

GOVP1200628362

T0009616

최 종
연구 보고서

생체흡수율이 향상된 다목적 천연 미네랄
제조 및 실용화 기술개발

연구기관

단국대학교 생명자원과학대학

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “생체흡수율이 향상된 다목적 천연 미네랄 제조 및 실용화 기술개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006년 7월

주 관 연 구 기 관 명 : 단국대학교

총 괄 연 구 책 임 자 : 김 인 호

세 부 연 구 책 임 자 : 서 정 근

주 문 갑

참 여 기 업 : (주) 바이오헬퍼

연구원 : 민병준, 조진호

진영걸, 김해진

정병걸, 이애경

이완희, 김지희

이광호, 문병우

이정철, 임지수

요 약 문

I. 제 목

생체흡수율이 향상된 다목적 천연 미네랄 제조 및 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

본 연구과제는 생체흡수율이 향상된 다목적 천연 미네랄 제조 및 기술개발을 통해 자연 친화적 제제로서 각종 동식물의 **병원균 및 미생물의 발생을 예방**하고 **생육촉진 및 원예작물의 수확량 증가 및 수확 후 품질향상과 저장성을 증가**시키는 새로운 미네랄 제제를 개발하였다. 미네랄은 식물의 영양을 공급하는 비료의 역할, 산업용 폐수를 처리하는 폐수처리제, 축산농가의 농축산 폐수정화제, 수산물 양식장의 처리제 및 화장품 등의 여러 제품에 사용된다. 농업에 있어서 미네랄 성분이 토양에 없으면 아무리 다른 종류의 비료를 풍부하게 주더라도 식물은 영양분을 충분히 흡수할 수 없으며, 뿌리가 약하고 생장이 느리고 수확량도 줄어들게 된다. 제한된 시설내에서 고품질의 경쟁력이 있는 농산물을 지속적으로 생산하기 위해서는 **각 농산물마다 필요한 목적의 기능성 영양관리**를 충족시킬 수 있는 비료의 개발이 절대적으로 필요하고 시급한 실정이다. 또한 미네랄 제제는 미량요소 공급으로 가축 및 식물체의 각종 미량요소 결핍으로 인한 생리장해를 예방할 수 있고 병해충에 대한 저항성을 증진시킬 수 있어 본 제품의 개발은 **생물 생산사업 현장에서 매우 중요한 부분**이다. 그러나 지금까지 개발된 미네랄은 금속성 미네랄 또는 킬레이트화 미네랄로서 사람을 포함한 동식물에 있어서 **흡수율이 낮은 문제점**을 내포하고 있으며(흡수율 : 금속성 미네랄 8~12%, 킬레이트화 미네랄 35~45%) 외국으로부터 수입되는 미네랄 제제는 수천억원에 이르며 주로 **킬레이트화 미네랄제제로 고가이기 때문에** 농축산물을 주로 생산하는 전업농가 또는 양축농가의 경제적인 부담이 큰 실정이다. 그러므로 현재 우리는 외국 농산물의 수입 자유화에 따라 고품질 저가격 농산물로서 경쟁을 해야 한다. 기획적이고 계획적인 고품질 농산물의 생산(예:배 당도 증진으로 매출 20%상승)으로 안정적인

소득 증대를 유도하며, 축산물의 품질 향상과 내병성 증진 및 원예작물의 수확량 증대와 수확 후 고품질 유지로 최대의 부가가치를 창출하고 나아가 무병주 고품질 농축산물을 해외로 수출함으로써 **농가의 소득 증대에 기여**할 수 있다. 세계적인 경향에 따라 유기 합성 제제가 아닌 환경친화형 미네랄 제제에 의한 농산물 생산으로 농민이 편하게 농사를 지을 수 있고 소비자측면에서도 안심하고 소비할 수 있는 신선하고 깨끗한 농산물을 공급받을 수 있다는 측면에서 21세기 신 농업기술시대에 알맞은 천연 미네랄 제제라고 할 수 있을 것이다. 본 연구과제에서는 저비용 발효공정에 의해 생체흡수율이 향상된 미네랄 제제를 생산할 수 있는 제조공정과 제품화 기술을 확립하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

생체흡수율이 향상된 다목적 천연 미네랄 제조 및 실용화 기술개발을 하고자 광물성 및 식물성 미네랄을 제조하기 위한 공정 과정의 적정 온도 및 pH, EC를 구명하고, 또한 제제화(액상, 고상, 입상)을 위한 보조 첨가제의 특성과 제조기술의 공정을 확립하였다. 이렇게 개발된 천연 미네랄 제제로 원예작물의 품질 향상 및 실용화 기술 개발과 기능성 가축 사료 첨가제 및 실용화 기술의 적용과 개발을 위해 적정 농도 및 처리방법, 처리시기, 육계에서 우수한 천연미네랄 제제의 선정 및 첨가수준에 따른 생산성 평가, 산란계에 있어 우수한 천연미네랄제제의 선정 및 기능성 난 생산 평가, 양돈사료용 천연미네랄에 대한 적정 첨가제 선정 및 첨가 수준 및 생산성 평가를 연구하였다.

구 분	연구 개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (2003)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 천연 미네랄 제조공정 기술 개발 ◦ 원예작물의 품질 향상 및 실용화 기술 개발 ◦ 기능성 가축 사료 첨가제 및 실용화 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 광물성 미네랄의 추출 및 숙성 공정 개발 - 식물성 미네랄의 추출 및 숙성 공정 개발 - 광물성 및 식물성 미네랄의 혼합발효 공정 확립 - 제제화(액상, 고상, 입상)를 위한 보조 및 흡수촉진제의 개발 및 제조공정 확립 - 원예작물의 생육 및 품질향상을 위한 적정 농도 실험(공시품종 : 오이, 배) - 원예작물의 생육 및 품질향상을 위한 적정 처리방법 구명(공시품종 : 오이, 배) - 육계에서 우수한 천연미네랄 제제의 선정 - 육계에 있어 천연미네랄 제제의 첨가수준에 따른 생산성 평가
2차년도 (2004)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 천연 미네랄 제조공정 기술 개발 ◦ 원예작물의 품질 향상 및 실용화 기술 개발 ◦ 기능성 가축 사료 첨가제 및 실용화 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 제제화(액상, 고상, 입상)를 위한 보조 및 흡수촉진제 개발 및 제조공정 확립 - 제품생산을 위한 pilot plant 공정 시스템 구축 - 원예작물의 생육 및 품질향상을 위한 적정 농도 실험(공시품종 : 국화, 배) - 원예작물의 생육 및 품질향상을 위한 적정 처리방법 구명(공시품종 : 국화, 배) - 원예작물의 생육 및 품질향상을 위한 적정 처리시기 구명(공시품종 : 오이, 국화) - 산란계에 있어 우수한 천연미네랄제제의 선정 - 선정된 천연미네랄제제의 첨가가 산란계의 기능성 난 생산 평가
3차년도 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 천연 미네랄 제조공정 기술 확립 ◦ 원예작물의 품질 향상 및 실용화 기술 확립 ◦ 기능성 가축 사료 첨가제 및 실용화 기술 확립 	<ul style="list-style-type: none"> - 제품생산을 위한 pilot plant 시스템 공정 확립 - 원예작물의 생육 및 품질향상을 위한 적정 농도 실험(공시품종 : 고추, 토마토) - 원예작물의 생육 및 품질향상을 위한 적정 처리방법 구명(공시품종 : 고추, 토마토) - 양돈사료용 천연미네랄에 대한 적정 첨가제 선정 - 양돈사료에 있어 선정된 천연미네랄에 대한 첨가 수준 및 생산성 평가

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 천연 미네랄 제조공정 기술 개발

가. 광물성 및 식물성 미네랄의 숙성 공정 개발

광물성 추출액의 pH의 변화는 숙성시간이 지날수록 활발한 산반응에 의해 증가가 되다가 다시 안정이 되었으며, EC의 변화는 흑운모와 장석의 경우는 숙성 초기에는 다소 증가하다가 시간이 지날수록 안정이 되었다. 그러나 맥반석의 경우는 숙성 초기부터 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었다.

광물성과 식물성 유래 미네랄 성분을 분석한 결과 흑운모는 Al, Fe, K, Mg이 장석 및 맥반석에 비해 높은 수치가 나왔으며 특히 Ge과 V이 비교적 많이 함유되어 있었다.

혼합공정을 위한 광물성 추출액은 전반적으로 미네랄 성분이 많이 함유되어 있는 흑운모를 사용하였으며, 쑥과 솔잎 추출액으로 미네랄 성분을 보완하였고 패각추출액에서 Ca을 추출하여 혼합 공정시 Ca 성분을 보완하였다.

나. 광물성 및 식물성 미네랄의 혼합 발효 천연 미네랄 공정 확립

혼합 발효 후 생산된 미네랄의 성분 함량을 분석해 본 결과 최종 혼합 발효액이 타사 제품과 비교 하였을 때 Ca, Mg, K에서 많은 양이 검출되었고, 다른 미네랄 성분들에 있어서는 거의 유사한 농도로 나타났으나 Se, Ge 등은 다소 함량이 낮게 분석되었다.

아미노산성분 함량 결과를 보면 우선 필수아미노산에 있어서 THR(threonine)이 가장 많이 검출되었으며 PHE(phenylalanine)과 LYS(lysine)등의 순으로 나타났다. 또한 기존의 외국에서 수입되어진 아미노산제와 유사하거나 다소 높은 함유량을 보였다.

다. 제제화(액상,고상,입상)를 위한 제조공정확립

흡수 촉진제는 원료 키틴 후레이크를 아세틸화 시킨후 분자량 크기별로 고분자(247,000), 중분자(176,000), 저분자(37,000)를 제조하였다. 액상 제제는 미네랄 원액 100ml에 원료 20g을 올리고당 20g과 잘 혼합하였으며 입상 제제는 이 혼합 액상의 원료를 유용사료에 coating한 것을 1차 발효시킨후 건조시켜 고상의 기능성 사료로 제조하였다. 원료 100g과 올리고당 100g을 옥수수 전분

200g과 혼합하고 미네랄 원액 200ml를 Vermiculite와 섞은 후 CMC 5g과 증류수를 첨가하여 고상 제제로 조제하였다. 이렇게 생산된 액상제제는 단-미네랄 I (Dan-mineral I), 고상제제는 단-미네랄 II (Dan-mineral II), 입상제제는 단-미네랄 III (Dan-mineral III)로 명명하였다. 이 제품들은 생체 흡수율이 높은 미네랄 제제로서 다양한 기능성 원예작물/가축용 사료로 이용하기 위해 조제하였다.

라. 제품생산을 위한 pilot plant 공정 시스템 확립

천연 미네랄 제제를 생산하기 위해 80℃/6시간 동안 추출한 후 30℃/10일간 숙성시킨 썩, 솔잎의 식물성 미네랄과 80℃/3시간 동안 여과한 후 30℃/20일간 숙성시킨 광물성 미네랄을 흑운모로부터 패각분말을 산처리하여 추출한 Ca 성분을 첨가하여 혼합 발효시킨 후 미네랄 제제를 조제하였다. 미네랄 제제의 흡수율을 높이기 위해 계면활성제와 흡수 촉진제 3%를 최종 첨가하여 완제품 생산 pilot plant 공정을 구축하였다.

2. 원예작물의 품질 향상 및 실용화 기술 개발

가. 원예작물의 생육 및 품질향상을 위한 적정 농도 및 처리방법, 처리시기 구명

1) 미네랄 제제의 농도 및 처리방법이 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육에 미치는 효과

초기 미네랄 제제 흑운모:썩:솔잎=1:1.5:1.5(v/v) 2000배 분무 처리시 대조구 및 타 처리구에 비해 생장 및 생체중이 가장 증가되었으며, 처리 방법에 따른 생육 결과는 전반적으로 분무처리구가 관주 처리구보다 생체중과 건물중이 더 증가되었으며, 특별한 장해나 독성 피해 현상은 나타나지 않았다.

2) 미네랄 제제의 적정 농도 및 처리방법이 오이(*Cucumis sativus* L.)와 배(*Pyrus communis* L.)의 생육 및 품질에 미치는 효과

가) 농도 및 처리방법이 오이(*Cucumis sativus* L.)의 초기생육에 미치는 영향

초장에 있어서 2000배 관주 처리시 가장 증가되었고 마디수에 있어서도 초장

과 유사한 결과를 보였으며 엽수는 1000배 처리에서 가장 증가하였다. 처리방법에서는 관주 처리와 분무처리 간의 별다른 유의차를 나타내지 않았다. 전체적으로 볼 때 고농도를 처리시 식물체가 고사하였으며, 저농도로 갈수록 생육이 좋아지는 결과를 보였다.

나) 농도 및 처리방법이 배(*Pyrus communis* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

과중은 대조구에 비해 미네랄 제제 처리구에서 증가하는 경향을 보였으며, 그중 1000배 관주 처리에서 가장 증가하였다. 과경과 경도에 있어서는 유의성은 인정되지 않았으나 미네랄 처리구에서 대조구에 비해 다소 증가하는 경향을 보였다.

미네랄 함량은 배잎의 경우 500배 분무 처리, 1000배 처리에서 K, Mn, Zn 성분이 대조구에 비해 크게 증가하였으며 Se은 500배 처리와 1000배 관주 처리에서 증가하였다. 과육의 경우에는 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 크게 증가하는 경향을 보였고 Se은 500배 처리와 1000배 관주 처리에서 약 100배까지 증가하였다. 과피의 경우도 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 미네랄 성분의 함량이 증가하는 경향을 보였으며 Se의 함량은 500배의 관주와 분무 처리에서 대조구에 비해 10배 이상 증가하였다.

3) 미네랄 제제의 흡수 촉진제의 적정 농도 및 처리방법, 처리시기가 원예작물의 생육 및 품질에 미치는 효과

가) 흡수 촉진제의 분자크기 및 농도가 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

평균적으로 엽장에 있어서는 1% 분무 처리에서 높게 나타났고 고분자일수록 높은 경향을 나타냈다. 엽폭, 생체중, 건물중은 1.5% 분무 처리에서 대조구 및 다른 처리구에 비해 높게 나타났다.

생체내 미네랄 함량은 Ca이 1.5% 저분자 관주 처리에서 높게 나타났고 K은 대조구나 다른 처리구에 비해 0.5% 중분자 관주 처리에서 높게 나타났으며 V의 경우는 1.5% 저분자 처리에서 대조구에 비해 약 177배까지 큰 증가를 보였다. Se은 0.5% 고분자 분무 처리와 1% 혼합 분무 처리에서 대조구 및 다른 처리구에 비해 높게 나타났으며 Ge은 대조구 및 미네랄 처리구에서 30ppb이하를 나타냈으나 1.5% 저분자 분무 처리에서 200.3ppb로 크게 증가하였다.

나) 흡수 촉진제의 농도 및 처리방법이 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

초장에 있어서 미네랄 처리구가 대조구에 비해 증가하였으며, 그 중 흡수 촉진제 3% 처리시 현저히 촉진됨을 알 수 있었다. 마디수에 있어서도 3% 1500배액 관주 처리구가 10.7개로 대조구 8.3개에 비해 증가하였다.

수확일은 2%, 3% 처리구에서 단축되는 경향을 보였고 500배의 고농도에서는 수확일이 늦추어지는 것으로 나타났다. 과중의 경우에는 3% 2000배 분무 처리와 2% 1000배 관주 처리가 높게 나타났다. 경도는 희석농도가 높아질수록 낮아지는 경향을 보였고 3% 500배 분무 처리에서 3.8kg으로 가장 높게 나타났다. 고농도일수록 오이의 모양에 이상 현상이 나타났으며 1000배의 농도에서는 알맞은 형태를 나타내었다.

생체내 미네랄 함량은 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 높은 함량을 나타냈다. Ca은 1% 1000배 분무 및 1500배 관주 처리에서 증가를 보였고 V은 30ppb 이하를 나타낸 대조구에 비해 1% 분무 처리 및 2%, 3%에서 4-10배 정도의 증가를 보였다. Se의 대조구는 30ppb이하였으나 미네랄 처리구에서 높은 증가량을 보이며 2% 500배 관주 처리에서 14325ppb로 가장 높게 증가하였다. Ge의 경우에는 대조구 및 다른 처리구가 30ppb이하인 것에 비해 2% 1500배 관주 처리에서 67.31ppb로 높은 수치를 보였다.

다) 흡수 촉진제의 농도 및 처리시기가 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

과장은 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 대부분 증가하는 경향을 보였고 2% 중기 관주 처리에서 가장 높게 나타났다. 과직경의 경우는 3% 후기 분무 처리에서 비교적 높은 수치를 나타냈다. 과중은 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 높은 경향을 보였고 3% 후기 분무 처리에서 360.0g으로 가장 높게 나타났으며 1% 중기 관주, 2% 초기 관주 및 분무 처리 순이었다. 경도의 경우도 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 증가하는 경향을 보였으며 2% 초기 분무 처리와 초기 관주 처리가 높게 나타났다.

생체내 미네랄 함량에서는 1% 전기간 관주 처리와 3% 전기간 관주 처리에서 Ca 함량이 대조구에 비해 증가하였고 V도 대조구가 30ppb이하인 것에 비해 미네랄 처리구에서 월등히 높은 증가를 나타냈다. Se의 대조구가 30ppb이하를 나타냈으나 미네랄 처리구에서 증가하여 2% 초기 분무 처리와 2% 후기 관주 처리에서 각각 1680, 965.4ppb로 크게 증가하였다.

라) 흡수 촉진제의 농도 및 처리방법이 배(*Pyrus communis* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

과경은 대조구에 비해 2% 1500배 관주 처리와 1000배 분무 처리에서 98.56cm, 98.30cm로 가장 높게 나타났고 과직경은 2% 500배 관주 처리와 3% 1000배 관주 처리에서 높게 나타났다. 과중은 3% 1500배, 1% 1000배 관주 처리, 3% 500배 관주 처리가 높게 나타났으며 경도는 2% 500배 관주 처리에서 1.8kg로 가장 높게 나타났다. 당도의 경우는 2% 1500배 관주 처리, 1% 1000배 관주 처리가 14.5%, 13.9%로 대조구에 비해 높게 나타났다.

과육의 미네랄 성분에는 Ca이 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 높은 증가를 보여 1% 1500배 관주 처리에서 14배 정도로 증가하였다. Se도 대조구가 30ppb이하로 나타났지만 미네랄 처리구에서 크게 증가하여 2% 500배 관주 및 1% 1500배 관주 처리에서 259.3ppb와 256.7ppb까지 증가하였다.

외과피의 미네랄 함량은 Se이 대조구에서 30ppb이하의 낮은 수치를 나타냈으나 2% 500배 관주 및 1% 1500배 관주 처리에서 259.3, 256.7ppb로 높은 증가를 보였다.

마) 흡수 촉진제의 농도 및 처리시기가 국화(*Dendranthema grandiflorum*)의 생육 및 품질에 미치는 영향

개화는 흡수 촉진제 함량 1%의 처리구가 대조구 및 다른 처리구에 비해 다소 촉진되는 경향을 보였으며, 초장에 있어서는 흡수 촉진제 함량 3% 1000배 분무 처리구에서 비교적 높게 나타났다. 꽃수, 화폭, 줄기직경은 대조구 및 다른 처리구에 비해 3% 처리구에서 가장 증가하는 경향을 보였고 지하부의 생체중과 건물중은 1%의 2000배 분무 처리구에서 다소 증가하는 경향을 보였다.

4) 최종 생산된 미네랄 제제의 적정 농도가 원예작물의 생육 및 품질에 미치는 효과

가) 처리방법이 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

초장, 초꼭, 엽장, 생체중, 건물중은 전체적으로 관주 처리보다는 분무 처리에서 더 좋은 생육을 보였다.

생체내 미네랄 성분도 관주 처리보다는 분무 처리에서 훨씬 높은 함량을 나타내었다.

나) 농도 및 처리방법이 고추(*Capsicum annuum*)의 생육 및 품질에 미치는 영향

생육은 전반적으로 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 좋은 경향을 보였다. 과장의 경우는 4000배 관주 및 500배 분무 처리에서 가장 높게 나타났고 과직경은 500배 관주 처리에서 가장 높게 나타났다. 과중의 경우에는 대조구 4.9g에 비해 미네랄 처리구에서 크게 증가하여 4000배 분무 처리에서 9.0g으로 가장 높게 나타났다.

열매의 미네랄 함량은 Se이 대조구 82.59ppb에 비해 미네랄 처리구의 함량이 감소하는 경향을 보였으나 1000배와 4000배 관주 처리에서 129.6, 99.71ppb로 비교적 높게 나타났다.

다) 농도 및 처리방법이 방울토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill)의 품질에 미치는 영향

수확일은 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 단축되는 경향을 보였으며 1000배와 500배 관주 처리에서 대조구에 비해 6-7일 단축되었다. 과장은 관주 보다는 분무 처리에서 증가하였고 4000배 분무 처리에서 가장 높게 나타났으며 과직경은 4000배 분무 처리에서 가장 높게 나타났다. 과중의 경우도 4000배 분무 처리가 10.1g으로 가장 높게 나타났고 당도는 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 증가하는 경향을 나타내어 500배에서 8.2%로 가장 높게 나타났다.

열매의 미네랄 함량은 Se 함량이 대조구 50.931ppb에 비해 관주 처리에서 크게 증가하는 것으로 나타났고 2000배와 500배에서 125.84, 123.731ppb로 가장 높게 나타났다. 분무 처리에서는 1000배에서 81.281ppb를 나타내어 다른 분무 처리구보다 높은 결과를 보였다.

3. 기능성 가축 사료 첨가제 및 실용화 기술 개발

가. 육계에 있어 우수한 천연미네랄 제제의 선정

육계에 있어 시험 기능성 미네랄 제제 중 흑운모의 급여는 증체량 및 사료 섭취량을 증가시키며, 사료요구율을 낮추는 등의 생산성 향상의 효과를 가져왔다. 또한, 육계에 있어 미네랄 제제로서의 흑운모의 첨가는 결핍되기 쉬운 Ca 및 P 소화율을 향상시켰다.

나. 육계에 있어 천연미네랄 제제의 첨가수준에 따른 생산성 평가

육계에 있어 천연미네랄의 첨가는 0-5주간 총 사양시험기간동안의 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율에 영향을 미치지 않았으며, 혈청 내 total protein, albumin과 Fe함량에 있어서는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나, 혈청 내 hemoglobin함량은 Min0.4, Min0.6처리구가 Min0.2처리구와 비교하여 증가하였다. 혈청 내 GOT 와 GPT 함량은 Min0.4와 Min0.6처리구가 CON과 비교하여 감소하였으며, 액상 천연미네랄을 0.4% 급여한 육계에 있어 혈청 내 Mg 함량은 다른 처리구와 비교하여 가장 높게 나타났다. 가슴육 내 Mg 함량은 Min0.4사료를 급여한 처리구가 CON 또는 Min0.2사료를 급여한 처리구와 비교하여 높게 나타났으며, 다리육 내 K 함량은 Min0.6처리구가 다른 처리구와 비교하여 증가하였다.

다. 산란계에 있어 우수한 천연미네랄 제제의 선정

산란계에 있어 carrier로 사용된 키토산의 농도별 천연미네랄의 첨가에 있어서 키토산 3%와 0.25%, 0.5%의 미네랄을 첨가하였을 때, 산란율이 다른 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며, 난중에 있어서는 천연 미네랄 제제를 0.5% 첨가하였을 때, 키토산 첨가수준이 증가할수록 유의적으로 무거워졌다. 전체 시험기간동안의 난각강도는 미네랄을 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 증가하였으며, 난각두께에 있어서는 미네랄을 급여한 처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다. 난황색은 미네랄을 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 진하게 나타났으며, 전체 시험기간동안 haugh unit은 미네랄을 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 증가하는 경향을 보였다.

라. 선정된 천연미네랄 제제의 첨가가 산란계의 기능성 난 생산 평가

선정된 천연미네랄을 1.5% 급여한 처리구의 산란율은 다른 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며, 난중에 있어서는 천연 미네랄을 0.5% 급여한 처리구가 다른 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다. 전체 시험기간동안의 난각강도와 난각두께는 M1.5 처리구가 CON 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다. 난황색은 천연미네랄을 0.5% 첨가한 처리구가 다른 처리구와 비교하여 증가하였다. 또한, 전체 시험기간동안 haugh unit은 대조구와 M1.0처리구가 M1.5처리구와 비교하여 높게 나타났다. 혈액 내 Ca과 Fe함량에 있어서는 천연 미네랄을 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 모두 높게 나타났다.

마. 돼지에 있어 천연미네랄의 적정 첨가제 선정

돼지에 있어 키토산과 미네랄 각각의 유효성을 비교한 평가에서는 전체 사양시험기간동안, 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 처리구간 영향을 받지 않았다. 혈액 내 GOT, GPT 함량은 CON과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다. 결과적으로, 본 시험에 사용되는 천연미네랄의 성분 중 carrier로서 사용되는 키토산은 미네랄과 혼합 사용에 문제가 없을 것으로 판단되며, 차 후 미네랄의 유효 첨가수준에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

바. 돼지에 있어 천연미네랄에 대한 첨가수준 및 생산성 평가

총 28일간의 사양시험기간동안, 일당사료 섭취량은 천연미네랄 1.0 및 1.5% 첨가구가 대조구와 비교하여 증가하였다. 또한, 시험종료시에 측정된 체중에 있어서도 천연미네랄의 첨가수준이 증가할수록 유의적으로 증가하였다. DM 소화율에 있어서는 천연미네랄을 1.0 또는 1.5% 급여한 처리구가 미네랄을 급여하지 않은 처리구와 비교하여 증가하였으며, N 소화율에 있어서는 천연미네랄의 첨가수준이 증가할수록 소화율이 유의적으로 향상되었다. 혈액 내 Mg함량은 천연미네랄을 1.0 또는 1.5% 급여한 처리구가 미네랄을 급여하지 않은 처리구와 비교하여 증가하였으나, 분 내 K 및 Mg 함량은 천연미네랄의 첨가수준이 증가할수록 유의적으로 감소하였다.

SUMMARY

1. Development of manufacturing process techniquer of natural minerals

1) Development of extraction and fermentation process of minerals

When mineral was fermented, pH of mineral extrcts was increased by active acid reaction and became stable again as time goes by. EC of biotite and feldspar were increased somewhat at the first stage of fermentation. But elvan was showed decreasing tendency at the first stage of fermentation.

Analysis showed mineral and vegitability mineral elements that biotite was much more than feldspar and elvan contents of Al, Fe, K and Mg. Especially It contained a lot of Ge(Germanium) and V(Vanadium) relatively.

Mineral extracts used biotite, wormwood, and pine needles for mixure manufacturing and made up for the short Ca contents from shell extracts because of its many Ca contents for mixing process.

2) Establishment of manufacturing process natural mineral by mixed fermentation

Content of mineral elements was analyzed after mixed fermentation. Final mixed fermentation solution as compared with the other company products Ca, Mg and K was detacted abundantly but Se(Selenium), Ge and so on showed low contents somewhat.

In order of THR(threonine), PHE(phenylalaine) and LYS(lysine) was detected most of essential amino acid. And It was similar to existing import amino acid goods or more somewhat.

3) Establishment of manufacturing process for products(liquid, solid and powder)

Absorption accelator was made by natural chitin frake, after acetylation, and manufactured macromolecule(247,000), midium molecule(176,000),

micromolecule(37,000) according to molecular size. liquid product was mixed undiluted mineral solution 100ml, materials 20g and oligosaccharide 20g. Powder product was coated mixing solution on usable feed and was manufactured functional feed type of solid after ferment and dry. It was manufactured solid product from materials 100g, oligosaccharide 100g, cone starch 200g, undiluted mineral solution 200ml, Vermiculite, CMC 5g and distilled water by mixture. In this method produced liquid, solid, and powder products were named Dan-mineral I, Dan-mineral II and Dan-mineral III. It was manufactured for producing functional horticultural crops and feed-stuff with improved absorption rate.

4) Establishment process of pilot plant production system

For natural mineral product, wormwood and pine needles was extracted for 80°C/6hr and then fermented for 30°C/20days. Biotite was filtrated for 80°C /3hr and then was matured for 30°C/20days. Ca element in shell powder was extracted. Finally pilot plant was established, minerals goods was supplied surfactant and accelerator 3% to improved absorption rate.

2. Practical technique development for improving of quality in horticultural crops

1) Study on proper concentration, method and period of treatment on growth and quality improvement of horticultural crops.

(1) Effect of concentration and treatment method on growth of *Lactuca sativa* L.

Growth and fresh weight were extremely increased with spray treatment of biotite:wormwood:pine needles=1:1.5:1.5(v/v) dilute 2000 as compared with control and other treatment. Fresh weight and dry weight were generally increased with spray treatment as compared to drench treatment. It was not appeared special injury or toxic injury phenomenon

(2) Effect of mineral concentration and treatment method on growth and quality of *Cucumis sativus* L. and *Pyrus communis* L.

① Effect of concentration and treatment method of mineral on the first growth stage of *Cucumis sativus* L. and *Pyrus communis* L.

Plant height and leaf number were increased with drench treatment by 2000 dilute. Leaf number were significantly increased by diluting 2000. Treatment method were not showed significantly difference. As a whole, plant was dried by high concentration and growth became better as low concentration.

② Effect of concentration and treatment method of mineral on growth and quality of *Pyrus communis* L.

Fruit weight were showed a increasing tendency by mineral treatment and it were significantly increased with drench treatment by dilute 2000. Fruit diamiter and hardness were not showed significance but mineral treatment was somewhat increased as compared with control treatment.

K, Mn and Zn content of leaf were increased greatly when it was treat by sprayed dilute 2000 and 1000. Se content was increased by treatment dilute 2000 and drench treatment dilute 2000. Fruit size was showed a increased with mineral treatment as compared wih control, and Se content was increased even about 100 times by diluting 500 and drench dilute 1000. Mineral contents of Fruit wat was increased with mineral treatment as compared with control and Se was increased about 10 times over with dilute 500 treatment as compared with control.

(3) Effect of concentration, method and period and absorption accelator of mineral on growth and quality of horticultural crops.

① Effect of molecular size and concentration of absorption accelator on growth and quality of *Lactuca sativa* L.

Leaf length was increased with absorption accelator 1% spray treatment.

Leaf length, fresh weight and dry weight were increased showed with 1.5% spray treatment as compared to control and other treatment.

Ca in plant was highly increased with drench treatment of 1.5% micromolecule and K was increased with drench treatment of 0.5% medium-molecule as compared to control and other treatment. V was greatly increased with 1.5% micromolecule size even about 177 times as compared with control. Se was highly increased with spray treatment of 1.5% macromolecule and 1% mixture than control and other treatment. Ge was bellow 30ppb at control and mineral treatment but increased with spray treatment of 1.5% micromolecule as 200.3ppb.

② Effect of concentration and method of absorption accelator on growth and quality of *Cucumis sativus* L.

Plant height was increased with mineral treatment as compared to control and It was remarkably increased with absorption accelator 3%. Node number was increased by drench treatment of 3% dilute 1500 as compared with control.

Harvest period was showed accelated with accelator of 2% and 3% treatment. Fruit weight was increased with spray treatment of 3% dilute 2000 and drench treatment of 2% dilute 1000 . Hardness was decreased according to increase of dilution concentration and it was especially increased with spray treatment of 3% dilute 500 to 3.8kg. Shape of cucumber fruit was appeared abnormal shape.

Mineral contents in plant was increased with mineral treatment as compared to control. Ca content was increased by spray treatment of 1% dilute 1000 and drench of 1% dilute 1500. V was increased about 4-10 times with spray treatment and 2% and 3% treatment as compared to 30ppb, of control. Se of control treatment was decreased to 30ppb but increased with mineral treatment with drench of 2% dilute 500 to 14325ppb. Ge content was increased by drench treatment of 2% dilute 1500 to 67.31ppb but Ge content of control and other treatment was bellow 30ppb.

③ Effect of concentration and treatment period of absorption accelator on growth and quality of *Cucumis sativus* L.

Fruit diameter was mostly increased with mineral treatment as compared to control and it was especially increased by drench treatment of 2% for metaphase growth period. Fruit diameter was more increased with mineral treatment than control and it was especially increased with spray of 3% for anaphase growth period as 360.0g. Hardness was increased with mineral treatment as compared with control and it was high increased with spray and drench treatment of 2% for early growth stage.

Ca contents in plant was increased with drench treatment of 1% and 3% for the whole period than control. V was especially increased by mineral treatment as compared with control. Se content was below 30ppb but was increased with mineral treatment, spray treatment with drench for early growth period of 2% to 1680ppb and 965.4ppb.

④ Effect of concentration and method of absorption accelator on growth and quality of *Pyrus communis* L.

Fruit diameter was greatly increased by drench treatment dilute 1500 and spray dilute 1000 of 2% to 95.56cm and 98.30cm as compared to control. Fruit weight was increased with drench treatment of 2% dilute 500 and 3% dilute 1000 . Hardness was increased with drench treatment of 2% dilute 500 to 1.8kg and sucrose contents was increased with drench treatment of 2% dilute 1500 and 1% dilute 1000 to 14.5% and 13.9%.

Ca contents in fruit was highly increased with mineral treatment as compared to control and It was increased about 14 times by drench of 1% dilute 1500. Se was below 30ppb in control but It was greatly increased with mineral treatment and drench treatment of 2% dilute 500 and 1% dilute 1500 to 259.3ppb and 256.7ppb.

Se contents in fruit coat was decreased 30ppb with control but it was highly increased with drench of 2% dilute 500 and 1% dilute 1500 to 259.3ppb and 256.7ppb.

⑤ Effect of concentration and period of absorption accelerator on growth and quality of *Dendranthema grandiflorum*

Flowering was somewhat accelerated by 1% treatment as compared to control and other treatment. Plant height was increased by spray treatment of 3% dilute 1000 relatively. Flower number, flower breath and stem diameter were especially increased with 3% treatment as compared with control and other treatment. Fresh weight and dry weight of root were increased at spray treatment of 1% dilute 2000 somewhat.

(4) Effect of proper concentration on growth and quality of horticultural crops of final produced mineral

① Effect of treatment method on growth and quality of *Lactuca sativa* L.

Spray treatment was better than drench treatment on plant height. Plant length, plant width, fresh weight and dry weight were a while increased by spray treatment as compared to soil drench treatment.

Mineral contents in plant was especially increased by spay treatment than drench treatment

② Effect of concentration and method on growth and quality of *Capsicum annum*

Growth was much better tendency with mineral treatment as compared with control generally. Fruit length was especially increased by drench treatment dilute 4000 and spray dilute 500. Fruit diameter was especially increased with spray drench treatment dilute 500. Fruit was greatly increased by mineral treatment as compared with control, 4.9g.

Se content in plant was decreased with mineral treatment as compared with control, 82.59ppb but it was increased by drench treatment dilute 10000 and 4000 to 129.6 and 99.71ppb relatively.

③ Effect of concentration and method on growth and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill

Harvest time was shortened by mineral treatment as compared with control and it was shortened with drench treatment dilute 1000 and 500 to 6-7 days as compared with control. Fruit length was increased by spray treatment than drench and it was extremely increased by spray treatment dilute 4000. Fruit diameter was especially increased by spray treatment dilute 4000 and fruit weight was increased with spray treatment dilute 4000 to 10.1g. Sugar contents was increased with mineral treatment as compared with control and especially it was increased by dilute 500 to 8.2%.

Se contents in Fruit was greatly increased by drench treatment as compared with control, 50.931ppb and especially it was increased by dilute 2000 and 500 to 125.84 and 123.731 ppb. Se content of spray treatment was 81.281ppb with dilute 1000 and it was highly showed as compared with other spray treatment.

3. Development of animal feed additives and practical technic.

1) Selecting of superior natural mineral in broilers

Feeding of mineral is originated from biotite increase weight gain and feed intake, and decrease F/G. Also, adding a biotite as mineral source improve Ca and P digestibility.

2) Evaluation of performance as mineral concentration in broilers' feed

For the whole period of 0-5 weeks, adding a natural mineral did not affect to weight gain, feed intake and F/G. Also, total protein, albumin and Fe concentration in blood was not affected by treatment. However, Hb concentraion in serum increased in Min0.4 and Min0.6 treatments compared with Min0.2 treatment. GOT and GPT concentration in serum decreased in Min0.4 and Min0.6 treatments compared with CON, and Mg concentration in serum was the highest in chicks fed 0.4% natural mineral. Mg

concentration in breast muscle was higher in Min0.4 treatment than in CON and Min0.2 treatments. Also, K concentration in leg muscle increased in Min0.6 treatment compared to others.

3) Selecting of superior natural mineral additives in laying hens

To supplement of natural mineral and different level of chitisan as carrier in laying hens, egg production ratio was higher in feeding 0.3% of chitosan in 0.25% and 0.5% natural mineral than in others. Egg weight was increased linearly as increasing of chitosan level in 0.5% natural mineral. In whole period, egg shell breaking strength and egg shell thickness were increased by feeding mineral. Egg yolk color was dense more in mineral treatments than in control. Haugh unit was also increased in laying hens fed mineral compared to control.

4) Evaluation of novel egg production in laying hens fed selected natural mineral

Adding 1.5% of selected natural mineral increased egg production ratio, egg weight was increased by supplement 0.5% natural mineral compared to others. For total period, egg shell breaking strength and egg shell thickness was higher in M1.5 treatment than in CON. Egg yolk color was improved in hens fed 0.5% mineral compared with others. Also, haugh unit of M1.5 and CON treatments through the whole period was higher than M1.5 treatment. Ca and Fe concentration in blood was higher in mineral treatments than in control.

5) Optimal additive selection of natural mineral in pigs

In comparison to availability of chitosan and mineral, averagy daily gain, averagy daily feed intake and feed efficiency during the whole experiments are not affected between each treatment. GOT and GPT contents in blood are not significant compared with CON. Consequently, There is no matter to mix mineral and chitosan, which is used as a carrier among the natural

mineral components. So, further research on available addition level of mineral is needed.

6) Addition level and performance evaluation on natural mineral in pigs.

For 28 days, ADFI increased in 1.0 and 1.5% natural mineral treatments compared with CON. Also, final body weight is significantly increased as addition level of natural mineral increased. DM digestion in 1.0 or 1.5% natural mineral treatments are increased compared with none mineral treatment and N digestion is significantly improved as addition level of natural mineral increased. Mg content in serum in 1.0 or 1.5% natural mineral treatments is increased compared with none mineral treatment, but K or Mg contents in feces are decreased as addition level of natural mineral increased.

CONTENTS

(영 문 목 차)

EXHIBIT	1
SUMMARY	13
CONTENTS	22
I. Summary	
1. Objects of experiment	26
2. Range of experiment	27
II. Internal and external technology development	
1. Internal technology	28
2. External technology	30
III. Experiment contents and results	
1. Development of manufacturing process technique of natural mineral	
1) Matrial and Methods	31
2) Results and Discussion	38
(1) Development of extraction and fermentation process of mineral	38
(2) Establishment of manufacturing process natural mineral by fermentation	41
(3) Establishment of menufacturing process for products(liquid, solid and powder)	43
(4) Estabshment process of pilot plant production system	44
2. Practiacal technical development for improving of quality in horticultural crops	45
1) Matrial and Methods	45
2) Results and Discussion	49
(1) Study on proper concentration, method and period on growth and quality of horticultural crops.	49

① Effect of mineral concentration and treatment method on growth of <i>Lactuca sativa</i> L.	49
② Effect of mineral concentration and treatment method on growth and quality of <i>Cucumis sativus</i> L. and <i>Pyrus communis</i> L.	53
③ Effect of concentration, treatment method and treatment period of absorption accelator in mineral on growth and quality of horticultural crops.	57
④ Effect of concentration on growth and quality of horticultural crops of final produced mineral	74
3 . Development of animal feed additives and practical technic.	78
1) Matrial and Methods	78
2) Results and Discussion	87
(1) Selecting of superior natural mineral in broilers	87
(2) Evaluation of performance as mineral concentration in broilers' feed	88
(3) Selecting of superior natural mineral additives in laying hens ..	91
(4) Evaluation of novel egg production in laying hens fed selected natural mineral	95
(5) Optimal additive selection of natural mineral in pigs	98
(6) Addition level and performance evaluation on natural mineral in pigs.	100
IV. Reach an object & contribution in relation field	102
V. Apply plan of experiment result	104
1. Requirement of further experiment	104
2. Attendancs plan of experiment	104
VI. Exteral technology information which collect throught experiment development development process	106
1. External technology development	106
VII. Literatures cited	107

목 차

제출문	1
요약문	2
SUMMARY	13
목차	24
제 1 장 연구개발과제의 개요	
제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성	26
제 2 절 연구개발의 범위	27
제 2 장 국내외 기술개발 현황	
제 1 절 국내기술현황	28
제 2 절 국외기술현황	30
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	
제 1 절 천연 미네랄 제조공정 기술 개발	31
1. 재료 및 방법	31
2. 결과 및 고찰	38
가. 광물성 및 식물성 미네랄의 추출 및 숙성 공정 개발	38
나. 광물성 및 식물성 미네랄의 혼합발효 공정 확립	41
다. 제제화(액상, 고상, 입상)를 위한 보조 첨가제 및 제조공정 확립	43
라. 제품생산을 위한 pilot plant 공정 시스템 구축	44
제 2 절 원예작물의 품질 향상 및 실용화 기술 개발	45
1. 재료 및 방법	45
2. 결과 및 고찰	49
가. 원예작물의 생육 및 품질향상을 위한 적정 농도 및 처리방법, 처리 시기 구명	49
1) 미네랄 제제의 농도 및 처리방법이 상추(<i>Lactuca sativa</i> L.)의 생육에 미치는 효과	49

2) 미네랄 제제의 농도 및 처리방법이 오이(<i>Cucumis sativus</i> L.)와 배(<i>Pyrus communis</i> L.)의 생육 및 품질에 미치는 효과	53
3) 천연 미네랄 제제 흡수 촉진제의 농도 및 처리방법, 처리시기가 원예작물의 생육 및 품질에 미치는 효과	57
4) 최종 생산된 미네랄 제제의 적정 농도가 상추, 고추, 토마토의 생육 및 품질에 미치는 효과	74
제 3 절 기능성 가축 사료 첨가제 및 실용화 기술 개발	78
1. 재료 및 방법	78
2. 결과 및 고찰	87
가. 육계에서 우수한 천연미네랄 제제의 선정	87
나. 육계에 있어 천연미네랄 제제의 첨가수준에 따른 생산성 평가	88
다. 산란계에 있어 우수한 천연미네랄제제의 선정	91
라. 선정된 천연미네랄제제의 첨가가 산란계의 기능성 난 생산 평가	95
마. 돼지에 있어 천연미네랄 구성 원료에 대한 생산성 평가	90
바. 돼지에 있어 천연미네랄에 대한 첨가수준 및 생산성 평가	100
제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	102
제 5장 연구개발결과의 활용계획	104
제 1 절 연구개발의 필요성	104
제 2 절 연구개발 수행계획	104
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	106
제 1 절 국외기술현황	106
제 7 장 참고문헌	107

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

미네랄은 식물의 영양을 공급하는 비료의 역할, 산업용 폐수를 처리하는 폐수처리제, 축산농가의 농축산 폐수정화제, 수산물 양식장의 처리제 및 화장품 등의 여러 제품에 사용된다. 농업에 있어서 미네랄 성분이 토양에 없으면 아무리 다른 종류의 비료를 풍부하게 주더라도 식물은 영양분을 충분히 흡수할 수 없으며, 뿌리가 약하고 생장이 느리고 수확량도 줄어들게 된다. 제한된 시설내에서 고품질의 경쟁력이 있는 농산물을 지속적으로 생산하기 위해서는 **각 농산물마다 필요한 목적의 기능성 영양관리**를 충족시킬 수 있는 비료의 개발이 절대적으로 필요하고 시급한 실정이다. 또한 미네랄 제제는 미량요소 공급으로 가축 및 식물체의 각종 미량요소 결핍으로 인한 생리장해를 예방할 수 있고 병해충에 대한 저항성을 증진시킬 수 있어 본 제품의 개발은 **생물 생산 사업 현장에서 매우 중요한 부분**이다. 그러나 지금까지 개발된 미네랄은 금속성 미네랄 또는 킬레이트화 미네랄로서 사람을 포함한 동식물에 있어서 **흡수율이 낮은 문제점**을 내포하고 있으며(흡수율 : 금속성 미네랄 8~12%, 킬레이트화 미네랄 35~45%) 외국으로부터 수입되는 미네랄 제제는 수천억원에 이르며 주로 **킬레이트화 미네랄제제로 고가이기 때문에** 농축산물을 주로 생산하는 전업농가 또는 양축농가의 경제적인 부담이 큰 실정이다. 그러므로 현재 우리는 외국 농산물의 수입자유화에 따라 고품질 저가격 농산물로서 경쟁을 해야 한다. 기획적이고 계획적인 고품질 농산물의 생산(예:배 당도 증진으로 매출 20%상승)으로 안정적인 소득 증대를 유도하며, 축산물의 품질 향상과 내병성 증진 및 원예작물의 수확량 증대와 수확 후 고품질 유지로 최대의 부가가치를 창출하고 나아가 무병주 고품질 농축산물을 해외로 수출함으로써 **농가의 소득 증대에 기여**할 수 있다. 세계적인 경향에 따라 유기 합성 제제가 아닌 환경친화형 미네랄 제제에 의한 농산물 생산으로 농민이 편하게 농사를 지을 수 있고 소비자측면에서도 안심하고 소비할 수 있는 신선하고 깨끗한 농산물을 공급받을 수 있다는 측면에서 21세기 신 농업기술시대에 알맞은 천연 미네랄 제제라고 할 수 있을 것이다. 본 연구과제에서 개발코자 하는 미네랄

제제는 저비용으로 발효공정 개선에 의해 흡수율이 향상된 미네랄 제제를 생산할 수 있다.

제 2절 연구개발의 범위

본 연구는 생체흡수율이 향상된 다목적 천연 미네랄 제조 및 실용화 기술개발을 하고자 광물성 및 식물성 미네랄의 추출 및 숙성제조공정에 필요한 적정 온도 및 pH, EC를 조사하고 제제화(액상, 고상, 입상)을 위한 보조 첨가제 및 흡수촉진제를 이용한 제품 공정화를 확립하였다. 이렇게 개발된 천연 미네랄 제제로 원예작물의 품질 향상 및 실용화 기술 개발과 기능성 가축 사료 첨가제 및 실용화 기술 개발을 위해 적정 농도 및 처리방법, 처리시기, 육계에서 우수한 천연미네랄 제제의 선정 및 첨가수준에 따른 생산성 평가, 산란계에 있어 우수한 천연미네랄제제의 선정 및 기능성 난 생산 평가, 양돈사료용 천연미네랄에 대한 적정 첨가제 선정 및 첨가 수준 및 생산성 평가를 연구하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내기술현황

미네랄과 관련된 기술 수준은 선진국의 유관산업과 비교하여 아직은 미흡한 단계로 특히 미네랄 성분의 흡수율에 있어 기술적으로 큰 차이가 남. 특히 병충해방지, 생장촉진, 과실당도의 증가, 미각, 향기의 증가 등 농산물 품질개선 등 목적을 달성하기 위한 공통적인 문제는 셀레늄(selenium), 바나디움(vanadium) 등 균형을 갖춘 초미량원소의 보완이라 할 수 있다. 질소, 인산, 칼륨과 금속이온들을 킬레이트 착물과 결합시켜 수용성이 강하고 영양의 전달 속도가 빠르며 모든 영양성분을 식물에 공급시켜서 식물의 영양성분 결핍으로 인한 피해를 방지하는 방법이 개발되었으나(한국특허등록 제10-0354773호, 2002.9) 제조공정이 복잡하고 고가의 EDTA를 이용함으로써 인산 제조원가의 상승이 우려되는 실정이다. 무공해 천연액비의 제조방법으로 인산성분(P_2O_5) 등의 함량이 매우 높은 구아노원광을 주원료로 맥반석, 불석, 게르마늄, 셀레늄, 계분, 망간 등을 분쇄, 액화비료의 배합 및 희석, 숙성공정을 거쳐 액체비료를 제조하는 방법이 특허등록이 되었으나 (한국특허등록 제10-0350398호, 2002.8) 이것도 많은 첨가제가 별도로 필요로 하므로 제조원가의 상승이 우려된다. 질석과 비석에 25%의 진한 황산으로 100℃에서 20시간 이내로 처리하여 얻은 미네랄액에 게르마늄이 포함된 수용액을 혼합하는 방법이 공개되었으나(한국특허공개 특2002-0045134호, 2002.6) 천연광물을 강전해질인 황산으로 처리한 미네랄액이기 때문에 동,식물의 흡수율에 많은 문제가 있을 것으로 예상된다. 펠라이트, 게르마늄, 황토, 백반석 등 광물질을 1300℃로 소성시켜 분쇄한 분말을 혼합한 수용액에 흡수 촉진제, 숯가루, 왕겨와 광합성균, 유산균 등과 접촉시켜 상온에서 발효시켜 만든 광물질을 함유하는 비료의 제조방법이 공개되었으나(한국특허공개 특2002-0040635호, 2002.5), 본 연구에 사용된 광물질만을 고온으로 소성시켜 만드므로 미네랄 함량의 균형 여부가 우려된다.

본 연구기관에서 맥반석, 송이석 및 운모석에서 추출하여 제조한 천연미네랄의 함량은 표 1과 같다(예비시험자료).

표 1. 금속성광물을 황산으로 추출한 미네랄액의 분석결과

구분	실험 1	실험 2	실험 3
	맥반석 산처리	송이석 산처리	운모계 산처리
pH	0.6	0.3	0.2
전도도 ms/cm	10배 희석액 62.4	10배 희석액 128.2	
Mg	9,098.8	14,260	7,300
Si	135.24	839.96	32.1
Ca	4,167.6	2,134.4	420.0
Mn	1,435.2	569.5	204.0
Fe	30,360	18,492	8,730
Zn	147.2	427.8	30.9
Na	211.6	704.6	92.5
K	772.8	740.6	2,111
Cu	3.7	32.5	5.29
P(PO4)	94.7	53.0	857.0
S	12,604	16,744	
As	0	25.1	0
La	22.9	10.0	
Li	5.7	1.2	5.93
Ni	0	0	2.23
Mo	0	0	0.81
Se	10.0	10.2	0.71
Al	19,044	22,816	12,900
Ge	0	0	2.43
Cr	88.7	20.6	0
Pb	10.1	15.1	0
Cd	0	12.3	0
Co	9.7	16.1	6.5
W			15.1
Ba			0.83
Ti			80.6.0
Rb			39.5
Hg			0
V			8.0

위 성분분석 결과로부터 대상광물 적당한 비율로 희석하면 사용이 가능한 것으로 나타났다.

제 2절 국외기술현황

일본에서는 사람의 장내 흡수율을 향상시키기 위하여 킬레이트화 미네랄의 개발이 완료되어 건강보조식품으로 사용되고 있다(종합 영양제, 바이오미네랄, 2000). 또한 농업용으로 EDTA를 이용한 킬레이트화 미네랄을 딸기, 고추 등의 칼슘결핍증 치료 또는 영양제로 이용되고 있으며, 최근에는 심해수에 포함된 미네랄을 적당히 희석하여 농업용, 화장품 또는 건강식품 등으로 판매되고 있다(토양비료개론, 2001). 미국에서는 수백만년전 지중에 형성된 부식이탄석(腐食泥炭石)을 채취-용출-여과-정제-농축하여 고농도의 미네랄을 상품화하여 판매하고 있다(굿모닝21, <http://www.goodmorning21>). 미국, 화란, 일본 등 선진 외국의 경우에는 산·학·연 공동으로 연구하여 수많은 기능성 미네랄 제제가 개발되고 산업적으로 활용되고 있다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 천연 미네랄 제조공정 기술 개발

1. 재료 및 방법

가. 광물성 미네랄의 산처리 및 숙성 공정 개발

본 연구는 대상광물을 맥반석, 흑운모, 장석, 폐각을 분쇄하여 분말(20 mesh)로 사용하였고 산처리 및 숙성을 위한 처리내용은 맥반석 2kg에 황산(30%)용액 5ℓ를 천천히 주입하여 80℃에 120 rpm으로 3시간 동안 교반한 후 여과하여 전량 5ℓ로 mass up 시킨후, 추출액 1ℓ에 물 19ℓ를 넣고 흑설탕 2kg, 미생물제제(AMO) 500ml을 첨가후 교반기에서 30℃, 20rpm으로 10일간 숙성시켰다(흑운모, 장석 동일). 포리용기에 구연산을 2중량% 함유한 양조곡물초 20ℓ를 넣고 폐각 분말을 2kg 투입하고 120rpm으로 12-48시간동안 교반후 여과하여 사용하였다. 조사 분석 내용은 pH, EC, Al 외 25가지 미네랄을 ICP-AES와 ICP-MS로 분석(기초과학지원연구원)하였다.

나. 식물성 미네랄의 추출 및 숙성 공정 개발

본 연구는 대상식물을 쑥(*Artemisia princeps*), 솔잎(*Pinus densiflora* Sieb.)이 이용되었고 추출 및 숙성을 위한 처리내용은 물 20ℓ에 각각 쑥(*Artemisia princeps*)과 솔잎(*Pinus densiflora* Sieb.) 분말(20 mesh) 5kg을 넣고 80℃에서 6시간동안 추출하였으며, 추출물에 흑설탕 2kg, 미생물제제(AMO)를 첨가하여 교반기에서 30℃, 20rpm으로 10일간 숙성시킨 후 여과하였다. 추출된 시료(약5g)를 유리 비이커에 넣고 말린 후 고순도 질산을 5ml 넣고 고온(200℃이하) 상태에서 충분히 반응시킨다. 반응이 충분히 끝나면 상온에서 냉각시킨 후 질산을 증발시키고, 다시 2% 질산으로 녹인 후 최종 무게 (20g)으로 맞추고 ICP-AES와 ICP-MS(Model/Marker : Elan 6100/Perkin Elmer, USA)로 Al 외 25가지 미네랄 분석과 아미노산류 분석(기초과학지원연구원)을 하였다.

표 2. ICP-MS와 ICP-AES 분석 조건

ICP-MS 기계와 작동 조건		ICP-AES 기계와 작동 조건	
모델/표시 : Elan 6100/Perkin Elmer, USA		Jobin Yvon 138Ultra	
RF 발전력	1.0KW	출처	Argon Plasma (6000K)
RF 빈도	40MHz	스펙트럼 범위	120 ~ 800nm
Argon 가스 유동률		초점 길이	1000mm
플라스마	15L/Min	분석	0.005nm in UV
Auxiliary	1.2L/Min	RF 빈도	40.68 MHz
Nebulizer	0.86L/Min	발전력	2.3Kw
Sampler Cone	1.1mm, Nickel	플라스마 가스	12 L/min
Skimmer Cone	0.9mm, Nickel	Nebulizer	modified Lichte
이온 렌즈	5.50V	분무식 챔버	cyclonic
아날로그형 볼트	-2037.5V		
Pulse형 볼트	1600V		
판별기 한계값	90V		
Resolution	0.75AMU		
Sweep Time/readings	30		
AMU 당 정지 시간	50mS		
반복수	3		
Nebulizer	Concentric		

다. 광물성 및 식물성 미네랄의 혼합발효 공정 확립

본 연구는 광물성 및 식물성 미네랄에서 추출된 흑운모:쑥:솔잎을 8:1:1(v/v)로 혼합 후 30°C Bioreactor에서 10일간 숙성하였다.



그림 1. Bioreactor를 이용한 광물성 및 식물성 추출액의 온도별 숙성과정
(좌에서 우로 : 15℃, 20℃, 25℃, 30℃)



그림 2. 광물성 및 식물성 추출액의 bioreactor를 이용한 혼합숙성과정

라. 제제화(액상, 고상, 입상)를 위한 보조 첨가제 및 제조공정 확립

1) 제제화를 위한 보조 첨가제 조제 및 선별

가) 보조 첨가제 선별

본 연구는 혼합 천연 미네랄 제제의 흡수 촉진에 관한 것으로 흡수 촉진제(10cps, DA95%)와 계면활성제(Span 20)를 사용하였으며 처리내용은 혼합 발효된 제제에 흡수 촉진제(10cps, DA95%)와 계면활성제(Span 20), Ca을 0.01% 첨가하여 원예작물인 오이(*Cucumis sativus* L.)와 배(*Pyrus communis* L.)에 각각 처리하여 실험하였다. 조사 분석 내용은 AI 외 25가지 미네랄을 ICP-AES 와 ICP-MS로 아미노산을 HPLC 조건의 방법으로 분석하였다(기초과학지원연구원).

나) 흡수 촉진제의 제조 및 혼합공정 확립

(1) 흡수 촉진제의 제조 방법

키틴은 동해안 속초 소재 경화교역(구:동보교역)에서 생산된 키틴 후레이크(3~15mm 크기)를 실험재료로 사용하였다. 탈아세틸화 반응은 경질4구후라스 크를 이용하였으며, 질소가스가 흐르는 상태에서 수행하였다. 소정의 NaOH용액을 반응기에 넣고 질소를 약 50cc/min으로 흘리면서 원하는 온도로 조절하였다. 일정온도에 도달하면 질소의 유량을 약 300cc/min으로 하였다. 원하는 반응시간에서 냉각시켜 세척·건조한 다음 탈아세틸화도 및 점도측정을 위한 시료로 하였다. 탈아세틸화도(degree of acetylation)는 콜로이드 적정법(식품첨가물공전 : 식약청고시 2000-57호, 2000.11.28)에 의해 측정하였다. 시료 0.5g을 정밀히 달아 5v/v%초산에 녹여 정확히 100cc로 한다. 이 키토산 용액 1ml를 200ml삼각플라스크에 취하고 이에 물 30ml를 가하여 교반 혼합한 다음 지시약으로 0.1% toluidine blue 2~3방울을 떨어뜨린 후 N/400PVSK(polyvinyl sulfate K Salt)용액으로 적정하였으며, 종말점은 청색이 자색으로 변하는 점으로 하였다.

탈아세틸화도 (DA%)는 다음 식으로 계산하였다.

$$DA\% = 100 / (50 / 4.03V - 1) \times 0.793 + 1$$

V : value of titration(cc)

탈아세틸화후의 분자량은 점도를 측정하여 추정하였다.

시료 0.2g을 0.2M acetic acid-0.1M용액 50cc에 용해시켜 0.4%(w/v)용액을 제조하였다. 이 용액을 앞의 0.2M acetic acid용액을 사용하여 1/2농도로 희석하였다. 각 용액에 대하여 Ubbelohde점도계로 점도를 측정하여 절대점도(고유점도)를 계산하고 다음 식에 의해 분자량을 추정하였다. 여기서 사용한 정수, K와 a 는 Lee(문헌 23)가 결정 한 값 즉 8.93×10^{-4} 과 0.71을 사용하였다.

$$(\eta) = K \cdot M^a$$

(η) : 절대 점도(고유점도)

K : 정수 M : 분자량

a :정수

구입한 키틴을 사용하여 진한 농도의 NaOH수용액중에서의 탈아세틸화반응에 의해 키토산을 제조하였다. 즉 NaOH 농도 48%, 반응온도 110°C에서 반응시간의 변화에 따른 탈아세틸화도와 점도를 조사하여 표. 1에 나타내었다.

표 3. 알칼리농도와 반응시간 변화에 따른 키토산의 특성

	Time (hr)	Temperature (°C)	Alkali concentration (%)	D.D.A (%)	Viscosity (cps)
test 1	1	110	30	35	-
test 2	2	110	40	40	-
test 3	3	110	48	65	880
test 4	4	110	48	80	700
test 5	5	110	48	90	600
test 6	6	110	48	95	550
test 7	7	110	48	98	450
test 8	8	110	48	100	390

키토산의 특성은 표 1에 나타난 바와 같이 반응시간이 길어짐에 따라 또 반응온도가 증가함에 따라 탈아세틸화($-\text{NHCOCH}_3 \rightarrow -\text{NH}_2$)는 쉽게 진행되지만 분자량은 크게 감소함을 알 수 있었다. 이는 고온의 고농도 알칼리용액중에서 키토산이 분해하기 때문으로 생각한다. 키토산의 탈아세틸화도는 같은 반응시

간에서 반응온도의 증가와 함께 크게 증가하였는데, 탈아세틸화도가 약 80% 이상이면 110℃에서는 4시간 이상 반응시켜야 하고, 키토산의 분자량은 반응온도가 증가함에 따라 크게 감소하는 경향을 보였다.

고분자키토산은 탈아세틸화도가 95%이상인 110℃, 6시간 반응시의 점도는 550cps를 고분자라 명라고 이를 위 식에 대입하여 환산한 분자량은 247,000 정도로 나타났다. 한편 중분자키토산은 탈아세틸화도가 95%이상인 110℃, 8시간 반응시의 점도는 390cps를 고분자라 명라고 이를 위 식에 대입하여 환산한 분자량은 176,000 정도로 나타났다. 또한 저분자키토산은 위에서 제조된 키토산(점도 : 390cps)에 0.5%-과산화수소수를 넣고 교반하면서 30℃에서 5시간 반응시킨 다음 세척하여 점도를 측정한 결과 키토산의 점도는 10cps이고, 이를 분자량으로 환산한 결과 37,000 정도로 나타났다.

연구에 사용된 키토산은 3종류로 고분자 키토산의 분자량은 247,000이고 중분자키토산의 분자량은 176,000이며 저분자 키토산의 분자량은 37,000임을 확인할 수 있었다.

(2) 혼합공정 과정

본 연구는 흡수 촉진제제를 제조된 천연 미네랄 원액에 고분자·중분자 흡수 촉진제와 올리고당을 혼합하였다. 80℃ 정도로 끓인 물에 3% 흡수 촉진제(고분자, 중분자, 저분자 각 20g)을 넣은 후 흡수 촉진제를 용해시키기 위하여 빙초산(40ml)을 흡수 촉진제와 같은 비율로 넣은 후 교반하였다. 흡수 촉진제를 용해시킨 후 미네랄 원액(20ml)을 첨가하고 젯산칼슘(2g)을 넣은 후 최종 2ℓ로 mass up 시킨 후 1주일간 숙성시킨 것이다. 이와 같은 방법으로 2% 흡수 촉진제(고분자, 중분자, 저분자 각 14g)과 빙초산은 28ml, 1% 흡수 촉진제(고분자, 중분자, 저분자 각 7g)과 빙초산 14ml을 첨가한 것을 원예작물인 오이(*Cucumis sativus* L.)와 배(*Pyrus communis* L.), 국화(*Dendranthema grandiflorum*)에 각각 처리하여 실험하였다. 조사 분석 내용은 AI 외 25가지 미네랄을 ICP-AES 와 ICP-MS로 아미노산을 HPLC 조건의 방법으로 분석하였다(기초과학지원연구원).

표 4. HPLC 조건(Hewlett Packard 1100 Series)

1. Column	Waters Symmetry C18 (4.6×250mm, 5μm)
2. Column 오븐 온도	섭씨 46℃
3. HPLC 펌프	HP 1100 Series, Binary Pump
4. HPLC 주사기	HP 1100 Series, Autosampler
5. 가변성 파장 검출기	HP 1100 Series, 254nm
6. 용매	A) 1.4mM NaHAc, 0.1% TEA, 6% CH ₃ CN, pH6.1 B) 60% CH ₃ CN
7. elution	용매 B (0-100%)의 직선 경사
8. 유동률	1.0ml/min
9. 작동 시간	50min
10. equil time	10min
11. 주입량	표준 4μl 시료 50μl

2) 제제화(액상, 고상, 입상) 제조공정 확립

본 연구는 CMC(Carboxyl Methyl Cellulose), 흡수 촉진제 분말, 올리고당 분말, 물엿(Sorbitol용), 옥수수 전분, 빙초산(Acetic acid), 미네랄 제제, 과립 상태의 동물용 사료, 채 등을 사용하였다. 액상 제제는 미네랄 원액 100ml에 빙초산에 녹인 흡수 촉진제 원료 20g을 올리고당 20g과 잘 혼합하였으며 입상 제제는 이 혼합 액상의 원료를 유용사료에 coating한 것을 1차 발효시킨후 건조시켜 고상의 기능성 사료로 제조하였다. 흡수 촉진제 원료 100g과 올리고당 100g을 옥수수 전분 200g과 혼합하고 미네랄 원액 200ml를 입자가 굵은 Vermiculite와 섞은 후 CMC 5g과 증류수를 첨가하여 고상 제제로 조제하였다.

마. 제품생산을 위한 pilot plant 공정 시스템 구축

본 연구는 천연 미네랄 제제를 생산하기 위해 80℃/6시간 동안 추출한 후 30℃/10일간 숙성시킨 썩, 솔잎의 식물성 미네랄과 80℃/3시간 동안 여과한 후 30℃/20일간 숙성시킨고 광물성 미네랄은 흑운모로부터 패각분말을 산처리하여 추출한 Ca 성분을 첨가하여 혼합 발효시킨후 미네랄 제제를 조제하였다. 미네랄 제제의 흡수율을 높이기 위해 계면활성제와 흡수 촉진제 3%를 최종 선별·첨가하여 완제품 생산 pilot plant 공정을 구축하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 광물성 및 식물성 미네랄의 숙성 공정 개발

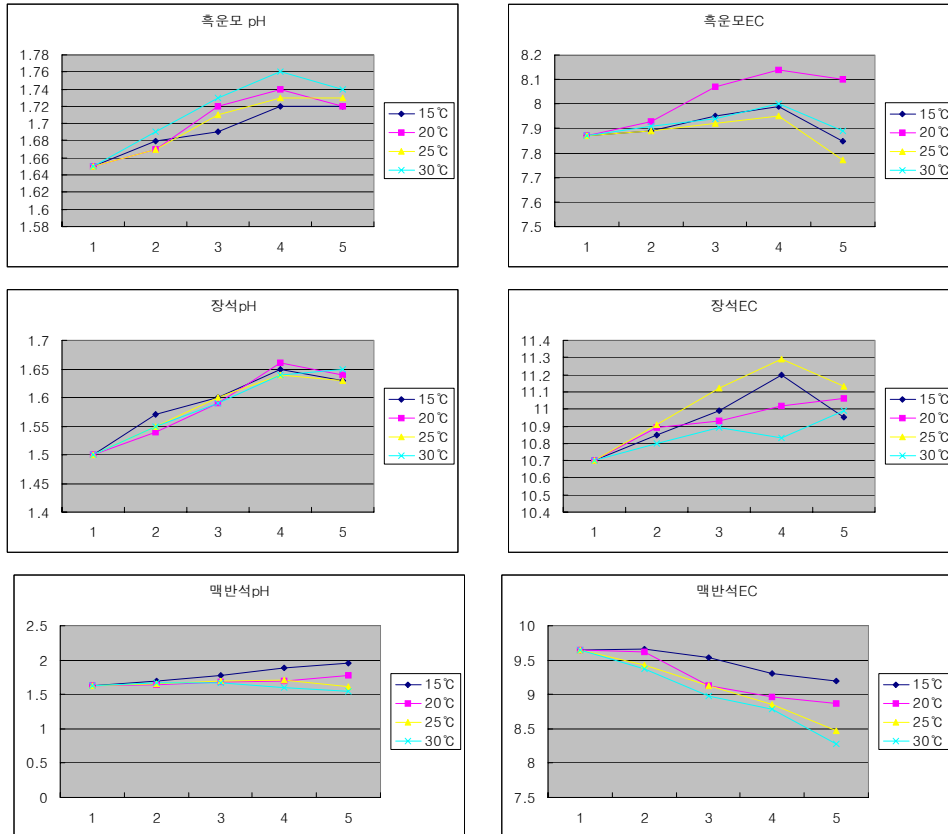


그림 3. 광물 추출액의 bioreactor에서 숙성시킨 pH와 EC의 변화

광물성 추출액의 pH의 변화는 숙성시킨 시간이 지날수록 활발한 산반응에 의해 증가가 되다가 다시 안정이 되었으며, EC의 변화는 흑운모와 장석의 경우는 숙성 초기에는 다소 증가가 되었으나 시간이 지날수록 안정이 되었다. 그러나 맥반석의 경우는 숙성 초기부터 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었다.

표 5. 패각 유래 미네랄 성분 분석 결과

	패각(%)		패각($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
N	0.25	Fe	8.26
P ₂ O ₅	0.01	B	3.65
K	0.54	Zn	5.14
Ca	15.1	Mo	11.45
Mg	0.12	Al	9.13
Cl	22.47	Pb	3.04
S	0.02	Cd	-
Na	0.32	Cr	0.26
Cu	1.67	As	-
		Ag	0.07

광물성 유래 원료에는 Ca 함량이 부족하였는데 패각추출액에서 Ca 함량이 15.1%로 추출되어 혼합 공정시 Ca 성분을 보완하는데 사용하였다.

표 6. 광물성 및 식물성 유래 천연미네랄의 성분분석결과

	광물성(ppm)			식물성(ppm)	
	흑운모	장석	맥반석	쭈	솔잎
Al	1829	129	637	1.76	5.84
Ca	63	34	785	201.78	151.65
Fe	3212	82	2180	4.99	4.27
K	1016	29	50.7	1427.26	595.13
Mg	1337	27	333	81.09	63.90
Mn	37	5	133	2.12	9.66
Na	48	4	-	33.52	28.09
P	68	20	-	116.69	32.76
Si	6	1	-	42.24	23.32
Ti	173	2	-	0.03	0.01
Li	2.89	0.14	1.5	0.021	0.013
V	4.03	0.10	-	0.005	0.005이하
Cr	4.36	0.85	11.4	0.117	0.078
Co	0.86	0.03	-	0.015	0.016
Ni	2.08	0.28	-	0.204	0.119
Cu	1.05	0.03	1.73	0.156	0.125
Ge	30.0	-	-	-	-
Zn	7.18	4.30	-	1.116	1.272
As	0.01이하	0.01	-	0.075	0.025
Se	0.01이하	0.04	-	0.005이하	0.005이하
Rb	6.35	0.13	0.98	1.043	0.895
Mo	0.08	0.06	-	0.005	0.004
Cd	0.04	0.06	-	0.002	0.005
Ba	0.05	0.02	-	0.440	0.663
W	0.01이하	0.00	-	0.008	0.006
Pb	0.01이하	0.03	1.06	0.054	0.047

흑운모의 미네랄 함량은 Al 1,829¹, Fe 3,212, K 1,016, Mg 1,337ppm으로 장석 및 맥반석에 비해 높은 수치가 나왔다. 특히 흑운모에서는 Ge 30ppm과 V 4.03ppm이 함유되어 있었다. 쭈는 K 1,427.26, Ca 201.78, P 116.69ppm이 가장 많이 함유되어 있었다. 혼합공정을 위한 광물성 추출액은 전반적으로 미네랄 성분이 많이 함유되어 있는 흑운모를 사용하였으며, 쭈과 솔잎 추출액으로 미네랄 성분을 보완하였다.

나. 광물성 및 식물성 미네랄의 혼합 발효 천연 미네랄 공정 확립

표 7. 혼합 발효 후 생산된 천연 미네랄의 성분 함량

	혼합발효액(ppm)	시중제품(ppm)
Al	971.00	1300.00
Ca	939.00	50.00
Fe	432.10	328.95
K	345.10	224.00
Mg	286.80	10.30
Mn	6.41	20.50
Na	50.75	24.90
P	14.01	25.40
Si	11.05	11.30
Ti	18.13	105.60
Li	0.1이하	3.04
V	4.35	3.16
Co	0.15	0.99
Ni	2.55	0.39
Cu	3.60	0.55
Ge	0.80	8.96
Zn	1.08	2.41
Se	0.1이하	2.65
Rb	1.40	0.50
Mo	0.59	0.74
Ba	0.05	0.01
W	0.05	1.00

최종 혼합 발효액이 타사 제품과 비교 하였을 때 Ca 939, Mg 286.8, K 345.1ppm으로 많은 양이 검출되었고, 다른 미네랄 성분들에 있어서는 거의 유사한 농도로 나타났으나 Se, Ge 등의 다소 함량이 낮게 분석된 미네랄 성분들은 좀 더 보완해야 할 것으로 사료되었다.

표 8. 최종 혼합 발효 후 생산된 천연 미네랄의 아미노산 성분 함량

AA	Result	MOL%	(ug/ml)	(nM/ml)
CYS	0.00	0.00	0.00	0.00
ASP	0.00	0.00	0.00	0.00
GLU	0.00	0.00	0.00	0.00
ASN	182.90	2.06	1.93	14.63
SER	197.20	2.22	1.66	15.78
GLN	108.26	1.22	1.27	8.66
GLY	328.49	3.70	4.08	26.28
HIS	323.94	3.65	1.95	25.92
ARG	224.90	2.54	3.13	17.99
THR	3284.42	37.04	31.30	262.75
ALA	265.25	2.99	1.89	21.22
PRO	956.30	10.79	8.81	76.50
TYR	617.63	6.97	8.95	49.41
VAL	220.57	2.49	2.07	17.65
MET	216.93	2.45	2.59	17.35
Cys2	350.06	3.95	6.73	28.00
ILE	199.68	2.25	2.10	15.97
LEU	142.32	1.61	1.49	11.39
PHE	719.74	8.12	9.51	57.58
TRP	69.04	0.78	0.91	5.52
LYS	459.02	5.18	6.07	36.72
TOTAL	8866.66	100.00	96.43	709.33

최종 혼합된 천연미네랄액의 아미노산성분 함량 결과를 보면 우선 필수아미노산에 있어서 신진대사와 동화작용을 돕는 THR(threonine)이 31.30ug/ml으로 가장 많은 양이 검출되었으며 항우울제 및 뇌에 이용되는 PHE(phenylalaine)과 칼슘섭취와 Collagen형성을 돕는 LYS(lysine)등의 순으로 검출되었다. 또한 필수 아미노산 이외의 여러 가지 아미노산이 검출되었으며, 기존의 외국에서 수입되어진 아미노산제와 유사하거나 다소 높은 함유량을 보였다.

다. 제제화(액상,고상,입상) 제조공정 확립



그림 4. 완성된 제품제조 액상, 고상, 입상 상품
(좌에서 우 : 액상, 고상, 입상)

흡수 촉진제는 원료 키틴 후레이크를 아세틸화 시킨후 분자량 크기별로 고분자(247,000), 중분자(176,000), 저분자(37,000)를 제조하였다. 액상 제제는 미네랄 원액 100ml에 원료 20g을 올리고당 20g과 잘 혼합하였으며 입상 제제는 이 혼합 액상의 원료를 유용사료에 coating한 것을 1차 발효시킨후 건조시켜 고상의 기능성 사료로 제조하였다. 원료 100g과 올리고당 100g을 옥수수 전분 200g과 혼합하고 미네랄 원액 200ml를 입자가 굵은 Vermiculite와 섞은 후 CMC 5g과 증류수를 첨가하여 고상 제제로 조제하였다. 이렇게 생산된 액상제제는 단-미네랄 I (Dan-mineral I), 고상제제는 단-미네랄 II (Dan-mineral II), 입상제제는 단-미네랄 III (Dan-mineral III)로 명명하였다. 이 제품들은 생체 흡수율이 높은 미네랄 제제로서 다양한 기능성 원예작물/가축용 사료로 이용하기 위해조제하였다.

라. 제품생산을 위한 pilot plant 공정 시스템 확립

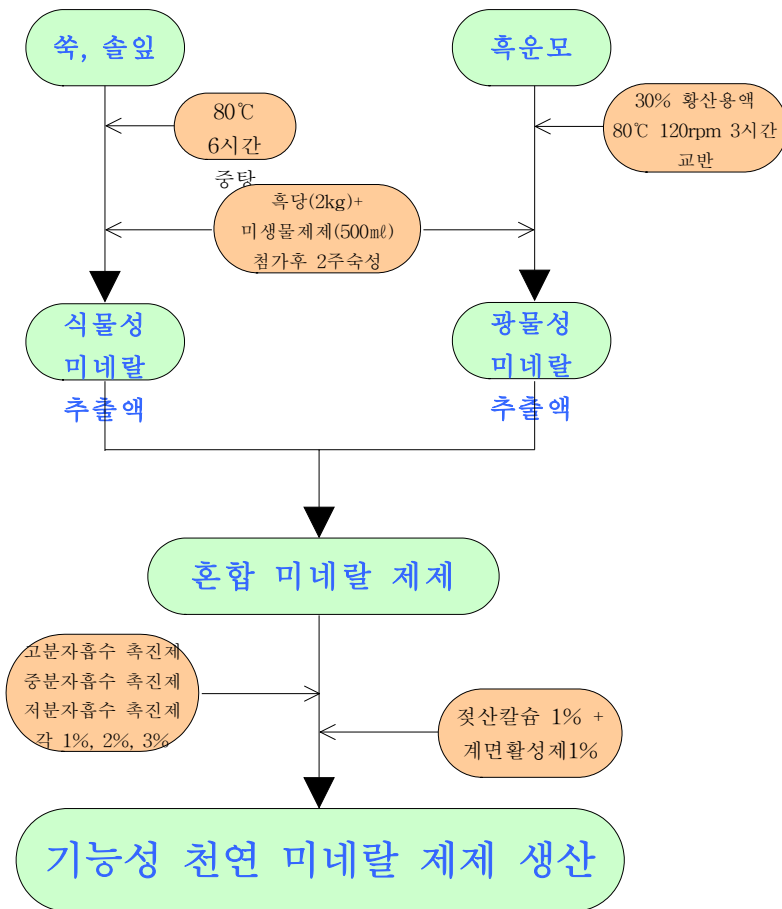


그림 5. 천연 미네랄 액비 제조공정

천연 미네랄 제제를 생산하기 위해 80°C/6시간 동안 추출한 후 30°C/10일간 숙성시킨 쭈, 솔잎의 식물성 미네랄과 80°C/3시간 동안 여과한 후 30°C/20일간 숙성시킨 광물성 미네랄을 흑운모로부터 폐각분말을 산처리하여 추출한 Ca 성분을 첨가하여 혼합 발효시킨후 미네랄 제제를 조제하였다. 미네랄 제제의 흡수율을 높이기 위해 계면활성제와 흡수 촉진제 3%를 최종 첨가하여 완제품 생산 pilot plant 공정 시스템을 구축하였다.

제 2 절 원예작물의 품질 향상 및 실용화 기술 개발

1. 재료 및 방법

가. 원예작물의 생육 및 품질향상을 위한 적정 농도 및 처리방법, 처리시기 구명

1) 미네랄 제제의 농도 처리가 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육에 미치는 효과

본 실험은 2003년 11월 단국대학교 실험 온실에서 시행하였고 상추(*Lactuca sativa* L.)의 품종은 '적치마상추'를 이용하였고 공시재료로는 상추 과종을 위해 128공 트레이와 이식을 위해 비닐포트 4치×12cm×9.5cm를 이용하였으며 상토:발효물 1:1 비율로 혼합하여 사용하였다. 처리내용은 이식 2주 후 흑운모:쑥:솔잎을 1:1:1, 1:1.5:1.5, 1:2:2, 1:2.5:2.5(v/v) 비율로 혼합하여 대조구, 100배, 500배, 1000배, 2000배로 희석하였으며 처리당 6개체를 이용하였다. 조사내용은 생체중과 건물중으로 하였다.

2) 미네랄 제제의 농도 및 처리방법이 오이(*Cucumis sativus* L.)와 배(*Pyrus communis* L.)의 생육 및 품질에 미치는 효과

본 실험은 2004년 4월과 8월에 단국대학교 실험 온실과 경기도 안성시 소재 D배밭에서 시행하였고 오이의 품종은 '백따다기'로 하였으며 배의 품종은 '신고배'로 하였다. 공시재료는 오이의 경우 과종을 위해 72공 트레이와 이식을 위해 화분 10호(Φ321(268)×H240)를 이용하였고 상토:발효물 1:1 비율로 혼합하여 사용하였으며 배의 경우는 배밭을 임시로 대여받아 실험한 관계로 공시재료는 없는 것으로 볼 수 있다. 처리내용은 오이의 경우 이식 2주 후 천연 미네랄 제제를 대조구, 원액, 50배, 100배, 500배, 1000배, 2000배로 희석하여 분무, 관주로 처리하였고 조사내용은 초장, 마디수, 측지수, 엽수로 하였으며 처리당 4개체를 이용하였다. 배의 경우는 미네랄 제제를 대조구, 500배, 1000배로 희석하여 분무, 관주로 처리하였다 처리당 10개의 평균치 열매를 선별하였고 조사 내용은 과중, 과경, 과직경, 경도, 당도로 하였으며 배잎·배육·배피의 각 처리별 미네랄 함량을 ICP-AES 방법으로 분석하였다(기초과학지원연구원).

3) 천연 미네랄 제제 흡수 촉진제의 농도 및 처리방법, 처리시기가 원예작물의 생육 및 품질에 미치는 효과

가) 흡수 촉진제의 분자크기 및 농도가 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

본 실험은 2005년 3월 단국대학교 실험 온실에서 시행하였고 상추(*Lactuca sativa* L.)의 품종은 '적치마상추'를 이용하였으며 공시재료는 비닐포트 4치×12cm×9.5cm를 이용하였으며 상토:밭흙을 1:1 비율로 혼합하여 사용하였다. 처리내용은 이식 2주 후 흡수 촉진제 함량을 0.5%, 1%, 1.5%로 하고 흡수 촉진제의 분자크기를 고분자, 중분자, 저분자, 고분자+중분자+저분자로 나누어 관주와 분무로 처리하였다. 조사내용은 엽장, 엽폭, 생체중, 건물중으로 하였고 각 처리별 미네랄 함량을 ICP-AES 방법으로 분석하였다(기초과학지원연구원).

나) 흡수 촉진제의 농도 및 처리시기가 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

본 실험은 2) 천연 미네랄 제제의 적정 농도 및 처리실험의 오이 실험을 연장하여 이용한 것으로 2004년 9월부터 적정 농도 실험과 처리시기 실험을 시작하였다. 적정 농도 실험의 처리내용은 흡수 촉진제 함량을 1%, 2%, 3%로 하여 무처리를 대조구로 하고 관주 처리는 천연 미네랄 제제를 500배, 1000배, 1500배로 희석하였으며 분무 처리는 천연 미네랄 제제를 500배, 1000배, 2000배로 희석하였다. 처리시기 실험의 처리내용은 흡수 촉진제 함량을 1%, 2%, 3%와 무처리를 대조구로 하고 1000배로 희석한 천연 미네랄 제제의 처리 시기를 초기, 중기, 후기, 초기+중기, 중기+후기, 생육전기간으로 하여 관주와 분무 처리를 하였다. 처리당 4개체를 이용하였고 조사내용은 적정 농도 실험은 초장, 마디수, 엽수, 측지수, 수확일, 과장, 과직경, 과중, 경도로 하였으며 각 처리별 미네랄 함량은 ICP-AES 방법으로 분석하였다(기초과학지원연구원). 처리시기 실험의 조사내용은 수확일, 과장, 과직경, 과중, 경도로 하였고 각 처리별 미네랄 함량을 ICP-AES 방법으로 분석하였다(기초과학지원연구원).

다) 흡수 촉진제의 농도 처리가 배(*Pyrus communis* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

본 실험은 2) 천연 미네랄 제제의 적정 농도 및 처리실험의 배 실험을 연장하여 이용한 것으로 2005년 4월부터 적정 농도 실험을 시작하였다. 처리내용은 흡수 촉진제 함량을 1%, 2%, 3%로 하여 무처리를 대조구로 하고 관주 처리는 천연 미네랄 제제를 500배, 1000배, 1500배로 희석하였으며 분무 처리는 천연 미네랄 제제를 500배, 1000배, 2000배로 희석하였다. 처리당 10개의 평균치 열매를 선별하였으며 조사내용은 과경, 과직경, 과중, 경도, 당도로 하였고 내피·외피의 각 처리별 미네랄 함량을 ICP-AES 방법으로 분석하였다(기초과학지원연구원).

라) 흡수 촉진제의 농도 및 처리시기가 국화(*Dendranthema grandiflorum*)의 품질에 미치는 영향

본 실험은 2004년 8월 단국대학교 유리온실에서 적정 농도 실험과 처리시기 실험을 시행하였다. 공시품종은 '레게(Reggae)'로 하였고 공시재료는 이색포트 DW120-8(120mm×105mm×79mm)와 원예용 상토를 이용하였다. 적정 농도 실험의 처리내용은 흡수 촉진제 함량을 1%, 2%, 3%로 하여 무처리를 대조구로 하고 관주 처리는 천연 미네랄 제제를 500배, 1000배, 1500배로 희석하였으며 분무 처리는 천연 미네랄 제제를 500배, 1000배, 2000배로 희석하였다. 처리시기 실험의 처리내용은 흡수 촉진제 함량을 1%, 2%, 3%와 무처리를 대조구로 하고 1000배로 희석한 천연 미네랄 제제의 처리 시기를 초기, 중기, 후기, 생육 전기간으로 하여 관주와 분무 처리를 하였다. 1포트당 3개체씩 5반복으로 하였고 조사내용은 개화소요일수, 초장, 엽수, 꽃수, 화폭, 줄기직경, 엽장, 엽폭, 지상부(생체중, 건물중), 지하부(생체중, 건물중)으로 하였다.

4) 최종 생산된 미네랄의 적정 농도가 상추, 고추, 토마토의 생육 및 품질에 미치는 효과

천연 미네랄 제제의 흡수 촉진제가 첨가제 완제품의 적정 농도별 효과를 분석하기 위해 상추, 고추, 토마토에 각각 처리하여 생육 및 품질을 분석하였다.

가) 처리방법이 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

본 실험은 2006년 1월 단국대학교 실험 온실에서 시행하였다. 상추(*Lactuca sativa* L.)의 품종은 '적치마상추'를 이용하였고 공시재료는 비닐포트 4치×12cm×9.5cm를 이용하였으며 상토:밭흙을 1:1 비율로 혼합하여 사용하였다. 처리내용은 무처리를 대조구로 하고 1000배로 희석한 Selenium과 Germanium 각각 1cc를 최종 천연 미네랄에 첨가하여 총 1000cc로 조제한 것과 Se와 Ge 혼합하여 2cc를 첨가하여 총 1000cc를 만들었으며 관주와 분무로 처리당 6반복 처리하였다. 조사내용은 초장, 초폭(가로×세로), 엽수, 생체중, 건물중으로 하였고 각 처리별 미네랄 성분을 ICP-AES 방법으로 분석하였다(기초과학지원연구원).

나) 농도 및 처리방법이 고추(*Capsicum annuum*)와 방울토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill)의 생육 및 품질에 미치는 영향

본 실험은 2006년 1월 단국대학교 비닐온실에서 시행하였으며 식물재료는 경기도 안성시 소재 육묘장에서 파리고추와 방울토마토로 구입하여 이식하였다. 공시재료는 화분 10호(Φ321(268)×H240)를 이용하였고 상토:밭흙을 1:1 비율로 혼합하여 사용하였다. 처리내용은 3% 흡수 촉진제의 천연 미네랄 무처리를 대조구로 하여 500배, 1000배, 2000배, 4000배를 희석하였으며 관주와 분무로 처리하였다. 온실 내 온도는 최저 15℃, 평균 20℃가 유지될 수 있도록 가온을 하였고 처리당 6반복으로 처리하였다. 조사내용은 파리고추의 경우 과장, 과직경, 과중으로 하였고 생체 내 Se과 Ge 성분을 ICP-AES 방법으로 분석하였으며(기초과학지원연구원) 방울토마토는 수확일, 과경, 과직경, 과중, 당도를 조사하였고 생체 내 Se과 Ge 성분을 ICP-AES 방법으로 분석하였다(기초과학지원연구원).

2. 결과 및 고찰

가. 원예작물의 생육 및 품질향상을 위한 적정 농도 및 처리방법, 처리시기 구명

1) 미네랄 제제의 농도 및 처리방법이 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육에 미치는 효과

표 9. 일차제조된 미네랄 성분의 농도 및 처리방법이 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육에 미치는 영향

혼합 비율	처리 ²⁾		생체중(g)	건물중(g)	
	처리 방법	희석농도			
I	관주	Control	36.2	2.0	
		100×	23.8	2.1	
		500×	21.4	1.5	
		1000×	35.4	2.4	
	분무	2000×	50.1	3.9	
		100×	44.3	3.2	
		500×	49.6	3.2	
		1000×	61.2	3.1	
		2000×	44.0	2.4	
		LSD		3.2	0.2
II	관주	100×	53.1	3.9	
		500×	57.0	3.0	
		1000×	52.9	3.5	
		2000×	41.5	2.7	
	분무	100×	34.4	2.3	
		500×	45.4	2.5	
		1000×	76.6	4.3	
		2000×	89.0	4.1	
		LSD		3.2	0.2
		III	관주	100×	49.3
500×	51.4			3.5	
1000×	59.1			4.0	
2000×	34.2			1.6	
분무	100×		61.4	3.5	
	500×		57.7	3.4	
	1000×		38.1	3.5	
	2000×		70.2	5.0	
	LSD			3.2	0.2
	IV		관주	100×	26.3
500×		31.2		1.7	
1000×		34.1		2.5	
2000×		24.6		1.9	
분무		100×	39.2	3.8	
		500×	37.7	3.3	
		1000×	38.7	3.6	
		2000×	23.5	0.8	
		LSD		3.2	0.2
		혼합 비율(A)		***	***
처리방법(B)		***	***		
희석농도(C)		**	***		

²⁾ I-흑운모:썩:솔잎=1:1:1(v/v), II-흑운모:썩:솔잎=1:1.5:1.5(v/v), III-흑운모:썩:솔잎=1:2:2(v/v), IV-흑운모:썩:솔잎=1:2.5:2.5(v/v), S : 엽면살포, D : 토양관주



미네랄 제제 'I'의 관주 처리



미네랄 제제 'I'의 분무처리



미네랄 제제 'II'의 관주 처리



미네랄 제제 'II'의 분무처리



미네랄 제제 'III'의 관주 처리



미네랄 제제 'III'의 분무처리



미네랄 제제 'IV'의 관주 처리



미네랄 제제 'IV'의 분무처리

그림 6. 농도 처리가 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육에 미치는 영향
(좌에서 우: 대조구, 100, 500, 1000, 2000배)



미네랄 제제의 관주 처리



미네랄 제제의 분무처리

그림 7. 처리방법이 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육에 미치는 영향
(좌에서 우: I, II, III, IV)

미네랄 제제 ‘II’ 2000배 분무처리시 생체중이 89.0g으로 가장 증가되었으며, 같은 천연 미네랄 제제 1000배 분무처리가 76.6g으로 증가되었다(표9). 천연 미네랄 제제액 종류별 처리 효과는 ‘II’처리구가 대조구 및 타 처리구에 비해 대체적으로 생장이 증가가 되었다(그림6-7). 또한 전반적으로 분무처리구가 관주 처리구보다 생체중과 건물중이 더 증가되었으며, 특별한 장애나 독성 피해 현상은 나타나지 않았다(표9, 그림6-7).

2) 미네랄 제제의 농도 및 처리방법이 오이(*Cucumis sativus* L.)와 배(*Pyrus communis* L.)의 생육 및 품질에 미치는 효과

가) 농도 및 처리방법이 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

표 10. 농도 및 처리방법이 오이(*Cucumis sativus* L.)의 초기생육에 미치는 영향

처리		초장	마디수	측지수	엽수
처리 방법	희석농도	(cm)	(ea)	(ea)	(ea)
관주	대조구	34.0	8.1	2.9	14.7
	50×	42.6	8.2	1.1	10.2
	100×	46.2	10.3	0.3	11.3
	500×	46.8	8.1	0.2	9.4
	1000×	48.3	9.3	0.8	14.3
분무	2000×	52.0	10.3	0.2	13.1
	50×	31.8	7.2	0.9	13.1
	100×	32.2	8.3	0.2	8.0
	500×	45.5	9.3	0.3	10.2
	1000×	47.0	9.4	0.7	14.3
	2000×	46.2	9.4	0.3	10.5
LSD		3.2	0.5	0.04	0.4
처리방법(A)		***	**	NS	*
희석농도(B)		***	**	**	**
A×B		***	**	*	*

초장은 미네랄 처리구가 대조구보다 상당히 증가되었으며, 2000배 관주 처리시 52.0cm로 가장 증가되었다. 분무처리시 1000배처리가 47.0cm로 다른 처리에 비해 증가하였고 마디수에 있어서도 초장과 유사한 결과를 보였으며 엽수는 관주 및 분무 1000배 처리가 가장 증가하였다.(표10). 처리방법에서는 관주 처리와 분무처리 간의 별다른 유의차를 나타내지 않았다(표10, 그림8-10). 전체적으로 볼 때 고농도가 식물체를 고사시켰으며, 저농도로 갈수록 생육이 좋아지는 결과를 보였다(그림8-10).



그림 8. 관주 처리가 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생육에 미치는 영향
(좌에서 우 : 대조구, 원액, 50, 100, 500, 1000, 2000배)



그림 9. 분무처리가 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생육에 미치는 영향
(좌에서 우 : 대조구, 원액, 50, 100, 500, 1000, 2000배)



그림 10. 처리방법이 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생육에 미치는 효과
(좌(1,000x)에서 우(2,000x) 각각: 대조구, 관주, 분무처리)

나) 농도 및 처리방법이 배(*Pyrus communis* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

표 11. 농도 및 처리방법이 배(*Pyrus communis* L.)의 생육에 미치는 영향

처리	과경(cm)	과직경(cm)	과중(g)	경도(kg)	당도(%)
대조구	99.2	109.7	730.7	1.2	11.6
관주 500×	101.4	111.2	752.7	1.2	12.3
1000×	101.0	112.9	799.8	1.3	12.2
분무 500×	102.3	113.3	742.9	1.5	12.5
1000×	101.6	113.7	770.3	1.5	12.4



그림 11. 농도 및 처리방법이 배(*Pyrus communis* L.)의 과육발달에 미치는 영향

(위에서 아래 : 대조구, 500S, 1000S, 500D, 1000D)

과중은 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 증가하는 경향을 보였으며, 그 중 1000배액 관주 처리에서 799.8g으로 가장 증가한 것을 알 수 있었다. 과경과 경도에 있어서는 유의성은 인정되지 않았으나 미네랄 처리구에서 대조구에 비해 다소 증가한 경향을 보였다. 과직경은 관주와 분무 처리구에서 증가하는 경향을 보였으며, 관주 처리구 보다는 분무 처리구에서 더욱 증가하는 경향을 보

였다(표11, 그림11). 당도는 모든 미네랄 처리구에서 다소 증가하는 경향을 보였다(표11).

표 12. 농도 및 처리방법이 배(*Pyrus communis* L.)의 부위별 미네랄 함량에 미치는 영향

	배잎					과육					과피				
	대조구	500×		1000×		대조구	500×		1000×		대조구	500×		1000×	
	관주	분무	관주	분무	대조구	관주	분무	관주	분무	대조구	관주	분무	관주	분무	
Al	155.0	188.0	135.5	158.2	132.7	50.66	77.13	75.51	111.5	88.54	54.01	63.94	74.76	114.5	73.04
Ca	14340	14158	12320	12100	10980	1016	886.8	1041	900.1	843.8	701.9	948.8	760.2	689.4	814.3
Fe	103.8	116.7	116.4	88.16	98.79	23.55	22.79	24.87	25.58	24.72	18.15	25.51	30.20	61.60	24.79
K	16310	21160	16950	13540	21230	22540	12440	29520	21760	24550	10520	12370	12220	10830	11610
Mg	2291	2291	2423	2428	2314	981.9	990.9	1356	889.0	1068	1447	1507	1625	1484	1459
Mn	357.6	543.9	675.3	601.9	566.7	10.37	9.96	12.06	9.207	9.888	25.96	33.62	35.74	30.58	30.44
Na	58.07	54.69	44.56	30.49	39.28	140.7	196.5	180.4	270.1	222.3	116.7	50.43	144.9	150.9	71.56
P	1189	1159	1118	1044	1101	1453	1090	1743	1139	1164	563	545.9	476.1	458.0	581.4
Ti	6.169	10.37	6.902	17.06	5.547	<0.7	0.755	1.043	23.24	1.049	1.200	2.101	1.944	4.184	2.227
Li	187.8	112.0	83.32	129.1	121.8	79.30	69.93	39.51	148.8	52.93	42.95	42.97	31.15	51.11	36.86
V	150.6	167.3	103.3	112.9	123.6	22.34	69.25	41.67	88.39	46.71	42.73	124.5	51.56	58.25	44.36
Cr	404.7	560.4	313.6	289.8	430.2	105.2	256.6	<12	84.76	1130	241.6	36.02	112.1	12.98	158.9
Co	3217	3828	4003	5582	6098	980.7	1035	1192	1232	912.4	910.7	1001	994.3	1124	764.6
Ni	1973	2121	2268	2297	1996	603.7	735.8	12737	743.1	1035	506.4	388.0	600	497.0	340.7
Cu	8716	8644	8617	8911	8714	9604	8171	23672	9270	7241	7041	5993	6718	5933	5512
Zn	36379	35880	41831	63975	27254	5600	8151	11141	11954	5783	7457	9455	7999	7906	6696
As	171.3	193.6	148.5	145.9	148.6	15.48	22.58	17.63	26.39	9.888	15.27	21.54	19.81	19.92	11.68
Se	137.1	267.6	285.2	226.6	91.60	3.56	302.0	204	255.9	53.64	18.90	677.0	233.4	59.72	15.14
Rb	16083	16211	20690	12846	19023	37760	37569	54498	31990	33994	17089	19045	22712	14700	17949
Mo	59.04	67.67	56.17	61.05	71.72	20.35	20.74	13.02	41.42	38.26	7.877	29.33	23.98	21.55	20.84
Cd	66.03	105.9	124.2	102.9	94.43	25.76	41.19	61.95	49.38	49.88	30.14	45.01	57.10	42.54	44.23
Ba	67678	121527	158867	52960	61138	2330	2721.50	3341	1437	2192	1670	3351	4161	1360	2469
Pb	1629	2063	1655	1439	1609	201.5	137.4	220.4	103.8	79.40	442.6	175.6	225.8	265.4	320.7

배잎의 경우는 500배 분무 처리, 1000배 관주와 분무 처리에서 K, Mn, Zn 성분이 대조구에 비해 크게 증가하였으며 Se의 대조구가 137ppb인데 비해 500배

분무 및 관주 처리와 1000배 관주 처리에서 각각 285.2, 267.6, 226.6ppb로 증가하였다. 과육의 경우에는 대조구에 비해 처리구에서 크게 증가하는 경향을 보였다. Se은 대조구가 3.56인데 비해 500배 관주 및 분무 처리에서 302.0, 204ppb, 1000배 관주 처리에서 255.9ppb를 나타내어 약 100배까지 증가하였다. 과피의 경우도 대조구에 비해 처리구에서 미네랄 성분의 함량이 증가하는 경향을 보였다. Se의 함량은 500배의 관주와 분무 처리 각각 677.0ppb와 233.4ppb로 10배 이상 크게 증가한 것을 볼 수 있었다.

3) 천연 미네랄 제제 흡수 촉진제의 농도 및 처리방법, 처리시기가 원예작물의 생육 및 품질에 미치는 효과

가) 흡수 촉진제의 분자크기 및 농도가 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

표 13. 흡수 촉진제의 분자크기 및 농도가 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육에 미치는 영향

처 리		흡수	엽장	엽폭	생체중	건물중	
흡수	처리	촉진제의	(cm)	(cm)	(g)	(g)	
촉진제	방법	분자크기					
함량							
0.5%	관주	고	15.2	11.6	40.2	6.3	
		중	16.6	11.6	60.8	9.4	
		저	15.4	11.7	38.4	6.6	
		혼합	14.9	11.7	50.5	6.4	
	분무	고	16.3	11.6	44.9	6.3	
		중	16.4	12.2	53.6	10.3	
		저	15.8	11.7	45.8	6.7	
		혼합	15.6	12.4	35.4	6.3	
	1%	관주	고	17.0	13.6	51.3	6.8
			중	16.5	12.4	50.3	10.5
			저	16.4	12.8	60.0	11.3
			혼합	16.0	13.4	62.1	6.7
분무		고	18.0	13.9	57.3	10.1	
		중	16.4	12.5	59.0	9.9	
		저	16.5	12.6	47.0	6.7	
		혼합	16.4	12.4	41.6	6.5	
1.5%		관주	고	15.9	12.2	53.1	6.6
			중	15.4	12.7	39.8	6.5
			저	15.8	12.4	38.0	6.2
			혼합	15.5	12.8	40.2	6.1
	분무	고	17.7	14.1	73.1	10.8	
		중	16.6	13.0	41.5	6.6	
		저	16.7	13.9	63.0	10.9	
		혼합	16.0	13.1	45.7	6.4	

엽장은 1% 분무 처리에서 높게 나타났고 고분자일수록 높은 경향을 나타냈다. 1% 고분자 분무 처리에서 18.0cm로 가장 높게 나타냈고 1.5% 고분자 분무 및 1% 고분자 관주 처리에서 각각 17.7cm, 17.0cm를 나타냈다. 엽폭, 생체중, 건물중은 1.5% 분무 처리에서 다른 처리구에 비해 높게 나타났다. 엽폭의 경우 1.5% 고분자와 저분자 분무 처리, 1% 고분자 분무 및 관주 처리에서 14.1cm, 13.9cm, 13.6cm로 가장 높게 나타났으며 생체중은 1.5% 고분자와 저분자 분무 처리에서 73.1g과 63.0g, 1% 혼합 관주 처리에서 62.1g으로 다른 처리구에 비해 크게 높게 나타났다. 건물중의 경우는 1% 저분자 관주 처리에서 11.3g으로 가장 높게 나타났고 1.5% 고분자 및 저분자 분무 처리에서도 10.8g, 10.9g으로 비교적 높게 나타났다.

표 14. 흡수 촉진제의 분자 크기 및 농도가 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생체내 미네랄 함량에 미치는 영향

대조구	저분자									중분자									고분자									저분자 + 중분자 + 고분자								
	관주			분무			관주			분무			관주			분무			관주			분무			관주			분무								
	0.5%	1%	1.5%	0.5%	1%	1.5%	0.5%	1%	1.5%	0.5%	1%	1.5%	0.5%	1%	1.5%	0.5%	1%	1.5%	0.5%	1%	1.5%	0.5%	1%	1.5%	0.5%	1%	1.5%									
Al	157.7	116.5	169.0	90.8	171.7	302.1	188.3	217.9	254.2	93.9	179.3	117.5	155.7	274.9	80.9	124.0	73.9	81.5	159.7	88.3	101.4	131.6	109.9	234.9	242.0											
Ca	9688	10623	10113	13391	10190	11113	10096	11339	11356	9171	10612	13256	10441	10114	9420	10148	9300	9007	10704	11550	10080	7621	8934	8507	8037											
Fe	101.6	93.9	104.5	88.5	114.2	138.5	136.7	148.7	151.5	81.6	134.2	112.4	125.5	112.7	82.6	80.7	86.2	87.0	121.8	82.1	86.9	85.4	91.1	119.9	104.9											
Mg	3147	2994	3105	3518	3106	3538	3494	3555	3143	2827	3641	3211	3376	3213	2620	2556	3066	2875	3212	2671	2676	2566	2810	2951	2821											
Mn	608.2	535.2	550.7	729.1	626.7	674.1	591.7	622.0	642.5	607.9	746.2	592.1	674.5	543.2	498.8	538.9	560.3	527.6	628.1	586.2	571.2	440.4	485.9	474.6	524.1											
P	6750	5709	7385	7137	5651	6734	7550	8682	6350	5704	7578	7882	6520	6814	6153	6484	7094	6877	7419	6804	5222	6717	5706	5387	6528											
Ti	5000 이하	6.4	5.7	5.1	7.6	8.8	8.2	26.4	20.7	6.0	11.4	6.2	7.3	5000 이하	5000 이하	5000 이하	5000 이하	5000 이하	5000 이하	5000 이하	5000 이하	5000 이하	5000 이하	5000 이하	5000 이하	5000 이하										
K	50230	45820	60200	51650	50430	56080	61660	78500	51080	48130	52770	65010	48330	57040	55520	60380	60220	66890	62480	56440	46310	48770	45790	52800	52860											
Na	19590	19680	18450	20350	20860	19140	19780	21940	17350	18880	20020	23320	20620	18480	19500	23030	19370	19540	21150	24200	21500	21150	17910	18960	19880											
Li	4982	4782	3410	5400	4794	4363	5878	4995	3534	3932	5283	4683	4070	4124	3723	4877	3835	3592	3609	4649	3906	4338	3921	3937	3264											
V	269	68	78	4776	80	108	47586	1906	721	541	3644	892.0	523.3	398.9	293.7	339.1	455.5	317.3	253.7	130.9	145.2	178.1	192.3	203.6	147.7											
Cr	1178	958	746	1380	1287	1351	8898	3427	2416	665	1985	1330	2141	1614	2095	1153	763	770	1471	757	1013	581	1085	1633	1267											
Co	318.0	218.0	249.3	260.2	249.4	279.6	280.6	386.7	288.8	267.1	380.5	343.2	269.4	306.7	261.1	545.9	288.6	314.6	322.7	362.4	329.8	257.7	253.1	300.7	273.4											
Ni	1028	904	856	1055	916	1050	1429	1564	1270	659	932	1217	1712	1402	1112	926	1039	830	1165	1166	1339	607	929	1302	1138											
Cu	4030	2851	3615	3244	3550	3826	4109	3898	3138	2890	3543	4306	3611	4082	3255	3225	4647	3928	4208	3894	3835	3173	3611	3840	4338											
Zn	49872	31064	34416	33890	45056	43527	49472	37389	30706	31065	41455	38433	39915	42481	34711	31557	50464	43196	40907	34942	39712	30447	49719	49463	47988											
As	1763	833	825	1145	815	934	22550	937	734	966	1253	1176	1139	705	761	732	878	1143	917	1039	793	913	820	925	1125											
Se	1079	762	737	765	736	616	751	659	454	506	1040	611	1078	700	502	421	1350	1037	1106	520	600	1145	698	1284	1085											
Rb	37371	30469	39752	34922	34127	40693	40901	53451	33948	31858	38751	44563	35088	40027	38359	37718	41882	41684	43229	39955	34586	34421	35017	38213	36517											
Mo	145.2	111.5	90.7	126.3	101.6	119.5	140.9	119.4	93.4	92.5	143.6	136.8	100.0	180.1	106.6	134.4	107.7	103.2	110.2	110.6	101.7	161.3	116.8	221.4	92.9											
Cd	228.9	187.5	199.8	222.2	241.3	242.2	233.9	212.6	177.9	240.2	235.0	218.8	211.8	209.0	215.1	237.2	226.3	205.7	237.0	237.0	253.2	221.1	195.0	226.8	224.2											
Ba	17801	15363	17334	17337	17205	18442	13811	20562	17217	13404	12925	20165	14262	21499	16718	18486	16100	16647	18883	22487	22196	11722	14756	16951	14387											
W	1318	180	223	160	392	922	353	<30	798	168	190469	247	321	1522	239	531	182764	701	198	14806	5916	628	748	498	758											
Pb	572	338	366	440	381	741	478	451	255	280	388	464	554	580	339	395	573	343	518	389	2495	213	399	719	667											
Ge	<30	<30	<30	<30	<30	<30	200.3	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30											

생체내 미네랄 함량은 Ca이 1.5% 저분자 관주 처리에서 높게 나타났고 K은 대조구나 다른 처리구에 비해 0.5% 중분자 관주 처리에서 78500ppm으로 높게 나타났다. V의 경우는 대조구가 269ppb인데 비해 1.5% 저분자 관주 및 분무 처리에서 4776ppb와 47586ppb로 약 177배까지 상당히 큰 증가를 보였다. Se은 0.5% 고분자 분무 처리와 1% 혼합 분무 처리에서 각각 1350, 1284ppb로 대조구 및 다른 처리구에 비해 높게 나타났으며 Ge은 대조구 및 처리구에서

30ppb이하를 나타냈으나 1.5% 저분자 분무 처리에서 200.3ppb로 크게 증가하였다.

나) 흡수 촉진제의 농도 및 처리시기가 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

표 15. 농도 및 처리시기가 오이(*Cucumis sativus* L.)의 초기 생육에 미치는 영향

		처 리		초장 (cm)	마디수 (개)	엽수 (개)	측지수 (개)
흡수 촉진제 함량	처리 방법	희석농도					
		대조구		38.1	8.3	13.5	2.5
1%	관주	500×		39.4	8.5	11.2	1.5
		1000×		40.1	8.8	10.5	1.6
		1500×		38.3	8.2	11.0	1.3
			분무	500×	40.2	9.2	10.1
		1000×		41.3	9.4	10.5	1.3
		2000×		39.5	8.9	11.2	1.4
2%	관주	500×		40.2	9.0	10.6	1.1
		1000×		40.5	8.9	11.6	1.3
		1500×		42.3	9.5	12.4	1.1
			분무	500×	39.9	8.8	11.8
		1000×		40.5	9.1	10.9	1.2
		2000×		41.5	9.3	11.3	1.0
3%	관주	500×		42.2	10.5	12.8	1.0
		1000×		45.5	10.3	13.6	0.8
		1500×		44.1	10.7	14.2	0.7
			분무	500×	42.8	9.8	10.9
		1000×		43.2	9.6	11.1	0.9
		2000×		43.0	8.9	13.2	1.0

초장은 미네랄 처리구가 대조구에 비해 증가하였으며, 그 중 흡수 촉진제 3% 미네랄 제제 처리시 현저히 촉진됨을 알 수 있었다. 마디수에 있어서도 3% 1500배액 관주 처리구가 10.7개로 대조구 8.3개에 비해 증가하였고, 3% 관주 처리구가 분무 처리구보다 마디수가 증가하였다. 엽수는 유의성을 나타내지 않았으며, 측지수는 대조구가 2.5개로 미네랄 처리구에 비해 높게 나타났다.

표 16. 농도 및 처리방법이 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생육에 미치는 영향

흡수 촉진제 함량	처리 방법	희석 농도	수확일 (월/일)	과장 (cm)	과직경 (cm)	과중 (g)	경도 (kg)	
1%	대조구		7/9	28.6	14.3	328.9	3.4	
		관주	500×	7/7	29.2	12.5	296.4	3.5
			1,000×	7/11	26.8	13.2	269.3	3.5
	분무	1,500×	7/10	27.6	12.9	272.2	3.2	
		500×	7/13	26.8	13.2	275.0	3.4	
		1,000×	7/11	25.8	13.2	260.0	3.3	
2%	관주	2,000×	7/12	26.1	12.3	242.0	3.0	
		500×	7/10	27.2	13.2	276.0	3.4	
		1,000×	7/7	29.5	14.1	345.3	3.0	
	분무	1,500×	7/7	27.9	13.9	314.1	3.0	
		500×	7/12	31.0	13.3	332.0	3.5	
		1,000×	7/4	25.8	13.0	255.0	3.5	
3%	관주	2,000×	7/7	27.4	12.7	257.8	3.4	
		500×	7/7	24.8	11.8	250.8	2.4	
		1,000×	7/6	27.9	13.0	284.2	3.4	
	분무	1,500×	7/2	26.7	12.2	244.4	3.4	
		500×	7/13	28.5	13.9	320.0	3.8	
		1,000×	7/8	27.3	13.5	292.0	3.3	
		2,000×	7/8	30.1	14.1	348.0	3.4	

수확일은 흡수 촉진제 함량 3% 1500배 관주 처리에서 수확일이 7월2일까지 단축되었다. 500배의 고농도에서는 오히려 수확일이 늦추어지는 것으로 나타났다. 과장과 과직경은 처리간 유의차를 나타내지 않았고 과중은 3% 2000배 분무 처리와 2% 1000배 관주 처리가 각각 348.0g과 345.3g으로 높게 나타났다. 경도는 희석농도가 높아질수록 낮아지는 경향을 보였고 3% 500배 분무 처리에서 3.8kg으로 가장 높게 나타났다(표16). 흡수 촉진제의 함량이 500배의 고농도일수록 오이의 모양이 휘고 결이 고르지 못한 형태를 띄는 이상 현상이 나타났으며 1000배의 농도에서는 알맞은 크기와 곧은 모양, 고른 결 형태를 나타내었다(그림12).



1% 관주 처리



1% 분무 처리



2% 관주 처리



2% 분무 처리



3% 관주 처리



3% 분무 처리

그림 12. 농도 처리가 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생육에 미치는 영향
 (관주 처리 : 좌에서 우 대조구, 500, 1000, 1500배
 분무 처리 : 좌에서 우 대조구, 500, 1000, 2000배)

표 17. 농도 및 처리방법이 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생체내 미네랄 함량에 미치는 영향

대조구	1%						2%						3%						
	관주			분무			관주			분무			관주			분무			
	×500	×1000	×1500	×500	×1000	×2000	×500	×1000	×1500	×500	×1000	×2000	×500	×1000	×1500	×500	×1000	×2000	
Al	20.67	7.63	219.3	281.7	6.27	38.14	9	26.58	48.90	34.01	13.02	20.06	8.69	34.88	58.83	21.82	35.02	10.90	18.04
Ca	4856	4593	5906	7148	4855	7694	4706	4825	3938	6402	5892	5235	5339	5290	6579	5328	4550	5448	5829
Fe	39.57	47.27	70.05	67.72	38.51	59.14	45.24	51.96	54.70	62.31	56.44	47.60	44.66	54.89	77.15	48.72	72.53	49.34	54.97
K	30332	35740	35176	34200	29374	30076	33551	30913	37618	35300	34062	32812	33694	36214	32376	34299	29864	33145	30525
Mg	3466	2999	3819	3986	2792	4026	3329	3071	3369	3431	3648	3345	3243	3557	4014	3477	3046	3308	3247
Mn	13.29	12.92	18.54	19.14	12.84	20.40	13.69	15.71	16.85	13.85	18.81	14.37	12.29	19.44	18.59	19.13	13.24	17.86	17.20
Na	1530	1904	1275	1686	1623	1521	1671	916	1387	1502	1753	1384	1599	1212	1386	2169	1933	1483	1170
P	9582	10172	11640	11223	10168	13134	10808	11612	11440	10465	11238	10285	10684	12216	12441	10668	9935	11401	10323
Ti	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5.273 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하
Li	1765.7	979.99	794.08	845.81	997.28	898.95	997.15	752.32	1137	1113	1142	1104	1393	1277	760.46	1759	1303	1362	501.86
V	<30	<30	<30	<30	294.08	131.58	150.19	<30	1452	67.73	<30	169.16	217.28	<30	201.20	<30	<30	<30	133.90
Cr	979.65	907.53	956.91	625.15	1710.1	862.79	1029.2	869.45	967.18	673.65	631.23	682.01	529.87	289.02	2216.8	1109.1	1572.1	465.56	537.85
Co	121.91	81.74	95.19	181.97	89.84	126.52	85.09	146.49	151.78	123.38	106.91	97.27	108.46	117.32	129.29	100.84	117.03	102.59	146.84
Ni	589.62	670.59	704.66	673.44	933.59	611.17	653.89	539.86	282.89	607.13	339.78	606.87	481.62	295.60	815.05	291.11	494.72	543.97	686.97
Cu	4823.6	7661.6	10212	8696.4	6459.9	7876	6410.1	8892.3	9060	9041.4	8015.6	6867.5	7054.1	9318.2	9057.1	6723.3	7030.6	7215.7	9397.5
Zn	32927	35216	44430	41578	33595	38593	35573	36410	37004	40191	37609	35485	38518	38006	40939	40332	31698	39207	39049
As	395.35	289.20	310.53	219.72	411.71	360.43	461.03	184.89	1194	448.20	198.83	849.97	458.24	347.34	535.32	318.31	459.15	275.16	294.71
Se	<30	<30	<30	84	570.84	346.24	1080	14325	<30	98.94	<30	500.58	767.83	50.89	636.06	<30	<30	298.77	170.55
Rb	17809	14592	13569	13863	14277	15203	15631	<30	16244	16320	18465	14107	17988	19811	17044	19277	17676	18804	134541
Mo	2298	1970	3446	2558	2432	2822	2534	2905	3649	3833	4170	2387	3007	3039	2485	2812	2407	3098	2383
Cd	41.31	85.29	45.18	38.83	<30	<30	<30	<30	91.86	40	65.84	<30	<30	36.96	38.55	61.42	34.22	40.23	39.16
Ba	11816	7218	7619	11234	11232	14523	8042	10338	9914	13852	10704	12041	10945	12117	13076	12280	12047	10994	12183
W	<30	297.13	206.63	248.57	420.97	<30	80.36	<30	1489	35600	472.34	2131	1207	323.61	7984	750.78	15131	735.58	90.21
Pb	510.20	1064	342.91	336.58	87.18	177.41	323.82	313.58	634.01	1495	441.37	1900	193.31	161.52	1362	446.82	177.87	465.56	518.12
Ge	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	67.31	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30

열매의 미네랄 함량은 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 높은 함량을 나타냈다. Ca 흡수 촉진제 1% 1000배 분무 및 1500배 관주 처리에서 증가를 보였고 V은 30ppb이하를 나타낸 대조구에 비해 1% 분무 처리 및 2%, 3%에서 4-10 배 정도의 증가를 보였다. Se의 대조구는 30ppb이하였으나 미네랄 처리구에서 높은 증가량을 보이며 2% 500배 관주 처리에서 14325ppb로 가장 높게 증가하였고 1% 분무 처리에서는 1080ppb를 나타내었다. Ge의 경우에는 대조구 및 처리구 모두가 30ppb이하인 것에 비해 2% 1500배 관주 처리에서 67.31ppb의 높은 수치를 보였다.

표 18. 농도 및 처리시기가 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생육에 미치는 영향

흡수 촉진제 함량	처리 방법	처리 시기	수확일 (월/일)	과장 (cm)	과직경 (cm)	과중 (g)	경도 (kg)	
1%	대조구		7/9	25.5	12.2	228.9	3.4	
		관주	초기	7/11	28.0	11.3	302.9	3.7
	분무		중기	7/8	26.5	12.3	240.0	3.6
			후기	7/14	25.3	12.7	246.7	3.8
			전기간	7/5	25.7	13.0	233.3	3.2
			초기	7/10	27.0	12.3	250.0	3.1
			중기	7/10	26.3	13.8	275.0	3.7
			후기	7/12	25.9	13.3	268.6	3.2
			전기간	7/9	27.7	13.3	260.0	3.5
2%	관주		초기	7/12	26.9	13.2	284.0	3.8
			중기	7/15	34.0	12.7	256.0	3.5
			후기	7/13	26.1	12.4	236.0	3.8
			전기간	7/6	25.2	13.8	280.0	3.3
	분무		초기	7/12	26.7	12.6	283.3	4.0
			중기	7/11	25.8	11.8	223.3	3.4
			후기	7/17	25.8	12.7	266.7	3.8
			전기간	7/9	24.0	11.5	180.0	3.1
3%	관주		초기	7/12	26.0	12.5	228.0	3.9
			중기	7/10	25.3	12.9	237.1	3.8
			후기	7/13	27.3	12.9	270.0	3.4
			전기간	7/13	26.9	13.1	282.9	3.7
	분무		초기	7/11	25.4	12.6	230.0	3.7
			중기	7/11	26.0	12.3	233.3	3.8
			후기	7/14	29.0	14.5	360.0	3.7
			전기간	7/15	23.1	12.2	277.1	3.7

수확일의 경우 미네랄 처리구의 효과를 볼 수 없었고 1% 전기간 관주 및 2% 전기간 관주 처리가 7월 5일과 7월 6일로 대조구가 7월 9일인데 비해 2, 3일 앞당겼다. 과장은 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 대부분 증가하는 경향을 보였고 2% 중기 관주 처리에서 34.0cm로 가장 높게 나타났고 3% 후기 분무 및 1% 초기 관주 처리에서 각각 29.0, 28.0cm 순으로 나타났으며 과직경은 처리간 유의차를 나타내지 않았으나 3% 후기 분무 처리에서 14.5cm로 비교적 높은 수치를 나타냈다. 과중은 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 높은 경향을 보였고 3% 후기 분무 처리에서 360.0g으로 가장 높게 나타났으며 1% 중기 관주, 2% 초기 관주 및 분무 처리 순이었다. 경도의 경우도 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 증가하는 경향을 보였으며 2% 초기 분무 처리가 4.0kg, 3% 초기 관주 처리가 3.9kg으로 높게 나타났다.

표 19. 농도 및 처리시기가 오이(*Cucumis sativus* L.)의 생체내 미네랄 함량에 미치는 영향

대조구	1%				2%				3%																	
	관주		분무		관주		분무		관주		분무															
	초기	중기	후기	전기	초기	중기	후기	전기	초기	중기	후기	전기														
Al	20.67	35.69	109.4	8.283	10.74	5ppm 미하	12.08	12.85	5ppm 이하	19.55	14.84	15.65	5ppm 이하	103	21.64	14.03	5ppm 이하	14.81	15.69	7.570	9.276	8.602	19.77	8.019	293.3	
Ca	4856	5749	6178	6350	7871	5162	4802	5540	4632	5844	7099	5899	5458	7071	5865	6915	5463	5071	7120	6028	7295	5373	6381	5792	5850	
Fe	39.57	52.07	64.23	41.93	46.22	49.10	36.24	42.94	41.04	40.26	51.22	36.71	33.91	90.83	44.75	40.31	35.16	30.48	47.95	43.67	38.84	38.44	44.11	33.86	63.19	
K	30332	31561	27964	31066	29368	34071	28782	32620	27838	27881	30984	26332	24712	30864	31640	30590	26761	32860	31784	2882	427700	31636	27479	26106	26619	
Mg	3466	3229	3325	3624	4148	3741	3019	3227	2834	3222	3897	3410	3096	3936	3480	3757	3193	3509	3858	3560	3683	3709	3780	3458	3488	
Mn	13.29	13.16	17.54	16.05	25.64	16.28	15.61	11.03	7.915	26.84	20.37	15.37	16.65	26.21	11.99	15.23	10.38	20.22	18.35	18.34	16.81	23.39	13.94	10.10	10.48	
Na	1530	2069	825.1	612.2	341.1	652.9	2957	554.0	531.8	947.1	513.7	961.1	357.9	1057	643.4	505.3	343.0	1108	500.0	568.6	441.8	864.8	581.5	333.2	367.5	
P	9582	11289	10917	8400	9809	11612	29878	8756	7333	10803	10389	9863	7517	11683	10563	10313	7401	8866	10038	8718	9500	10044	8585	7733	7678	
Ti	5ppm 이하	5pp 미하	5pp 미하	5pp 미하	5ppm 이하	5pp 미하	5pp 미하	5pp 미하	5ppm 이하	5pp 미하	5pp 미하	5ppm 이하	5ppm 이하	10.42	5pp 미하	5pp 미하	5ppm 이하	5pp 미하	5pp 미하	5pp 미하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	
Li	1765.7	2406	1522	1560	1055	1237	892.4	942.5	644.2	1566	713.1	1474	1883	1608	959.3	969.8	941.8	2044	1184	1402	1397	1889	1157	676.5	969.1	
V	<30	<30	349.3	<30	<30	<30	264.8	84.98	<30	272.8	149.8	200.6	<30	236.8	77.50	<30	111.8	275.1	<30	<30	<30	759.6	417.2	<30	<30	
Cr	979.65	745.68	1046	326.4	494.6	710.0	959	965.5	809.3	632.5	648.4	750	947.0	2421	408.8	797.6	498.9	968.7	952.5	952.3	480.6	900.8	509.7	995.2	1097	
Co	121.91	94.69	123.0	112.4	152.9	108.4	114.7	136.8	119.7	142.3	138.5	138.5	114.4	190.9	138.6	160.7	125.5	128.2	158.9	150.0	151.2	145.0	140.8	94.87	147.3	
Ni	589.62	443.11	617.5	347.9	783.3	398.6	598.9	580.5	247.4	684.7	825.6	588.2	650.0	1303	595.7	383.4	269.2	533.7	745.0	266.1	622.3	315.6	449.7	526.9	795.3	
Cu	4823.6	6038.2	8217	6625	7704	8003	7442	6392	5421	7246	7577	5958	6187	7248	7907	7583	5676	6179	6937	6374	6561	6316	6488	5315	6442	
Zn	32927	30624	38216	32860	4448	37609	35552	2621	25575	36915	38277	34587	28195	40658	34079	31040	27885	31885	33603	2627	428154	32512	31167	25141	27719	
As	395.35	396.26	392.2	262.7	288.9	233.4	456.1	357.5	125.7	600.7	383.8	457.9	311.5	2144	353.5	742.0	390.5	525.5	372.6	411.9	196.2	702.9	429.6	98.31	325.5	
Se	<30	<30	324.1	63.42	43.54	<30	658.8	94.25	<30	630.8	425.4	965.4	86.53	1680	445.1	<30	<30	<30	88.83	<30	<30	<30	<30	<30	<30	70.81
Rb	17809	20210	22842	22934	21953	17744	23030	18672	2282	20225	21105	17281	22532	20912	18109	16095	19916	24523	25551	21020	20413	20564	22358	24087	38939	
Md	2298	2094.8	3668	3238	2992	3418	2088	2721	2198	1559	2303	1490	2738	1863	2435	3437	2378	1965	1922	2087	2416	2599	1848	1713	1466	
Cd	41.31	33.17	<30	<30	40.52	31.57	<30	55.43	<30	<30	<30	33.84	<30	35.11	59.63	36.43	31.36	49.42	33.42	<30	<30	50.94	34.10	31.48	46.16	
Ba	11816	18439	21058	24070	24189	11737	13463	15303	8526	20429	19184	14919	26740	20644	15243	20660	19884	16231	17914	15164	21312	14862	19364	1195.1	14938	
W	<30	516.17	338.9	5894	978.0	58241	324.7	2525	510.6	<30	<30	4687	<30	4726	3442	149.9	262.8	1849	1210	82.10	365.2	1562	297.1	790.6	1207	
Pb	510.20	372.69	302.7	81.02	485.4	32.55	175.8	470.5	<30	1259	694.9	289.7	187.7	2123	1052	118.8	117.0	203.6	475.9	121.9	81.17	332	113.5	144.6	1906.	
Ge	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	

1% 전기간 관주 처리와 3% 전기간 관주 처리에서 Ca 함량이 대조구에 비해 1.5배 정도 증가하였고 V도 대조구가 30ppb이하인 것에 비해 미네랄 처리구에서 월등히 높은 증가를 나타냈고 3% 초기 분무 처리에서 759.6ppb로 가장 높게 나타났다. Se의 대조구가 30ppb이하를 나타냈으나 2% 초기 분무 처리와 2% 후기 및 초기 관주 처리, 1% 중기 분무 처리에서 각각 1680, 965.4, 630.8, 658.8ppb로 크게 증가하였으며 Ge은 대조구 및 미네랄 처리구 모두에서 30ppb 이하의 낮은 수치를 나타내었다.

다) 흡수 촉진제의 농도 및 처리방법이 배(*Pyrus communis* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

표 20. 농도 및 처리방법이 배(*Pyrus communis* L.)의 생육에 미치는 영향

흡수 촉진제 함량	처 리		과경 (cm)	과직경 (cm)	과중 (g)	경도 (kg)	당도 (%)
	처리 방법	농도					
		대조구	91.75	104.85	16.0	1.1	11.8
1%	관주	500×	93.30	110.34	17.9	1.4	13.9
		1000×	95.57	107.25	18.8	1.3	12.9
		1500×	91.70	107.05	12.6	1.2	13.7
	분무	500×	95.53	107.30	16.7	1.5	12.2
		1000×	97.94	111.44	15.7	1.2	13.4
		2000×	97.04	111.93	15.2	1.4	12.9
2%	관주	500×	98.26	114.29	16.6	1.8	12.7
		1000×	96.50	111.89	13.7	1.4	12.9
		1500×	98.56	108.33	15.5	1.6	14.5
	분무	500×	94.59	110.13	16.6	1.5	13.5
		1000×	98.30	112.18	17.6	1.4	12.9
		2000×	94.36	107.75	17.5	1.3	12.9
3%	관주	500×	96.10	108.16	18.7	1.5	13.5
		1000×	97.14	112.42	13.8	1.4	13.2
		1500×	97.32	107.18	19.3	1.3	12.9
	분무	500×	93.94	109.51	17.9	1.5	13.2
		1000×	96.89	111.59	16.7	1.4	13.0
		2000×	96.32	108.32	16.8	1.5	13.4

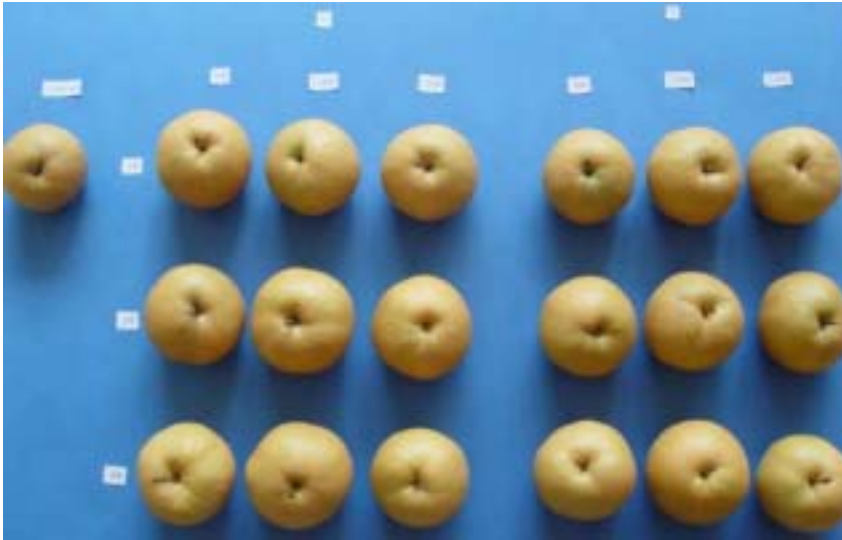


그림 13. 농도 및 처리방법이 배(*Pyrus communis* L.)의 과육발달에 미치는 영향
 (좌에서 우 : 500D, 1000D, 1500D, 500S, 1000S, 2000S
 위에서 아래 : 1%, 2%, 3%)

대체로 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 높은 수치를 나타냈다. 과경은 대조구 91.75cm에 비해 2% 1500배 관주 처리와 1000배 분무 처리에서 각각 98.56cm, 98.30cm로 가장 높게 나타났고 과직경은 2% 500배 관주 처리에서 114.29cm, 3% 1000배 관주 처리에서 112.42cm로 대조구 104.85cm에 비해 높게 나타났다(표20, 그림13). 과중은 대조구가 16.0g인 것에 비해 3% 1500배가 19.3cm, 1% 1000배 관주 처리가 18.8g, 3% 500배 관주 처리가 18.7cm로 높게 나타났으며 경도는 1.1kg의 대조구에 비해 2% 500배 관주 처리에서 1.8kg으로 가장 높게 나타났다. 당도의 경우는 대조구가 11.8%인데 비해 2% 1500배 관주 처리가 14.5%, 1% 1000배 관주 처리가 13.9%로 높게 나타났다(표 20).

표 21. 농도 및 처리방법이 배(*Pyrus communis* L.)의 과육내 미네랄 함량에 미치는 영향

	대조구	1%						2%						3%					
		관주			분무			관주			분무			관주			분무		
		500×	1000×	1500×	500×	1000×	2000×	500×	1000×	1500×	500×	1000×	2000×	500×	1000×	1500×	500×	1000×	2000×
Al	5.3	33.4	31.6	25.8	9.3	19.4	55.6	6.9	5ppm 이하	39.3	5ppm 이하	10.3	95.2	21.7	19.9	59.1	22.6	38.4	46.8
Ca	218.7	1873.8	2307.1	3048.7	2098.0	2306.3	1877.5	1478.8	866.9	1394.9	2038.9	2810.7	2659.2	1889.1	1399.2	2216.9	1680.1	2071.5	1886.8
Fe	19.0	30.1	18.0	35.2	16.3	25.0	24.5	17.3	17.1	40.7	13.8	21.5	24.5	19.6	25.3	46.6	19.6	18.1	53.5
K	5518.7	6539.3	5123.5	1834.0	5365.4	5853.7	4788.0	6207.3	3902.3	5808.0	6080.7	1714.2	4134.5	5230.7	3326.8	4518.8	5530.9	6233.8	4696.4
Mg	757.1	503.6	595.5	777.2	516.4	557.1	688.9	689.0	544.7	484.0	521.3	561.9	493.9	628.7	723.6	709.3	652.0	491.0	655.1
Mn	14.3	10.6	13.6	13.7	14.6	12.8	19.2	14.4	9.5	7.9	15.6	12.7	14.0	14.6	13.7	16.2	15.5	17.2	14.3
Na	86.0	137.6	181.7	221.8	127.8	185.3	194.6	81.0	180.8	151.1	107.8	216.7	160.2	154.9	107.0	148.3	129.2	143.6	148.2
P	1458.4	1158.2	1005.8	1601.6	1285.3	1378.0	1662.8	1222.8	1379.9	1136.5	957.2	1643.6	1220.5	1266.8	1419.1	1212.0	1057.1	1016.7	1223.6
Ti	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	6.0	5ppm 이하	5ppm 이하	5.5	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	6.7	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하
Li	85.3	<30	47.4	68.5	58.7	106.3	73.0	57.9	84.1	<30	70.9	49.7	<30	<30	<30	<30	109.5	89.3	<30
V	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Cr	727.0	737.3	317.9	742.9	814.6	665.0	718.4	357.7	681.2	6423.4	647.9	943.0	294.7	367.8	381.4	949.7	429.7	444.4	288.2
Co	407.7	355.7	441.4	773.8	595.5	416.8	554.7	916.3	412.6	317.6	741.4	680.0	343.5	630.8	489.5	201.9	898.6	595.3	273.7
Ni	738.1	500.4	329.1	662.2	413.2	638.8	505.1	500.6	415.3	2728.3	462.3	677.3	352.1	627.9	10692	483.5	470.6	435.1	387.0
Cu	3209.3	6726.8	7318.3	4599.7	6888.7	8788.5	5964.3	6720.8	7979.4	4500.9	5807.8	8107.9	5445.0	7489.1	6040.6	4676.9	7945.8	4768.6	4289.3
Zn	8456.5	5823.9	4524.7	6443.4	6732.6	6068.0	6006.0	7541.0	6177.2	5271.4	5849.8	6183.4	5602.5	6916.0	6749.5	5915.7	6162.7	5014.1	6055.6
As	<30	<30	<30	3224.4	165.7	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Se	<30	<30	119.3	256.7	<30	<30	88.8	259.3	33.8	49.1	228.2	<30	125.0	55.9	42.1	<30	<30	<30	<30
Rb	8788	5656	10767	3420	23674	12425	6249	16253	17069	12218	16874	12928	9962	27044	16527	33082	10839	11285	20914
Mo	63.5	51.4	<30	743.1	<30	36.2	155.0	<30	<30	161.8	<30	81.1	59.5	55.3	38.2	36.5	<30	91.4	34.2
Cd	<30	<30	<30	1254.5	<30	<30	<30	143.5	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	21.5	<30	<30	<30
Ba	6282	1373	10274	1233	3807	8762	4772	2805	4110	501	3431	3946	3069	9131	4311	3647	1557	2994	3911
W	3085	2260	1055	6853	6041	1608	1529	1313	3831	1228	1007	127	<30	18346	3347	<30	<30	12741	<30
Pb	<30	417.1	352.1	718.8	102.9	77.7	129.1	42.8	39.5	<30	943.4	318.8	145.6	118.3	31.3	68.6	249.1	143.3	345.5
Ge	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30

과육의 미네랄 성분에는 3% 2000배 분무 및 1500배 관주 처리의 Fe, 1% 1000배, 2000배 관주 및 분무 처리의 함량이 대조구에 비해 2배 이상 증가하였다. Ca은 대조구가 218.7ppm인 것에 비해 미네랄 처리구에서 높은 증가를 보여 1% 1500배 관주 처리에서 3048.7ppm으로 14배 정도로 증가하였다. Se도 대조구가 30ppb이하로 나타났지만 미네랄 처리구에서 크게 증가하여 2% 500배 관주 및 1% 1500배 관주 처리에서 259.3ppb와 256.7ppb까지 증가하였고 V과 Ge은 대조구 및 미네랄 처리구에서 30ppb이하의 낮은 수치를 나타냈다.

표 22. 농도 및 처리방법이 배(*Pyrus communis* L.)의 과피내 미네랄 함량에 미치는 영향

	대조구	1%						2%						3%					
		관주			분무			관주			분무			관주			분무		
		500×	1000×	1500×	500×	1000×	2000×	500×	1000×	1500×	500×	1000×	2000×	500×	1000×	1500×	500×	1000×	2000×
Al	15.9	40.8	5ppm 이하	16.1	54.3	22.8	16.9	29.9	7.5	5ppm 이하	45.4	29.8	16.5	27.2	30.4	62.3	36.9	52.2	37.5
Ca	1266.0	803.1	834.0	1683.9	1361.6	1143.0	1094.2	2395.7	807.6	600.7	1181.3	1754.9	1509.3	1148.3	1428.1	1416.4	1884.4	959.7	742.9
Fe	20.5	25.2	12.2	22.1	16.6	25.5	13.2	19.8	17.6	36.7	22.7	18.9	17.1	17.9	33.3	18.9	25.2	22.5	44.9
K	5609.4	5985.0	6322.1	6529.2	5368.9	6140.5	5922.7	5662.9	6197.5	5071.6	6646.6	6027.6	5962.7	5349.2	6103.3	5479.0	6471.3	6566.3	6621.4
Mg	760.0	720.7	633.0	801.0	1003.9	703.7	696.7	1004.9	616.0	697.6	787.7	758.7	725.4	1067.1	956.7	819.3	803.2	580.8	849.0
Mn	15.3	14.8	15.9	17.3	24.4	21.6	21.8	25.8	14.0	12.4	22.1	19.8	16.8	31.0	17.2	24.7	21.1	20.5	19.6
Na	88.0	46.5	65.7	96.0	129.5	85.0	101.9	118.9	49.2	84.1	62.7	154.7	88.7	80.4	88.3	102.4	128.3	142.9	39.6
P	1139.8	843.9	723.0	1083.3	916.9	1117.2	790.4	1220.7	1011.4	921.0	866.5	1154.5	667.4	909.3	1380.2	817.6	924.2	1014.0	841.6
Ti	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5ppm 이하	5.3	5ppm 이하	5ppm 이하
Li	83.9	<30	<30	<30	44.0	52.3	<30	<30	41.6	37.5	47.9	30.6	64.6	<30	<30	<30	45.5	70.7	<30
V	<30	<30	<30	<30	0.5	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Cr	553.0	216.4	277.8	744.0	429.9	818.8	711.9	399.7	709.1	544.3	428.6	367.8	691.8	175.4	524.8	638.6	420.5	209.3	5253.5
Co	402.4	358.2	394.0	645.1	476.1	424.6	425.0	783.6	374.3	289.8	643.0	582.8	470.3	698.9	503.8	165.9	756.7	724.7	307.5
Ni	532.2	347.4	257.9	630.2	248.4	368.3	278.9	585.9	395.1	454.3	499.6	328.6	586.1	555.0	1368.8	227.9	440.4	371.8	3709.5
Cu	2936.6	6141.8	5912.8	4404.1	6535.0	8369.9	5061.3	6033.0	7781.2	4214.2	5066.2	6899.9	7299.5	6319.3	5778.4	3726.8	7723.1	5329.0	4393.5
Zn	7653.8	5509.0	4217.3	5341.0	5481.8	6340.1	5760.9	7445.0	5645.4	5614.3	4750.7	5082.4	7688.6	6656.8	7076.7	4617.2	6154.4	5934.8	5714.7
As	<30	<30	<30	<30	209.8	<30	60.7	<30	<30	<30	321.7	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Se	161.1	<30	82.5	84.1	<30	70.5	<30	<30	<30	<30	<30	115.4	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Rb	8933	5384	9265	2906	18496	10761	4768	16212	13564	12096	14729	9756	14707	20160	17489	28457	9912	11548	19196
Mo	73.9	62.8	41.8	171.7	109.3	42.0	44.4	79.3	47.7	<30	<30	89.1	44.8	42.4	<30	61.2	<30	48.0	140.1
Cd	<30	<30	<30	<30	496.9	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
Ba	5074.2	1393.6	7679.2	682.6	1830.1	6477.1	1394.6	2100.3	1981.6	1183.5	2537.0	2946.1	9646.8	5017.7	3354.7	1894.4	1549.1	1841.2	1959.7
W	<30	<30	1346	<30	4296	7238	2649	<30	714664	7381	<30	2849	4624	18368	2849	5560	1072	9147	4862
Pb	114.9	100.2	572.7	<30	358.8	98.6	756.6	119.4	34.9	62.3	167.7	100.4	636.8	<30	33.9	132.3	357.8	199.2	205.8
Ge	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30

외과피의 미네랄 함량은 Ca이 2% 500배 관주 처리에서 2395.7ppm으로 가장 높게 나타났으며 Mg은 3% 500배 관주에서 1067.1ppm으로 가장 높게 나타났다. Se은 대조구에서 30ppb이하의 낮은 수치를 나타냈으나 2% 500배 관주 및 500배 분무 처리와 1% 1500 관주 처리에서 259.3, 228.2, 256.7ppb로 높은 증가를 보였으며 V과 Ge은 대조구 및 미네랄 처리구 모두에서 30ppb이하의 낮은 수치를 나타내었다.

라) 흡수 촉진제의 농도 및 처리시기가 국화(*Dendranthema grandiflorum*)의 생육 및 품질에 미치는 영향

표 23. 농도 및 처리방법이 국화(*Dendranthema* 'Reggae')의 생육 및 개화에 미치는 영향

흡수 촉진제 함량	치 리		개화소 요일수 (일)	초장 (cm)	엽수 (개)	꽃수 (개)	화폭 (cm)	줄기 직경 (cm)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	지상부		지하부	
	처리 방법	농도									생체 중 (g)	건물 중 (g)	생체 중 (g)	건물 중 (g)
		대조구	74.8	25.2	12.0	4.8	4.6	2.9	5.8	2.9	19.1	2.1	3.4	1.8
1%	관주	500×	71.2	26.2	10.0	6.5	5.8	3.8	5.9	2.7	28.9	4.8	3.4	2.0
		1000×	72.2	25.2	10.8	6.7	5.6	3.4	6.1	3.1	24.0	5.8	3.2	1.9
		1500×	74.2	24.4	11.3	5.8	5.8	3.4	6.1	2.9	24.8	4.4	3.5	2.1
	분무	500×	71.2	25.5	10.3	5.8	5.9	3.1	5.2	2.6	22.8	4.1	3.4	2.0
		1000×	71.8	25.5	10.2	5.8	5.5	3.1	5.7	2.9	22.0	4.2	4.4	2.2
		2000×	75.2	21.9	9.7	3.0	4.8	4.4	4.4	2.4	8.4	3.0	4.6	2.2
2%	관주	500×	71.8	26.2	10.2	5.8	5.9	3.6	6.4	3.1	28.0	4.5	3.5	2.0
		1000×	72.3	27.2	9.7	6.7	5.8	3.5	6.7	3.1	29.0	4.7	3.2	2.0
		1500×	74.2	27.7	10.7	6.5	5.8	3.7	6.5	2.9	31.4	4.8	3.8	2.1
	분무	500×	75.3	27.3	11.5	5.8	5.6	3.4	6.0	3.1	24.2	5.9	3.5	2.0
		1000×	73.3	26.3	10.5	5.7	5.9	3.1	5.6	2.9	24.1	5.8	4.3	2.2
		2000×	73.5	27.7	10.2	6.3	6.0	5.7	5.7	2.7	26.3	4.4	4.5	2.0
3%	관주	500×	73.7	25.7	12.7	5.7	5.5	3.4	5.5	2.6	27.4	4.7	3.9	1.9
		1000×	73.7	26.5	10.3	5.7	5.2	3.6	5.5	2.9	31.1	5.0	3.6	2.0
		1500×	74.0	27.4	11.2	6.2	5.5	3.7	6.2	3.1	34.3	5.2	4.1	2.1
	분무	500×	75.7	25.5	11.2	6.2	5.7	3.0	5.4	2.8	24.1	4.4	3.8	2.0
		1000×	73.8	27.8	10.7	5.8	5.7	3.4	6.2	3.0	24.2	4.3	4.2	2.1
		2000×	74.7	26.8	10.8	5.8	5.7	3.3	5.7	2.9	22.4	4.1	4.5	2.0

개화는 흡수 촉진제 함량 1%의 처리구가 다른 처리구에 비해 다소 촉진되는 경향을 보였으며, 500배 관주와 분무 처리구에서 71.2일로 가장 촉진되었다(표 23). 초장은 1%, 2%의 미네랄 처리구에서 촉진되는 경향을 보였으며, 3% 1000배액 분무 처리구에서 가장 촉진되는 결과를 나타내었다(그림14-15). 엽수는 크게 유의성을 보이지 않았으나, 꽃수, 화폭, 줄기직경등의 전반적인 생육에 있어서는 모든 미네랄 처리구에서 대조구에 비해 증가하는 경향을 보였으며, 그 중 3% 처리구에서 가장 증가하는 경향을 보였다. 그러나, 흡수 촉진제 함량 1%의 2000배 분무 처리구에서 지상부의 생육에 있어서 다소 감소하는 경향을 나타냈으나, 지하부의 생체중과 건물중에 있어서는 다소 증가하는 경향을 보였다(표23).



1% 관주 처리



1% 분무 처리



2% 관주 처리



2% 분무 처리



3% 관주 처리



3% 분무 처리

그림 14. 농도 및 처리방법이 국화(*Dendranthema* 'Reggae')의 생육 및 개화에 미치는 영향

(관주 처리 : 좌에서 우 대조구, 500, 1000, 1500배)

분무 처리 : 좌에서 우 대조구, 500, 1000, 2000배)



관주 처리

(좌에서 우 : 대조구, 3% 500, 1000, 1500, 2% 500, 1000, 1500, 1% 500, 1000, 1500배)



분무 처리

(좌에서 우 : 대조구, 3% 500, 1000, 2000, 2% 500, 1000, 2000, 1% 500, 1000, 2000배)

그림 15. 농도가 국화(*Dendranthema 'Reggae'*)의 생육 및 개화에 미치는 영향

표 24. 처리방법 및 처리시기가 국화(*Dendranthema 'Reggae'*)의 생육 및 개화 미치는 영향

처리		개화								지상부		지하부			
흡수	처리	소요	초장	엽수	꽃수	화폭	줄기	엽장	엽폭	생체	건물	생체	건물		
촉진	처리	일수	(cm)	(개)	(개)	(cm)	직경	(cm)	(cm)	중	중	중	중		
제한	방법	(일)					(cm)			(g)	(g)	(g)	(g)		
량	시기														
1%	대조구	75.0	18.6	6.0	4.0	5.8	2.8	5.0	2.6	15.9	1.6	3.1	1.7		
	관주	초기	74.3	23.9	6.5	4.0	5.6	3.2	5.9	2.6	20.1	2.1	4.0	1.8	
		중기	70.3	21.6	6.0	4.3	5.6	2.9	5.5	2.5	19.3	1.9	3.7	1.8	
		후기	73.8	21.9	7.3	4.3	5.8	3.2	5.2	2.6	19.5	1.7	3.6	1.9	
		전기간	75.5	22.9	7.0	4.3	5.5	3.4	5.7	2.6	20.3	2.1	4.0	2.0	
	분무	초기	72.3	22.4	6.4	4.3	5.7	3.0	5.5	2.7	19.9	1.7	3.8	1.7	
		중기	73.5	21.8	6.5	4.2	5.9	2.7	5.2	2.6	20.5	1.9	4.1	1.9	
		후기	72.8	22.0	7.4	4.3	6.0	2.9	5.0	2.8	19.8	1.8	3.8	1.9	
		전기간	75.8	21.4	7.0	4.3	6.3	2.8	5.4	2.9	23.5	2.2	4.3	2.0	
	2%	관주	초기	73.3	24.3	6.0	4.3	5.4	3.5	5.9	2.6	19.8	1.8	3.9	1.9
			중기	76.5	25.6	6.3	4.5	5.9	3.4	5.8	2.8	23.5	2.3	4.4	2.1
			후기	71.8	24.5	6.5	4.5	6.1	3.3	5.4	3.1	21.9	2.0	3.7	1.9
전기간			76.0	24.7	6.3	4.3	6.5	3.5	5.8	2.8	23.6	2.2	4.1	2.2	
분무		초기	72.0	23.7	7.0	4.3	6.3	2.8	5.5	2.8	22.3	2.1	4.2	1.9	
		중기	73.3	23.6	6.8	4.3	6.1	3.0	5.6	3.0	22.8	2.1	4.0	2.0	
		후기	73.8	24.1	7.0	4.4	6.1	2.9	5.4	3.2	23.2	2.2	4.3	2.1	
		전기간	77.0	23.5	6.8	4.0	6.3	3.4	5.5	3.0	25.6	2.4	4.7	2.3	
관주		초기	74.8	23.7	5.8	4.3	5.9	3.0	5.6	2.4	23.5	2.3	4.6	2.3	
		중기	75.8	23.6	6.5	4.3	6.7	2.8	5.9	2.9	23.9	2.1	4.8	2.4	
		후기	75.0	21.2	6.5	4.0	5.7	3.1	5.5	2.9	21.2	2.2	4.3	2.2	
		전기간	76.6	25.8	6.5	4.0	7.1	2.9	5.8	2.8	24.6	2.4	4.9	2.5	
분무	초기	74.5	24.0	7.0	4.5	6.8	3.2	5.8	2.8	23.5	2.1	4.3	2.2		
	중기	75.5	22.2	6.8	4.3	6.6	3.0	5.8	3.1	23.1	2.3	4.4	2.4		
	후기	74.8	23.1	7.0	4.5	5.9	3.1	5.4	2.9	22.9	2.2	4.1	2.1		
	전기간	76.8	23.9	6.8	4.5	6.3	3.1	5.6	2.7	24.3	2.3	4.5	2.5		

개화는 대조구에 비하여 흡수 촉진제 함량 1%의 미네랄 처리구에서 다소 촉진되는 경향을 보였으나, 전기간 처리시 분무와 관주 처리구에서는 다소 지연되는 경향을 보였다. 초장은 2% 전기간 관주 처리구에서 25.8cm로 가장 증가되었으며, 모든 미네랄 처리구에서 대조구에 비해 증가하는 경향을 보였다. 엽수는 후기와 전기간 처리구에서 대조구에 비해 증가하였으며, 관주 처리구보다 분무 처리구에서 증가하는 경향을 보였다. 꽃수, 줄기직경, 엽장, 엽폭에서는 유의성을 나타내지 않았다. 화폭은 3% 전기간 관주 처리구에서 7.1cm로 가장 증가하였다.

4) 최종 생산된 미네랄 제제의 적정 농도가 상추, 고추, 토마토의 생육 및 품질에 미치는 효과

가) 처리방법이 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육 및 품질에 미치는 영향

표 25. 처리방법이 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육에 미치는 영향

처리 방법	초장 (cm)	초폭(cm) (가로×세로)	엽수 (개)	생체중 (g)	건물중 (g)
대조구	22.1	27.7×23.9	11.5	52.94	22.59
관주	26.8	27.8×21.0	13.2	103.39	22.64
분무	25.3	31.3×31.7	15.7	99.64	23.18

관주 처리보다는 분무 처리에서 더 좋은 생육을 보였다(표25, 그림 34). 초장은 혼용 관주 처리에서 26.8cm, 분무 처리에서 25.3cm로 대조구 및 다른 처리구에 비해 높게 나타났고 초폭은 대조구 27.7cm23.9cm에 비해 혼용 분무 처리에서 31.3cm31.7cm로 가장 높게 나타났다. 엽장은 대조구가 11.5개인 것에 비해 혼용 분무 처리가 15.7개로 가장 높게 증가하였고 생체중은 대조구에 비해 처리구에서 높은 증가를 보였으며 혼용 관주 처리에서 103.39g, 분무 처리에서 99.64g으로 가장 높게 나타났다. 건물중은 처리간 유의차는 나타내지 않았지만 혼용 분무 처리에서 가장 높게 나타났다.



그림 34. 처리방법이 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육에 미치는 영향
(좌에서 우: 대조구, 관주, 분무)

표 26. 처리방법이 상추(*Lactuca sativa* L.)의 미네랄 함량에 미치는 영향

	대조구	관주	분무
Al	513.9	936.8	3131
Ca	11330	11460	9873
Fe	250.9	471.0	1131
Mg	6217	5615	5872
Mn	305.8	248.7	273.6
P	10658	9778	8905
Ti	26.12	50.03	101.7
K	83250	94610	87250
Na	11752	9648	9986
Li	2284.25	1771.86	1801.34
V	2506.51	51374.47	20929.60
Cr	1651.35	10122.76	9101.11
Co	369.08	471.50	904.66
Ni	1559.93	2065.51	4411.22
Cu	3771.55	4444.07	7111.91
Zn	71538.63	68928.39	77848.61
As	<30	22849.35	4743.25
Se	85.22	<30	61.37
Rb	73601.63	79752.14	78736.78
Mo	108.22	308.95	310.09
Cd	408.12	460.50	413.26
Ba	11779.69	22277.97	38849.30
W	<30	<30	<30
Pb	<30	1266.81	578.08
Ge	250.06	406.08	399.62

Se은 Ge 분무 처리와 Se 처리에서 3배 정도 증가하였으며 Ge은 대조구 250.06ppb에 비해 Ge 관주 처리와 혼용 처리에서 418.82ppb와 406.08, 399.62 ppb로 증가하였다.

나) 농도 및 처리방법이 고추(*Capsicum annuum*)의 생육 및 품질에 미치는 영향

표 27. 농도 및 처리방법이 고추(*Capsicum annuum*)의 생육에 미치는 영향

처리방법	희석농도	과장 (mm)	과직경 (mm)	과중 (g)
관주	대조구	78.4	13.4	4.9
	500×	76.7	16.3	7.4
	1000×	86.9	14.7	8.2
	2000×	86.1	14.5	7.1
분무	4000×	87.8	14.9	7.8
	500×	87.7	14.5	7.4
	1000×	83.2	15.9	7.7
	2000×	63.2	11.2	3.5
	4000×	86.7	15.7	9.0

2000배 분무 처리를 제외한 미네랄 처리구에서 대조구에 비해 증가하는 경향을 보였다. 과장은 4000배 관주 및 500배 분무 처리에서 87.8mm, 87.7mm로 가장 높게 나타났고 과직경은 500배 관주 처리에서 16.3mm로 가장 높게 나타났으며 1000배, 4000배 분무 처리가 15.9mm, 15.7mm를 나타내었다. 과중은 대조구가 4.9g인데 비하여 미네랄 처리구에서 크게 증가하여 4000배 분무 처리에서 9.0g으로 가장 높게 나타났고 500배 관주 처리에서는 8.2g으로 나타났다.

표 28. 농도 및 처리방법이 고추(*Capsicum annuum*)의 생체내 Se 미네랄 함량에 미치는 영향

대조구	관주				분무			
	500×	1000×	2000×	4000×	500×	1000×	2000×	4000×
82.59	60.79	129.6	51.2	99.71	61.54	66.75	74.31	69.29

열매의 미네랄 함량 중 Germanium은 전반적으로 5ppb이하의 낮은 함량을 나타내었고 Selenium 함량은 대조구 82.59ppb에 비해 처리구의 함량이 감소하는 경향을 보였으나 1000배 관주 처리에서 129.6ppb로 비교적 높게 나타났고 4000배 관주 처리에서는 99.71ppb을 나타냈다.

다) 농도 및 처리방법이 방울토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill)의 생육 및 품질에 미치는 영향

표 29. 농도 및 처리방법이 방울토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill)의 생육에 미치는 영향

처리 방법	희석 농도	수확일 (월/일)	과장 (mm)	과직경 (mm)	과중 (g)	당도 (%)
관주	대조구	6/1	21.2	24.5	8.5	7.0
	500×	5/26	20.6	24.1	8.2	7.8
	1000×	5/25	20.9	23.8	7.9	7.7
	2000×	5/28	21.6	24.3	8.7	7.2
분무	4000×	5/31	22.4	25.2	9.5	7.4
	500×	6/1	22.1	25.2	9.4	8.2
	1000×	5/31	21.3	24.5	8.2	7.8
	2000×	5/28	21.2	24.3	8.2	7.5
	4000×	5/29	22.6	26.1	10.1	7.9

수확일은 대조구에 비해 미네랄 처리구에서 단축되는 경향을 보였으며 1000배와 500배 관주 처리에서 5/25일과 5/26일로 대조구에 비해 6-7일 단축하였다. 과장은 관주 보다는 분무 처리에서 증가하였고 4000배 분무 처리에서 가장 높게 나타났으며 과직경은 처리간의 유의차는 나타나지 않았으나 4000배 분무 처리에서 26.1mm로 가장 높게 나타났다. 과중의 경우도 4000배 분무 처리가 10.1g으로 가장 높게 나타났고 관주 처리는 9.5g을 나타냈으며 당도는 대조구에 비해 모든 미네랄 처리구에서 증가하는 경향을 나타내어 500배에서 8.2%로 가장 높게 나타났다.

표 30. 농도 및 처리방법이 방울토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill)의 미네랄 함량에 미치는 영향

대조구	관주				분무			
	500×	1000×	2000×	4000×	500×	1000×	2000×	4000×
50.93	123.73	66.44	125.84	109.67	43.82	81.28	52.94	34.85

열매의 미네랄 함량 중 Germanium은 전반적으로 5ppb이하의 낮은 함량을 나타내었고 Selenium 함량은 대조구 50.931ppb에 비해 관주 처리에서 크게 증가하는 것으로 나타났다. 2000배와 500배에서 각각 125.84, 123.731ppb으로 가장 높게 나타났고 4000배에서는 109.671ppb를 나타냈다. 분무 처리에서는 1000배에서 81.281ppb를 나타내어 다른 분무 처리구보다 높은 결과를 보였다.

제 3 절 기능성 가축 사료 첨가제 및 실용화 기술 개발

1. 재료 및 방법

가. 육계에서 우수한 천연미네랄 제제의 선정

본 시험은 2일령의 Arbor Acre Broiler 병아리 486수(개시시 체중 평균 $40.0 \pm 1.0g$)를 공시하였으며, 사양시험은 총 5주간 실시하였다. 시험 사육실은 평사로서 가로, 세로 $1m \times 1m$ 크기의 케이지 24개로 구성되었으며, 각각의 케이지에는 27수씩의 병아리가 배치되었다. 온도 및 집둥 시간 등의 사양관리는 본 대학의 사육 관리 지침에 따라 병아리의 일령에 적합하게 관리되었다.

시험설계는 옥수수-대두박위주의 사료 내 천연미네랄을 첨가하지 않은 대조구(CON; control), 대조구 사료에 각각 장식 및 흑운모 유래의 천연미네랄을 첨가한 처리구의 3개 처리구를 두어 처리구당 6반복 반복당 27수씩 완전임의 배치하였다.

개시시와 종료시에 처리구별로 체중 및 섭취량을 측정하여 증체량과 사료섭취량을 계산하였으며, 사료요구율은 사료섭취량을 증체량으로 나누어 계산하였다.

Ca과 P의 소화율을 분석하기 위하여 시험 종료 1주일 전에 사료 내 산화크롬을 0.2% 첨가, 급여하였으며, AOAC(1994)에 명시된 분석방법을 사용하여 측정하였으며, 크롬의 함량은 UV absorption spectrophotometry(Shimadzu, UV-1201, Japan)을 통해 측정하였다.

모든 자료는 SAS(1996)의 GLM procedure를 이용하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

나. 육계에 있어 천연미네랄 제제의 첨가수준에 따른 생산성 평가

본 시험은 2일령의 Arbor Acre Broiler 병아리 648수(개시시 체중 평균 $40.0 \pm 1.0g$)를 공시하였으며, 사양시험은 전기 3주, 후기 2주로 나누어 총 5주간 실시하였다. 시험 사육실은 평사로서 가로, 세로 $1m \times 1m$ 크기의 케이지 24개로 구성되었으며, 각각의 케이지에는 27수씩의 병아리가 배치되었다. 온도 및 집

등 시간 등의 사양관리는 본 대학의 사육 관리 지침에 따라 병아리의 일령에 적합하게 관리되었다.

시험설계는 옥수수-대두박위주의 사료 내 천연미네랄을 첨가하지 않은 대조구(CON; control), 대조구 사료에 각각 0.2%, 0.4% 와 0.6%의 천연미네랄을 첨가한 처리구(M0.2, M0.4, M0.6)의 4개 처리구를 두어 처리구당 6반복 반복 당 27수씩 완전임의 배치하였다.

개시시와 3주 후, 그리고 종료시에 처리구별로 체중 및 섭취량을 측정하여 증체량과 사료섭취량은 계산하였으며, 사료요구율은 사료섭취량을 증체량으로 나누어 계산하였다.

사양시험 종료시 각 처리구당 10수씩을 임의 선발하여 혈액 내 Hb(hemoglobin), total protein, albumin, GOT, GPT, Fe, Mg을 분석하였다. 혈액은 1수당 4ml씩 익정맥에서 채취하여 채혈 즉시 4℃에서 냉장 보관 후, 2000×g로 30분간 원심분리하여 혈청을 분리, 이용하였다. Hb는 자동 혈액 분석기(ADVIA 120, Bayer, USA)를 이용하여 분석하였으며, total protein, albumin, GOT, GPT 는 자동 생화학 분석기(ADVIA 1650, Bayer, Japan), Fe, Mg 은 자동 생화학 분석기(Cobas Integra 800, Roche, Swiss)를 이용하여 분석하였다.

사양시험 종료시 각 처리구당 생체중 측정치의 평균에 준하는 10수씩을 임의 선발하여 가슴육과 다리육의 미네랄 함량과 간무게를 측정하기 위하여 도살하였다. 채취한 계육은 즉시 냉장하여, 이후 분석 전까지 -20℃에서 냉동 보관하여 분석에 이용하였다.

모든 자료는 SAS(1996)의 GLM procedure를 이용하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

표 31. Diet composition(as-fed basis)		
Ingredients, %	Starter	Finisher
Corn	55.67	63.16
Soybean meal(CP 48%)	28.25	24.66
Corn gluten meal(CP 60%)	6.50	3.50
Soybean oil	5.50	4.89
Tricalcium phosphate	2.46	2.29
Limestone	0.89	0.75
Salt	0.20	0.20
Vitamine premix ¹	0.20	0.20
Mineral premix ²	0.20	0.20
DL-methionine	0.07	0.07
L-lysine-HCl	0.06	0.08
Chemical composition ³		
ME/kg, kcal	3,100	3,050
CP, %	22.00	19.00
Lysine, %	1.10	1.00
Ca, %	1.00	0.90
P, %	0.80	0.75
¹ provided per kg of diet: 15000 IU of vitamin A, 3750 IU of vitamin D ₃ , 37.5mg of vitamin E, 2.55 mg of vitamin K ₃ , 3mg of vitamin B ₁ , 7.5 mg of vitamin B ₂ , 4.5 mg of vitamin B ₆ , 24 g of vitamin B ₁₂ , 51 mg of niacin, 1.5 mg of folic acid, 126g of biotion and 13.5 mg of pantothenic acid. ² provided per kg of diet: 37.5 mg of Zn, 37.5 mg of Mn, 37.5 mg of Fe, 3.75 mg of Cu, 0.83 mg of Se and 62.5 mg of S. ³ Calculated values.		



그림 16. 육계 사양시험사육실



그림 17. 처리구별 시험사료 급여장면

다. 산란계에 있어 우수한 천연미네랄제제의 선정

본 시험은 63주령 Hy-line Brown 252수를 공시하였고, 6주간 사양시험을 실시하였다.

사료내 키토산과 천연미네랄 제제의 첨가수준에 따라 1) Control (CON), 2) Control + 1% 키토산 + 0.25% 천연 미네랄제제 (M1 0.25), 3) Control + 1% 키토산 + 0.50% 천연미네랄 제제 (M1 0.5), 4) Control + 2% 키토산 + 0.25% 천연 미네랄제제 (M2 0.25), 5) Control + 2% 키토산 + 0.50% 천연 미네랄제제 (M2 0.5), 6) Control + 3% 키토산 + 0.25% 천연미네랄 제제 (M3 0.25), 7) Control + 3% 키토산 + 0.50% 천연미네랄 제제 (M3 0.5)로 7개 처리를 하였으며 처리당 6반복 반복당 6수씩 임의 배치하였다.

시험사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서 NRC(1994) 사양표준을 기초로 하여 2,904kcal ME/kg, 15.45% CP, 0.70% Lysine, 3.23% Ca, 0.61% P를 함유하도록 하였다. 시험사료는 가루형태로 산란율과 체중을 고려하여 일정량을 급여하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 총 점등시간은 일일 17시간으로 조절하였다.

산란율은 사양시험 기간중 매일 집란하여 처리구별로 총산란수를 사육수로 나누어 백분율을 표시하였으며, 난중은 매주 집란한 계란을 전자저울을 이용하여 측정하였다.

난각 강도는 난각 강도계(1-63-11, Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였으며, 난각 두께는 Dial pipe gauge(1-63-11, Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하여 난각의 예단부, 중앙부 및 둔단부를 측정하였다.

난황색은 Yolk color fan(Roche, Switzerland)을 이용하여 난황의 색도를 측정하였다. 난황계수는 Ozaki사의 켈리퍼스로 난황의 높이와 직경을 측정하여 Sauter 등(1951)의 방법에 의하여 난황의 높이를 난황의 직경으로 나누어 계산하였다. Haugh unit는 $(HU = 100 \times \log(H - (1.701 \times W^{0.37}) + 7.57))$ 의 방법(Haugh, 1937)으로 난백고(H)와 난중(W)을 공식에 대입하여 구하였다.

혈액 채취는 처리당 10수씩 임의로 선발하여 시험 종료시 날개 익정맥 부위에서 1수당 4ml씩 채취하였다. 채혈 즉시 4℃에서 냉장 보관 후, 2000 × g로 30분간 원심분리하여 혈청을 분리하여 분석에 이용하였다. 칼륨과 칼슘은 각각 ISE(ion selective electrode(Bayer, USA)와 Calcium reagents(Bayer, USA)를 이용하여 자동 생화학 분석기(ADVIA 120, Bayer, USA)로 측정하였다. 철은 Fe검사시약(Roche, Germany)를 이용하여 자동 생화학 분석기(Cobas Integra

800, Roche, Swiss)로 측정하였다.

난황내 칼륨, 칼슘, 철의 함량을 알아보기 위하여 시험 종료시 각 처리구당 20개씩 집란하였다. 15분 동안 삶은 후 난황과 난백을 분리하여 전처리를 한 시료는 AOAC(1990)의 ICP 방법으로 259.940nm에서 원자흡광광도를 이용하여 측정하였다.

시험에서 얻어진 모든 자료는 SAS (SAS Institute, 1996)의 GLM procedure를 이용 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다. 또한, 처리구간의 평균을 orthogonal contrast 이용하여 1) Con vs Min과 2) Min 0.25 vs Min 0.5로 분리하여 검정하였다.

라. 선정된 천연미네랄제제의 첨가가 산란계의 기능성 난 생산 평가

본 시험은 앞서 시험한 시험 1의 결과에 따라서 키토산을 3% 함유한 천연미네랄 제제의 수준별 급여가 산란계의 생산성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다.

본 시험은 72주령 Hy-line Brown 240수를 공시하였고, 6주간 사양시험을 실시하였다. 처리구는 1) Control (CON), 2) Control + 3% 키토산 + 0.50% 천연미네랄 제제 (M 0.5), 3) Control + 3% 키토산 + 0.10% 천연미네랄 제제 (M1.0), 4) Control + 3% 키토산 + 0.15% 천연미네랄 제제 (M1.50)로 총 4 처리를 하여 처리당 10반복 반복당 6수씩 임의 배치하였다.

시험사료는 옥수수-대두박 위주의 사료로서 NRC(1994) 사양표준을 기초로 하여 2,904kcal ME/kg, 15.45% CP, 0.70% Lysine, 3.23% Ca, 0.61% P를 함유하도록 하였다. 시험사료는 가루형태로 산란율과 체중을 고려하여 일정량을 급여하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 총 점등시간은 일일 17시간으로 조절하였다.

산란율은 사양시험 기간 중 매일 집란하여 처리구별로 총 산란수를 사육수로 나누어 백분율을 표시하였으며, 난중은 매주 집란한 계란을 전자저울을 이용하여 측정하였다.

난각 강도는 난각 강도계(1-63-11, Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하였으며, 난각 두께는 Dial pipe gauge(1-63-11, Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하여 난각의 예단부, 중앙부 및 둔단부를 측정하였다.

난황색은 Yolk color fan(Roche, Switzerland)을 이용하여 난황의 색도를 측정하였다. 난황계수는 Ozaki사의 캘리퍼스로 난황의 높이와 직경을 측정하여 Sauter 등(1951)의 방법에 의하여 난황의 높이를 난황의 직경으로 나누어 계산

하였다. Haugh unit는 ($HU = 100 \times \log(H - (1.701 \times W^{0.37}) + 7.57)$)의 방법 (Haugh, 1937)으로 난백고(H)와 난중(W)을 공식에 대입하여 구하였다.

혈액 채취는 처리당 10수씩 임의로 선발하여 시험 종료시 날개 익정맥 부위에서 1수당 4ml씩 채취하였다. 채혈 즉시 4℃에서 냉장 보관 후, 2000 × g로 30분간 원심분리하여 혈청을 분리하여 분석에 이용하였다. 칼륨과 칼슘은 각각 ISE(ion selctive electrode(Bayer, USA)와 calcium reagents(Bayer, USA)를 이용하여 자동 생화학 분석기(ADVIA 120, Bayer, USA)로 측정하였다. 철은 Fe검사시약(Roche, Germany)를 이용하여 자동 생화학 분석기(Cobas Integra 800, Roche, Swiss)로 측정하였다.

난황내 칼륨, 칼슘, 철의 함량을 알아보기 위하여 시험 종료시 각 처리구당 20개씩 집란하였다. 15분 동안 삶은 후 난황과 난백을 분리하였으며, 전처리를 한 시료는 AOAC(1990)의 ICP 방법으로 259.940nm에서 원자흡광광도를 이용하여 측정하였다.

시험에서 얻어진 모든 자료는 SAS (SAS Institute, 1996)의 GLM procedure를 이용하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

표 32. Diet composition(as-fed basis)	
Ingredient	%
Corn	50.36
Soybean meal(CP 46%)	18.70
Wheat grain	10.00
Limestone	7.50
Wheat bran	5.00
Animal fat	4.44
Corn gluten meal	2.00
Tricalcium phosphate	1.40
Salt	0.30
DL-methionine	0.10
Mineral premix ¹	0.10
Vitamin premix ²	0.10
Chemical composition ³	
ME, kcal/kg	2,904
Crude protein, %	15.45
Lysine, %	0.70
Methionine, %	0.32
Calcium, %	3.23
Phosphorus, %	0.61
Available P, %	0.35
¹ Provided per kg of premix: 25,000 mg Cu, 40,000 mg Fe, 60,000 mg Zn, 80,000 mg Mn, 1,500 mg I, 300 mg Co and 150 mg Se.	
² Provided per kg of premix: 12,500,000 IU vitamin A, 2,500,000 IU vitamin D ₃ , 10,000 mg, vitamin E, 2,000 mg vitamin K ₃ , 50 mg biotin, 500 mg folic acid, 35,000 mg niacin, 10,000 mg Ca pantothenate, 1,000 mg vitamin B ₆ , 5,000 mg vitamin B ₂ , 1,000 mg vitamin, B ₁ and 15 mg vitamin B ₁₂ .	
³ Calculated values.	



그림 18. 단국대학교 시험산란계사



그림 19. 공시동물의 수용

마. 돼지에 있어 천연미네랄구성 원료에 대한 생산성 평가

개시시 체중 17.84 ± 0.56 kg의 삼원교잡종(Landrace×Yorkshire×Duroc)육성돈 42두를 시험에 공시하여 14일간 사양시험을 실시하였다. 시험사료는 NRC(1998) 요구량을 기초로 한 옥수수-대두박의 기초사료, 기초사료 내 천연미네랄 제조과정에 carrier로 사용된 키토산 및 미네랄을 각각 분리해서 첨가한 3개의 처리구로 구성되었으며, 각각의 처리구에 7반복, 반복당 2마리씩을 개시 체중에 기초하여 완전 임의 배치하였다. 사양시험은 충청남도 전의 소재 단국대학교 사양시험농장에서 실시하였다.

사양시험 기간동안, 시험사료와 물은 자동급이기와 니쁠급수기로 자유채식토록 하였으며, 시험 종료시에 체중을 측정하여 일당 증체량, 일당 사료 섭취량 및 사료효율을 계산하였다.

사양시험 종료시 각 처리구당 7마리씩을 임의 선발하여 혈액 내 GOT, GPT, Fe, Mg, K을 분석하였다. 혈액은 1두당 5ml씩 경정맥에서 채취하여 채혈 즉시 4℃에서 냉장 보관 후, 2000×g로 30분간 원심분리하여 혈청을 분리, 이용하였다. GOT, GPT 는 자동 생화학 분석기(ADVIA 1650, Bayer, Japan)를 사용하였으며, K, Fe, Mg 은 자동 생화학 분석기(Cobas Integra 800, Roche, Swiss)를 이용하여 분석하였다.

모든 자료는 SAS(1996)의 GLM procedure를 이용하여 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

바. 돼지에 있어 천연미네랄에 대한 첨가수준 및 생산성 평가

개시시 체중 26.84 ± 0.17 kg의 삼원교잡종(Landrace×Yorkshire×Duroc)육성돈 48두를 시험에 공시하여 28일간 사양시험을 실시하였다. 시험사료는 NRC(1998) 요구량을 기초로 한 옥수수-대두박 사료 내 시험 미네랄을 각각 0, 0.5, 1.0 및 1.5%를 첨가한 4처리구로 구성되었으며, 각각의 처리구에 6반복, 반복당 2마리씩을 개시 체중에 기초하여 완전 임의 배치하였다. 사양시험은 충청남도 전의 소재 단국대학교 사양시험농장에서 실시하였다.

사양시험 기간동안, 시험사료와 물은 자동급이기와 니쁠급수기로 자유채식토록 하였으며, 시험 종료시에 체중을 측정하여 일당 증체량, 일당 사료 섭취량 및 사료효율을 계산하였다.

영양소 소화율을 측정하기 위하여 시험 종료 1주일 전에 사료 내 산화크롬

을 0.2% 첨가, 급여하였으며, 건물 및 질소 소화율은 AOAC(1994)에 명시된 분석방법을 사용하여 측정하였으며, 크롬의 함량은 UV absorption spectrophotometry(Shimadzu, UV-1201, Japan)을 통해 측정하였다.

모든 자료는 SAS(1996)의 general linear procedure에 의하여 시험 미네랄의 첨가수준에 따른 linear, quadratic 및 cubic effect를 분석하였다.

표 33. Basal diet composition(as-fed basis)	
Ingredients	%
Ground corn	59.93
Soybean meal	23.75
Rice bran	5.00
Molasses	4.00
Animal fat	2.61
Rapeseed meal	2.00
Defl. Phosphate	1.16
Calcium carbonate	0.44
L-lysine(78%)	0.34
Salt	0.15
Mineral complex ¹	0.25
Vitamin complex ²	0.10
DL-methionine(98%)	0.10
Choline chloride(60%)	0.08
L-Threonine(98%)	0.09
Chemical composition ³	
DE, kcal/kg	3,447
Crude protein, %	17.72
Lysine, %	1.02
Calcium, %	0.70
Phosphorus, %	0.59

¹Supplied per kg diet: 220 mg Cu, 175 mg Fe, 191 mg Zn, 89 mg Mn, 0.3 mg I, 0.5 mg Co, 0.4 mg Se.

²Supplied per kg diet: 4000 IU vitamin A, 800 IU vitamin D₃, 171 IU vitamin E, 2 mg vitamin K, 4 mg vitamin B₂, 1 mg vitamin B₆, 16 µg vitamin B₁₂, 11 mg pantothenic acid, 20 mg niacin, 0.02 mg biotin.

³Calculated values.

2. 결과 및 고찰

가. 육계에서 우수한 천연미네랄 제제의 선정

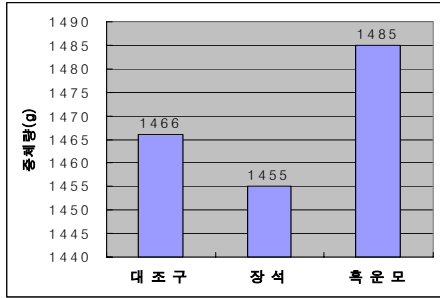


그림 20. 기능성미네랄제제가 증체량에 미치는 영향

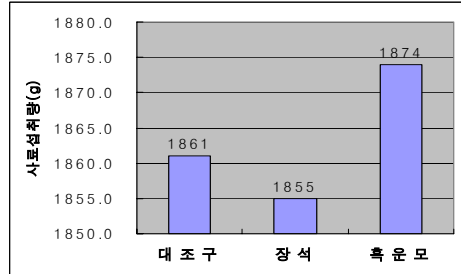


그림 21. 기능성미네랄제제가 사료섭취량에 미치는 영향

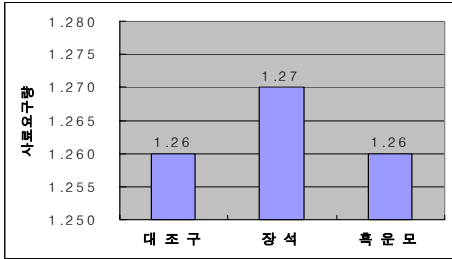


그림 22. 기능성미네랄제제가 사료요구량에 미치는 영향

- 육계에 있어 시험 기능성 미네랄 제제 중 흑운모의 급여는 증체량 및 사료섭취량을 증가시키며, 사료요구율을 낮추는 등의 생산성 향상의 효과를 가져왔다.
- 또한, 육계에 있어 미네랄 제제로서의 흑운모의 첨가는 결핍되기 쉬운 Ca 및 P 소화율을 향상시켰다.

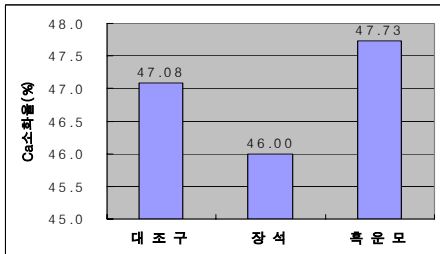


그림 23. 기능성미네랄제제가 Ca 소화율에 미치는 영향

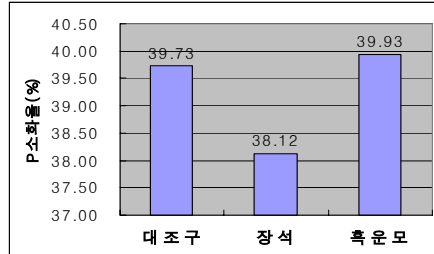


그림 24. 기능성미네랄제제가 P 소화율에 미치는 영향

나. 육계에 있어 천연미네랄 제제의 첨가수준에 따른 생산성 평가

사료 내 액상 천연미네랄의 첨가가 육계의 성장에 미치는 영향을 표 34에 나타내었다. 전기와 후기로 나눈 0-3주, 3-5주 및 0-5주간의 총 사양시험기간 동안, 증체량, 사료섭취량 및 사료 요구율은 미네랄 첨가에 의한 영향을 받지 않았다. 일반적으로 육계에 있어 미네랄의 공급 부족은 성장 지연을 초래하나, 본 시험에서는 기초 사료 내 미네랄의 함량이 육계의 요구량에 충족하였으므로 성장에 있어서는 처리구간 큰 차이를 보이지 않은 것으로 판단된다. 그러나, 유 등(2005)은 천연의 점토광물질 발효산물을 육계에 급여하였을 때, 증체량이 증가하였다고 보고하여 본 연구결과와는 상이한 결과를 나타내었다. 이는 각각의 광물질의 공급원이 가지는 특성의 차이에 기인한 것이라 사료된다.

표 34. The effect of dietary natural mineral liquid complex on growth performance in broilers.					
Item	CON ¹	Min0.2 ¹	Min0.4 ¹	Min0.6 ¹	SE ²
0-3wks					
Weight gain,kg	0.471	0.465	0.466	0.485	0.010
Feed intake, kg	0.726	0.711	0.721	0.726	0.014
Feed/Gain	1.541	1.529	1.547	1.497	0.020
3-5wks					
Weight gain,kg	0.602	0.607	0.617	0.603	0.014
Feed intake, kg	1.323	1.312	1.389	1.349	0.028
Feed/Gain	2.198	2.161	2.251	2.237	0.041
0-5wks					
Weight gain,kg	1.045	1.032	1.043	1.048	0.022
Feed intake, kg	2.047	2.018	2.105	2.068	0.036
Feed/Gain	1.959	1.955	2.018	1.973	0.030
¹ Abbreviaed CON, control; Min0.2, Con diet+0.2% natural mineral liquid complex; Min0.4, Con diet+0.4% natural mineral liquid complex; Min0.6, Con diet+0.6% natural mineral liquid complex.					
² Pooled standard error.					

시험사료의 급여가 육계의 간 무게에 미치는 영향을 표 35에 나타내었다. 시험 종료시 측정된 간 무게에 있어서는 Min0.4와 Min0.6처리구가 Min0.2처리구와 비교하여 무거웠으며(P<0.05), Min0.2처리구와 CON처리구간에는 유의적

인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 본 시험에서 사용된 천연미네랄의 주요구성 성분 중 Mn 과 Cu는 단위동물의 간과 뇌에 주로 축적되므로(한, 1996), 본 결과에서 나타나는 천연미네랄 첨가시 증가되는 간무게는 이에 기인한 것으로 사료된다.

표 35. The effect of dietary natural mineral liquid complex on liver weight in broilers.					
Item, g	CON ¹	Min0.2 ¹	Min0.4 ¹	Min0.6 ¹	SE ²
Liver weight	24.29 ^{ab}	20.86 ^b	27.71 ^a	26.29 ^a	1.22
¹ Abbreviated CON, control; Min0.2, Con diet+0.2% natural mineral liquid complex; Min0.4, Con diet+0.4% natural mineral liquid complex; Min0.6, Con diet+0.6% natural mineral liquid complex.					
² Pooled standard error.					
^{ab} Means in the same row with different superscript differ($P<0.05$).					

액상 천연 미네랄의 급여에 따른 육계의 혈액 특성은 표 36에 나타내었다. 혈청 내 total protein, albumin과 Fe 함량에 있어서는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 유 등(2005)은 천연 소재의 광물질 급여시 육계의 항체 생산 능력이 개선되었다고 보고하여 본 연구와 다른 결과를 나타내었다. 그러나, 혈청 내 hemoglobin함량은 Min0.4, Min0.6처리구가 Min0.2처리구와 비교하여 증가하였다($P<0.05$). 이는 천연미네랄에 함유된 Fe 와 Cu 의 상호작용에 의해 혈청 내 hemoglobin의 함량이 증가한 것으로 사료된다. 비록, 혈청 내 Fe 의 함량은 처리구간 차이를 보이지 않았으나, 이는 대부분의 Fe 가 hemoglobin 합성에 이용된 것에 기인한 것으로 사료된다. 혈청 내 GOT 와 GPT 함량은 Min0.4와 Min0.6처리구가 CON과 비교하여 감소하였으며, 액상 천연미네랄을 0.4% 급여한 육계에 있어 혈청 내 Mg 함량은 다른 처리구와 비교하여 가장 높게 나타났다($P<0.05$). 혈 중 GOT, GPT 활성증가는 간 질환 뿐 아니라 다른 질환 및 독성 감별 등에 널리 이용되고 있다(이와 이, 1996). 본 시험에서 사용된 미네랄의 성분 중, Cr, Cu, Mo 은 중독광물질로 분류되어 있고, 다량 섭취시, 사료섭취량 감소, 성장을 저하, hemoglobin 합성불량에 의한 빈혈 등을 일으킨다(한, 1996). 그러나, 본 시험 결과에서는 GOT, GPT 함량이 CON과 비교하여 감소하였으며, 혈청 내 hemoglobin 의 합성 저하 또는 성장을 저하 등의 결과를 나타내지 않았으므로, 이들 성분이 육계에 있어 중독 현상을 일으키지는 않은 것으로 판단된다.

표 36. The effect of dietary natural mineral liquid complex on blood characteristics in broilers.

Item	CON ¹	Min0.2 ¹	Min0.4 ¹	Min0.6 ¹	SE ²
Hb, g/dl	9.22 ^{ab}	8.74 ^b	9.52 ^a	9.58 ^a	0.18
Total protein, g/dl	2.84	2.90	3.05	2.80	0.11
Albumin, g/dl	1.30	1.34	1.40	1.32	0.05
GOT, U/L	253.20 ^a	251.25 ^a	224.60 ^b	228.00 ^b	7.32
GPT, U/L	4.20 ^a	3.60 ^{ab}	3.00 ^b	2.80 ^b	0.34
Fe, μ g/dl	121.80	138.80	120.50	115.80	8.21
Mg, mg/dl	2.30 ^b	2.26 ^b	2.55 ^a	2.34 ^b	0.07

¹Abbreviated CON, control; Min0.2, Con diet+0.2% natural mineral liquid complex; Min0.4, Con diet+0.4% natural mineral liquid complex; Min0.6, Con diet+0.6% natural mineral liquid complex.

²Pooled standard error.

^{ab}Means in the same row with different superscript differ(P<0.05).

표 37에서 보는 바와 같이, 가슴육 내 Mg 함량은 Min0.4사료를 급여한 처리구가 CON 또는 Min0.2사료를 급여한 처리구와 비교하여 높게 나타났다(P<0.05). 또한, Fe 함량에 있어서는, Min0.4처리구가 처리구간 가장 높게 나타났다(P<0.05). 다리육 내 K 함량은 Min0.6처리구가 다른 처리구와 비교하여 증가하였다(P<0.05). 가축에 있어 섭취되는 미네랄은 그 종류에 따라 축적되는 주기관 또는 조직이 다르다. Ca, P, Mg, Mn 등은 가축의 뼈, Na, K, Cl 등은 체액 또는 연조직, Fe 는 hemoglobin 또는 간등에 축적된다(한, 1996). 이 중, K 은 근육, 뇌, 간 등에 많이 함유되어 있으며(Wilde, 1962), 또한, 노 등(2001)은 사료 내 Fe 가 체내에 공급되는 우선 순위는 cytochrome과 세포대사에 필요한 기타 효소 및 근육의 기능 수행에 필요한 myoglobin이라고 하였다. 본 실험결과에서도 천연미네랄을 0.6%급여한 육계의 다리근육 내 K 함량과 천연미네랄을 0.4%급여한 육계의 가슴근육 내 Fe 함량이 유의적으로 증가되어 위와 유사한 결과를 나타내었다. 또한, 양 등(2005)는 육계에 있어 효모철을 0.1%첨가 급여시 도체의 철분 함량을 높였다고 하여 이를 뒷받침 해주고 있으며, 김(2005)은 Fe 과 Ca 이 다량 함유된 성계껍질 분말을 육계에 급여시, 이들 성분이 이행되어 대퇴부위 근육의 Fe 함량을 증가시켰다고 보고하여 본 연구과 유사한 결과를 나타내었다. 그러나, 가슴 근육 내의 K함량과 다리 근육 내 Fe 의 함량은 차이를 보이지 않아 각각의 근육 특성에 따라 미네랄이 축적되는 부위가 다른 것으로 보이며, 이와 관련하여 더욱 체계적인 연구가 필요할

것으로 보인다.

결론적으로, 사료 내 0.4%의 액상 천연미네랄 복합제제의 첨가는 육계의 간 무게와 혈액 또는 근육 내 몇가지의 미네랄 함량을 증가시키는 것으로 사료된다.

표 37. The effect of dietary natural mineral liquid complex on mineral concentration of broiler's muscle.					
Item, mg/100g	CON ¹	Min0.2 ¹	Min0.4 ¹	Min0.6 ¹	SE ²
Breast muscle					
K, mg/100g	397.77	382.93	369.38	388.65	11.89
Mg, mg/100g	31.71 ^b	32.01 ^b	33.45 ^a	32.27 ^b	0.39
Fe, mg/100g	0.60 ^{bc}	0.53 ^c	0.79 ^a	0.64 ^b	0.03
Mn, mg/100g	0.04	0.03	0.03	0.04	0.002
Leg muscle					
K, mg/100g	251.85 ^b	248.51 ^b	246.78 ^b	292.58 ^a	10.42
Mg, mg/100g	26.06	24.07	24.05	23.66	0.89
Fe, mg/100g	0.97	1.10	1.14	0.99	0.05
Mn, mg/100g	0.04	0.04	0.04	0.04	0.002
¹ Abbreviated CON, control; Min0.2, Con diet+0.2% natural mineral liquid complex; Min0.4, Con diet+0.4% natural mineral liquid complex; Min0.6, Con diet+0.6% natural mineral liquid complex.					
² Pooled standard error.					
^{abc} Means in the same row with different superscript differ(P<0.05).					

다. 산란계에 있어 우수한 천연미네랄제제의 선정

1) 산란율 및 난중

전체 사양기간동안의 산란계에 대한 산란율과 난중은 표 38에 나타내었다. M3 0.25, M3 0.5처리구와 M2 0.5처리구의 산란율은 다른 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.05), 미네랄을 첨가한 처리구의 산란율은 대조구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.032). 또한, 천연 미네랄 제제 0.5%를 첨가한 처리구가 천연미네랄 제제 0.25% 첨가한 처리구와 비교하여 높은 경향을 나타냈으나 유의적인 차이는 보이지 않았다(P>0.05).

난중에 있어서는 천연 미네랄 제제를 0.5% 첨가구의 키토산 첨가수준이 증가할수록 유의적으로 무거워졌으며(P<0.05), 또한 천연 미네랄 제제를 0.5%첨가한 처리구는 0.25%를 첨가한 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다

(P<0.061).

표 38. Effect of natural mineral on hen-day egg productivity in laying hens										
Item	CON ²	0.25 ¹			0.50 ¹			SE ²	Probability	
		M1	M2	M3	M1	M2	M3		1)	2)
Egg production(%)	71.56 ^c	74.21 ^c	78.24 ^b	82.14 ^a	79.43 ^{ab}	82.27 ^a	82.54 ^a	1.28	0.032	0.655
Egg weight(g)	65.52 ^c	64.19 ^d	63.85 ^d	65.41 ^c	65.48 ^c	66.22 ^b	66.86 ^a	0.16	0.364	0.061

¹Abbreviated CON, control; M1 0.25, CON diet+1% chitosan+0.25% natural mineral; M2 0.25, CON diet+2% chitosan+0.25% natural mineral; M2 0.50, CON diet+2% chitosan+0.50% natural mineral; M3 0.25, CON diet+3% chitosan+0.25% natural mineral; M3 0.50, CON diet+3% chitosan+0.50% natural mineral.

²Pooled standard error.

³Probability of contrast: 1) control diet vs control added mineral diet; 2) Min0.25 treatment vs Min0.50 treatment.

^{abcd} Means in the same row with difference superscripts differ(P<0.05).

2) 난각강도 및 난각두께

전체 사양기간동안의 산란계의 난각강도와 난각두께를 표 39에 나타내었다. 시험 2주차와 4주차의 난각강도는 처리구간 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 그러나 4주차의 난각강도는 미네랄을 급여한 처리구가 대조구와 비교하여 증가하였다(P<0.061). 6주차의 난각강도는 미네랄을 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.035). 전체 시험기간동안의 난각강도 역시 미네랄을 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 증가하였으며(P<0.042), 특히, M2 0.50처리구가 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05).

시험 6주의 난각두께는 미네랄을 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 증가하였다(P<0.05). 전체시험기간동안, M2 0.5처리구의 난각두께는 다른 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타나났으며(P<0.05), 미네랄을 급여한 처리구는 대조구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.069).

표 39. Effect of natural mineral on egg shell breaking and egg shell thickness in laying hens

Item	CON ¹	0.25 ¹			0.50 ¹			SE ²	Probability ³	
		M1	M2	M3	M1	M2	M3		1)	2)
Egg shell breaking strength, kg/cm ²										
0 week	3.31	3.03	3.09	3.50	3.01	3.50	3.49	0.30	0.478	0.235
2 weeks	3.76	3.45	3.44	3.96	3.79	3.71	3.88	0.18	0.534	0.341
4 weeks	3.46	3.32	3.66	3.82	3.49	3.77	3.77	0.16	0.061	0.324
6 weeks	2.18 ^b	2.80 ^{ab}	3.29 ^a	2.54 ^{ab}	2.65 ^{ab}	3.12 ^a	2.83 ^{ab}	0.24	0.035	0.191
overall	3.18 ^c	3.15 ^c	3.37 ^{abc}	3.46 ^{ab}	3.24 ^{bc}	3.53 ^a	3.47 ^{ab}	0.09	0.042	0.127
Egg shell thickness, mm										
0 week	0.335	0.338	0.336	0.336	0.330	0.348	0.322	0.010	0.491	0.356
2 weeks	0.354	0.357	0.355	0.360	0.357	0.367	0.357	0.004	0.451	0.398
4 weeks	0.343 ^{bc}	0.345 ^{bc}	0.336 ^c	0.356 ^b	0.359 ^{ab}	0.373 ^a	0.344 ^{bc}	0.005	0.321	0.665
6 weeks	0.268 ^c	0.297 ^{ab}	0.302 ^{ab}	0.293 ^{abc}	0.278 ^{bc}	0.286 ^{abc}	0.309 ^a	0.008	0.050	0.325
overall	0.325 ^c	0.333 ^{bc}	0.332 ^{bc}	0.337 ^{ab}	0.331 ^{bc}	0.344 ^a	0.335 ^{ab}	0.003	0.069	0.246

¹Abbreviated CON, control; M1 0.25, CON diet+1% chitosan+0.25% natural mineral; M2 0.25, CON diet+2% chitosan+0.25% natural mineral; M2 0.50, CON diet+2% chitosan+0.50% natural mineral; M3 0.25, CON diet+3% chitosan+0.25% natural mineral; M3 0.50, CON diet+3% chitosan+0.50% natural mineral.

²Pooled standard error.

³Probability of contrast: 1) control diet vs control added mineral diet; 2) Min0.25 treatment vs Min0.50 treatment.

^{abc}Means in the same row with difference superscripts differ(P<0.05).

3) 난황색 및 haugh unit

천연미네랄의 첨가수준이 난황색과 haugh unit에 미치는 영향을 표 40에 나타내었다. 전체 시험기간동안, 난황색은 미네랄을 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 진하게 나타났으며(P<0.098), M3 0.25 처리구는 대조구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 시험 4주의 haugh unit은 M3 0.25, M2 0.5와 M3 0.5처리구가 M1 0.25 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 전체 시험기간동안 haugh unit은 미네랄을 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 증가하는 경향을 보였으며(P<0.038), M3 0.25 처리구와 M3 0.5 처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05).

표 40. Effect of natural mineral on egg yolk color unit and haugh unit in laying hens

Item	CON ¹	0.25 ¹			0.50 ¹			SE ²	Probability ³	
		M1	M2	M3	M1	M2	M3		1)	2)
Egg yolk color unit										
0 week	7.70	7.95	8.15	8.20	7.85	7.80	8.00	0.30	0.348	0.468
2 week	8.31 ^a	8.24 ^{ab}	8.19 ^b	8.21 ^{ab}	8.23 ^{ab}	8.43 ^a	8.12 ^b	0.18	0.665	0.345
4 week	8.40 ^b	8.27 ^b	8.55 ^{ab}	8.79 ^a	8.30 ^b	8.54 ^{ab}	8.52 ^{ab}	0.16	0.136	0.365
6 week	8.13	8.06	8.16	8.24	8.30	8.30	8.01	0.24	0.136	0.032
overall	8.14 ^b	8.13 ^b	8.26 ^{ab}	8.36 ^a	8.17 ^b	8.27 ^{ab}	8.16 ^b	0.09	0.098	0.254
Haugh unit										
0 week	82.12 ^{ab}	84.46 ^{ab}	86.22 ^{ab}	84.21 ^{ab}	87.56 ^a	81.20 ^b	85.74 ^{ab}	0.010	0.241	0.354
2 week	83.48 ^b	90.27 ^{ab}	93.36 ^a	89.37 ^{ab}	90.97 ^{ab}	91.28 ^{ab}	92.53 ^a	0.004	0.395	0.622
4 week	92.12 ^{ab}	88.01 ^b	90.97 ^{ab}	92.91 ^a	90.07 ^{ab}	92.77 ^a	93.42 ^a	0.005	0.035	0.354
6 week	86.94 ^b	89.18 ^{ab}	88.14 ^{ab}	94.05 ^{ab}	86.14 ^b	92.06 ^{ab}	92.08 ^{ab}	0.008	0.042	0.365
overall	87.67 ^b	87.98 ^b	89.74 ^{ab}	90.93 ^a	88.75 ^{ab}	89.33 ^{ab}	90.94 ^a	0.003	0.038	0.491
¹ Abbreviated CON, control; M1 0.25, CON diet+1% chitosan+0.25% natural mineral; M2 0.25, CON diet+2% chitosan+0.25% natural mineral; M3 0.25, CON diet+3% chitosan+0.25% natural mineral; M1 0.50, CON diet+2% chitosan+0.50% natural mineral; M2 0.50, CON diet+2% chitosan+0.50% natural mineral; M3 0.50, CON diet+3% chitosan+0.50% natural mineral. ² Pooled standard error. ³ Probability of contrast: 1) control diet vs control added mineral diet; 2) Min0.25 treatment vs Min0.50 treatment. ^{ab} Means in the same row with difference superscripts differ(P<0.05).										

4) 혈액과 난황내 K, Ca, Fe 함량

천연미네랄의 첨가 수준이 혈액과 난황 내 K, Ca, Fe 함량에 미치는 영향을 표 41에 나타내었다. 혈액 내 K함량은 미네랄을 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.038). Ca의 함량은 처리구간에 유의적인 차이가 없었으나(P>0.05), 천연 미네랄 0.25% 첨가 처리구는 미네랄 0.5% 첨가 처리구와 비교하여 유의적으로 증가하였다(P<0.045). 혈액 내 Fe함량에 있어서 천연미네랄을 첨가한 처리구는 대조구와 비교하여 유의적으로 증가하였으며(P<0.037), 미네랄을 0.5%첨가한 처리구가 0.25% 첨가한 처리구보다 유의적으로 증가하였다(P<0.034).

난황 내 K와 Ca함량에 있어서는 처리구간 유의적인 차이는 없었다(P<0.05). 그러나 Fe 함량은 대조구와 비교하여 천연미네랄을 첨가한 처리구가 유의적으로 높게 나타났으며(P<0.021), 천연미네랄을 0.5% 첨가한 처리구는 0.25% 첨가한 처리구와 비교하여 증가하는 경향을 보였다(P<0.051).

결과적으로 천연 미네랄의 첨가는 산란계의 생산성과 계란 품질을 향상시켰으며, 키토산 3%, 미네랄 0.5%를 급여한 처리구에 있어서 산란율, 난중 및

haugh unit 개선의 효과를 보였다.

표 41. Effect of natural mineral on K, Ca, Fe concentration in blood and yolk

Item	CON ¹	0.25 ¹			0.50 ¹			SE ²	Probability ³	
		M1	M2	M3	M1	M2	M3		1)	2)
Blood										
K	4.78 ^c	5.58 ^{abc}	5.12 ^{bc}	5.50 ^{abc}	5.22 ^{abc}	6.18 ^a	5.92 ^{ab}	0.32	0.038	0.048
Ca	18.78	19.80	18.30	16.54	17.60	15.60	17.24	1.28	0.665	0.045
Fe	331.8 ^b	269.4 ^b	316.6 ^b	471.8 ^{ab}	475.8 ^{ab}	577.5 ^a	585.3 ^a	77.7	0.037	0.034
Yolk										
K	0.082	0.092	0.090	0.100	0.090	0.094	0.100	0.006	0.098	0.236
Ca	0.144	0.146	0.148	0.146	0.142	0.148	0.154	0.008	0.156	0.241
Fe	79.01 ^c	98.68 ^{bc}	105.61 ^{ab}	109.75 ^{ab}	111.62 ^{ab}	123.49 ^{ab}	126.17 ^a	8.157	0.021	0.051

¹Abbreviated CON, control; M1 0.25, CON diet+1% chitosan+0.25% natural mineral; M2 0.25, CON diet+2% chitosan+0.25% natural mineral; M3 0.25, CON diet+3% chitosan+0.25% natural mineral; M1 0.50, CON diet+2% chitosan+0.50% natural mineral; M2 0.50, CON diet+2% chitosan+0.50% natural mineral; M3 0.50, CON diet+3% chitosan+0.50% natural mineral.

²Pooled standard error.

³Probability of contrast: 1) control diet vs control added mineral diet; 2) Min0.25 treatment vs Min0.50 treatment.

^{abc}Means in the same row with difference superscripts differ(P<0.05).

라. 선정된 천연미네랄제제의 첨가가 산란계의 기능성 난 생산 평가

1) 산란율 및 난중

전체사양기간동안의 산란율과 난중을 표 42에 나타내었다. 천연미네랄을 1.5% 급여한 처리구의 산란율은 다른 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 난중에 있어서는 천연 미네랄을 0.5% 급여한 처리구가 다른 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05).

표 42. Effect of natural mineral on hen-day egg production in laying hens

Item	CON ¹	M0.5 ¹	M1.0 ¹	M1.5 ¹	SE ²
Egg production(%)	64.05 ^b	65.48 ^b	63.65 ^b	69.20 ^a	1.21
Egg weight(g)	64.29 ^c	65.57 ^a	64.80 ^{bc}	65.09 ^{ab}	0.24

¹Abbreviated CON, control; M0.5, CON diet + 0.5% natural mineral; M1.0, CON diet+1.0% natural mineral; M1.5, CON diet + 1.5% natural mineral.

²Pooled standard error.

^{abc}Means in the same row with difference superscripts differ(P<0.05).

2) 난각강도 및 난각두께

미네랄 첨가 수준에 따른 난각강도와 난각두께는 표 43에 나타내었다. 전체 시험기간동안의 난각강도와 난각두께는 M1.5 처리구가 CON 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05).

표 43. Effect of natural mineral on egg shell breaking strength and egg shell thickness in laying hens					
Item	CON ¹	M0.5 ¹	M1.0 ¹	M1.5 ¹	SE ²
Egg shell breaking strength, kg/cm ²					
0 week	3.10	3.26	3.08	3.18	0.26
2 weeks	3.07 ^b	3.03 ^b	3.89 ^a	3.57 ^{ab}	0.19
4 weeks	3.27	3.45	3.40	3.65	0.15
6 weeks	3.55	3.30	3.13	3.27	0.19
overall	3.52 ^{ab}	3.28 ^b	3.54 ^{ab}	3.58 ^a	0.09
Egg shell thickness, mm					
0 week	0.327 ^c	0.341 ^{bc}	0.366 ^a	0.362 ^{ab}	0.010
2 weeks	0.320 ^b	0.343 ^a	0.314 ^b	0.353 ^a	0.004
4 weeks	0.323 ^b	0.333 ^{ab}	0.321 ^b	0.347 ^a	0.005
6 weeks	0.327	0.337	0.337	0.335	0.008
overall	0.325 ^c	0.338 ^b	0.336 ^b	0.349 ^a	0.004
¹ Abbreviated CON, control; M0.5, CON diet + 0.5% natural mineral; M1.0, CON diet+1.0% natural mineral; M1.5, CON diet + 1.5% natural mineral.					
² Pooled standard error.					
^{abc} Means in the same row with difference superscripts differ(P<0.05).					

3) 난황색 및 haugh unit

표 44는 천연미네랄이 난황색과 haugh unit에 미치는 영향을 보여주고 있다. 전체시험기간동안, 난황색은 천연미네랄을 0.5% 첨가한 처리구가 다른 처리구와 비교하여 증가하였다(P<0.05). 또한, 전체 시험기간동안 haugh unit은 대조구와 M1.0처리구가 M1.5처리구와 비교하여 높게 나타났다(P<0.05).

표 44. Effect of natural mineral on egg yolk color and haugh unit in laying hens					
Item	CON ¹	M0.5 ¹	M1.0 ¹	M1.5 ¹	SE ²
Egg yolk color unit					
0 week	8.12 ^{ab}	8.88 ^a	8.18 ^{ab}	7.56 ^b	0.27
2 weeks	8.33	8.50	8.44	8.53	0.07
4 weeks	8.29 ^{ab}	8.43 ^a	8.19 ^b	8.36 ^{ab}	0.06
6 weeks	8.20 ^b	8.75 ^a	8.29 ^{ab}	8.25 ^{ab}	0.16
overall	8.25 ^b	8.65 ^a	8.28 ^b	8.23 ^b	0.07
Haugh unit					
0 week	86.58	81.79	86.28	83.82	2.43
2 weeks	94.37 ^a	89.20 ^b	87.44 ^{bc}	84.01 ^c	1.63
4 weeks	88.87	91.90	92.15	89.44	1.32
6 weeks	71.63	71.67	72.97	69.24	2.40
overall	85.36 ^a	83.64 ^{ab}	84.71 ^a	81.63 ^b	0.99
¹ Abbreviated CON, control; M0.5, CON diet + 0.5% natural mineral; M1.0, CON diet+1.0% natural mineral; M1.5, CON diet + 1.5% natural mineral.					
² Pooled standard error.					
^{abc} Means in the same row with difference superscripts differ(P<0.05).					

4) 혈액과 난황내 K, Ca, Fe 함량

천연미네랄의 첨가가 혈액 및 난황내 K, Ca, Fe 함량에 미치는 영향을 표 45에 나타내었다. 혈액내 K함량에 있어서는 처리구간에 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 그러나 Ca과 Fe함량에 있어서는 천연 미네랄을 첨가한 처리구가 대조구와 비교하여 모두 높게 나타났다(P<0.05). 난황내 K의 함량에 있어서는 M1.5처리구가 대조구 및 M1.0처리구와 비교하여 증가하였다(P<0.05). 난황내 Ca과 Fe함량에 있어서는 모든 처리구간의 유의적인 차이는 없었다(P>0.05).

표 45. Effect of natural mineral on K, Ca, Fe concentration in blood and yolk

Item	CON ¹	M0.5 ¹	M1.0 ¹	M1.5 ¹	SE ²
Blood					
K	4.32	4.02	4.50	4.28	0.20
Ca	17.08 ^c	19.62 ^b	19.78 ^{ab}	22.04 ^a	0.75
Fe	536.40 ^b	596.50 ^{ab}	647.20 ^{ab}	726.00 ^a	50.39
Yolk					
K	801.20 ^b	773.60 ^b	908.10 ^{ab}	1106.50 ^a	90.83
Ca	0.19	0.15	0.18	0.16	0.02
Fe	175.73	151.52	170.60	155.64	15.49

¹Abbreviaed CON, control; M0.5, CON diet + 0.5% natural mineral; M1.0, CON diet+1.0% natural mineral; M1.5, CON diet + 1.5% natural mineral.
²Pooled standard error.
^{abc}Means in the same row with difference superscripts differ(P<0.05).

마.돼지에 있어 천연미네랄 구성 원료에 대한 생산성 평가

육성돈에 있어 시험 천연 미네랄의 구성원료인 키토산과 미네랄이 각각 성장에 미치는 영향을 표 46에 나타내었다. 전체 사양시험기간동안, 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율은 처리구간 영향을 받지 않았다(P>0.05). 이는 육계에서의 실험 결과와 유사하게 나타났다.

표 46. Effect of natural mineral on growth performance in growing pigs

Item	CON ¹	CHI ¹	MIN ¹	SE ²
ADG, kg	0.424	0.457	0.428	0.096
ADFI, kg	1.286	1.132	0.964	0.089
G/F	0.329	0.403	0.451	0.088

¹Abbreviaed CON, control; CHI, chitosan solution; MIN, natural mineral solution.
²Pooled standard error.

표 47에는 천연 미네랄의 급여가 육성돈의 혈액 내 K, Fe, Mg, globulin, GOT 및 GPT 함량에 미치는 영향을 나타내었다. 혈 중 GOT, GPT 활성증가는 간 질환 뿐 아니라 다른 질환 및 독성 감별 등에 널리 이용되고 있다(이와 이, 1996). 본 시험에서 사용된 미네랄의 성분 중, Cr, Cu, Mo 은 중독광물질

로 분류되어 있고, 다량 섭취시, 사료섭취량 감소, 성장을 저하, hemoglobin 합성불량에 의한 빈혈 등을 일으킨다(한, 1996). 그러나, 본 시험 결과에서는 GOT, GPT 함량이 CON과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 따라서, 이들 성분이 육계에 있어 중독 현상을 일으키지는 않은 것으로 판단된다. 또한, 천연미네랄의 주요 성분인 K, Fe, Mg 의 함량에 있어서도 통계적인 차이를 보이지 않았다. 이는 돼지에 있어 본 천연미네랄의 첨가수준이 유의적인 차이를 나타낼 수 있을 정도 첨가량이 아니었던 것으로 판단되며, 이와 관련하여서는 후의 실험에서 연구되어질 것이다. 결과적으로, 본 시험에 사용되는 천연미네랄의 성분 중 carrier로서 사용되는 키토산은 미네랄과 혼합 사용에 문제 없을 것으로 판단되며, 육계 혹은 산란계의 성적 개선의 효과는 키토산 단독으로의 효과라고 볼 수 없을 것이다. 또한, 차 후 미네랄의 유효 첨가수준에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

표 47. Effect of natural mineral on blood characteristics in growing pigs				
Item	CON ¹	CHI ¹	MIN ¹	SE ²
Initial K, mmol/L	10.25	11.03	12.30	0.87
Final K, mmol/L	10.20	8.68	9.45	0.52
difference	-0.05	-2.35	-2.85	1.29
Initial Fe, µg/dL	40.00	49.00	99.25	25.09
Final Fe, µg/dL	59.00	82.50	110.25	29.98
difference	19.00	33.50	11.00	24.69
Initial Mg, mg/dL	2.35	2.65	2.85	0.25
Final Mg, mg/dL	3.05	2.63	2.90	0.13
difference	0.70	-0.03	0.05	0.31
Initial globulin, g/dl	3.50	4.00	3.73	0.26
Final globulin, g/dl	3.55	4.53	4.13	0.56
difference	0.05	0.53	0.40	0.58
Initial GOT, U/L	112.00	95.75	97.25	10.66
Final GOT, U/L	123.00	96.75	85.00	31.00
difference	11.00	1.00	-12.25	3.11
Initial GPT, U/L	89.50	68.75	73.75	12.55
Final GPT, U/L	46.00	44.75	45.75	10.84
difference	-43.50	-24.00	-28.00	11.42

¹Abbreviated CON, control; CHI, chitosan solution; MIN, natural mineral solution.

²Pooled standard error.

바. 돼지에 있어 천연미네랄에 대한 첨가수준 및 생산성 평가

돼지에 있어 천연미네랄이 성장에 미치는 영향을 표 48에 나타내었다. 전체 사양시험기간동안의 천연미네랄의 첨가수준이 높아질수록 일당증체량이 증가하였으며(linear effect, $p < 0.01$), 일당사료 섭취량은 천연미네랄 1.0 및 1.5% 첨가구가 대조구와 비교하여 증가하였다. 또한, 시험종료시에 측정된 체중에 있어서도 천연미네랄의 첨가수준이 증가할수록 유의적으로 증가하였다(linear effect, $p < 0.02$).

표 48. Effect of natural mineral complex on growth performance in growing pigs

Item, %	Level of mineral complex, %				SE ¹	p value		
	0	0.2	1.0	1.5		linear	quadratic	cubic
IBW, kg	26.88	26.84	26.79	26.74	0.17	0.72	0.96	0.92
FBW, kg	45.65 ^{ab}	45.12 ^b	47.33 ^a	47.29 ^a	0.68	0.02	0.59	0.10
ADG, kg	0.670 ^{ab}	0.653 ^b	0.733 ^a	0.734 ^a	0.024	0.01	0.62	0.11
ADFI, kg	1.526a	1.404 ^b	1.549 ^a	1.568 ^a	0.039	0.12	0.07	0.03
G/F	0.443	0.468	0.476	0.469	0.019	0.27	0.46	0.93

¹Pooled standard error.
^{ab}Means in the same row with different superscript differ($P < 0.05$).

돼지에 있어 천연미네랄이 DM 및 N 소화율에 미치는 영향을 표 49에 나타내었다. DM 소화율에 있어서는 천연미네랄을 1.0 또는 1.5% 급여한 처리구가 미네랄을 급여하지 않은 처리구와 비교하여 증가하였으며($p < 0.05$), N 소화율에 있어서는 천연미네랄의 첨가수준이 증가할수록 소화율이 유의적으로 향상되었다(linear effect, $p < 0.0001$).

표 49. Effect of natural mineral complex on DM and N digestibility in growing pigs

Item, %	Level of mineral complex, %				SE ¹	p value		
	0	0.2	1.0	1.5		linear	quadratic	cubic
DM	78.00 ^a	75.92 ^b	79.45 ^a	79.33 ^a	0.47	0.003	0.04	0.001
N	75.36 ^b	74.27 ^b	76.11 ^b	81.45 ^a	0.63	<0.0001	0.001	0.85

¹Pooled standard error.
^{ab}Means in the same row with different superscript differ(P<0.05).

표 50에는 혈액 내 미네랄 함량에 대해서 나타내었다. 시험 종료시에 측정된 혈액 내 Mg 함량은 천연미네랄을 1.0 또는 1.5% 급여한 처리구가 미네랄을 급여하지 않은 처리구와 비교하여 증가하였으나(p<0.05), 분 내 K 및 Mg 함량은 천연미네랄의 첨가수준이 증가할수록 유의적으로 감소하였다(linear effect, p<.0001).

표 50. Effect of natural mineral complex on mineral concentration in blood and feces¹

Item, %	Level of mineral complex, %				SE ¹	p value		
	0	0.2	1.0	1.5		linear	quadratic	cubic
Blood								
K, mmol/L	11.18	10.33	11.03	10.73	0.30	0.64	0.38	0.08
Ca, mg/dL	10.12	9.97	10.23	9.87	0.25	0.68	0.67	0.37
Fe, µg/dL	135.83	147.00	137.33	128.83	9.56	0.48	0.32	0.61
Mg, mg/dL	2.50	2.37	2.67	2.60	0.07	0.08	0.65	0.02
Feces								
K,mmol/L	1.11	1.11	0.92	0.82	0.04	<0.0001	0.20	0.11
Ca, mg/dL	1.54	1.53	1.60	1.54	0.14	0.92	0.84	0.75
Fe, µg/dL	0.15	0.14	0.13	0.14	0.01	0.11	0.53	0.68
Mg, mg/dL	0.82	0.75	0.67	0.63	0.02	<0.0001	0.51	0.59

¹Blood and fecal samples was collected from 6pigs in each treatment.
²Pooled standard error.
^{ab}Means in the same row with different superscript differ(P<0.05).

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

<1차년도>

본 연구는 광물성 및 미네랄의 숙성 공정을 통한 혼합발효 천연 미네랄의 제제화를 개발하기 위하여 계획되었다. 맥반석과 쭉, 솔잎의 천연 소재를 적정 온도와 기간하에 혼합 발효하여 각종 미네랄 성분 및 아미노산 성분 분석을 하였다. 제조된 천연 미네랄의 효과를 알아보기 위해 공시재료 오이, 배를 이용하여 적정 농도 및 처리방법, 처리시기를 생육 결과 및 미네랄 성분 분석을 완료하였고 기능성 가축 사료 첨가제 및 실용화 기술 개발을 위해서 육계에서 우수한 천연미네랄 제제를 선정하였으며 첨가수준에 따른 생산성 평가를 계획대로 수행되었으며 연구결과는 한국국제농업개발학회지 2006년 18권 29page에 '사료 내 액상 천연미네랄의 첨가가 육계의 성장 및 혈액 특성에 미치는 영향'이라는 제목으로 게재되었다.

<2차년도>

최종 발효된 천연 미네랄의 최적 흡수 촉진제 종류와 사용량과 보조 첨가제를 선별하였으며 제제화를 위해 CMC, 전분, 올리고당 분말, 흡수 촉진제 분말 등을 이용한 액상, 고상, 입상의 상품을 샘플링 하여 보았다. 보조 첨가제가 첨가된 천연 미네랄을 원예작물의 생육 및 품질향상을 평가하기 위해 국화, 배에 흡수 촉진제 함량 1%, 2%, 3%의 적정 농도 및 처리방법, 처리시기를 계획대로 수행하였으며 산란계에 있어 우수한 천연 미네랄 제제를 선정, 선정된 천연 미네랄 제제의 첨가의 산란계의 기능성 난 생산 평가를 완료되었으며 연구결과는 한국가금학회지에 게재 예정이다.

<3차년도>

천연 미네랄의 제품 생산을 위한 pilot plant 공정 시스템을 확립을 완료하였다. 원예작물의 생육 및 품질향상을 위한 연구에서는 선정된 흡수 촉진제 3% 제제를 공시재료 고추, 토마토에 처리하여 적정 농도 및 미네랄 성분 (Selenium, Germanium) 분석을 완료하였으며 이류자돈용 천연미네랄에 대한 적정 첨가제를 선정하여 생산성 평가를 계획대로 수행하였으며 연구결과는 Asian australasian journal of animal science 2006년도 annual meeting 에 제출 및 발표될 예정이다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 추가연구의 필요성

고가의 수입 미네랄 제제를 대체할 만한 우리 고유의 기술 개발이 시급하므로 천연 미네랄 제제를 통해 시장성이 큰 천연 미네랄 제제의 고품질 저가 생산을 가능케 하고 농가의 고부가가치 창출과 수입 대체를 위한 제품 생산이 필요하다.

제 2절 연구개발 활용계획

가. 핵심기술의 활용

1. 농산물 고품질 재배용으로 활용

- 원예 작물 재배시에 발생하는 각종 병해 및 해충과 같은 유해 미생물의 감염을 예방
- 원예작물의 생육 촉진 및 수확 후 품질 향상과 저장성 증가
- 시설 재배시 나타나는 염류장해 현상 방지
- 원예작물의 당도 및 고유의 맛과 향 등 품질향상
- Se, Ge 등 건강증진기능의 고부가가치 원예산물의 생산

2. 수확 후 원예작물의 저장성 증대

- 절화의 수확후 선도 및 저장성 증대의 활용(백합, 장미, 국화 등)
- 농산물의 저장성증대로 장기간 저장 및 원거리 수송이 가능함(과채류, 엽채류, 근채류)

3. 사료 첨가제로 활용

- 육계 및 돼지의 발병율을 낮추고 생산성을 증가시킴
- 사료비 절감에 따른 농가의 경제적 소득 증대
- 산란계의 산란율(産卵率) 및 육계의 육질 향상

4. 식품 및 건강 보조 식품의 첨가물로 활용

- 이온음료의 Ge 등 유용 미네랄 첨가제로 활용
- 각종식품의 미네랄 첨가제로 활용

나. 성과물의 활용 유형

1. 특허출원 계획 : 천연미네랄의 추출 및 발효 공정, 기능성 제품(입상, 액상, 고상) 생산 공정
2. 산업체 기술이전 : 식품, 의약품 관련업체에 기술이전 계획

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 1 절 국외기술현황

가. 일본에서는 사람의 장내 흡수율을 향상시키기 위하여 킬레이트화 미네랄의 개발이 완료되어 건강보조식품으로 사용되고 있다. 또한 농업용으로 EDTA를 이용한 킬레이트화 미네랄을 딸기, 고추 등의 칼슘결핍증 치료 또는 영양제로 이용되고 있으며, 최근에는 심해수에 포함된 미네랄을 적당히 회석하여 농업용, 화장품 또는 건강식품 등으로 판매되고 있다.

나. 미국에서는 수백만년전 지중에 형성된 부식이탄석(腐食泥炭石)을 채취-용출-여과-정제-농축하여 고농도의 미네랄을 상품화하여 판매하고 있다.

다. 미국, 화란, 일본 등 선진 외국의 경우에는 산·학·연 공동으로 연구하여 수많은 기능성 미네랄 제제가 개발되고 산업적으로 활용되고 있다.

제 7 장 참고문헌

- 과채류재배, 1996, 농진청 (표준영농교본)
- 관세청. 1995. 무역통계연보. 관세청, 한국관세연구소.
- 권순익, 정광용. 1994. 유기성 폐기물의 비료성분 표준단위 설정. 농업과학기술원 시험연구보고서(농업기술연구소편). 74-100
- 김규식. 1994. 국정감사보고자료.
- 김동수. 1995. 유기 자원 어떻게 활용할 것인가. 농촌진흥원. 농업과학기술원.
- 김옥경. 1990. 축산폐수 처리대책. 축산배설물 및 유해잔류물질 방지 중에서. 농림수산부 축협중앙회.
- 김재규·박노권. 1993. 동일비료 연용 시험. 경북진흥원 농업시보. 368-373.
- 농림수산부. 1992. 비료관리법.
- 농림수산부, 1992, 외국의 축산폐수 처리대책, 해외출장보고서.
- 농림수산부. 1993. 농림수산 통계연보.
- 농촌진흥청. 1994. 한국농업 주요지표.
- 농림수산부. 1995. 농림수산 통계.
- 농림수산부. 1995. 가축통계.
- 농림수산부. 1995. 축산분뇨 처리사업 기술교본.
- 농림수산부. 1996. 95 화훼재배현황. 농림수산부
- 농촌경제연구원. 1989. 한국농정 40년사.
- 농촌진흥청. 1994. 환경보존형 농업 실천과제.
- 농촌진흥청. 시험연구사업보고서, 고령지농업시험장 1996.
- 농촌진흥청, 시험연구보고서, 고령지농업시험장 1997~1998
- 류병열·이정식. 1996. 몇가지 유기질원료로 만든 화분배합토의 성질 변화. 한원지 37(1) 127-135.
- 서 정윤. 1996. 음식쓰레기 퇴비화 과정중 중금속 함량변화. 유기성폐기물자원화 4(1):23-32
- 서종혁. 1995. 환경보전형 농업의 실태와 기술평가-저투입 유기, 자연농업을 중심으로. 농촌경제연구원.
- 신용광, 이용환. 1994. 원예작물에 대한 유기물 연용효과 시험. 농업과학기술원 시험연구보고서. 297-302.
- 신제성, 임동규. 1982. 부존자원의 비료화에 관한 연구. 농업기술연구소 시험연구보고서.
- 신철우, 김정제, 윤정희. 1988. 경작지 전토양의 인산특성에 관한 연구. I. 축적인산의 형태별 조성과 유효인산 함량과의 관계. 한토비지. 21(1) : 21-29

- 유기성 폐기물 자원화 기술. 1994. 한국 유기성 폐기물 자원화 협의회. 동화기술.
- 윤정희, 김유학. 1993. 토양의 유효 양분과 토양용액의 무기성분 함량간의 관계 연구. 농업기술연구소 시험연구보고서. 168-169.
- 유철호. 1990. 가축분뇨 및 축산폐수 처리대책에 관한 연구. 한국농촌경제 연구원
- 이상규. 1994. 유기농업에 관한 연구. 농업기술연구소.
- 이정식. 1994. 국내산 화분용 유기질 배양토 원료개발에 관한 연구. 1. 국내산 유기질 연화방법 구명 연구. pp. 3-136. 농촌진흥청 특정용역과제논문.
- 이정식. 1995. 고온 및 화학약품 처리에 따른 국내산 화분용 유기질 배양토 원료의 pH, EC, alc 및 몇가지 물리성의 변화. 한원지 36(5)695-706.
- 이정식. 1995. 고온 및 화학약품 처리가 국내산 화분용 유기질 배양토 원료의 유기물 및 몇 가지 화학적 처리에 미치는 영향. 한원지. 36(6)368-381.
- 일본시설원예협회. 1988. 양액재배분류(보고서). 일본. p 5-70
- 일본진농시설자재부, 1986, 家畜の糞尿處理 利用施設機械の構造
- 일본중양축산회, 1987, 堆肥化施設設計マニュアル
- 일본중양축산회, 1988, 家畜糞尿汚水の處理利用技術と事例
- 일본중양축산회, 1988, 共同利用堆肥化施設の手引と優良事例
- 장기운, 김필주, 민경훈. 1995. 음식물찌꺼기 고속발효기에 의해 처리된 퇴비의 안정성 검토.
- Korea Organic waste Recycling Council. 3(1) : 35-42.
- 장기운, 이인복, 임재신. 1995. 음식물찌꺼기를 이용한 퇴비의 부숙과정중 이화학적 특성의 변화. Korea Organic waste Recycling Council. 3(1) : 3-11.
- 전학문. 1994. 유기질 폐기물의 발효처리와 퇴비화. 아카데미서적
- 이지원의 2인. 1995. 공정육묘 전용 국산배양토 개발. 원예연구소 시험연구보고서.
- 정광용. 1994. 유기성 폐기물 비료화 방안. 21세기를 향한 비료 개발과 정책 방향 심포지엄. 한국토양비료학회. 48-49.
- 정광용. 1995. 산업 부산물의 농업적 이용과 유기, 자연농업 기술지도 방안. 강원도 유기, 자연농업 실천방안 심포지엄. 11-54.
- 정광용. 1995. 축산지역천층지하수 염류 모니터링. 농업과학기술원 시험연구보고서. 미발표.
- 정광용. 1995. 퇴비공장 운영실태조사. 농업과학기술원 시험보고서. 미발표.
- 정봉수, 강용태. 1985. 농축산폐기물의 퇴비화에 관한 기초적 연구. 대한토목학회지 5(2):27-34.

- 정운채, 이광식등. 1995. 부산물 비료, 생물제제의 현황 파악 및 실태조사. 농업과학기술원 시험보고서. 미발표.
- 정이근. 1994. 화학비료 발전 방향. 21세기를 향한 비료 개발과 정책방향 심포지엄. 한국토양비료학회. 22-47.
- 조성진, 박천서등. 1993. 신고 토양학. 향문사
- 최 원장. 1995. 퇴근 왕겨 및 피트모스 혼합배양토가 배추, 오이 및 고추묘의 생육에 미치는 영향. 고려대학교 자연자원대학원 석사학위논문.
- 한국농촌경제연구원, 1990, 가축분뇨및 축산폐수처리 대책에 관한 연구
- 한원탁외 6人. 1993. 양액재배의 배지종류가 딸기 품질 및 수량에 미치는 영향. 농업논문집(농진청). 35(2)
- 환경부. 1993. 폐기물 관리법.
- 허범량. 1994. 원예작물 주산단지 저투입 영농기술 실증시험. 농업과학기술원 시험연구보고서(농업기술연구소편). 331-338.
- Anthony, W, B. 1969. Cattle manure : Re-use through wastelage feeding. Proceeding of the Conference. Animal waste Magement. Co. Cornell University Ihaca. N. Y. January:105-113
- Anthony, W, B. 1971. Animal waste Value-nutrient recovery and Utilization. J. Anim. Science 32:799-802
- A. O. A. C 1980. Official method of analysis. 13th ed. Association of Official Analytical Chemist. washington, D. C.
- Bach, P. D., Nakasaki K, M. Shoda and H. Kubota. 1987. Thermal Balance in Composting Operation. J. Fermentation Tech. 65(2):199-209.
- Bach, P. D., M. Shoda and H. Kubota. 1984. Rate of composting of dewatered sewage sludge in continuously mixed isothermal reactor. J. Fermentation Technology. 62(3): 285-292, 1984.
- Baudin M. and R, Impens. 1985 Agronomic valorixation of municipal waste compests. Acta. Hort. 172: 117-124.
- Bergmeyer, H. U. 1974. Methods of enzymatic analysis. 2nd. ed. Ap. U.V. assay with uricase, 4:1951-1955.
- Boertje. G.A. 1986. The effect of the nutrient concentration in the propagation of tomatoes and cucumbers on rockwool Acta. Horti. 178:59-65.
- Brown, R. M. 1970. waste Seminar topics include manure biodegradation use. Foodstuffs. July:66.
- Bulow, K, 1925. Moorkunde, Saffung Gochen. Walter de Gruyter & co., Berlin and Leipzig

- Dine, U., O., Gezerel, B, Cevik and N. Kaska. 1983. A preliminary study on the effect of volcanic ash and organic soil for early production, yield and quality of tomatoes, *Acta. Hort*, 150:277-281
- Fortenot, J. P. and K. E. Webb. 1974. The value of animal wastes as feeds for ruminants. *Feed Stuffs*. April. 8:30-31
- Gabriels, Ro., W. van Keirsbulck and H. Engels. 1985. Computer aided chemical analysis and fertilizer recommendation of composts and other substrates. *Acta. Hort*. 172:245-249
- Golueke, C. G. 1972. 'Composting-A study of the process and its principle'. Rodale press, Inc., Emmaus, Pa., 1972.
- Guno, M.F., 1982. Recherches sur les teneuren metaux lourds dane les composts urbains belges. *Rev. Agric*. 35:2837-2848.
- Gunther, J. 1984. Analytics of substrates and problems by transmitting the results into horticultureral practice, *Acta Hort*. 150:33-40
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., and Davies, F.T., 1990. *Plant propagation-priciples and practices*. Prentice Hall. pp.429-439.
- Haug R. T. 1980. Compost Engineering:Principles and Practice. Ann Arbor Science. Ann Arbor. MI. 48:106.
- Henry, D. P., R. H. Thomson, D. J. Sizemore and J. A. O'Leary.1976. Study of *Candida ingens* grown on the supertant derived from the anaerobic fermentation of monogastric animal waste. *Appl. Environ. Microbiol*. 31:813-818
- Healy, W. E., H. F. Wilkins. 1984. Temperature effect on 'Nellie White' flower bud development *Hortscience*. 19(6):843-844.
- Hoitink, H. A. J. and H. A. Poole. 1980. Factors affecting quality of composts for utilization in container media. *HortScience* 15(2):13-15.
- Hong, J. H., Matsuda, J, and Y. Ikeuchi. 1985. An Overview of Compost Maturity during Solid Compostingin Mixture of Dairy Manure and Crop Residues. *Journal of the Society of Agricultural Structures* 16(1):6-13.
- Kellems, R. O., M. S. Aseltine and D. C. Church. 1981. Evaluation of single cell protein from Pulp Mills: Laboratory Analysis and in vivo digestibility. *J. Anim. Sci*. 53(3):1601-1608
- Lee, K.A. and Y.J. Yang. 1997. Physiological characteristics of chilling injury and CA effect on quality retention during cold storage of squash(*Cucurbita moschata*). *Acta Horticulture* No. 483. p.339-348

- Loehr R. C. (editor). 1969. Animal waste Management. Conrell University Conference on Agricultural waste Management. Jan. 13-15, 1969. Syracuse, NY.
- Loehr R. C. (editor). 1972. waste Management Research. Proc. of the 1972 Conrell Agricultural waste Management Conference. Ithaca, NY.
- Loehr R. C. (editor). 1974. Processing and Management of Agricultural waste. Proc. of the 1974 Conrell Agricultural waste Management Conference. Mar. 25-27, Rochester, NY.
- Moo-Young, M., D. S. Chahal and Stickeny. 1981. Pollution control of swine manure and straw by conversion to Chaetomium cellulolyticum SCP feed. *Bioeng.* XXIII:2407-2415
- Nakasaki, K., M. Shoda and H. Kubota. 1986. Effects of a bulking agent on the reaction rate of thermophilic sewage sludge composting. *J. Fermentation Technology.* 64(6):539-544.
- Nakasaki K, M. Shoda and H. Kubota. 1989. Nitrogen Transformation during Thermophilic Composting. *J. Fermentation Tech.* 67(1):57-61.
- Sherwood, M. 1981. A single-cell feast. *Sci. News.* 119:106
- Solbraa, K. 1979. Composting of bark, Medd, *Norst Inst. skogfor* 34:281-508
- Solbraa, K. 1986. Bark as growth medium. *Acta Hort.* 178:129-135
- Wilson, G.C.S. 1985. New perlite system for tomatoes and cucumbers. *Acta Hort.* 172:151-156
- 北脇秀敏. 1980. Compost의 발효과정에 관한 연구. 동경대학 박사학위논문
- 神山桂一, 田中信壽, 井上雄三. 1983. 도시 폐기물 호기성분해에 관한 연구(1): 폐기물 성장, 조작조건의 영향위생공학연구 논문집 19:136-146.
- 藤田賢一, 北脇秀敏. 1986. 도시 폐기물 Compost 이용의 현상과 가능성. *도시와 폐기물* 16(12):15-23.
- 農文協編. 1987. 原色 野菜病害蟲百科. 農山漁村文化協會 pp. 485.
- 渡 恒雄, 1981. 식물의 토양 병해. *농업 및 원예* pp1194-1196, pp1311-1312
- 小林尚司 · 時枝茂行 · 桐村義孝 · 四村十郎. 1990. トマトの一段どり養液栽培に関する研究. (第1報) 各
- 案 國平. 1982. 新版 野菜の 病害蟲 - 診断と防除 -. 全國農村教育協會 pp. 651.
- 野菜の栽培技術. 伊東 正. 誠文堂新光社.