.9±0.0
Grade	1.5±0.6	1.8±0.5	1.8±0.5	1.0±0.8

¹⁾ 1 = A, 2 = B, 3 = C

²⁾ Scored : 1(devoided) to 7(very good)

³⁾ Scored : 1(scarlet) to 7(dark red)

⁴⁾ Scored : 1(white) to 7(yellow)

⁵⁾ 1' grade = 0, 1st grade = 1, 2nd grade = 2, 3rd grade = 3

4) 경제성 분석

한우거세우 육성비육시 농후사료에 첨가되는 점토광물 종류에 따른 경제성 분석 결과는 Table 4-30에서 보는 바와 같다.

조수입은 '00년 12월 농협 서울공판장에서 경매를 통해 결정된 등급별 지육가격(A1' : 12,017, A1 : 11,507, A2 : 11,012, B1' : 11,576, B1 : 11,093, B2 : 10,723, C1' : 10,609원/kg)에 도체부산물 및 퇴구비 가격 등을 합산하였고, 경영비는 송아지구입비, 농후사료비, 벧짚 및 황토구입비 등을 적용한 후 농축산물 표준소득(농촌진흥청, 2001)에 의거 제반 비용을 산출한 후 합산한 금액이었다.

소득은 비육개시부터 종료까지 18개월 동안 조수입에서 경영비 지출을 공제한 잔액으로 축산농가의 관행사육방법인 T1에서 967.1천원/두 인데 비해 점토광물급여구인 T3, T4 및 T2에서는 각각 1,571.3, 1,369.8 및 1,241.0천원/두로 관행대비 28.3~62.5% 증가한 것으로 나타났다.

Table 4-30. Economic analysis for 18 months in Hanwoo steers by treatments

Item	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Gross receipt	3,926,824	3,685,394	3,912,737	4,164,404
Carcass and others	3,904,333	3,662,903	3,890,246	4,141,913
By-product	22,491	22,491	22,491	22,491
Operating cost	2,709,740	2,726,917	2,733,788	2,785,788
Livestock	1,263,000	1,263,000	1,263,000	1,263,000
Feedstuffs	1,250,674	1,267,851	1,274,722	1,326,722
Concentrate	1,070,174	1,062,921	1,071,120	1,124,416
Roughage	180,500	182,250	180,598	178,654
Additional agent	-	22,680	23,004	23,652
Others	196,066	196,066	196,066	196,066
Cost of family labor	307,789	307,789	307,789	307,789
Income	1,217,084	958,477	1,178,949	1,378,616
	(100)	(78.8)	(96.9)	(113.3)
Net profit	909,295	650,688	871,160	1,070,827

*Selling price of carcass by grade, by-product and manure('00. 12)

-Carcass price by grade(won/kg) : A1' 12,027, A1 11,507 A2 11,012
B1' 11,576 B1 11,093, B2 10,723, C1' 10,609

**Feed intake × unit price(won/kg)

-Concentrate 292(grower 288, fattener 272, finisher 316)
-Rice straw 180, -Clay mineral 300

제 4절 요약

1. 거세한우 육성비육우에 대한 황토급여가 사료이용성, 육량 및 육질에 미치는 영향

가. 황토 급여유무 축산연 시험

육성비육우에 대한 황토급여 효과 구명을 위하여 거세한우 송아지 10두(평균체중 : 144.7kg)를 대상으로 황토 급여유무에 따른 2개 처리(T1 : 황토 무급여, T2 : 황토 자유채식)를 두어 6개월령부터 24개월령까지 540일간 사양시험을 실시한 결과,

일당증체량은 육성기, 비육전기, 비육후기 및 전기간 동안 각각 0.537~0.572, 0.866~0.904, 0.857~0.869 및 0.766~0.769kg으로, 육성기 및 비육후기에는 황토무급여구가, 비육전기에는 황토 자유채식구가 우수하였으나 전기간 동안에는 황토급여 유무에 따른 차이가 없었다. 1kg 증체당 소요된 농후사료 및 TDN량은 T1 및 T2에서 각각 9.31~9.51 및 8.381~8.440kg으로 황토급여유무에 따른 뚜렷한 차이는 없었다. 도체조사 결과 도체율 및 정육율은 T1에서 그리고 거래정육율은 T2에서 높았으나 통계적인 유의차는 없었고, 육량지수 및 전단력은 각각 69.0~70.1 및 4.4~6.1kg/cm² 이었으며, 관능검사의 다즙성, 연도, 향미 등은 각각 4.08~4.64, 3.42~3.96 및 4.58~4.80으로 황토급여에 따라 육량지수, 전단력 및 관능검사의 각 항목 등이 개선되는 경향이였다. 6개월령부터 24개월령까지 18개월간 비육후 등급판정결과 산정된 가격을 기준으로 경제성분석결과 처리구별 소득은 T1 및 T2에서 각각 825,100 및 826,333원/두으로 처리구간에 따른 뚜렷한 차이는 없었다.

나. 황토 급여수준 농가시험

육성비육우에 대한 최적의 황토급여수준 구명을 위하여 거세한우 송아지 16두(평균체중 : 159.3kg)를 대상으로 황토 급여수준에 따른 4개 처리(T1 : 관행사육, T2 : 황토 2% 첨가, T3 : 황토 5%첨가, T4 : 황토자유채식)를 두어 6개월령부터 24개월령까지 540일간 사양시험을 실시한 결과,

일당증체량은 육성기, 비육전기 및 비육후기에 각각 0.656~0.772, 0.937~1.009 및 0.592~0.675kg으로, 육성기에는 황토 무급여구가, 비육전기에는 황토 5%구가 그리고 비육후기에는 황토자유채식구가 우수하였으나 전기간에는 0.756~0.775kg으로 황토급여수준에 따른 뚜렷한 차이가 없었다. 1kg 증체당 소요된 농후사료 및 TDN량은 각각 8.707~9.499kg(평균 9.049kg) 및 7.517~7.637kg(평균 7.554kg)으로 관행사육구에 비해

황토 급여구에서 각각 4.5~8.3% 및 1.2~1.6% 적게 소요되었다.

도체조사결과 육량특성을 나타내는 등지방두께, 배최장근단면적 및 육량지수는 황토급여수준에 따른 뚜렷한 차이가 없었으나, 근내지방도는 황토 5% 및 자유채식구에서 높은 것으로 나타났다. 경제성분석 결과 처리구별 소득은 T4, T3, T1 및 T2 순으로 높았으며 황토를 자유채식시 관행사육에 비해 소득이 15.5% 증가하는 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과를 요약해 볼 때 거세한우 비육우에 대해 가공하지 않은 황토를 급여하였을 때, 육량 및 사료이용성에는 뚜렷한 효과가 없는 반면 육질개선에는 다소 영향을 미치는 것으로 나타났다. 황토급여는 비육후기에 자유채식의 형태로 급여하되, 이용성 증대를 위해 가공하여 미세입자로 하거나 지장수 형태로 급여하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

2. 거세한우 육성비육우에 대한 점토광물 급여가 사료이용성, 육량 및 육질에 미치는 영향

가. 점토광물 종류별급여 축산연시험

거세한우 송아지 24두(평균체중 : 167.7kg)를 대상으로 육성비육시 점토광물 종류가 육량 및 육질에 미치는 효과를 구명하기 위해 4개처리(T1 : 관행사육, T2 : Kaolinite, T3 : Bentonite, T4 : Illite)를 두어 6개월령부터 24개월령까지 540일간 축산연에서 사양시험을 실시한 결과, 일당증체량은 육성기, 비육전기, 비육후기 및 전기간에 각각 0.682~0.713, 0.669~0.714, 0.690~0.840 및 0.699~0.756kg으로, 육성기 및 비육전기에는 관행구가, 비육후기에는 점토광물구가 높았으며 전기간에는 점토광물구가 다소 높았으며 특히 Illite 및 Bentonite구가 높았다. 1kg 증체에 소요된 농후사료 및 TDN 량은 각각 관행사육구에 비해 점토광물 급여구가 적었으며, 점토광물중에서 특히 Bentonite 급여구가 적게 소요되었다. 도체조사 결과 도체율, 정육율 및 거래정육율은 처리구에 따른 뚜렷한 차이가 없었다. 육량지수는 T3, T2, T4 및 T1에서 각각 69.3, 68.9, 68.8 및 68.6이었고, 근내지방도는 T3, T2, T4 및 T1에서 각각 5.1, 4.6, 4.4 및 3.3 이었으며, 쇠고기의 전단력은 3.51~6.02kg/cm²으로 점토광물급여가 육량 및 육질을 모두 개선시키며, 다즙성, 연도, 향미 등 관능검사의 구성요소 모두를 개선시키는 것으로 나타났다.

쇠고기의 지방산구성에서 포화지방산은 T2, T3, T1 및 T4의 순으로 높았고, 반대

로 단일 불포화지방산은 T4, T3, T1 및 T2 순으로 높았으며, 맛을 좌우한다는 오레인산 함량은 Illite 급여구가 다른 급여구보다 높은 것으로 나타났다. 쇠고기의 아미노산 구성에서 필수아미노산의 함량은 T1, T2, T3 및 T4의 순으로 높아 점토광물 급여가 쇠고기의 필수아미노산에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 사골 분석결과 점토광물 급여구에서 곰탕의 탁도 및 점도가 높고 짙은 색상을 띄었으며, 미량광물질 중 P, Na 및 Mg의 함량이 높은 것으로 나타났다.

6개월령부터 24개월령까지 18개월간 비육 후 등급판정결과 나온 가격('00.12월 말 기준)을 기준으로 경제성분석을 실시한 결과 처리구별 소득은 967,096~1,571,305원/두 이었고, 점토광물 급여가 무급여에 비해 소득이 28.3~62.5% 가 증가하였으며, 특히 Bentonite 및 Illite 급여효과가 우수한 것으로 나타났다.

나. 점토광물 종류별 급여 농가시험

거세한우 송아지 16두(평균체중 : 159.3kg)를 대상으로 육성비육시 점토광물 종류가 육량 및 육질에 미치는 효과를 구명하기 위해 4개처리(T1 : 관행사육, T2 : Kaolinite, T3 : Bentonite, T4 : Illite)를 두어 6개월령부터 24개월령까지 익산시 비육농가에서 540일간 사양시험을 실시한 결과,

일당증체량은 육성기, 비육전기, 비육후기에 각각 0.633~0.733, 0.813~0.868 및 0.639~0.780kg으로, 육성기에는 T1이, 비육전기에는 T4가 비육후기에는 T3이 높았고, 전기간에는 T3, T4, T1 및 T2 순으로 높아 점토광물급여가 비육전·후기의 증체량에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 1kg 증체에 소요된 농후사료 및 TDN은 각각 9.011~9.468 및 7.349~7.649kg으로 점토광물 중 특히 Bentonite 및 Illite가 사료이용성을 증가시키는 것으로 나타났다. 육량지수는 64.3~68.8로 T1, T4, T3 및 T2 순으로 우수하였고, 근내지방도는 T4, T1, T2 및 T3 순으로 우수하였다.

경제성분석 결과 처리구별 소득은 T4, T1, T3 및 T2의 순으로 높아 Illite 급여시 무급여 대비 소득이 13.3% 증가하는 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과를 요약해 볼 때 거세한우 비육우에 대한 점토광물 급여는 육량 및 육질 모두를 개선시켜 소득을 증가시키는 것으로 나타났으며 특히 특히 Bentonite 및 Illite의 효과가 우수한 것으로 사료된다.

제 5절 참고문헌

1. Abdullah N., H. Hanita, Y. W. Ho, H. Kudo, S. Jalaludin and M. Ivan. 1995. The effects of bentonite on rumen protozoal population and rumen fluid characteristics of sheep fed palm kernel cake. *AJAS* 8(3) : 249~254.
2. A. O. A. C. 1990. Official method of analysis(15th ed.), Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
3. Britton, R. A., D. P. Colling and T.J. Klopfenstein. 1978. Effect of complexing sodium bentonite with soybean meal or urea invitro ruminal ammonia release and nitrogen utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.* 46 : 1738.
4. Healy, W. B. 1968^a. Ingestion of soil by dairy cows. *N. Z. J. Agric. Res.* 11 : 487.
5. Healy, W. B. 1968^b. The Influence of Soil Type on Ingestion of Soil by Grazing Animals, *Trans. 9th Int. Cong. Soil Sci.* III, 437~445.
6. Healy, W. B. 1971. In vitro Studies on the Effects of Soil on elements in ruminal "duodenal," and ileal liquors from sheep. *N. Z. J. Agric. Res.*15: 289-305.
7. Healy, W. B., W. J. McCabe, and G. F. Wilson. 1970. Ingested soil as a source of microelements for grazing animals. *I. B. I. D.*13 : 503.
8. Jacques K. A., D. E. Axe, T. R. Haris, D. L. Harmon, K. K. Bolsen and D. E. Johnson. 1986. Effect of sodium bicarbonate and sodium bentonite on digestion solid and liquid flow and ruminal fermentation characteristics of forage sorghum silage-based diets fed to steers. *J. Anim. Sci.* 70 : 1391~1403.
9. Miller, J. K. 1978. Ingested soil as a source of micro-elements for grazing animals. *Feedstuffs.* 50, 43(Oct. 16).
10. Rumsey, T. S., R. R. Oltjen, K. P. Bovard and B. M. Priode. 1972. Influence of widely diverse finishing regimens and breeding on depot fat composition in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 35 : 1069.
11. SAS. 1997. SAS User's Guide : Stastics. SAS Inst., Inc., Cary ,NC.
12. Skelley, G. C., W. C. Stanford and R. L. Edwards. 1973. Bovine fat composition and its relation to animal diet and carcass characteristics *J. Anim. Sci.* 36 : 573.
13. Sturdivant, C. A., D. K. Lunt, G. C. Smith and S. B. Smith. 1992. Fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissues and M.

- longissimus dorsi of Wagyu cattle. Meat Sci. 32 : 449.
14. Sumida, D. M., D. W. Vogt, E. H. Cobb, I. I. Iwanaga and D. Reimer. 1972. Effect of breed type and feeding regime on fatty acid composition of certain bovine tissues. J. Anim. Sci. 35 : 1058.
 15. 小林義之. 1982. 反すう家畜による土壤菜食に伴うコベルト供給の可能性. 日本土壤肥料學會誌 53 : 176.
 16. 小山雄生, 宮本 進, 順勝まどか, 菊池武昭, 高橋政義, 久馬 忠. 1985. スカンジウム(Sc)を指標とする放牧牛の土壤菜食量の推定とそ意義. 日本土壤肥料學會誌 56 : 269.
 17. 宮崎昭. 1991. 肉牛 マニエール. 規模擴大への經營の肉量及び肉質に及ぼす影響. 黒毛和種去勢牛の脂肪交雜と部分肉, 筋肉内の脂肪含量 の月齡變化ついて.
 18. 中央畜産會. 1981. 肉用牛 飼養と粗飼料生産. 土地利用の効率變化をはかるため p. 432. 丸井工文社. 東京.
 19. 강수원, 박남건, 진신희, 임석기, 김용곤. 1997. 거세한우의 방목육성이 사료효율, 산육능력 및 육질에 미치는 영향. 한영사지 21(2) : 141~156.
 20. 강수원, 임석기, 우재석, 정종원, 손용석. 2001. 가을 송아지 거세한우의 육성기 방목 및 농후사료급여수준이 성장 및 도체특성에 미치는 효과. 한국동물자원과학회지
 21. 김명국. 1999. Holstein 송아지의 새로운 사양체계 확립을 위한 연구. 서울대학교 석사학위논문. p. 49.
 22. 농림부. 1999. 소·돼지도체 등급기준(농림부고시 제 1999-64호, 99. 9. 28).
 23. 농림부. 국내산 점토광물의 사료화 및 환경친화 효과에 관한 연구. pp 37~49.
 24. 농림부, 농촌진흥청 축산기술연구소, 축산업 협동조합중앙회. 1998. 한우고급육 생산기술개발 보고서. pp 181~374.
 25. 농촌진흥청, 축산기술연구소. 1999. 생산비 절감을 위한 새로운 한우 사육기술. p.78~p.80.
 26. 농림수산부, 축협중앙회. 1992. 한우고급육생산. 제 4편 한우 고급육생산 비육기술. p.153~p.183.
 27. 농촌진흥청. 2001. 농업경영개선을 위한 2000 농축산물 소득자료집.p. 90.
 28. 농촌진흥청, 축산기술연구소. 1999. 생산비 절감을 위한 새로운 한우 사육기술. p.78~p.80.
 29. 대한 광업진흥공사. 1988. 한국의 광상. 제 11호. 비금속편.
 30. 류도옥. 1995. 황토의 신비. 행림출판사.
 31. 손용석, 김수홍, 홍성호, 이성호. 1998. Bentonite와 맥반석의 급여가 반추위내 완충능력과 말효양상에 미치는 영향. 한국낙농학회지 21: 21
 32. 손재영, 김교준. 1983. 최신가축질병학 p.82~p.83. 선진문화사. 서울.
 33. 송동영, 한구석, 이남배, 김동중, 주재섭. 1999. 한우 거세우 황토급여가 발육 및

- 육질에 미치는 영향. 대산농촌. p. 15.
34. 이병호. 1999. 수입개방에 대비한 한우산업의 발전 방향. 한국축산경영학회지. 15(2) : 324.
 35. 원유석. 1998. 소의 행동. 축협중앙회 개량사업본부. p 150.
 36. 정근기, 김대곤, 성삼경, 최창분, 김성경, 김덕영, 최봉재, 운영탁. 1996. 거세가 한우 및 홀스타인 비육우의 도체등급에 미치는 영향. 한축지 38(3) : 249~260.
 37. 한인규. 1994. 사료자원 핸드북. pp 420~424.
 38. 홍성구, 이병석, 강희설, 조원모, 이종문. 1996. 닭근먹이 급여가 거세한우의 도체특성에 미치는 효과. 한축지 38(1) : 69~76.
 39. 황진연. 1997. 맥반석과 황토의 특성과 활용. 한국광물학회 창립 10주년 기념 산업광물 심포지움. p. 89.
 40. 황진연. 1997. 점토란 무엇인가. 광물과 산업. 10(1):11
 41. 황진연, 장명익, 김준식, 조원모, 안병석, 강수원. 2000. 우리나라 황토(풍화토)의 구성광물 및 화학성분. 한국광물학회지 13(3) : 147~163.

제 5장 축산에 사용되는 황토(점토광물)의 특성규명과 효과적 이용법 개발

제 1절 서설

우리 나라 황토에 대한 구성광물, 화학성분 및 물리화학적 특성에 대해서는 이미 앞에서 자세히 설명하였다. 따라서 여기서는 중복되는 내용을 제외한 사료용 황토의 특성에 대한 것과, 이를 객관적으로 비교하기 위하여 몇가지 다른 광물재료에 대한 특성도 같이 검토하였으며, 실제 이용될 수 있는 사료형태를 제작하여 이에 대한 물성도 검토하였다. 그리고 사료용 뿐만 아니라 축산에서 황토의 환경친화적 이용법에 대한 몇가지 실험을 행하여 이를 고찰하였다.

본 장에 포함되는 주내용은 다음과 같다. 1) 사료용으로서 황토의 유용성 파악, 2) 점토광물별 사육시험 결과 검토와 사료용 혼합재료의 특성 분석, 3) 암모니아 및 인산이온에 대한 흡착 특성 조사, 4) 황토와 기타 광물재료를 이용한 각종 형태의 사료 제조 및 물성 파악, 5) 황토 및 기타 광물재료의 분뇨 가스 및 암모니아 가스의 탈취 특성 검토. 이러한 연구를 통하여 축산에서 황토의 효과적인 이용방법에 대한 종합적인 검토를 행하였다.

제 2절 재료 및 방법

본 실험에 사용된 황토시료는 제 2장에서 기술된 바와 같이 전북 익산지역에 산출하는 것을 사용하였으며, 정제황토라는 것은 #230의 체를 통과하는 실트 이하의 입자를 수집한 것이다. 그리고 본 연구에서 실제 한우 사육의 사료 급여시험에 사용된 고령토, 일라이트, 벤토나이트의 시료에 대해 구성광물, 화학성분 및 물리화학적 특성도 조사하였다. 또한 황토의 여러 가지 흡착 특성을 비교하기 위하여 제올라이트, 돌로마이트, 스멕타이트 등의 시료도 함께 실험하였다. 분뇨의 탈취 실험에는 경남 양산 지역의 축산농가에서 한우의 분뇨를 수거하여 실험하였고, 황토 및 기타 광물재료에 대한 광물성분, 화학성분 및 물성 등의 분석은 제 2장에서 기술한 방법과 동일한 방법으로 실험하였다.

액체 중 암모늄 이온의 광물재료에 따른 흡착실험은 암모니아수(NH_4OH)와 염화암모늄(NH_4Cl)의 두가지 수용액을 선택하였고, 저농도와 고농도의 두 농도로 나누어 실험하였다. 일정 농도의 용액 100mL에 분말 시료 1g을 넣어 Batch 방법으로 2시간 동안 충분히 혼합 반응시킨 후, 그 여액을 이온크로마티그래프(IC)를 이용하여 암모늄 이온의 질소 농도를 측정하였다. 인산이온(PO_4^{3-})의 흡착 실험은 인산수소칼륨을 이용하여 인산이온(PO_4^{3-})의 농도를 100ppm으로 조정된 용액 100mL에 분말시료 1g을 넣고 2시간 동안 혼합반응 시킨 후의 여액을 이온크로마티그래프(IC)로 분석하였다.

사료형태 중에서 원반형 펠렛은 혼합분말을 그대로 압축성형기를 이용하여 제작하였으며, 시료를 모두 3 g으로 일정하게 하고 압력을 200psi 로 압축하여 만들었다. 구상 펠렛은 혼합분말을 증류수를 첨가하여 반죽한 다음에 일정한 부피로 절단하여 손으로 비벼 구상으로 만들어 건조하였다. 쌀알 형태의 것은 가는 체 위에 분말을 넣고 물을 분무하며 체를 회전시키면서 구상의 알갱이로 만들었다.

암모니아 및 황화수소 가스의 측정은 Gastec 사에서 판매되는 가스펌프 및 검지관을 사용하여 측정하였다.

제 3절 결과 및 고찰

1. 사료용으로서 황토의 유용성 검토

가. 광물성분

황토의 특성 연구 결과와 자료 검토로부터 축산 사료의 이용에 대한 적합성을 검토하였다. 실험 결과, 점토광물의 함량이 증가될수록 입도가 감소하고, 이온교환용량, 흡착성 등의 특성이 증가하는 것으로 나타났다. 입도가 큰 석영과 장석과 같은 광물은 화학적 반응성이 약하고 경도가 높아서 한우에 급여시 체내에서 아무런 생화학적 반응이 없이 치아의 손상과 내부 장기의 손상이 우려될 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 미립으로 정제된 황토시료가 급여에 가장 효과적인 것으로 나타났다. 그러나 황토의 정제에 따르는 경제적 문제가 앞으로의 과제이다. 황토 중의 일라이트, 카오린 광물(할로이사이트, 카오리나이트), 수산화철광물 등의 미립광물이 한우의 건강에 유익한 역할을 할 것으로 보인다. 왜냐하면 이러한 미립광물의 함량의 증가에 따라 양이온교환용량, 중금속 흡착성 등의 유효 특성이 증가되었다.

나. 화학성분

황토의 주화학적성분으로는 Si, Al이 다량 함유되지만, 동물의 성장에 다량 필요한 원소인 Na, Mg, K, Fe, Ca, P, 등도 상당량 포함되는 것으로 나타나 사료로서의 효능이 있는 것으로 나타났다. 미량원소로는 Zn, Rb, Ba, Pb가 100ppm 이상이고, Cr, Ni, Co, Cu, Sr, Ce, La, Nb, Nd, Pr, Sm, Th, Y, Zr 10ppm 이상이며, 그 외에는 수 ppm의 함량을 나타냈다. 이와 같이 미량원소에 있어서도 생물 생체에 필수미량성분인 Li, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn 등도 상당량 포함되어 있어 그 유용성이 인정된다. 그러나 반면에 유독원소인 Al이 많으며, Cd, Pb 등도 다소 포함된다. Si도 필수원소이지만 SiO₂형태로 흡수되면 뇌혈관질환을 유발하는 등의 문제가 발생한다. 석영과 장석이 많이 함유되는 시료에서 이들 함량이 높으나 정제하게 되면 상당량 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 유독원소인 Al은 점토광물의 영향에 의해 약간 증가되고 있다. 그러나 이들 Al과 Si의 대부분은 광물의 결정구조내에 규산염층을 이루고 단단히 결합되어 있기 때문에 이온상태로 흡수되는 함량은 적은 편이다.

교환성양이온은 Ca>Mg>K>Na의 순서로 나타나 Ca이 가장 이온교환이 잘 일어나 흡수되기 쉬운 형태로 존재하는 것으로 생각된다. 이러한 원소들은 필수적인 것이고, 체내에 흡수되기 쉽기 때문에 효과적이다. 산 및 알카리에 의한 용출실험에서 알카리보다 산에서 상대적으로 많은 원소가 용탈되었다. 산에서는 Fe, Ca등의 원소가 다

량 용출되는데 비하여 알카리에서는 용출량이 매우 적으며, Al, Si가 더 많아지는 경향을 보였다. 위산에 의해 위장이 산성조건이 되면 이러한 주영양분인 Ca, Fe가 잘 용출되어 체내에 흡수될 수 있을 것으로 보인다.

다. 중금속 흡착성

중금속의 흡착실험 결과, 많은 중금속들이 잘 흡착되며, $Pb > Cu > Ba > Zn > Cd$ 의 순서로 흡착이 잘 일어나는 것으로 나타났다. 유독원소인 Pb의 경우는 정제황토인 경우는 약 90%이상의 흡착효율을 나타냈다. pH가 낮은 것보다 pH가 6 정도로 높은 경우에 많은 흡착이 일어났다. 농도에 따른 흡착실험을 통하여 흡착계수도 구하였다. Pb는 유해한 원소로 체내에 계속 축적되는 특징을 가지며, 과잉 섭취시 동물에서 신장병, 태아 기형, 사산, 유산 등의 나쁜 영향을 준다. 이러한 원소가 잘 흡착되는 것은 축우에 매우 유용한 효과를 줄 수 있다. 생물에 전혀 유용하지 않고, 축적되어 많은 부작용이 나타나는 Cd, Ba,도 잘 흡착된다. Cd는 골통병(이파이이파이)을 유발하는 것으로 여러 암을 발생시키고 신진대사를 방해하는 작용을 한다. Ba도 독성이 많아 근육독성, 골격연화 등을 유발한다. Cu, Zn은 다소 유익한 원소로서 필요하지만 과잉 흡수시에는 질병을 유발한다. Zn은 대사 및 호흡조절에 필요한 원소로서 결핍시에는 생식력이 저하되고, 난쟁이가 될 수 있다. Zn은 독성이 약한 편이다. Cu의 결핍시에는 해안병이 나타날 수 있고 빈혈, 중추신경계쇠퇴, 마비 등이 초래되지만, 과잉 섭취시에는 신진대사의 장애성 질병인 Wilson씨병이 나타난다.

이러한 다소 유용한 원소들도 황토 자체성분으로도 상당량 포함되어 있기 때문에 황토의 흡착성에 의해 그 농도가 적당히 조절될 수 있을 것으로 생각된다.

2. 황토와 기타 광물재료의 특성 비교

본 과제의 수행에는 황토와 함께 고령토, 일라이트, 벤토나이트의 점토광물재료도 함께 한우 사육시험을 행하였다. 따라서 이들 점토광물재료에 대해서도 구성광물, 화학성분 및 물리화학적 특성을 조사하여 비교하였다. 황토에 대해서는 제 2장에서 상세히 언급하였기 때문에 여기서는 기타 점토광물재료에 대해 주로 설명한다. 그림 5-1에는 각 재료들의 X-선회절분석한 회절선을 나타냈다. 여기서 보듯이 고령토에는 결정도가 낮은 카오린광물이 대부분을 차지하고 불순광물로 석영이 소량 포함된다. 여기서 카오린광물 중에는 10\AA 의 할로이사이트도 포함되고 있다. 일라이트 시료에는 결정도가 좋은 일라이트의 회절선이 다량 함유되고 석영도 상당량 포함되어 있다. 벤토나이트 시료에서는 몬모릴로나이트로 보이는 스펙타이트가 다량 함유되며 불순광물로 석영과 장석이 소량 포함된다. 이러한 광물성분으로 보아 금번 사육 시험에 사

용한 점토광물재료는 불순광물이 많지 않아 대체적으로 양호한 시료인 것으로 보인다.

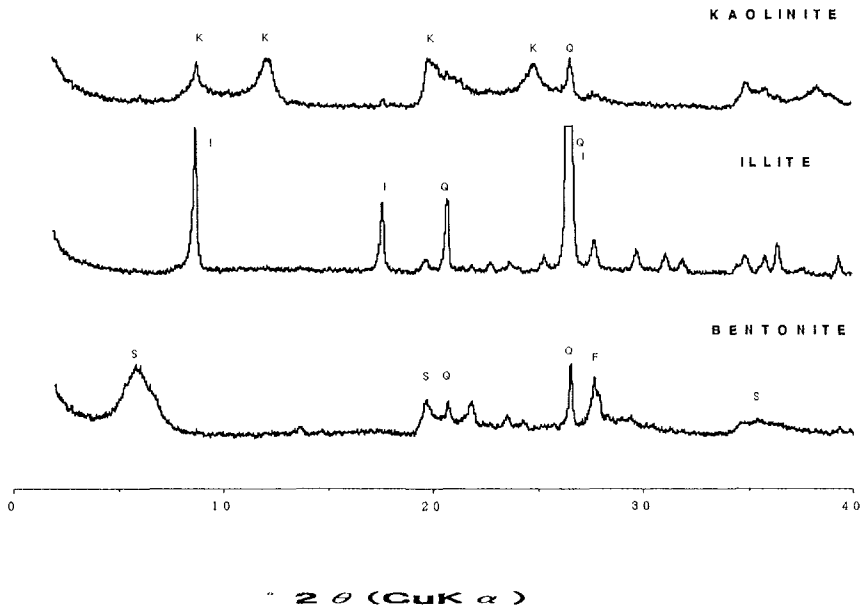
황토 및 광물재료의 화학분석을 행한 결과를 표 5-1에 나타냈다. 이들은 거의 대부분 규산염광물로 구성되어 있기 때문에 Si의 함량이 가장 크게 함유되고, 그 다음에 Al이 많다. 일라이트 시료에는 K가 우세하고, 고령토에는 Al이, 벤토나이트에는 Fe, Mg, Na가 우세하고, 황토에는 Fe와 K가 상당량 포함된다. 정제황토에서 Fe가 더 많은 것은 미립의 산화철광물이 포함되기 때문이다. 이와같이 시료에 따라 화학성분도 특징적으로 다르게 나타난다.

여러 광물재료에 대한 물리화학적 특성을 분석한 결과를 표 5-2에 나타냈다. 비교를 위하여 제올라이트 및 돌로마이트 등의 시료도 같은 방법으로 분석하였다. 수분함량에서 고령토가 가장 많은 것은 할로사이트를 다량 함유하기 때문으로 보인다. 그리고 정제황토가 보통 황토보다 수분이 많은 것은 점토광물의 함량이 높기 때문이다. $63\mu\text{m}$ 이상의 체잔류비율은 보통 황토가 가장 많은데 이러한 입자가 큰 광물은 한우의 사료로는 별로 좋지 않다. 고령토에서도 잔류비율이 매우 높다. 반면에 정제황토를 제외하면 벤토나이트가 가장 적은 잔류비율을 나타낸다. 현탁액의 pH는 고령토, 일라이트, 황토 등이 산성을 나타내며, 반면에 벤토나이트, 제올라이트, 돌로마이트 등은 알칼리성을 나타냈다.

이 중에서도 벤토나이트가 pH 10에 가까운 알칼리성을 나타냈다. 한우 반추위와 체내 화학성을 고려해 보면 알칼리성이 높은 것이 유리한 것으로 생각된다. 밀도는 거의 모두 비슷하지만 일라이트가 가장 크고 돌로마이트가 가장 낮게 나타났다. 광물재료의 분말을 자연 낙하식으로 쏟아 부은 무게인 경우는 돌로마이트가 가장 크게 나타나고 반면에 제올라이트가 가장 적다. 수습회의 충격을 주어 다져 넣은 무게인 경우는 돌로마이트가 가장 크며, 정제황토가 가장 적게 나타났다. 이온교환용량에서는 광물재료에 따라 큰 차이를 보이는데, 벤토나이트와 제올라이트가 다른 재료에 비하여 월등히 높은 수치를 나타낸다. 반면에 고령토, 일라이트, 황토 등은 매우 낮은 교환용량을 나타냈다.

이러한 이온교환성은 한우 체내에서 이온들의 흡착과 용출 특성을 가늠하는 것으로 매우 중요한 성질이다. 비표면적은 제올라이트와 벤토나이트에서 월등히 높게 나타났으며, 반면에 일라이트, 황토 등은 매우 낮은 비표면적을 보인다. 정제황토가 보통 황토 보다 역시 다소 높은 비표면적으로 보인다. 팽윤도에서는 팽윤성 점토광물인 스멕타이트를 다량 포함하는 벤토나이트가 가장 크게 나타나고, 그 외의 광물재료들은 모두 낮은 팽윤성을 보이고 있다. 이상과 같은 각종 광물재료의 물리화학적 특성으로 볼 때 벤토나이트가 축산 사료용으로는 가장 적합한 성질을 가지고 있는 것으로 보인다. 그 다음으로는 제올라이트가 다소 유리한 것으로 생각된다. 황토에서는 정제

황토가 더 좋은 특성을 나타내고 있으며, 벤토나이트 및 제올라이트 보다는 다소 특성이 떨어지지만, 극히 일부분에 있어서는 다소 유리한 성질을 나타내고 있다. 광물 재료들에 대해 암모늄아세테이트를 이용한 각 양이온별 교환량을 분석한 결과(표 5-3)를 보면 벤토나이트에서는 Na과 Ca이 매우 많은 함량을 보이고, 제올라이트에서는 Ca, K, Na가 모두 많은 함량을 보인다. 이러한 원소들은 쉽게 이온교환을 일으키기 때문에 한우의 체내에서도 이러한 성분이 많이 용출되게 되어 알카리 이온의 공급이 이루어질 것이다.



K : 카올린 광물, Q : 석영 S : 스�멕타이트, F : 장석

그림 5-1 고령토, 일라이트, 벤토나이트

표 5-1. 각종 광물재료의 주화합성분 분석표

	일라이트	고령토	벤토나이트	황토	정제황토
SiO ₂	66.11	45.88	59.25	59.19	49.11
Al ₂ O ₃	20.48	36.89	17.06	22.45	28.94
Fe ₂ O ₃	3.46	1.95	8.36	5.50	7.01
MnO	0.05	0.02	0.09	0.02	0.03
CaO	0.05	0.88	1.89	0.03	0.08
MgO	0.37	0.51	2.90	0.54	0.78
K ₂ O	5.32	0.58	0.46	4.38	3.84
Na ₂ O	0.93	0.48	3.76	0.18	0.58
P ₂ O ₅	0.03	0.01	0.10		
TiO ₂	0.38	0.16	0.62	0.67	0.66
L.O.I	3.41	13.21	5.96	6.59	8.70
Total(%)	100.59	100.57	100.45	99.55	99.73

표 5-2. 각종 광물 재료의 물리화학적 특성

	고령토	일라이트	벤토나이트	황토	정제황토	제올라이트	돌로마이트
수분함량 (L.O.I)(%)	13.21	3.41	5.96	6.59	8.70	3.89	
63 μ m체 잔류 비율(%)	33.68	4.82	1.9	47.2	0	11.93	11.99
현탁액 pH	4.59	5.28	10.68	4.43	4.59	8.70	9.15
밀도(g/cm ³)	2.552	2.903	2.390	2.695	2.742	2.261	2.091
쏟아 부은 무 게(g/L)	1045.9	678.5	739.2	1038.2	639.5	628.8	1137.4
다져 넣은 무 게(g/L)	1247.2	889.1	1083.0	1386.5	802.8	890.9	1583.6
이온교환용량 (mg/100g)	9.7	4.5	121.5	6.5	8.4	113.9	
팽윤도 (mL/2g)	2.50	1.75	8.0	2.25	3.0	3.25	1.25

표 5-3. 각종 광물재료의 양이온 교환 용량 분석표

Samples	pH	Exchangeable cations (meq/100g)					CEC (meq/ 100g)
		Ca	K	Mg	Na	H ⁺	
황토	6.79	0.92	0.23	0.70	0.02	4.62	6.49
정제황토	6.74	1.25	0.41	0.95	0.09	5.72	8.42
Zeolite	6.9	41.72	34.19	4.82	30.98	2.2	113.91
Bentonite	7.41	59.26	0.82	5.12	65.35	-9.02	121.53
Kaolinite	6.84	4.04	0.32	0.97	0.83	3.52	9.68
Illite	6.9	1.08	0.53	0.56	0.10	2.2	4.47

3. 점토광물별 사육시험 결과 해석과 효과적인 혼합재료의 검토

가. 점토광물별 사육시험 결과 검토

축산기술연구소 익산의 축산농가에서 점토광물의 종류별로 투여한 사육시험을 행하였다. 이들의 결과에 대해서는 다른 장에서 상세히 언급되기 때문에 여기서 자세한 설명은 생략한다. 이들 결과를 전체적으로 검토한 결과, 한우의 성장기 체중 증가량, 도살 체중, 정육 중량, 육량 및 육질, 전단력, 그리고 사골의 단백질 함량 등 전반적인 효과를 검토해 보면, 벤토나이트를 급여한 경우가 일라이트, 카오린광물의 것보다 여러 요소에서 우수한 결과를 나타내었고, 카오린광물의 경우가 가장 열세한 것으로 나타났다.

이러한 결과는 광물의 결정구조와 화학적 특성과 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 나타나, 비교적 합리적이고 좋은 시험 결과인 것으로 판단된다. 벤토나이트는 점토광물인 몬모릴로나이트(스멕타이트)를 주성분으로 하는 것으로 2:1 층상 구조를 가지고 층간에 교환성 양이온을 다량 함유할 수 있는 광물이기 때문에 이온교환성과 흡착성이 뛰어나므로 좋은 효과가 나타난 것으로 생각된다. 일라이트도 2:1 층상구조를 하고 있으나 층간에 교환성 양이온이 들어가기 어렵기 때문에 벤토나이트 보다는 효능이 약간 떨어지는 것으로 생각된다. 그리고 고령토는 카오리나이트 및 할로사이트의 점토광물로 구성되어 있는 것으로 1:1 층상구조를 가지며, 충전하가 거의 없어 이온교환이 잘 나타나지 않는 것이므로 이번 시험에 효능이 매우 적은 것으로 생각된다.

이러한 결과로 볼 때 사료에 벤토나이트를 사용하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 앞에서 검토한 바와 같이 우리나라 황토의 주 점토광물은 일라이트와 카오린광물인 것으로 밝혀졌으며, 스�멕타이트는 거의 함유되어 있지 않다. 따라서 벤토나이트의 주광물성분인 스�멕타이트를 첨가시키게 되면 황토사료의 효능이 크게 증가될 것으로 보인다. 스�멕타이트도 자연적으로 다량 산출하는 것으로서 축우의 사용은 환경친화적인 것으로 보인다. 대규모 목장이 발달되는 미국의 텍사스 등의 지역에는 토양에서 스�멕타이트가 다량 함유되어 있다. 뿐만아니라 스�멕타이트는 의약품 및 사료용으로도 이용되는 물질이므로 이를 포함하는 벤토나이트의 첨가 사용은 권장할만하다.

나. 혼합재료로서의 벤토나이트에 대한 특성 검토

한우 사료의 첨가재료로 사용될 수 있는 벤토나이트에 대한 여러 특성연구도 행하였다. 벤토나이트의 주성분광물인 몬모릴로나이트 시료를 사용하여 중금속 및 유해유기물의 흡착실험을 하였다. 전술한 황토의 중금속 흡착실험의 방법과 동일하게 벤토나이트를 실험한 결과, Ba > Zn > Pb > Cu > Cd의 순서로 흡착량의 차이를 보였으나 전체 흡착량은 거의 비슷하게 모두 77%이상으로 많은 흡착성을 나타냈다. 중금속의 흡착은 유해 유기물이 포함되어 있는 조건에서도 거의 비슷한 흡착성을 나타내었다. 그리고 유해 유기물인 니트로페놀에 대한 흡착실험에서는 유기폴리머 복합체보다는 다소 떨어지지만 상당량의 흡착률을 나타냈다. 이러한 결과는 체내에서도 여러 가지 유해물질의 흡착이 우수한 것으로 생각할 수 있다. 벤토나이트의 촉매성도 우수하기 때문에 체내의 생화학적 작용에 크게 기여할 것으로 보인다.

벤토나이트는 높은 수분흡수능력, 넓은 표면적, 현탁성 등의 특성 때문에 가축 사료의 펠렛제조에 결합제로서 이용될 수 있다. 이를 사용할 경우 사료의 결합력을 증대시켜 펠렛의 안정화를 이루고 프레스효율을 높일 수 있다. 벤토나이트는 수분을 흡수하여 팽창하는 성질이 있기 때문에 위장내에서 분산되고 팽창되어 소화물을 부드럽게 하고, 영양소의 체류시간을 연장시켜 소화를 촉진시키고 장의 운동성을 증가시킨다. 벤토나이트는 산-염기에 대한 완충작용을 하기 때문에 산-염기의 균형을 유지시켜 설사, 과산중의 예방과 치료에 도움을 준다. 벤토나이트는 중금속, 유기물, 가스 등의 유해물질을 흡착하는 능력이 있기 때문에 튼튼한 장기의 유지가 이룩되어 건강한 가축으로 키울 수 있다.

최근에 큰 문제로 대두된 광우병 및 구제역은 가축의 사육에 인공적인 요소가 너무 많이 포함되기 때문으로 생각된다. 따라서 황토 및 벤토나이트와 같은 천연물질의 급여는 자연친화적인 측면에서 매우 필수적인 것으로 생각되기 때문에 보다 적극적인 천연광물재료의 투여가 시급히 이루어져야 될 것으로 생각된다.

4. 암모늄 이온의 흡착 실험

사료의 체내 소화과정에서 암모니아가 발생하며, 분뇨에서도 암모니아가 다량 함유된다. 따라서 암모늄 이온에 대한 광물재료의 흡착성이 체내 섭취시 중요한 요소가 된다. 여기서는 우선 액체 상태에서의 암모늄 이온의 광물재료에 따른 흡착실험을 행하였다. 사용한 용액은 암모니아수(NH_4OH)와 염화암모늄(NH_4Cl)의 두가지 수용액을 선택하였고, 저농도와 고농도의 두 농도로 나누어 실험하였다. 일정 농도의 용액 100mL에 분말 시료 1g을 넣어 Batch 방법으로 2시간 동안 충분히 혼합 반응시킨 후, 그 여액을 이온크로마티그래프를 이용하여 암모늄 이온의 농도를 측정하였다. 그 결과를 표 5-4 5-6와 그림 5-1 5-3에 나타냈다.

암모니아수 용액에 의한 흡착실험 결과(표 5-4), 200mg/L의 농도인 경우에는 정제 황토가 가장 많은 흡착량을 나타냈으며, 그 다음으로 제올라이트와 벤토나이트가 높은 흡착량을 나타냈다. 그리고 보통의 황토에서도 다소의 흡착률을 보였다. 1000mg/L의 고농도인 경우에는 벤토나이트와 제올라이트가 정제황토보다 상대적으로 많은 흡착량을 나타냈다. 전체적으로 흡착량과 흡착률은 적은 수치를 나타내었으나, 실제 가축의 체내에서의 암모니아성 질소는 농도가 이처럼 높지 않을 것으로 보이기 때문에 이 정도의 흡착량이라도 체내에서 이들 광물재료들이 상당한 흡착 효과를 나타낼 것으로 생각된다.

고농도인 경우에는 벤토나이트가 더 많은 흡착 효과를 나타내는 것으로 나타났다. 실험에 사용된 200mg/L 농도의 pH는 9.87이고 1000mg/L의 농도는 pH가 10.63으로 모두 강한 알칼리를 나타낸다. 이러한 조건의 흡착실험에 의해 동시에 용액 중에 용출된 원소들에 대해서도 분석을 행하여 그 결과를 표 5-5에 나타냈다. 벤토나이트의 경우 Si, Al, Fe, Na, Mg 등의 원소가 가장 많이 용출되며 돌로마이트가 가장 적은 용출량을 보였다. 황토에서도 Si, Al, Fe, K 등이 다소 용출되었다. 염화암모늄 용액에 의한 흡착실험은 100mg/L와 500mg/L의 농도를 사용하였다. 실험 결과(표 5-6) 모든 농도에서 제올라이트가 가장 큰 흡착량을 나타냈고, 그 다음으로 벤토나이트가 큰 흡착량을 보였다.

그러나 황토는 적은 흡착량을 보였으며 정제황토가 그대로의 황토보다는 다소 높은 흡착량을 보였다. 모든 시료에서 농도가 높을수록 흡착률은 다소 떨어지나 흡착량의 절대치는 다소 크게 나타났다. 실험에 사용된 100mg/L 농도의 pH는 6.54이고 500mg/L의 농도는 pH가 5.72으로 약산성을 나타냈다.

이러한 조건의 흡착실험에 의해 동시에 용액 중에 용출된 원소들에 대한 분석 결과 (표 5-7), 진술한 암모니아수에 의한 것에 비하여 용출원소의 함량은 매우 적게 나타났다. 여기서도 벤토나이트와 제올라이트의 경우가 여러 원소의 용출량이 크게 나타났다. 정제황토가 보통 황토에 비해 모든 원소에서 다소 높은 용출량을 나타냈다.

가축의 체내에 많을 것으로 보이는 인산이온(PO_4^{3-})의 흡착성에 대해서 황토와 함께 다른 점토광물도 동시에 실험하여 비교하였다. 실험은 인산칼륨을 이용하여 인산이온(PO_4^{3-})의 농도를 100ppm으로 조정된 용액 100mL에 분말시료 1g을 넣고 2시간 동안 혼합반응 시킨 후의 여액을 이온크로마티그래프로 분석하였다. 그 결과를 표 8에 나타냈다. 여기서 스�멕타이트는 벤토나이트의 주구성광물이기 때문에 벤토나이트의 특성으로 간주하여도 무방하다. 그리고 Pillared clay는 스�멕타이트 층간에 알루미늄 화합물을 이용하여 일정한 공극을 만든 가교점토시료이다. 가장 높은 흡착량을 보이는 것은 Pillared clay이지만 황토시료에서도 상당한 흡착량과 흡착률을 나타냈다.

여기서는 큰 차이는 없지만 보통 황토보다 정제황토가 오히려 약간 낮은 흡착량을 보인다. 그리고 스�멕타이트는 인산이온(PO_4^{3-})을 거의 흡착하지 않을 정도로 매우 낮은 흡착량을 나타냈다. 이러한 결과는 표면에 음전하를 띠고 있는 점토광물이 음이온을 가지는 인산이온(PO_4^{3-})을 흡착하기는 어렵기 때문인 것으로 생각된다.

그리고 이 흡착실험에서 용액내에 용출되는 양이온들의 함량도 분석하여 표 5-9에 나타냈다. 인산이온(PO_4^{3-})의 흡착량은 적으나 스�멕타이트에 있어서 아주 많은 이온들의 용출이 나타났다. 그러나 다른 시료들은 이온의 용출량이 극히 적게 나타났다.

표 5-4. 암모니아수에 의한 암모늄 이온의 광물시료내 흡착실험 결과

200 mg/L N-NH⁴⁺ Solution

Samples	잔류량(ppm)	흡착량(ppm)	흡착률(%)
벤토나이트 (NB-1)	196.7	29.4	13.0
돌로마이트 (ND-1)	215.7	10.4	4.6
제올라이트 (NZ-1)	181.2	44.9	19.9
정제황토 (NPH-1)	176.4	49.7	21.8
황토 (NH-1)	202.9	23.2	10.3
Blank (NBK-1)	226.1	0.0	0.0

1,000 mg/L N-NH⁴⁺ Solution

Samples	잔류량(ppm)	흡착량(ppm)	흡착률(%)
벤토나이트 (NB-5)	1031.6	94.8	8.4
돌로마이트 (ND-5)	1065.2	61.2	5.4
제올라이트 (NZ-5)	1047.4	79	7.0
정제황토 (NPH-5)	1090	36.4	3.2
황토 (NH-5)	1124.4	2	0.2
Blank (NBK-5)	1126	0	0.0

표 5-5. 암모니아수와 반응 후 용출된 주성분 분석

200 mg/L N-NH₄⁺ Solution

Samples	Concentration (ppm)						
	Si	Al	Fe	Ca	Mg	K	Na
벤토나이트 (NB-1)	618.40	222.60	97.54	19.16	33.41	6.66	124.40
돌로마이트 (ND-1)	1.11	0.16	0.01	2.51	1.67	0.66	1.24
제올라이트 (NZ-1)	28.66	6.52	4.77	2.11	1.35	9.46	33.55
정제황토 (NPH-1)	13.85	16.59	8.57	0.14	0.53	2.07	1.90
황토 (NBH-1)	15.01	16.77	8.08	0.10	0.56	2.12	1.48
Blank (NBK-1)	0.63	0.27	0.01	0.42	0.10	0.55	1.94

1,000 mg/L N-NH₄⁺ Solution

Samples	Concentration (ppm)						
	Si	Al	Fe	Ca	Mg	K	Na
벤토나이트 (NB-5)	584.60	212.60	92.98	15.10	32.15	6.65	133.10
돌로마이트 (ND-5)	0.27	0.19	N.D.	2.74	0.57	0.29	1.29
제올라이트 (NZ-5)	26.78	5.24	3.76	3.77	0.97	15.77	44.17
정제황토 (NPH-5)	19.73	24.78	12.82	0.25	0.77	2.44	1.19
황토 (NBH-5)	26.49	28.59	14.72	0.24	0.96	2.78	1.25
Blank (NBK-5)	0.16	0.26	0.01	0.29	0.09	0.12	1.24

표 5-6. 염화암모늄의 광물시료내 흡착실험 결과

100 mg/L N-NH⁴⁺ Solution

Samples	잔류량(ppm)	흡착량(ppm)	흡착률(%)
벤토나이트 (B-1)	115.5	32.7	22.1
돌로마이트 (ND-1)	146.3	1.9	1.3
제올라이트 (Z-1)	75.8	72.4	48.9
정제 황토 (PH-1)	140.8	7.4	5.0
황토 (H-1)	143.2	5.0	3.4
Blank (BK-1)	148.2	0.0	0.0

500 mg/L N-NH⁴⁺ Solution

Samples	잔류량(ppm)	흡착량(ppm)	흡착률(%)
벤토나이트 (B-5)	617.2	75.4	10.9
돌로마이트 (D-5)	677.2	15.4	2.2
제올라이트 (Z-5)	584.8	107.8	15.6
정제 황토 (PH-5)	676.4	16.2	2.3
황토 (H-5)	683.8	8.8	1.3
Blank (BK-5)	692.6	0.0	0.0

표 5-7. 각종 광물재료와 연화암모늄 용액과 반응 후 용출된 원소의 함량 분석

100 mg/L N-NH₄⁺ Solution

Samples	Concentration (ppm)						
	Si	Al	Fe	Ca	Mg	K	Na
벤토나이트 (B-1)	9.65	2.83	0.98	5.76	1.98	2.71	134.80
돌로마이트 (D-1)	0.36	0.23	N.D.	28.79	6.18	0.58	0.86
제올라이트 (Z-1)	6.61	1.96	1.02	17.29	4.31	33.78	55.21
정제 황토 (PH-1)	0.55	0.76	0.01	3.16	1.44	1.84	1.32
황토 (H-1)	0.41	0.69	0.01	2.15	1.09	1.31	1.15
Blank (BK-1)	0.21	0.18	N.D.	0.41	0.07	0.25	0.40

500 mg/L N-NH₄⁺ Solution

Samples	Concentration (ppm)						
	Si	Al	Fe	Ca	Mg	K	Na
벤토나이트 (B-1)	2.66	0.33	0.03	36.35	7.84	3.65	151.90
돌로마이트 (D-1)	0.32	0.24	N.D.	54.56	7.73	0.46	0.78
제올라이트 (Z-1)	1.84	0.48	0.11	39.46	5.82	81.72	62.30
정제 황토 (PH-1)	0.53	4.02	0.03	2.81	1.53	1.96	0.83
황토 (H-1)	0.29	3.34	0.01	2.54	1.25	1.40	1.56
Blank (BK-1)	0.08	0.18	N.D.	0.70	0.21	0.51	0.94

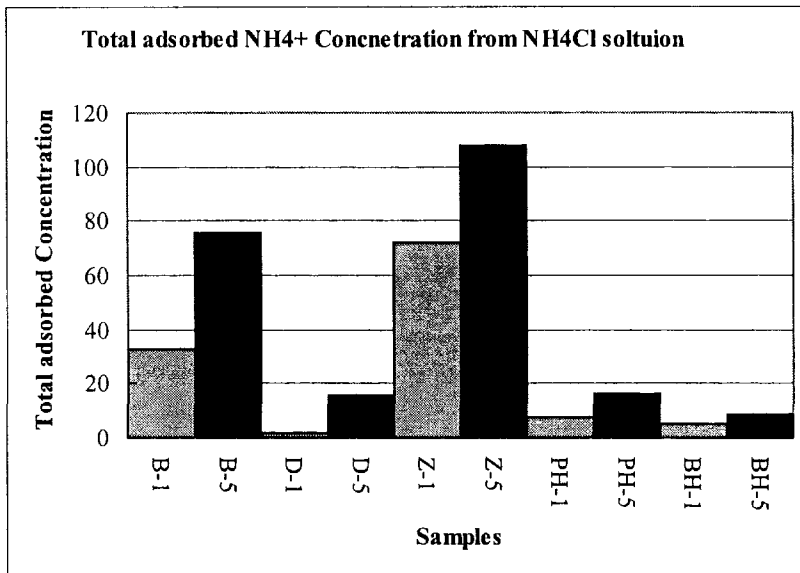
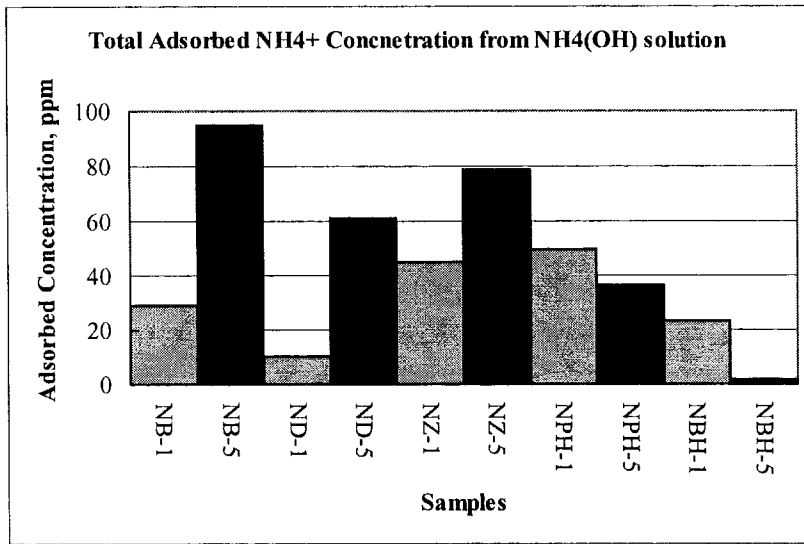


그림 5-2. 각종 광물 재료에 대한 암모늄 이온의 흡착실험에 의한 흡착량의 차이. 진한색은 높은 농도, 옅은색은 낮은 농도에서의 흡착량.

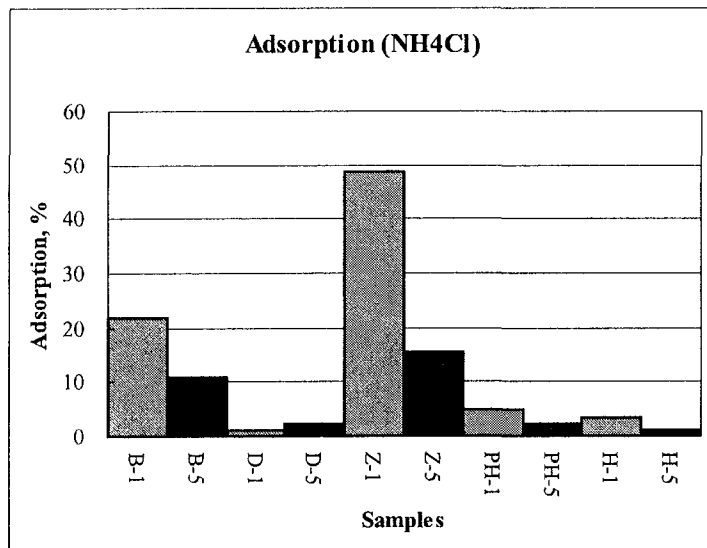
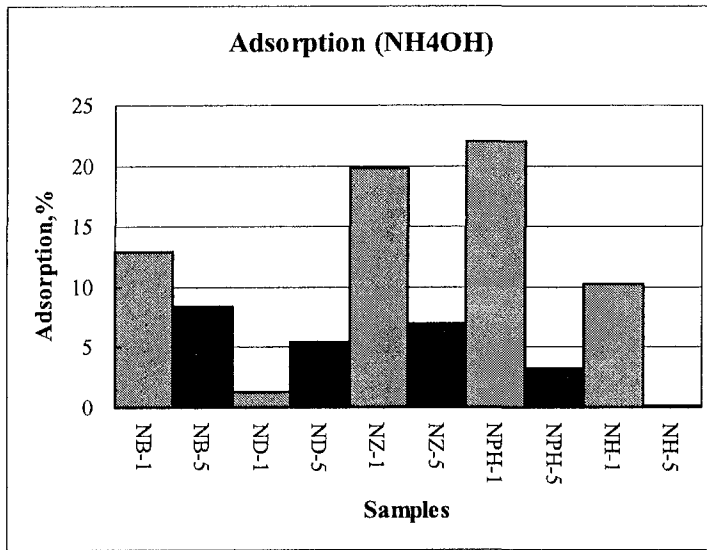


그림 5-3. 각종 광물 재료에 대한 암모늄 이온의 흡착실험에 의한 흡착률 비교.
 진한색은 높은 농도, 옅은색은 낮은 농도에서의 흡착률.

표 5-8. 인산이온(PO_4^{3-})의 흡착량 및 흡착률

시료	잔류량 (ppm)	흡착량 (ppm)	흡착률 (%)
스멕타이트	94.8	0.7	0.73
Pillared clay	0.6	94.9	99.37
황토	18.8	76.7	80.31
정제 황토	25.2	70.3	73.61
Blank	95.5	0	0

표 5-9. 인산이온(PO_4^{3-}) 흡착 실험에 의한 용출 이온 (unit: ppm)

시료	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Si
스멕타이트	920.8	42.6	239.40	24.70	145.7	126.5	2408.0
Pillared clay	6.10	0.01	1.10	2.61	0.49	4.10	15.52
황토	1.08	0.09	0.52	11.62	0.07	2.60	12.65
정제황토	0.15	0.19	0.06	13.91	0.12	2.92	6.20

5. 황토(점토광물)를 이용한 각종 사료형태의 제작과 물성

황토를 포함한 광물재료를 축우 사료로 급여할 경우에 효과적인 사료형태에 대해서 검토해 보았다. 이들 광물재료를 급여할 수 있는 형태는 예를 다 들 수 없을 정도로 여러 가지로 만들 수 있을 것으로 보인다.

그러나 이번 연구에서는 쉽게 만들 수 있는 사료형태에 대해서 검토해 보았다. 사료의 형태로는 우선 1) 분말상태 그대로 급여하는 경우와, 2) 원반형태의 펠렛, 3) 구형의 펠렛, 4) 쌀알 형태 등으로 가공하여 사용할 수 있을 것으로 생각된다(그림 5-4). 따라서 이들의 형태를 실제로 제작하여 이들에 대한 물성을 조사하였다. 사용된 광물재료로는 정제황토만을 사용한 것과 함께, 이 황토에 벤토나이트를 일정 비율로 배합하여 사료형태를 만들었다. 전술한 여러 검토 결과와 같이 벤토나이트가 축산사료로 이용하는데 가장 효과적인 것으로 나타났기 때문에 벤토나이트를 황토의 혼합재료로 이용하였다. 광물재료 분말의 혼합은 전기 믹스기를 이용하여 아주 균질하도록 충분히 혼합하여 사용하였다. 원반형 펠렛은 혼합분말을 그대로 압축성형기를 이용하여 제작하였으며, 시료를 모두 3 g으로 일정하게 하고 압력을 200psi 로 압축하여 만들었다. 구상 펠렛은 혼합분말을 증류수를 첨가하여 반죽한 다음에 일정한 부피로 절단하여 손비빔으로 구상으로 만들어 풍건하였다.

이러한 구상 펠렛은 수분이 포함되기 때문에 건조되면 그 크기가 감소하게 된다. 특히 벤토나이트의 배합비가 높은 것은 그 수축률이 매우 커 건조되면 부피가 매우 작게 된다. 표 5-10에는 황토와 벤토나이트를 사용하여 제작한 원반형 과 구상의 펠렛에 대한 크기와 가열에 따른 변화를 나타냈다. 가열에 따라 무게가 감소하는데, 600℃까지 감소한 원반형 펠렛의 함수비는 벤토나이트의 함량이 높아짐에 따라 증가되었다. 그러나 구상의 펠렛은 600℃ 가열에 거의 모두 깨어졌는데 이는 내부의 탈수에 따른 급격한 수축에 의한 것으로 생각된다. 너무 높은 온도로 가열하면 소성고결되어 사료로서의 이용이 어렵기 때문에 낮은 온도의 건조로 형태를 제작해야 될 것이다. 원반형 펠렛의 밀도를 측정해 보면(표 5-11), 벤토나이트의 함량이 증가될수록 밀도도 증가되어 나타났다.

황토와 벤토나이트의 혼합분말에 대하여 수중에서의 분산 특성을 검토해 보았다. 혼합분말 10 g을 증류수 500 mL에 넣고 혼합과 방치를 오래 행하여 충분히 분산시켰으며, 그 후에 균질한 분산상태에서부터 시간에 따라 표면에서 2 cm 에서의 상등액을 5 mL씩 피펫으로 채취하여 혼탁도와 고형체 함량을 색도계로 측정하였다. 그 결과를 표 5-12와 그림 5-5 에 나타냈다. 모두 시간의 경과에 따라 혼탁도가 낮아지고 있는데 이것은 시간에 따라 분산된 입자들이 차츰 침강하게 되기 때문이다. 역시 고형체함량도 시간에 따라 감소되어 나타난다. 여기서 순수 황토 시료는 다른 벤토나이트와의 혼합시료에 비하여 원등히 낮은 혼탁도와 고형체함량을 나타낸다. 이것은 pH가 중성에 가까운 증류수에서는 황토 입자들이 쉽게 응집하여 침강하기 때문이다. 그리고 벤토나이트 배합비가 높아질수록 혼탁도 및 고형체함량은 대체로 증가되는 경향이 나타났다. 그러나 이번의 실험에서는 벤토나이트 배합비가 30-40%의 경우가 50%의 것보다 약간 더 좋은 분산 특성을 보였다.

이와 같이 미립 광물질이 장시간 분산상태가 잘 이루어지는 것은 가축의 체내에서도 잘 분산될 수 있기 때문에 흡착 및 촉매 등의 역할을 더 잘 할 수가 있을 것으로 보인다. 따라서 일정 용액에 대하여 이러한 분산상태가 잘 이루어지는 광물재료가 사료로는 유용할 것으로 생각된다.

분말의 압축에 의해 만들어진 원반형 펠렛을 증류수 속에 담구어 그 팽창성을 조사하여 결과를 표 5-13에 나타냈다. 건조상태의 펠렛의 두께도 벤토나이트의 배합비가 증가할수록 약간 감소하는데 이는 같은 무게의 분말을 사용하였기 때문에 밀도가 낮은 벤토나이트가 많아질수록 그 두께가 감소하는 것이다. 이러한 변화를 그림 5-6에 나타냈다. 물속에 넣어 3일간 방치 후 팽창한 크기를 보면, 역시 벤토나이트 배합비가 많아질수록 크기가 크게 증가하고 있으며, 벤토나이트가 50%인 경우에는 전체

부피가 약 8배 이상으로 팽창되어 커졌다. 이러한 벤토나이트 배합비에 따른 팽창률의 변화는 그림 5-6에서 보듯이 거의 일정하게 증가되고 있다.

제작된 여러 사료형태에 대하여 일정한 속도로 유동하는 소형 수조에 담구어 물에서 분산되는 양상과 완전히 풀리는 시간을 측정하였다. 사용한 수조 형태는 그림 5-7에 나타내었다. 이러한 실험은 체내에서 어떠한 속도로 분산이 되는지를 간접적으로 검토하기 위한 것이다. 원반형 펠렛인 경우는 그림 5-8에서 보듯이 벤토나이트 배합비가 적을수록 분산하여 해체되는 시간은 매우 짧으나 배합비가 많아지면 아주 오랜 시간이 걸리는 것으로 나타났다. 구상의 형태에서는 벤토나이트 배합비가 20% 이상인 것들은 2일 이상의 매우 오랜 시간 동안에도 완전 분산이 잘 일어나지 않고 그 구상체가 팽창하여 부피가 큰 상태로 오래 유지되었다.

이러한 수조내에서의 분산실험의 결과를 비교해보면(표 5-14), 황토로만 만들어진 것들은 물에 담구는 순간부터 잘 분산되어 약 1분 정도 이내에 모두 해체되는 양상을 나타냈다. 반면에 벤토나이트의 배합비가 큰 것들은 장시간이 걸렸다.

전체적으로 보면 크기가 작은 쌀알형태의 것이 비교적 빠른 분리를 나타내었다. 이러한 실험의 결과는 실제 사료형태를 제작하는데 유용한 기초자료로 이용될 수 있을 것으로 보인다. 그러나 실제 가축의 체내에서는 여러 음식물들이 체액과 매우 혼합되는 운동이 많이 일어나기 때문에 이러한 결과보다는 더 빠른 시간내에 분산되고 해체될 것으로 생각된다.

이상의 여러 실험결과를 종합적으로 검토해 보면, 황토를 주성분으로 하는 한우사료를 만들 경우에는 정제 황토에 10-20%의 벤토나이트를 혼합한 쌀알 모양의 사료가 가장 적합할 것으로 생각된다. 그러나 이에 대한 경제성의 검토가 앞으로의 과제이다.

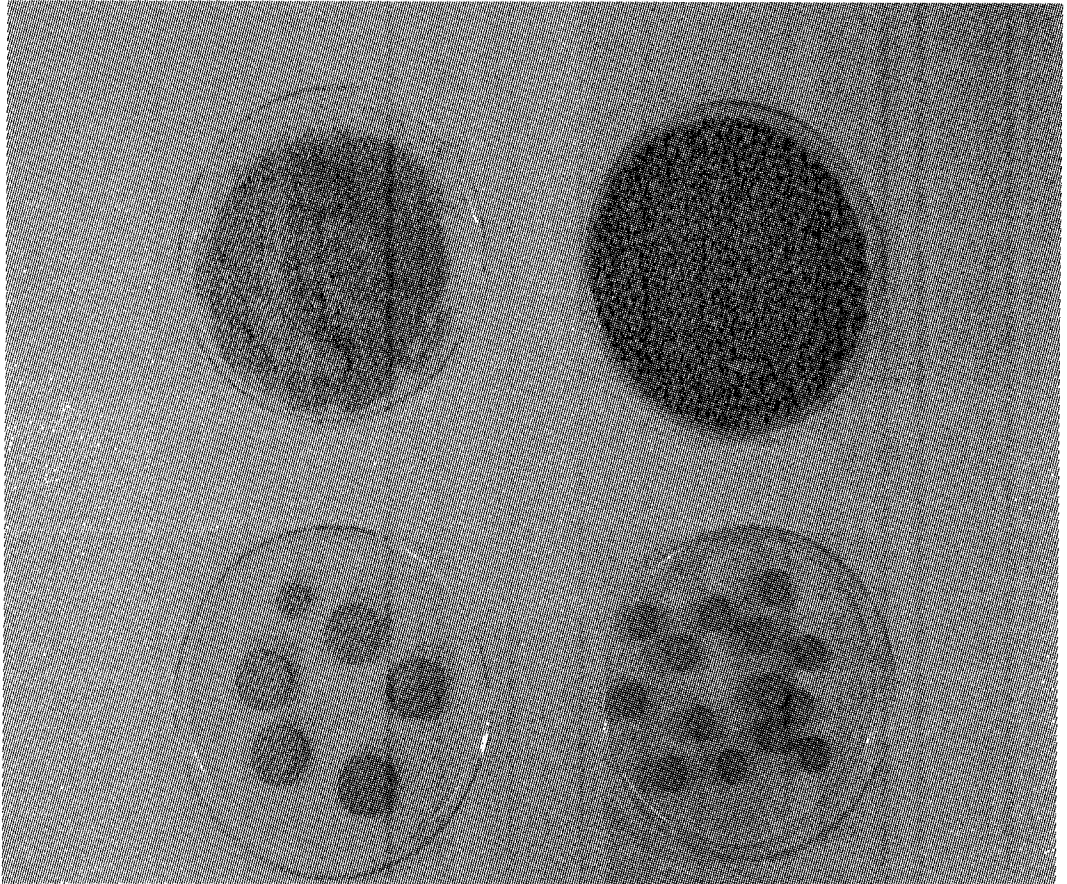


그림 5-4. 황토를 사용하여 제작된 각종 사료형태.

표 5-10. 황토와 벤토나이트를 사용하여 제작한 펠렛의 형태 및 함수비.

(크기: cm, 무게: g, 함수비: %)

시료 (황토:벤토나이트)		100:0	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
크기	원반	직경	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
		높이	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
	구상	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
무게 (상온)	원반	3.0502	3.0303	3.0305	3.0102	2.9902	3.0204
	구상	1.9102	1.9202	1.9104	2.2302	2.3402	2.3103
무게 (110℃)	원반	2.9645	2.9250	2.9127	2.8774	2.8422	2.8472
	구상	1.8587	1.8310	1.8101	2.1213	2.2236	2.1859
무게 (600℃)	원반	2.6951	2.6678	2.6517	2.6417	2.6145	2.6337
함수비	원반	13.2	13.6	14.3	14.1	14.4	14.5

표 5-11. 황토와 벤토나이트를 사용하여 제작한 원반상 펠렛의 밀도.

혼합비 (황토:벤토나이트)	밀도(g/cm ³)
100 : 0	2.7027
90 : 10	2.7512
80 : 20	2.8808
70 : 30	2.9363
60 : 40	2.9592
50 : 50	3.0186

표 5-12. 황토와 벤토나이트 혼합물의 수중 분산 실험 결과

	시간	100:0 (H:B)	90:10 (H:B)	80:20 (H:B)	70:30 (H:B)	60:40 (H:B)	50:50 (H:B)
Turbidity (FAU)	30 min	33	588	698	773	699	651
	1 hr	22	451	648	675	640	618
	3 hr	13	276	503	624	618	514
	8 hr	7	148	350	431	435	403
	24 hr	2	60	185	240	303	264
Suspended solids (mg/L)	30 min	25	539	495	671	686	552
	1 hr	6	436.5	633.5	722	639.5	620.5
	3 hr	0	269	626.5	553	548	501
	8 hr	0	143.5	321	381.5	378	371
	24 hr	0	35.5	147	214.5	269.5	190

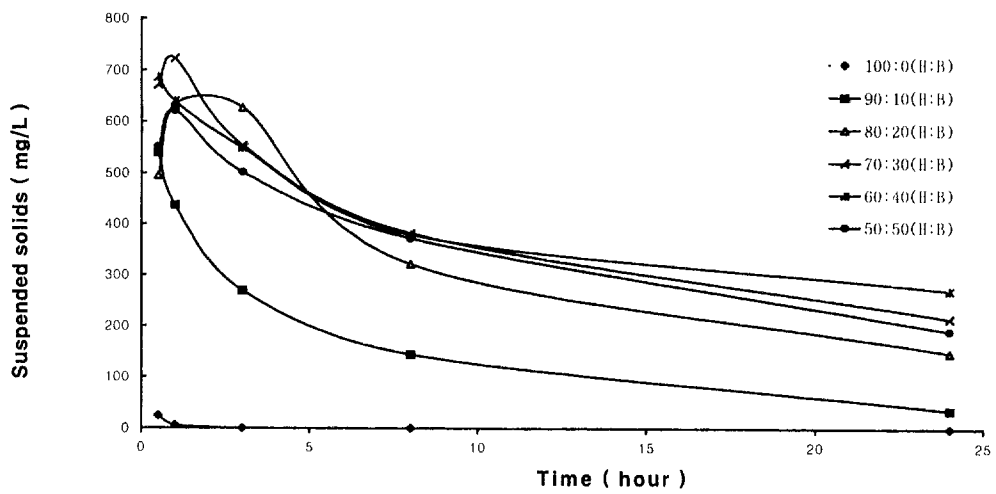
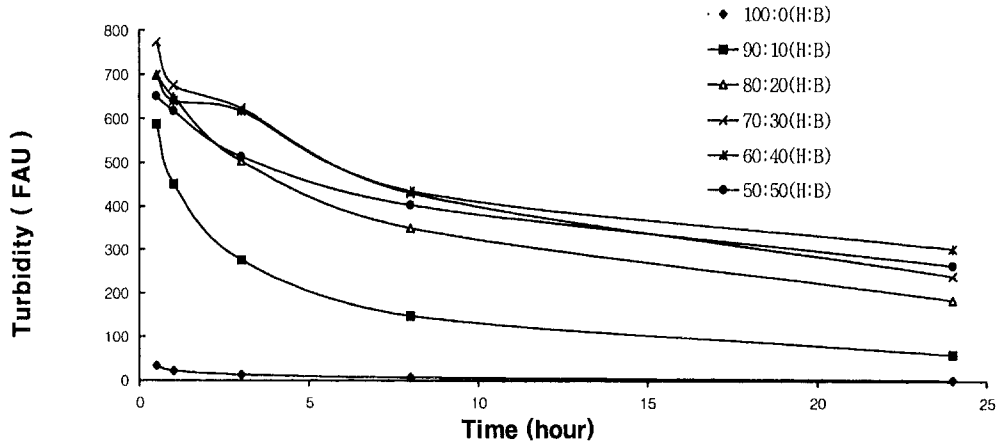


그림 5-5. 황토와 벤토나이트 혼합물의 시간에 따른 수중 분산 특성 변화.
상부는 현탁도의 변화, 하부는 총고형체 함량의 변화.

표 5-13. 황토와 벤토나이트를 사용한 펠렛형 시료의 두께 변화와 부피 팽창

(물 속에 잠근 뒤 73시간 후에 측정)

벤토나이트 함량 (%)	두께 (Cm)	팽창 후 두께 (Cm)	팽윤도 (mg/L)	부피 팽창 (%)
0	5.45	3.75	1.203	96.7
10	5.30	4.72	1.515	154.9
20	5.30	8.50	2.726	358.5
30	5.25	11.75	3.768	539.8
40	5.15	12.75	4.089	607.8
50	5.12	17.0	5.452	848.3

표5-14. 시료형태에 따른 수조 분산 실험결과

(단위: 분산시간)

시 료 (황토: 벤토나이트)	원판형	구형	쌀알형태
100 : 0	1.5분	<1분	즉시분산
90 : 10	1.5시간	8분	2분
80 : 20	4.4시간	>2일	1.2시간
70 : 30	15시간		5시간
60 : 40	22시간		12시간
50 : 50	1.8일		>1일

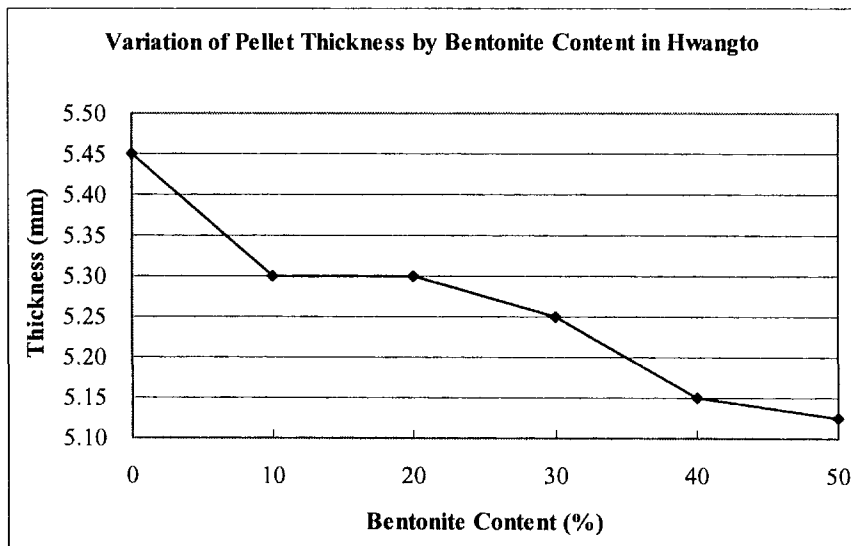
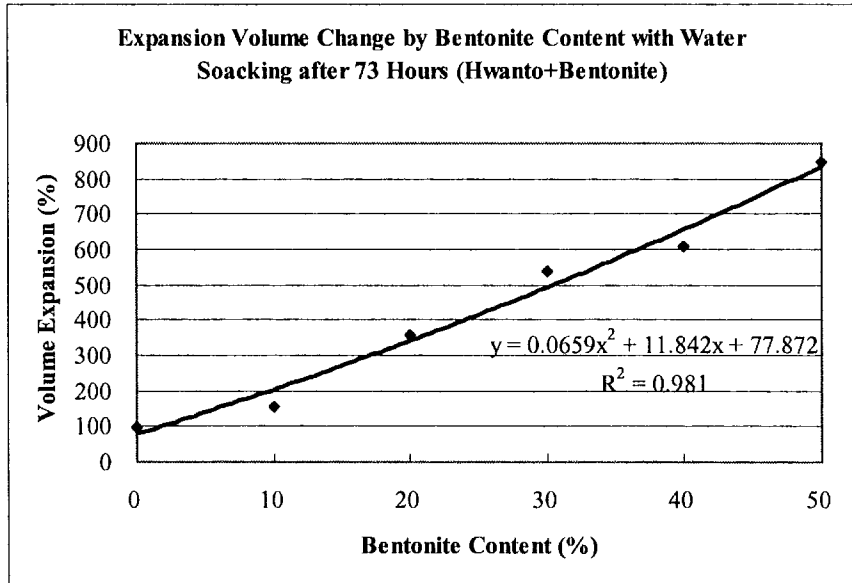


그림 5-6. 황토와 벤토나이트를 사용한 펠렛형 시료의 두께와 부피 변화를 나타낸 그래프.

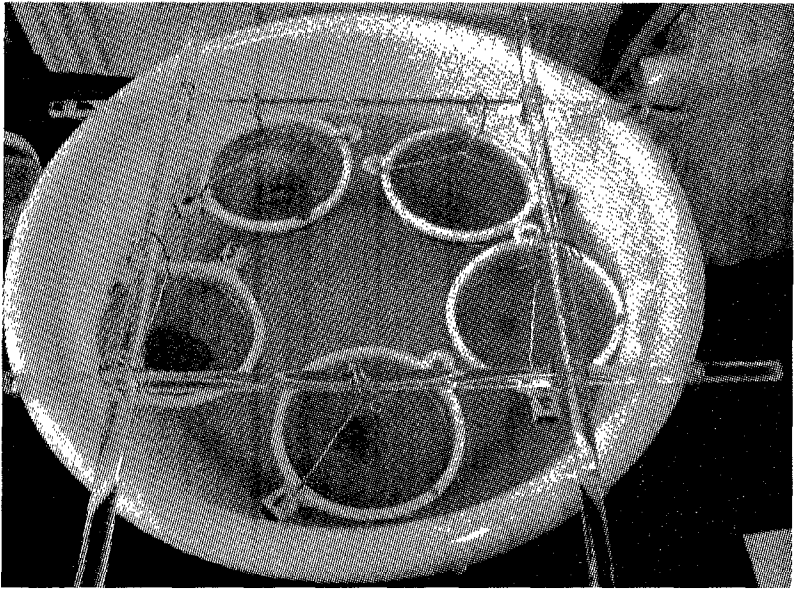
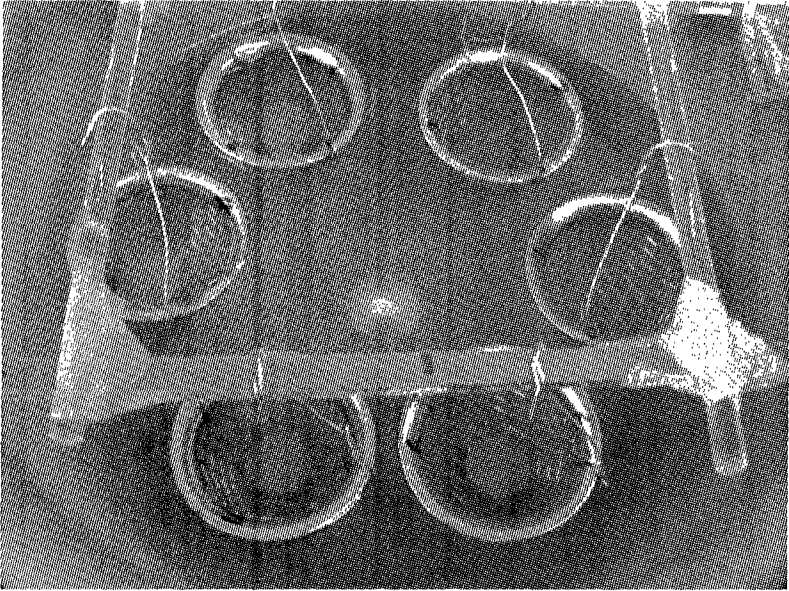


그림 5-7. 각종 사료형태에 대한 수조 분산 실험 사진

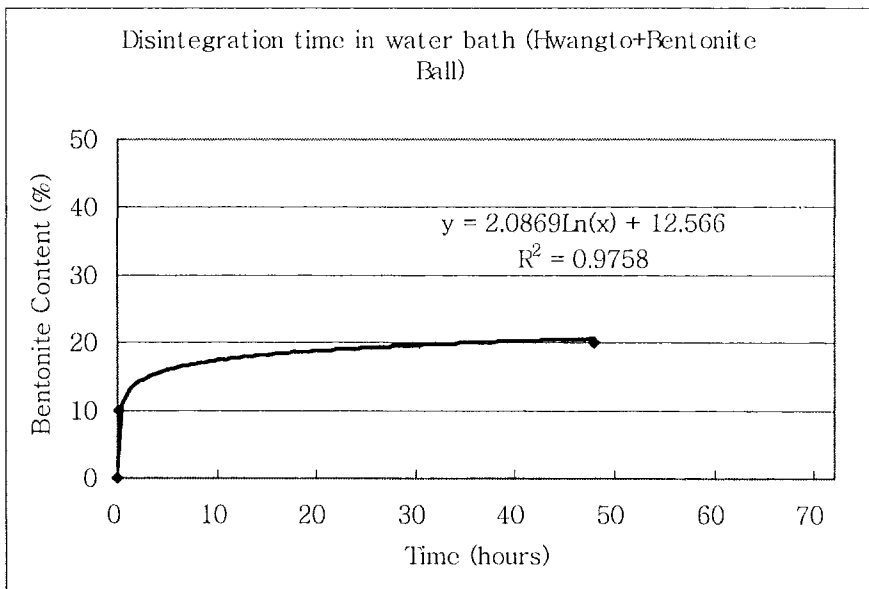
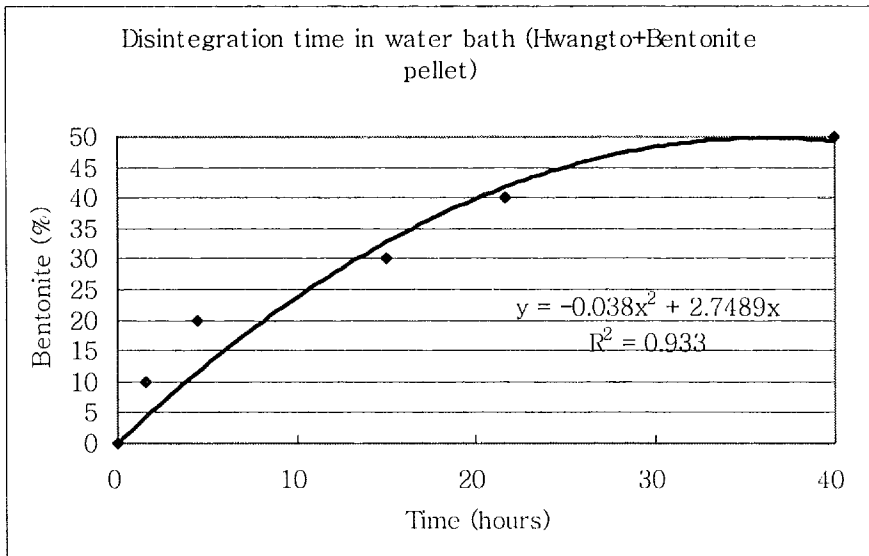


그림 5-8. 황토와 벤토나이트를 사용한 펠렛형 시료의 수조내 완전분산 시간과 배합비의 관계.

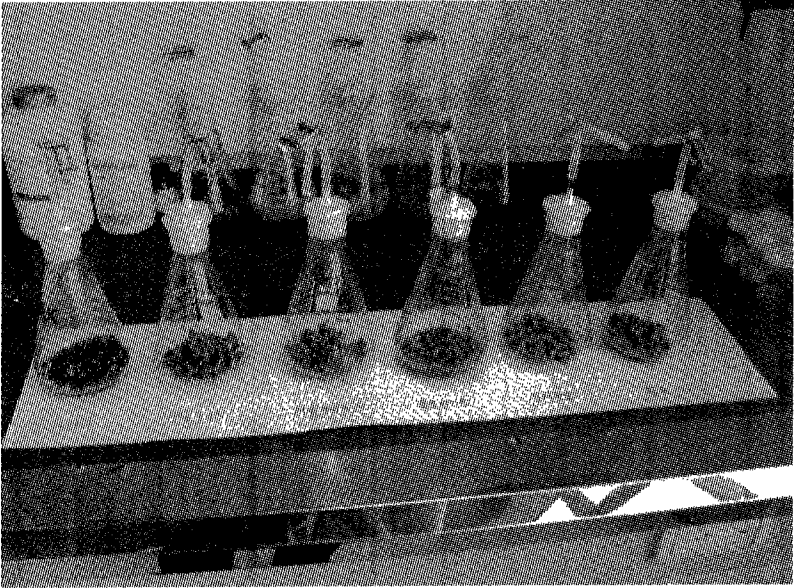


그림 5-8. 암모니아 및 분뇨 가스의 흡착실험 사진.

6. 한우 분뇨와 광물재료의 혼합 반응에 의한 탈취 효과

황토 및 기타 광물재료의 유해가스에 대한 흡착성을 여러 실험을 통하여 검토하였다. 이러한 실험은 체내에 발생하는 가스의 흡착과 함께 분뇨에서 나오는 가스의 흡착실험이 포함된다. 이것은 사료로의 유용성 파악과 함께 축사에서 황토의 자연친화적인 이용에 관계되는 것이다.

실험은 암모니아수에서 발생하는 암모니아가스의 광물재료의 흡착실험을 먼저 행하였고, 그다음으로 분뇨에서 발생하는 암모니아 및 황화수소 가스에 대해 광물재료의 흡착실험을 하였다. 가스의 분석은 Gastec 사에서 판매되는 가스킴프 및 검시관을 사용하여 측정하였다.

암모니아수에 의한 실험은 500 mL 삼각플라스크 두 개를 튜브로 연결하여 한쪽에는 암모니아수를 넣고 한쪽에는 광물시료를 넣은 다음, 밀폐하여 일정 시간 후에 검시관을 사용하여 암모니아 가스를 측정하였다. 표 5-15에 나타낸 실험결과는 2.8% 암모니아수 10 mL를 한쪽 플라스크에 넣고, 다른 쪽에는 광물분말 10 g을 1일간 방치한 다음에 광물시료의 플라스크내의 암모니아 가스의 농도를 측정하는 것이다. 그 결과에서 보듯이 벤토나이트, 제올라이트, 정제황토는 매우 높은 흡착량을 나타내었으며 반면에 돌로마이트는 흡착이 거의 되지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 점토광물이나 제올라이트에서 가스의 흡착이 잘 일어나는 것으로 나타낸다. 보통의 황토도 상당량의 흡착을 나타내었다.

이 실험에는 절대적인 암모니아가스의 농도가 낮기 때문에 암모니아수를 넣은 플라스크에서 더 많은 농도의 가스가 관여하게 하기 위하여 광물시료의 플라스크에 공기를 펌핑하는 실험을 행하였다. 진한 암모니아수 2 mL를 사용하여 200 mL의 공기를 펌핑한 후 5시간 광물재료와 반응시킨 후 농도를 측정하였다. 그 결과, 광물재료와 반응하지 않은 시료는 약 350 ppm의 농도를 나타내는데 비하여 다른 광물시료들은 매우 많은 흡착량을 나타냈다. 역시 제올라이트와 벤토나이트가 가장 많은 흡착을 보였으나 황토 시료도 이에 못지 않게 많은 흡착효과를 나타냈다. 이 실험 이외에도 공기 펌핑량, 반응시간 등을 달리하여 여러 실험을 행하였으니, 모든 실험에서 상기한 결과와 유사한 결과가 나타났다.

그리고 직접 한우의 분뇨에 대한 가스 흡착효과도 실험하였다. 한우 농장에서 배설한지 얼마 지나지 않은 분뇨를 채취하여 실험실에서 황토를 포함하는 광물재료와 여러 가지 반응실험을 행하였다. 우선 분뇨 50 g을 광물시료 20 g과 반죽하듯이 잘

혼합하여 삼각플라스크에 넣고 밀폐하여 1일간 반응시키 후 그 내부의 가스를 측정하였다. 그 결과(표 5-16), 암모니아 가스인 경우는 광물재료를 사용한 것이 매우 적은 농도의 가스가 검출되었다. 이 중에서도 역시 제올라이트가 가장 낮은 농도를 보였으며, 그 외의 것은 거의 비슷한 결과를 나타냈다. 황화수소의 경우는 벤토나이트와 제올라이트에서 무처리의 것 보다 오히려 많은 가스 농도를 나타냈으며, 돌로마이트가 가장 낮은 농도를 보였다.

이에 대해서는 여러 가지 더 검토해야될 사항이 많은 것으로 생각된다. 분뇨와 광물분말을 혼합할 때, 벤토나이트와 제올라이트는 흡수성이 강하기 때문에 물기를 흡수하여 혼합체가 건조되고 다소 딱딱한 형태를 보여 표면이 거친 상태가 되어 표면적이 많은 상태로 보존되었다.

반면에 무처리 시료와 돌로마이트 시료는 물기가 흡수되지 못하여 유동성이 있는 상태로 보존되었으며, 이에 따라 평탄한 수평면이 유지되고 그 표면에 생화학적 작용에 의해 생성물이 생기 표면을 코팅하게 되어 내부의 분뇨가스가 밖으로의 배출이 상당히 제한적으로 작용한 것으로 보였다. 이러한 흡수성의 차이 때문에 이러한 결과가 나왔으나, 실제적으로는 광물재료에 의한 가스의 흡착 효과가 크게 나타날 것으로 생각된다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 두 개의 플라스크를 이용하여 한 쪽에는 분뇨, 다른 쪽에는 광물분말을 넣고, 분뇨가스가 광물분말 용기로 충분히 넘어오게 하기 위하여 진공펌핑을 행하여 반응시켜 측정하였다. 광물분말이 들어 있는 용기는 수시로 강하게 흔들어 반응이 촉진되도록 하였다.

표 5-17은 이러한 방법에 의한 한 실험결과를 나타냈다. 반응시간 및 펌핑방법 등을 달리한 실험결과, 무처리의 것 보다는 모든 광물재료에서 다소 낮은 암모니아 가스의 농도를 보였으나, 큰 차이는 나타나지 않았다. 한우 분뇨는 거친 섬유질이 많이 포함되고 시간 경과에 따라 잘 변화되는 것이기 때문에 여러 가지 오차가 많이 발생할 수 있는 것으로 생각된다.

그리고 분뇨의 표면은 쉽게 피막이 형성되어 내부 가스가 잘 빠져나오지 못하게 되기 때문에 절대적인 가스 함량이 낮아서 유의한 차이의 결과가 잘 나타나지 않는 것으로 생각된다. 따라서 이번에는 한 개의 삼각플라스크에 분뇨 50 g을 넣고 그 위에 광물분말을 고루 피복시킨 다음, 밀봉하여 1일간 반응 후 가스를 측정하였다.

그 결과(표 5-18), 실험한 모든 광물재료에서 큰 차이는 아니지만 암모니아 가스의 흡착 효과가 나타났다. 그리고 황화수소의 경우는 더 큰 흡착효과를 나타냈는데, 이 중에서 벤토나이트가 가장 높고, 그 다음이 제올라이트, 황토의 순으로 흡착량이 나타났다. 이상과 같이 분뇨가스의 흡착실험은 여러 가지 고려해야될 사항이 많기 때문에 실험방법에 따라 결과도 다소 다르게 나타났지만, 전체적으로 볼 때 황토를 포함한 광물재료의 분뇨 가스의 흡착 효과가 인정될 수 있을 것으로 생각된다.

이상의 여러 실험 결과를 검토해 보면, 제올라이트 및 벤토나이트가 유해 가스의 흡착성이 다소 뛰어나지만 황토도 큰 차이 없이 상당량의 흡착성을 가지는 것으로 나타났다. 따라서 주변에서 쉽게 구할 수 있는 황토를 축사의 분뇨에 의한 탈취 방지에 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 즉, 축사의 바닥 깔개로 황토를 이용하여도 좋은 것으로 보인다. 축산 분뇨를 퇴비화하여 토양개량에 이용할 경우에도 황토는 자연 친화적인 것이기 때문에 환경문제가 발생하지 않아 유리한 점이 많다.

표 5-15. 암모니아수에 의한 광물시료의 암모니아 가스 흡착 실험결과

광물시료	암모니아가스 잔류량(ppm)
벤토나이트	<1
제올라이트	1.5
돌로마이트	39
정제황토	<1
황토	9
Blank	35

(2.8% 암모니아수 10m l, 광물 10g, 1일간 반응)

광물시료	암모니아가스 잔류량(ppm)
벤토나이트	3.2
제올라이트	2.6
돌로마이트	25
정제황토	6
황토	5
Blank	350

(2.8% 암모니아수 2m l, 광물 10g, 200m l 펌핑, 5시간 반응)

표 5-16. 한우분뇨와 광물시료 혼합 후 잔류가스 분석 결과
(분뇨 50g, 광물 20g, 1단위: ppm)

광물시료	암모니아가스 잔류량(ppm)
벤토나이트	7.5
제올라이트	5
돌로마이트	5.5
정제 황토	4
황토	5.5
Blank	9

(분뇨 50g, 광물 10g, 300mmHg진공, 5시간 반응)

광물시료	암모니아가스 잔류량(ppm)
벤토나이트	6
제올라이트	3.5
돌로마이트	4.5
정제 황토	2.5
황토	4
Blank	8

표 5-17. 한우 분뇨 가스의 광물시료 흡착실험 결과
(분뇨 50g, 광물 10g, 300 ml 펌핑, 3시간 반응)

광물시료	암모니아	황화수소
벤토나이트	5.5	51
제올라이트	<1	26
돌로마이트	3.5	<1
정제 황토	7	10
황토	5	9
Blank	16	20

표 5-18. 한우분뇨에 광물시료의 피복 후 잔류가스 분석

(분뇨 50g, 광물 10g, 1일간 반응)

(단위: ppm)

광물시료	암모니아	황화수소
벤토나이트	8	36
제올라이트	8	190
돌로마이트	9	405
정제황토	8	208
황토	8.5	188
Blank	14	790

7. 현탁액(지장수)의 이용에 대한 검토

전술한 바와 같이 황토의 특성과 효능으로 볼 때, 자연산의 황토보다는 미립의 입자들로 분리한 정제황토의 경우가 사료로서 더 좋은 효과를 나타내는 것이 확인되었다. 따라서 정제황토의 사용이 필요하지만, 실용적인 측면에서 보면 황토를 정제하는데는 많은 경비와 노력이 필요하기 때문에 문제점이 많아 실용화가 다소 어려운 실정이다.

이러한 문제를 대체할 수 있는 황토의 활용방법으로 현탁액(지장수)의 이용이 좋을 것으로 생각되어 이러한 이용방법을 여기서 간단히 언급하고자 한다.

(지장수)地漿水란 한의학에서 나온 용어로 황토땅을 1 미터쯤 파서 그 곳에 고이는 맑은 물을 말하며, 이를 해독제 등으로 사용한 것으로 알려져 있다. 이것은 흙과 반응한 물로서 흙에서 용출된 각종 이온들을 포함하고 미립의 점토광물이 포함되는 것이다. 아마 해독성은 용출된 이온보다는 흡착성이 강한 미립 점토광물에 관련되는 것으로 생각된다. 점토광물은 흡착성, 이온교환성, 촉매성 등의 화학적 활성이 강하기 때문에 체내에서 많은 효과가 발휘될 수 있다.

그러나 실제 황토에서는 점토광물 이외에도 석영 및 장석과 같은 큰 입자들의 광물이 상당량 포함되기 때문에 이들을 제거하여 미립 점토광물의 함량을 높이는 것이 필요하여, 정제황토를 만들고자 하였다. 황토 속의 미립 광물을 분리하는 방법으로는 물에 현탁시켜 상부의 미립자들을 회수하는 방법이 가장 일반적이다.

황토 자체는 현탁액의 pH가 매우 낮기 때문에 보통의 물에서는 잘 분산되지 않고 응집되어 가라앉기 때문에 이를 분리하기 위해서는 사용하는 액체의 성질을 변화시켜 주어야 한다. 진술한 실험 결과와 같이, 황토가 가장 잘 분산되는 액체 조건에 대해서는 이미 검토한 바 있다.

즉, 탄산나트륨과 인산나트륨 등의 분산제를 이용하는 것이다. 이들 분산제를 사용하여 분산시켜 이들 미립분을 분리하고 이를 다시 응집시켜 건조하면 매우 미립의 정제황토를 만들 수 있다. 이러한 과정은 매우 복잡하지만, 미립광물이 다량 함유된 현탁액의 상태로 한우에게 먹일 수 있다면 많은 과정이 생략될 수 있다. 이러한 현탁액의 상태는 일명 지장수에 가까운 것이 된다. 이러한 현탁액을 만드는 것은 황토에 물을 넣을 때 탄산나트륨과 같은 분산제를 일정량 넣어 녹이면 되기 때문에 축산농가에서도 쉽게 할 수 있을 것으로 생각된다.

탄산나트륨은 한우의 소화를 촉진시키기 사용하는 약품으로 해가 없을 뿐만아니라 가격이 저렴한 것이기 때문에 축산농가에서 사용하기가 쉽다. 이러한 현탁액을 먹이는 것은 잘 분리된 정제황토를 먹이는 것과 같은 효과를 나타낼 수 있기 때문에 권장할만 것으로 생각된다. 이러한 황토 현탁액을 손쉽게 만들고 투여할 수 있는 실제적 방법은 농가의 상황에 따라 다양하게 자체적으로 고안해 낼 수 있을 것으로 생각된다.

제 4절 요약

본 연구과제에서 수행된 황토 및 기타 광물재료에 대한 연구결과를 종합적으로 간추리면 아래와 같다.

1. 우리 나라 황토의 산출상태, 구성광물, 물리 화학적 특성이 파악되었다.
2. 황토의 효능에 대한 실체가 대략적으로 파악되었다.
3. 사료용 황토의 효과적 정제 방법이 개발되었다.
4. 정제 황토의 물리화학적 특성이 파악되었다.
5. 사료용으로서 황토의 광물성분, 화학성분, 중금속 흡착성에 대한 유용성이 파악되었다.
6. 광물재료별 특성 분석과 사육시험의 결과로부터 적합한 혼합재료가 검토되었다.
7. 혼합재료로서의 벤토나이트에 대한 물리화학적 특성이 파악되었다.
8. 암모니아 및 인산 이온에 대한 황토 및 기타 광물재료의 흡착 특성이 파악되었다.
9. 황토를 이용한 각종 형태의 사료 제조 및 그 물성이 파악되었다.
10. 황토의 현탁액(지장수)을 축산 농가에서 사료로 사용하는 방안이 제시되었다.
11. 황토 및 기타 광물재료의 암모니아 가스 흡착성이 파악되었다.
12. 한우 분뇨 가스에 대한 황토 및 기타 광물재료의 탈취 특성이 검토되었다.

이상의 연구 결과, 황토는 한우 사육에 유해하지 않은 자연친화적 물질이고 여러 유용한 특성을 가지기 때문에 사료 및 축사 바닥 깔개 등으로 사용하여도 좋은 것으로 나타났다. 그러나 황토를 사용할 경우에 있어서 사료로서의 효과를 보다 높이기 위해서는 미립자로 분리한 정제 황토를 사용하는 것이 좋으며, 또한 벤토나이트를 혼합 첨가한 복합재료의 사용이 더욱 효과적일 것으로 평가되었다. 황토 등의 천연 광물은 자연 친화적이기 때문에 토양과 접하지 못하는 축사 환경에서는 매우 필요한 요소이므로 이들의 사용은 권장할 만하며, 다소 과잉의 사용이라도 별로 해가 없을 것으로 생각된다. 황토를 사용하지 않을 경우에는 다른 광물재료 중에서 벤토나이트를 한우에 급여하는 것이 가장 효율적일 것으로 보인다.

본 연구를 통하여 축산에서 황토의 효과적 이용에 대한 방법이 제시되었으나, 이를 실용화하기 위해서는 경제성을 포함한 여러 검토가 더 필요한 것으로 생각된다.