



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

Alcalase를 이용한 고등어 부산물 발효액비 제조와
열무(*Raphanus sativus* L.) 재배효과

Production of liquid fertilizer by fermenting mackerel byproduct
using alcalase and the effects on radish growth

濟州大學校 大學院

農 學 科

高 健 熙

2014年 2月

Alcalase를 이용한 고등어 발효액비 제조 및
열무(*Raphanus sativus* L.) 재배 효과

指導教授 玄 海 男

高 健 熙

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함

2013 年 12 月

高健熙의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長

宋昌吉



委 員

員

田溶哲



委 員

員

玄海男



濟州大學校 大學院

2013 年 12 月

목 차

List of Tables	iii
List of Figures	iv
ABSTRACT	1
I. 서 론	3
II. 재료 및 방법	5
1. 고등어 부산물 발효액비 제조	5
1) 고등어 부산물 발효액비 제조과정	6
(1) 단백질 분해효소	6
(2) 발효 미생물 균주	6
2) 고등어 부산물 및 발효액비 성분 분석	7
(1) 무기성분 분석	7
(2) 아미노산 분석	7
(3) 암모니아 가스 농도와 pH 분석	8
2. 고등어 부산물 발효액비 처리 열무 재배시험	9
1) 공시재료 및 재배방법	9
(1) 열무	9
(2) 재배방법	9
2) 액비 처리방법	11
3) 조사내용	12
(1) 토양 화학성 분석	12
(2) 엽 중 무기성분 분석	12
(3) 생육 조사	12

(4) 통계분석	13
III. 결과 및 고찰	14
1. 고등어 부산물 및 발효액비 특성	14
1) 무기성분 함량	14
2) 아미노산 성분조성	16
3) 암모니아 가스 농도 및 pH 변화특성	18
2. 고등어 부산물 발효액비 처리 효과	19
1) 관주시비 처리 토양 화학성 변화 특성	19
2) 엽면시비 처리 엽 중 무기성분 변화 특성	29
3) 생육 특성	33
IV. 적 요	38
V. 인 용 문 헌	40

List of Tables

Table 1. The characteristics of the alcalase proteinase	6
Table 2. The microorganism and broth for the fermentation	6
Table 3. Chemical properties of the soil before experiments	9
Table 4. Treatment of foliar and injected fertilization on radish cultivation ..	11
Table 5. Total mineral concentration of mackerel byproduct	14
Table 6. Water soluble mineral concentration of liquid fertilizer by fermenting mackerel byproduct	15
Table 7. Amino acid concentration and ratio of the mackerel byproduct and liquid fertilizer by fermenting mackerel byproduct	17
Table 8. Results to the growth of radish by Injectedfertilization	35
Table 9. Results to the growth of radish by foliar fertilization	37

List of Figures

Fig. 1. The manufacturing process schematic diagram of liquid fertilizer by fermenting mackerel byproduct	5
Fig. 2. The radish (<i>Raphanus sativus L.</i>) cultivation experiment process	10
Fig. 3. Changes in ammonia and pH during the fermentation	18
Fig. 4. Changes in soil pH at 20 days and 40 days after seeding	20
Fig. 5. Changes in soil EC at 20 days and 40 days after seeding	21
Fig. 6. Changes in soil organic matter at 20 days and 40 days after seeding	22
Fig. 7. Changes in soil nitrogen content at 20 days and 40 days after seeding	23
Fig. 8. Changes in soil available phosphorus content at 20 days and 40 days after seeding	24
Fig. 9. Changes in soil exchangeable K content at 20 days and 40 days after seeding	25
Fig. 10. Changes in soil exchangeable Ca content at 20 days and 40 days after seeding	26
Fig. 11. Changes in soil exchangeable Mg content at 20 days and 40 days after seeding	27
Fig. 12. Changes in soil exchangeable Na content at 20 days and 40 days after seeding	28
Fig. 13. Change of the nitrogen content of the leaf at 25 days after seeding and the harvest	30
Fig. 14. Change of the phosphorus content of the leaf at 25 days after seeding and the harvest	31

Fig. 15. Change of the K content of the leaf at 25 days after seeding and the harvest	32
Fig. 16. Change of the Ca content of the leaf at 25 days after seeding and the harvest	33
Fig. 17. Change of the K content of the leaf at 25 days after seeding and the harvest	34

A B S T R A C T

The purpose of the thesis is to investigate the effect of the fermented mackerel byproduct liquid fertilizer which is made of mackerel byproduct that is decomposed into proteinase and inoculated microorganism to shorten its period of fermentation.

Liquid Fertilizer by Fermenting Mackerel byproduct (LFFM) is a fertilizer that grind the mackerel byproduct and water, decompose to proteinase alcalase, removed oil and solid matters, and added *Lactobacillus fermentum*, *Saccharomyces cerevisiae* and brown sugar, ferment for five days in the temperature of 30°C. In the thesis, the fertilizer is used in radish in both injected fertilization and foliar fertilization respectively to investigate its effect on harvest. The comparison group used a market product Seafood Amino Acid Fertilizer (SAF) which is made of trash fish that is fermenter more than three months.

The fermented mackerel byproduct liquid fertilizer contains 1.25% of T-N, 0.15% of P₂O₅ and K₂O. The content of P₂O₅ and K₂O was eight times lower than that of nitrogen. The content of CaO is 0.026% which is relatively lower in content than other components.

There were 17 types of amino acids in mackerel byproduct and its total content was 9.967 g 100g⁻¹. Amino acids with over 0.5 g 100g⁻¹ was Glutamic acid, Asparagine, Lysine, Arginine, Leucine, Glycine, Alanine, Histidine, and Valine. The total content of amino acid after adding proteinase and fermenting resulted in reducing 32% of its original amino acid of 6.809 g 100g⁻¹. On the other hand, the content of asparagine and cystine increased after the fermentation. During the fermentation process, ammonia gas drastically increased and slowly decreased after the 6th days of experiment. It is believed that some part of amino acid volatilized into ammonia gas.

The chemical characteristic of the soil with injected fertilization which was investigated in the 20th and 40th days of experiment had no statistical significance on pH, EC, the content of available phosphate, and the content of exchangeable cation except the organic matter.

The chemical characteristic of the soil with foliar fertilization which was investigated in the 25th days of experiment had no statistical significance on the nitrogen content. After the harvest, the nitrogen content in leaf was high in following order: LFFM 400 treatment plot 2.19%, LFFM 800 treatment plot 1.15%, SAF 800 treatment plot 1.45%, contrast plot 1.26%. Although the nitrogen content of LFFM is 16 mg L^{-1} which is half the content of SAF, when both are diluted 800 times their content and carried out foliage fertilization, LFFM was higher than SAF in the nitrogen content in leaf.

The phosphorous content in leaf of LFFM 400 treatment plot which was investigated in the 25th days of experiment was 0.49% that is 1.5 times higher than its contrast plot counterpart of 0.31%. After the harvest, LFFM 400 treatment plot was 2 times higher than its contrast plot counterpart and 1.5 times higher than LFFM 800 treatment plot and SAF 800 treatment plot.

The potassium content in leaf of LFFM 400 treatment plot after the harvest was 2.65% which was 1.3 times higher than the contrast plot and 1.5 times higher than SAF 800 treatment plot. Therefore, when the fertilizer is fermented with adding proteinase, it can be predicted to have higher absorptivity than naturally fermented fertilizer.

I. 서 론

제주지역에는 연간 2,500톤의 수산부산물(魚骨)이 발생하고 있다. 예전부터 농업인들은 수산부산물에 미생물을 첨가하여 자연 발효시켜 액비로 사용해 왔으며, 발효기간 중에 단백질이 식물 흡수가 쉬운 아미노산으로 변하기 때문에 일반적으로 아미노산 액비로 부르고 있다. 그러나 수산부산물의 원료 종류, 발효온도, 통기조건, 첨가 미생물 종류와 생육 조건에 따라 품질이 다르며 부패현상이 자주 발생한다. 농업인들이 현장에서 생선 부산물을 이용하여 액비를 제조 방법은 흑설탕, 당밀 등, 미생물을 첨가하고 6개월 이상 단순 저장하여 발효시키며, 일부에서는 교반 장치나 폭기 장치를 이용하는 경우도 있다. 이와 같은 방법은 다량 처리가 불가능하며, 상품화를 위한 품질의 균질화를 얻기도 힘들다. 따라서 다량으로 발생하는 수산부산물을 짧은 기간 내에 효과적으로 균질하게 발효시켜 액비를 생산하는 제조기술의 개발과 액비를 사용한 작물의 재배효과를 구명할 필요성이 매우 크다.

수산부산물을 발효시킨 액비의 아미노산과 관련된 연구논문은 다양하게 보고되었다. 김 등(1999)은 해양부산물의 아미노산은 식물생육에 가장 중요한 질소질 공급원이 되며, 염기성 아미노산인 Glutamine, Asparagine, Arginine 등은 식물이 직접 유기태로 흡수가 가능하여 화학비료 상태의 암모늄이나 질산을 공급원으로 하는 경우보다 생육이 양호하다고 보고하여 수산부산물의 비료 가치를 강조하였다. 또한 저온이나 광합성이 불리한 환경에서는 당이나 ATP의 생산이 부족하기 때문에 뿌리에 의한 무기물의 흡수 및 동화에 필요한 에너지가 부족하게 되는데 아미노산은 뿌리에 흡수된 후 즉시 아미노기 전이반응에 의해 Asparagine이나 Glutamic acid처럼 생체 내에서 질소대사의 중심적인 아미노산으로 변하여 무기태 질소 보다 양호한 생육을 보이며, 정상적인 경우에도 10ppm 정도의 아미노산을 처리하였을 경우 생육을 증진시키는 효과가 있는 것으로 보고되었다(比嘉 *et al.*, 1999). 아미노산은 토양미생물의 영양원으로 작용하여 미생물의 증식을 활발하게 하고 식물의 뿌리활력과 토양 발효의 기본이 된다고 보고

하였다(比嘉照夫, 1991). 또한 유용미생물을 이용한 생선발효는 무기화 작용으로 인해 에너지가 손실되는 현상이 적고 발효로 인해 아미노산의 형태로 유지되고 있으며, 유리아미노산으로 저분자화 되어 식물흡수에 용이하여 비료로서의 가치가 높다고 하였다(Huppe & Turpin, 1994; Leenher, 1997; 안과 김, 2010).

Shizuki(1981)는 고등어 뼈에는 칼슘함량이 많아 칼슘 소재로서의 가능성도 제시하였다. 고등어 부산물 등의 수산 부산물에는 단백질, 지방, 칼슘, 인, 나트륨, 칼륨 등의 식물양분이 복합적으로 함유되어 있으며, 발효과정을 거쳐 수용성으로 변했을 때 작물양분으로서의 가치가 높은 것으로 알려져 있다(조 등, 2008).

일반적으로 식물영양학적 측면에서는 필수원소를 중심으로 연구가 되어왔으나, 아미노산의 경우 그 흡수여부가 아직 불분명한 것으로 알려져 있다. 하지만 최근 연구결과를 보면 아기장대의 변이체를 이용하여 아미노산의 흡수 여부를 측정된 결과 아미노산이 잎과 뿌리조직을 통해 흡수가 가능한 것으로 보도되었다(Hirnera *et al.*, 2006). 또한 Shimel & Chapin(1996)는 툰드라 지역에 서식하는 식물의 경우 아미노산을 흡수하며, Cho *et al.*(1993)은 아미노산이 식물에 대한 직접적인 아미노산의 작용 외에도 토양미생물의 영양원으로 작용하여 미생물의 증식을 활발하게 하고 식물의 뿌리활력을 높인다고 보고하였다. 국내의 선행 연구로는 아미노산 액비를 처리한 경우 벤트그라스잔디의 생육이 좋아졌고(김 등, 2003) 토마토 유묘에 glycine을 엽면 처리한 결과 초장과 건물중의 증가를 보였고(강 등, 2006), 곡물 아미노산을 포도에 엽면살포 후 과방중 증가 및 저장성 향상으로 상품성이 높아졌다고 보고하였다(주 등, 2007). 포트실험에서 열무에 혼합 아미노산 용액을 처리시 열무의 생체중, 건물중 및 질소이용율이 아미노산 처리에 의해 증가하였다(유, 2006). 이러한 연구결과들은 생선부산물을 이용한 발효액비의 작물재배 효과를 강조하고 있다.

따라서 본 연구는 (주)삼다에서 고등어를 상품화하는 과정에서 발생하는 고등어 부산물을 자원으로 이용하기 위해 단백질 분해효소 alcalase와 미생물을 첨가하여 5일간 발효시켜 고등어 부산물 발효액비를 제조하고, 제조한 발효액비를 관주와 엽면 처리하여 토양의 화학성과 열무재배효과를 조사하기 위해 수행되었다

II. 재료 및 방법

1. 고등어 부산물 발효액비 제조

1) 고등어 부산물 발효액비 제조과정

고등어 부산물 발효액비(Liquid fertilizer by fermenting mackerel byproduct) 제조는 부산물과 물의 비율을 6 : 4로 하여 고등어 부산물 3 kg을 분쇄하여 물 2 kg과 혼합하였다. 여기에 단백질 분해효소 alcalase 30 g을 넣어 50℃에서 4시간 동안 분해시켰다. 분해된 액의 oil 층을 분액하여 제거하고 여과망을 이용하여 고등어 가시 등 분해되지 않은 고형물을 제거하였다. oil과 고형물을 제거한 여과액에 *Lactobacillus fermentum*은 MRS broth, *Saccharomyces cerevisiae*는 YM broth에 접종하여 30℃에서 증식시킨 두 미생물 배양액을 각각 18.75 mL와 흑설탕 60 g을 첨가한 후 30℃에서 5일 동안 발효시켜 고등어 부산물 발효액비를 제조하였다. 이 제조과정은 (주)삼다연구소에서 예비시험으로 개발한 고등어 부산물 발효액비 제조공정에 따른 것으로 제조과정의 모식도는 Fig. 1과 같다.

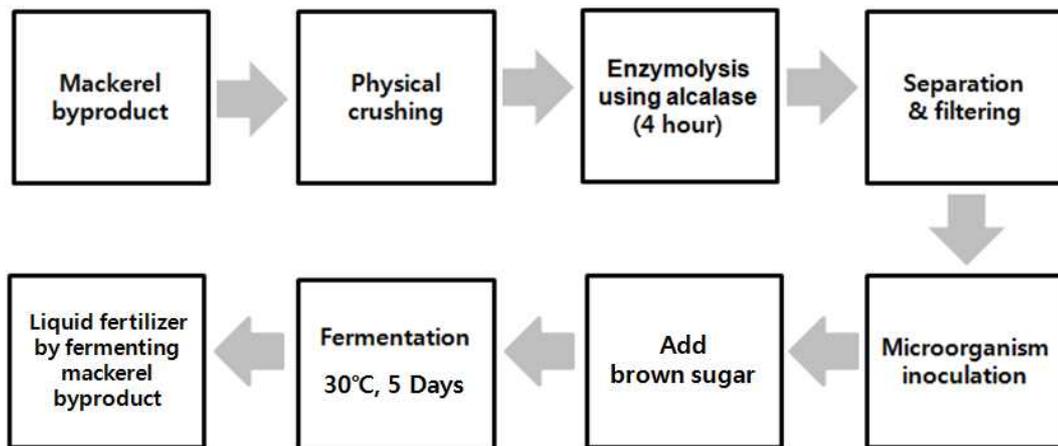


Fig. 1. The manufacturing process schematic diagram of liquid fertilizer by fermenting mackerel byproduct.

(1) 단백질 분해효소

고등어 부산물 발효액비에 사용한 alcalase는 Table 1과 같이 Novozyme사에서 시판하고 있는 액체형태의 단백질 분해효소로 최적 조건은 온도 50°C, pH 8.3, endoproteinase type으로 *Bacillus* 균을 이용하여 제조된 것이다.

Alcalase 첨가량은 (주) 삼다에서 예비시험으로 1 ~ 5%를 첨가하여 제조했을 때 1%에서도 분해가 완료되어 본 실험에 적용시켰다.

Table 1. The characteristics of the alcalase proteinase.

Divisions	Chemical name	Company	Properties
Proteolytic enzyme	Alcalase	Novozyme	-Optimum range: 50°C/pH 8.3 -Type: Liquid -Enzyme type: Endoproteinase -Source: Bacillus

(2) 발효 미생물 균주

액비 발효에 사용된 미생물과 배지는 Table 2와 같다. 발효에 이용한 미생물은 농업유전자원정보센터에서 분양 받은 Bacteria계통의 *Lactobacillus fermentum*(KCCM No. 40400)으로 BD Difco사에서 시판하고 있는 MRS broth를 이용하여 배양하였다. Yeast계통의 *Saccharomyces cerevisiae*(KCCM No. 11520)로 BD Difco사에서 시판하고 있는 YM broth를 이용하여 배양하였다.

발효에 적합한 내산성, 내열성을 가진 미생물의 특성과 발효 효율성을 조사하여 농업유전자원정보센터에서 균주를 분양 받았다.

Table 2. The microorganism and broth for the fermentation.

Divisions	Microorganism		Broth	
	Scientific name	KCCM No.	Chemical	Company
Bacteria	<i>Lactobacillus fermentum</i>	40400	MRS Broth	BD Difco
Yeast	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	11520	YM Broth	BD Difco

2) 고등어 부산물 및 발효액비 성분 분석

(1) 무기성분 분석

고등어 부산물과 발효액비의 무기성분은 농촌진흥청 토양 화학 분석법과 토양 및 식물체 분석법에 준하여 분석하였다(농촌진흥청, 2000).

질소함량은 시료를 황산으로 분해한 다음 분해된 용액을 자동증류장치에서 증류 후 적정하였다. 무기성분 분석은 고등어 부산물을 전기로 600°C에서 2시간 이상 회화시킨 뒤 방냉하고 분쇄 후 6N HNO₃를 4회 가하며 가온하여 충분히 용해시킨 후 여과한 여액을 ICP(model JY 138-Ultrace, Jobin-yvon, France)를 이용하여 측정하였다. 고등어 부산물 발효액비의 수용성 P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, B₂O₃, Fe, MnO 및 SiO₂는 액비를 증류수에 용해 후 동일한 장비로 측정하였다.

고등어 부산물 발효액비의 As, Cd, Hg, Pb, Cr, Cu, Ni 및 Zn은 teflon 용기에 액비와 질산 9 mL, 염산 3 mL, 불산 4 mL를 넣고 100°C에서 1시간 분해 후 냉각시키고 4.5% boric acid 20 mL를 첨가하였다. 첨가 후 150°C에서 5시간 분해시키고 냉각한 분해액을 100 mL nalgene vol. flask에 넣고 1.9% boric acid로 눈금을 채운 후에 뚜껑을 막고 잘 섞은 후 12시간 방치 후 원자흡광광도계(Spectra A 220 FS, Varian, Australia)를 이용하여 측정하였다.

(2) 아미노산 분석

시료 30mg를 300ul의 ddH₂O에 녹인 후 10% TCA solution을 1:1의 비율로 첨가하고 10분간 원심분리 하여 단백질을 침전 시켰다. 지방을 제거하기 위해 hexane을 1:1의 비율로 첨가하여 지방을 녹인 후 5분간 원심분리를 하고 침전된 침전물을 여과한 후 측정하였다

분석조건은 HPLC(Waters 2695, USA)를 사용하였고 컬럼은 AccQ·Tag(3.9 × 150 mm)을 사용하여 형광검출기(EX: 250 nm, EM: 395 nm)로 검출하였다.

(3) 암모니아 가스 농도와 pH 분석

고등어 부산물 발효액비의 암모니아 가스 농도는 암모니아 가스 측정용 키트와 기체채취기(GasTec, GV 100S, Japan)를 이용하여 발효기간 동안 암모니아 가스 농도를 측정하였고, pH meter (inoLab pH 730, Germany)를 이용하여 pH를 측정하였다.

2. 고등어 부산물 발효액비 처리 열무 재배시험

1) 공시재료 및 재배방법

(1) 열무

재배시험에 사용한 공시재료는 주식회사 농우바이오에서 생산하는 ‘잔치열무’ 품종이다.

(2) 재배방법

열무 재배시설은 제주대학교 생명자원과학대학 실험실습센터 시설하우스를 이용하였다. 재배 시험 과정은 Fig. 2와 같이 표토를 곱게 경운한 후에 시험구 크기는 2.4 m², 난괴법 3반복으로 배치하였다. 열무의 파종은 2013년 8월 7일 이랑너비 120 cm에 30 cm 간격으로 줄뿌림하였다. 발아 후 생육이 진행됨에 따라 6 ~ 8 cm 간격으로 솎아준 후 2013년 9월 16일에 수확하였다.

시험 전 토양은 제주통으로 미농무성 분류체계로는 ashy, thermic family of Typic Hapludands에 속하며, 표토는 농암갈색의 미사질양토로 모재는 현무암인 용암류대지에 분포하는 토양이다. 시험 토양의 화학적 특성은 유기물과 유효인산 함량이 매우 낮은 토양이었다(Table 3).

Table 3. Chemical properties of the soil before experiments.

pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	OM (%)	T-N (%)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cation (cmol _c kg ⁻¹)			
					K	Ca	Mg	Na
6.18	0.42	1.75	0.11	10.4	1.14	4.71	2.37	0.54



Soil preparation



Plot design



Sow radish seed
(*Raphanus sativus L.*)



The processing
of the liquid manure



The photo of radish cultivation

Fig. 2. The radish (*Raphanus sativus L.*) cultivation experiment process.

2) 액비 처리 방법

재배시험에 사용한 액비는 본 실험에서 제조한 고등어 부산물 발효액비 (LFFM)와 비교제품으로 (주)흙살림에서 시판하고 있는 생선아미노산 액비 (Seafood amino acid fertilizer, 이하 SAF로 표기) 제품을 사용하였다. 생선아미노산 액비는 생선 부산물을 자연적으로 3개월 이상 발효시켜 제조한 것으로 단백질분해효소를 사용하지 않았으며, 질소 2.3%, 인산 0.67%, 가리 1.52%이었다.

액비 처리 내용은 Table 4와 같이 관주시비구와 엽면시비구로 구분하였다. 관주 시비구는 LFFM 500배, 250배, SAF 500배 희석액을 토양에 관주하였고, 엽면 시비구는 LFFM 800배, 400배, SAF 800배 희석액을 분무기를 이용하여 엽에 직접 살포하였다. 액비 시비는 본 엽 3 ~ 4매 이후에 처리구별로 7일 간격으로 2.4 L를 4회 처리하였다. 대조구는 처리구와 동일한 방법으로 물을 관주 및 살포하였다. 모든 처리구에 퇴비 또는 화학비료를 시비하지 않았다.

Table 4. Treatment of foliar and injected fertilization on radish cultivation.

	Treatments	Dilution rate (liquid fertilizer:water)
Foliar fertilization	Control	water
	SAF 800	1:800
	LFFM 800	1:800
	LFFM 400	1:400
Injected fertilization	Control	water
	SAF 500	1:500
	LFFM 500	1:500
	LFFM 250	1:250

3) 조사내용

(1) 토양 화학성 분석

토양 화학성을 측정하기 위해 열무를 파종하고 20일, 40일 후 토양을 채취하여 풍건시킨 후 2 mm체를 통과시켜 농촌진흥청 토양 화학 분석법과 토양 및 식물체 분석법에 준하여 분석하였다(농촌진흥청, 2000).

토양 pH는 토양과 증류수의 비율을 1 : 5로 희석하여 pH meter (inoLab pH 730, Germany)를 이용하여 측정하였다. 전기전도도는 pH를 측정하고 남은 여액을 EC meter (CM-11PTOA Electronics Ltd., Japan)를 이용하여 측정하였다. 유기물 함량은 Walkley and Black법을 이용하였다. 유효인산은 Lancaster법으로 측정하였고, 교환성양이온 K, Ca, Mg 및 Na는 1N ammonium acetate (pH 7.0) 용액 50 mL를 가하여 30분간 진탕한 다음 여과하여 얻어진 여액을 원자흡광분광광도계 (Spectra A 220 FS, Varian, Australia)를 이용하여 분석하였다.

(2) 엽 중 무기성분 분석

엽 중 무기성분 분석을 위해 열무 파종 후 25일, 40일 후 열무의 엽을 채취하여 깨끗한 물로 세척하고 60°C에서 24시간 건조한 후 분쇄하여 0.5 g을 칭량하여 H₂SO₄ 5 mL와 HClO₄ 1 mL를 가하여 가열 분해하였다.

엽 중 T-N은 자동증류장치 (K9840, Jihan Hanon Ltd.)에서 증류 후 적정하였으며, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, Na의 무기성분은 유도결합플라즈마 원자방출분광기(model JY 138-Ultrace, Jobin-yvon, France)를 이용하여 측정하였다.

(3) 생육 조사

생육조사는 수확한 후 처리구당 평균치가 되는 열무 10주를 선정하였고, 농촌진흥청 농사시험연구조사기준에 의거하여 엽장, 엽수, 엽폭, 근중, 생체중, 엽색 (SPAD-502)을 조사하였다.

(4) 통계분석

열무에 대한 LFFM과 SAF 처리효과를 비교 및 검토하기 위하여 난괴법 3반복으로 실험결과에 대한 통계분석은 DMRT의 다중검정(Duncan's multiple range test, DMRT)를 이용하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 고등어 부산물 및 발효액비 특성

1) 무기성분 함량

액비 원료로 사용한 고등어 부산물의 무기성분 총합량은 Table 5와 같다. 고등어 부산물의 무기성분 함량은 질소 2.4%, 인 0.75%, 칼리 0.13%로 질소에 비해 인산과 칼리가 낮았다. 미량원소 함량은 1.0 ~ 33 mg kg⁻¹ 내의 범위였다. 칼슘은 0.88%로 높은 편이었으며, 이는 시료로 사용한 고등어 부산물의 대부분이 뼈가 많기 때문으로 생각된다.

조 등(2008)은 고등어 부산물에는 단백질, 지방, 칼슘, 인, 나트륨, 칼륨 등의 영양소가 복합적으로 함유되어 있어 미생물 및 식물성장에 매우 가치가 높다고 보고하였으며, Shizuki(1981)는 고등어 뼈가 칼슘 추출 소재의 활용으로 좋다고 보고하였다. 본 연구의 결과로 보면 고등어 부산물은 식물이 성장하는데 필요한 질소, 인, 칼슘 등의 복합적인 영양분을 다량 함유하고 있다고 생각된다.

Table 5. Total mineral concentration of mackerel byproduct.

N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mg kg ⁻¹)			
2.4	0.75	0.13	0.88	0.04	0.10	33.0	1.0	3.0	16.0

고등어 부산물을 액비로 발효시킨 LFFM의 수용성 무기성분 함량은 비료공정 규격 산화물 표시방법에 따라 P는 P₂O₅, K는 K₂O, Ca는 CaO, Mg는 MgO로 표기하였다(Table 6).

고등어 부산물 발효액비의 T-N 함량은 1.25%, P₂O₅과 K₂O 함량은 각각 0.15%로 질소함량에 비해 약 8배 낮은 함량을 나타내었다. 고등어 부산물 발효액비의 CaO 함량은 0.026%로 다른 성분에 비해 상대적으로 낮았다.

발효과정에서 고등어 부산물 발효액비의 P₂O₅과 CaO함량의 변화가 가장 컸

으며, 고등어 부산물의 P₂O₅과 CaO 함량은 1.7%와 1.2%로 원료 자체의 성분함량은 많았지만 발효 후 P₂O₅ 는 0.15%로 약 11배 감소하였고, CaO은 0.026%로 약 47배 감소하였다.

류(2010)는 액비를 제조 할 때 인산과 칼슘 함량이 높은 골분과 게껍질을 이용하여 발효하였으나 제조한 부산물 액비에는 P₂O₅와 CaO 함량이 낮았다고 보고하였다. 류(2010)의 보고와 본 연구의 결과로 보면 발효과정에서 고등어 부산물에 인산과 칼슘이 수용성으로 변하는 양이 낮은 것으로 생각된다.

앞으로 고등어 부산물을 이용하여 액비를 제조시 고등어 부산물에 함유된 인산과 칼슘성분의 용출량을 증가시키기 위한 연구들이 선행되어야 할 것으로 생각된다.

Table 6. Water soluble mineral concentration of liquid fertilizer by fermenting mackerel byproduct.

T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	B ₂ O ₃	Fe	Mn	Cu	Zn
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mg kg ⁻¹)			
1.25	0.15	0.15	0.026	0.024	1.6	2.2	trace	2.04	4.58

* N, Fe, Mn, Cu, and Zn are total concentrations by digestion method.

2) 아미노산 성분조성

고등어 부산물과 발효액비의 아미노산 함량은 Table 7과 같다. 고등어 부산물에 함유된 아미노산은 17 종류였으며, 총 함량은 $9.967 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ 이었다. 아미노산 함량은 Glutamic acid > Arginine > Glycine > Lysine > Valine > Asparagine > Leucine > Histidine > Alanine > Threonine > Serine > Proline > Tyrosine > Isoleucine > Phenylalanine > Methionine > Cystine 순이었으며, 이 중 Glutamic acid이 $0.935 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ 로 가장 높았다.

김(2010)과 Shim *et al.*(1994)은 고등어 뼈에는 Glycine, Glutamic acid, Alanine, Asparagine, Arginine의 함량이 높으며, 전체 아미노산에서 차지하는 비율이 높다고 보고하였다. 본 실험 결과에서도 고등어 부산물에 Glycine, Glutamic acid, Alanine, Asparagine, Arginine 함량이 다른 아미노산 함량에 비해 상대적으로 높았고, 전체 아미노산 중 39.8%를 차지하였다.

고등어 부산물 발효액비에 함유된 아미노산의 총 함량은 $6.809 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ 로 발효과정에서 고등어 부산물보다 $3.158 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ 감소하였다. 고등어 부산물 발효액비의 아미노산 함량은 Glutamic acid > Asparagine > Lysine > Arginine > Leucine > Glycine > Alanine > Histidine > Valine > Phenylalanine > Isoleucine > Proline > Serine > Tyrosine > Cystine > Threonine > Methionine 순이었다. 이 중 Arginine이 $0.615 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ 로 가장 높았으며, 고등어 부산물 발효액비에 Glycine, Glutamic acid, Alanine, Asparagine, Arginine은 전체 아미노산 중 50.0%를 차지하였다. 고등어 부산물 발효액비의 아미노산 함량은 단백질 효소분해 과정에서 고등어 부산물에 비해 대부분 감소하였으나, Asparagine과 Cystine 함량은 증가하였다.

손(2007)과 Yang(1981)은 발효일수가 경과하고 온도가 높아지는 경우 Asparagine 함량이 증가한다고 보고하였다. 이는 고등어 부산물이 50°C 에서 분해과정 중 Asparagine이 증가한 것으로 생각된다. 권 등(1996)의 보고에 의하면 Asparagine은 다른 아미노산의 첨가 또는 세포질 내에 특정 아미노산을 축적시킴으로써 내염성을 증대시키는 효과가 있으며, 이 효과에 관한 연구들이 식물 (Bar-num & Poljakoff-Mayber, 1977; Kwon *et al.*, 1995; Lone *et al.*, 1987;

Mathur *et al.*, 1980)과 박테리아 (Csonka, 1981; Sugiura & Kisumi, 1985)에서 보고되었다. Kang(1970b)은 Asparagine이 암모니아 농도를 유해량 이하로 억제시키는 효과가 있으며, 김(2011)은 황성화제인 Cystine이 혼탁물질의 생성을 억제하여 혼탁 예방에 효과가 우수하다고 보고하였다. 따라서 고등어 부산물 발효 액비를 작물재배에 처리 시 Asparagine에 의해 식물의 내염성 증대효과와 Cystine에 의해 액비를 저장 및 보관 시 액비의 혼탁을 예방할 것으로 기대된다.

Table 7. Amino acid concentration and ratio of the mackerel byproduct and liquid fertilizer by fermenting mackerel byproduct.

Name of amino acid	Amounts(g 100g ⁻¹)		
	Mackerel byproduct (A)	Liquid fertilizer by fermenting mackerel byproduct (B)	B/A ratio
Glutamic acid	0.935	0.799	0.85
Asparagine	0.678	0.709	1.05
Lysine	0.735	0.656	0.89
Arginine	0.909	0.615	0.68
Leucine	0.678	0.51	0.75
Glycine	0.862	0.494	0.57
Alanine	0.578	0.444	0.77
Histidine	0.602	0.39	0.65
Valine	0.703	0.363	0.52
Phenylalanine	0.398	0.351	0.88
Isoleucine	0.405	0.33	0.81
Proline	0.474	0.284	0.6
Serine	0.502	0.279	0.56
Tyrosine	0.473	0.195	0.41
Cystine	0.104	0.144	1.38
Threonine	0.547	0.13	0.24
Methionine	0.384	0.116	0.3
Total	9.967	6.809	0.68

3) 암모니아 가스 농도 및 pH 변화

발효기간에 따른 암모니아 가스 농도의 변화는 Fig. 3과 같이 발효 6일까지 급격히 증가 후 시간이 경과함에 따라 낮아지는 경향을 보였다. 암모니아 생성량은 단백질 발효의 지표로 많이 이용되며, 요소분해 효소에 의해 생성된다(국립축산과학원, 2010). 한과 이(2012)는 암모니아 가스가 감소함에 따라 퇴비의 악취발생이 저감되었다고 보고하였으며, 본 연구의 결과로 보면 발효가 진행됨에 따라 암모니아 가스는 감소하였고 악취가 저감되면서 발효취가 발생하였다.

액비의 발효과정 중 pH의 변화는 Fig. 3과 같이 발효 5일까지는 비교적 급격하게 낮아졌으나 그 이후에는 완만하게 감소하여 pH 4.3 부근에서 유지되었다.

이와 유사한 결과로 부산물 비료의 퇴비화 조건에서 부숙이 왕성하게 일어나면 부숙 초기에 유기산 등의 방출로 인하여 pH가 낮아지고 부산물의 분해 과정에서 유기산 등 중간생성물의 축적과 암모니아의 발생 등의 영향을 받아 변할 수 있다고 알려져 있다(Inbar et al., 1990; Eliot, 1997; 주, 2009; Hong & Chung, 2005). 발효 초기에 고등어 부산물 발효액비에서 pH가 급속히 저하된 것은 발효 과정에서 유기산 등이 생성된 영향으로 생각된다.

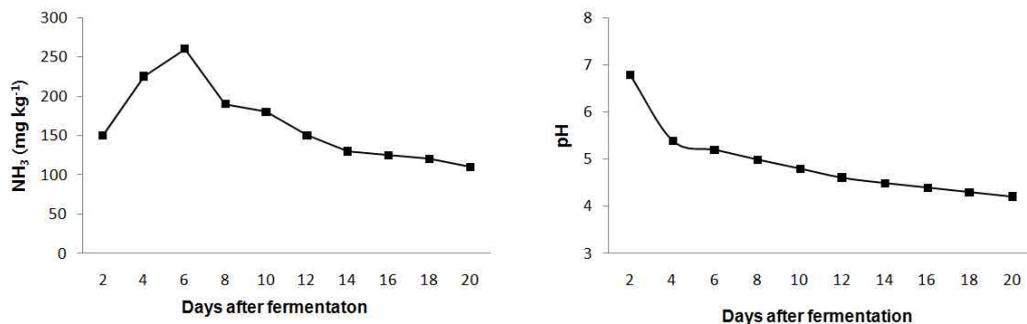


Fig. 3. Changes in ammonia and pH during the fermentation.

2. 고등어 부산물 발효액비 처리 효과

1) 관주시비 처리 토양 화학성 변화 특성

(1) pH 변화

토양 pH 변화는 Fig. 4와 같이 대조구 토양 pH는 파종 후 20일에 pH 6.46에서 파종 후 40일 사이에 6.30으로 약간 낮아지는 경향을 보였고, 액비 처리구에서는 pH 6.39 ~ 6.55에서 파종 후 40일에 pH 6.55 ~ 6.68로 약간 높아졌으나 통계적 유의성은 없었다.

농촌진흥청(2010)은 열무재배에 적당한 토양 pH는 6.0 ~ 6.5 정도 약산성 토양으로 처리구별 토양 pH는 열무재배에 적정범위 수준이라고 보고하였다.

대조구 토양의 pH가 낮아지는 본 시험의 결과는 정 등(1994)의 보고와 일치하였으며, 이는 토양 중의 유기물의 분해 과정 중 생성되는 질산, 황산, 인산 등의 수용성 산이 토양 pH를 감소시킨다고 보고되었다(Charles, 1992; Frederick & Louis, 1993).

따라서 액비시용이 토양 pH의 개선효과가 있는 것으로 생각되며, LFFM 500 처리구가 가장 큰 효과를 보였다.

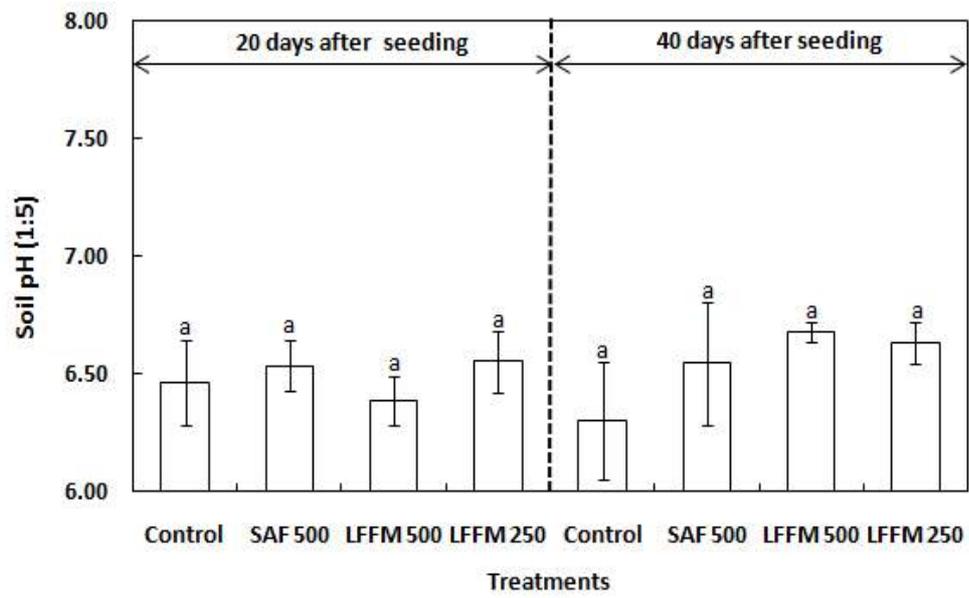


Fig. 4. Changes in soil pH at 20 days and 40 days after seeding.

(2) 전기전도도 변화

토양 전기전도도의 변화는 Fig. 5와 같이 재배기간 동안 액비사용에 의한 토양의 전기전도도의 큰 변화는 없었으며, 0.17 ~ 0.30 dS m⁻¹로 제주 지역 밭 토양 전기전도도 보다 낮았다(농촌진흥청, 2000).

김(1996)은 비료사용의 재배방법에 따라 관행농법토양 0.8 dS m⁻¹, 시설재배 토양 1.6 dS m⁻¹, 유기농업토양 2.0 dS m⁻¹로 염류집적에 대한 문제점을 지적하였지만, 액비처리에 의한 토양 전기전도도의 변화에는 악영향이 없을 것으로 생각된다.

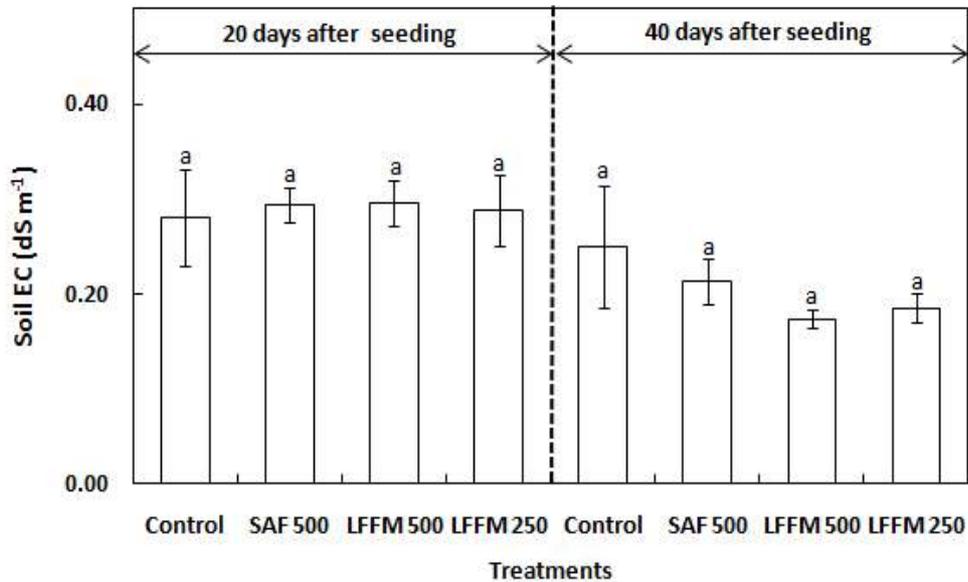


Fig. 5. Changes in soil EC at 20 days and 40 days after seeding.

(3) 유기물 함량 변화

토양 유기물 변화는 Fig. 6과 같이 시험구 토양의 유기물함량은 전체적으로 1% 내외의 매우 낮은 상태였다. 파종 후 20일에 채취한 토양의 유기물 함량은 1.3% 내외로 액비 처리구간 통계적 유의성은 없었다. 그러나 파종 후 40일에 액비 처리구의 유기물 함량은 1.49 ~ 1.65%로 대조구 토양의 유기물함량 보다 약 1.5배 이상 높았다.

농촌진흥청(1999)은 액비 사용량이 증가함에 따라 토양 유기물함량이 현저히 증가되었다고 보고하였으며, 액비를 주기적으로 사용했을 때 토양 유기물을 증가시키는 효과가 있을 것으로 생각된다.

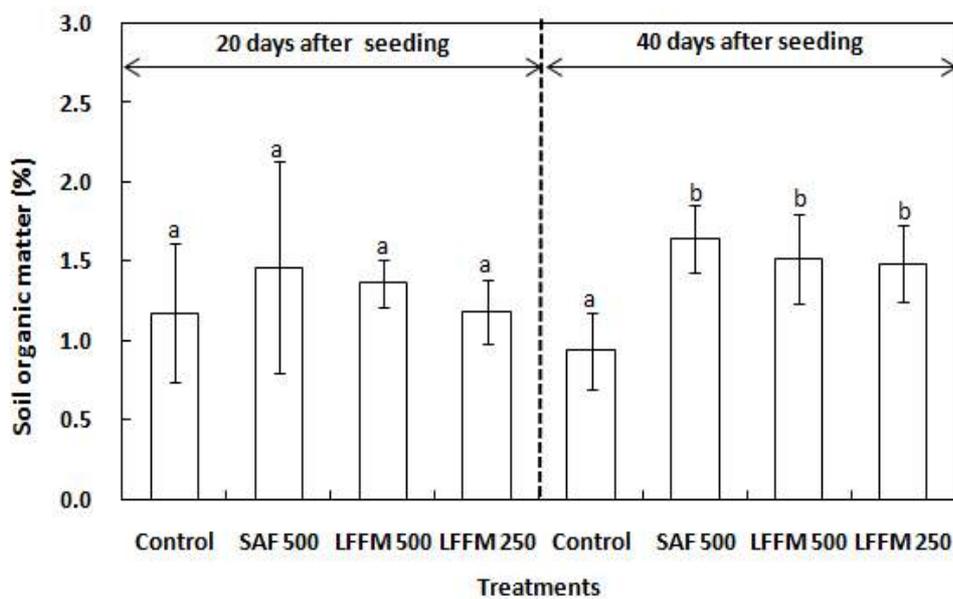


Fig. 6. Changes in soil organic matter at 20 days and 40 days after seeding.

(4) 질소 함량 변화

토양의 질소함량 변화 Fig. 7과 같이 시험구 토양 중 질소함량은 파종 후 20일 후에 토양이 0.1% 내외였다. 액비를 동일하게 500배로 희석하여 관주시비 하였을 때 질소함량은 LFFM 처리구는 0.12%로 SAF 처리구의 0.09% 보다 질소함량이 높았다. 파종 후 40일에는 0.09%이하로 더 낮아졌으며 통계적 유의성은 없었다.

시험구에 처리한 액비의 질소 농도는 LFFM 25 mg L^{-1} , SAF 46 mg L^{-1} 로 LFFM의 질소 농도가 SAF 보다 1.8배 낮았으나 토양 중 질소함량은 유사한 경향을 보였다.

김(2003)은 시험 전 토양 보다 액비 처리구 토양의 질소함량이 감소한 원인을 액비 처리구에서 열무의 질소 이용도가 증가한 것으로 보고하였다.

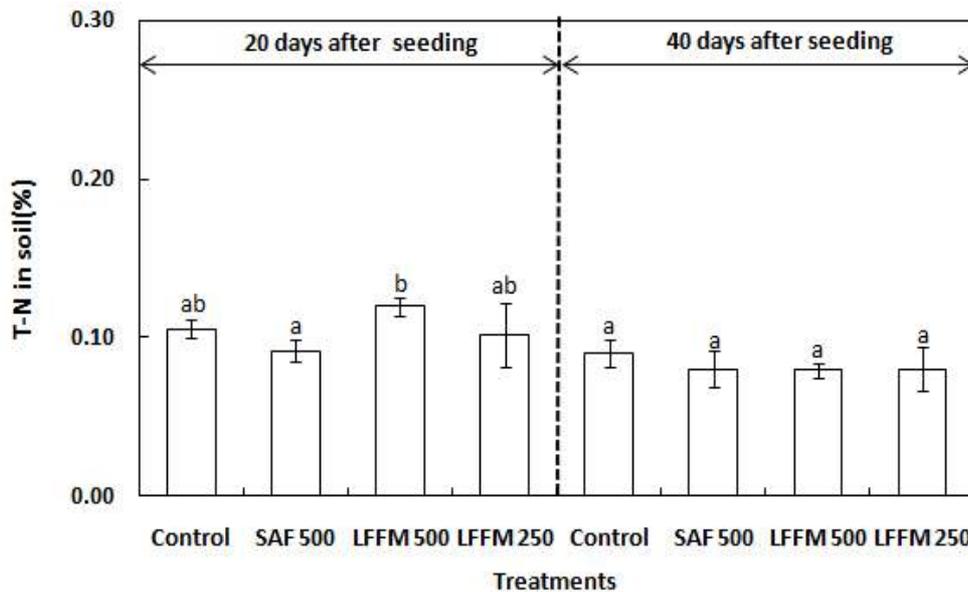


Fig. 7. Changes in soil nitrogen content at 20 days and 40 days after seeding.

(5) 유효인산 함량 변화

토양의 유효인산 함량 변화는 Fig. 8과 같이 통계적 유의성은 없었다. 파종 후 20일에 토양의 유효인산 함량은 LFFM 250 처리구가 18.4 mg kg^{-1} 로 가장 높았으며, 대조구 14.2 mg kg^{-1} , SAF 처리구 15.7 mg kg^{-1} , LFFM 500 처리구 17.2 mg kg^{-1} 의 순으로 높았다. 파종 후 40일에 토양 유효인산함량은 더 낮아져서 대조구는 9.22 mg kg^{-1} , 액비 처리구는 $12.8 \sim 13.0 \text{ mg kg}^{-1}$ 로 유효인산함량은 액비처리구가 대조구 보다 상대적으로 높았다.

농촌진흥청(2010) 작물별 시비처방 기준 보고서에 의하면 열무재배에 적당한 토양의 유효인산함량인 $250 \sim 350 \text{ mg kg}^{-1}$ 에 비해 시험구 토양의 유효인산 함량은 15 mg kg^{-1} 내외로 매우 낮았다.

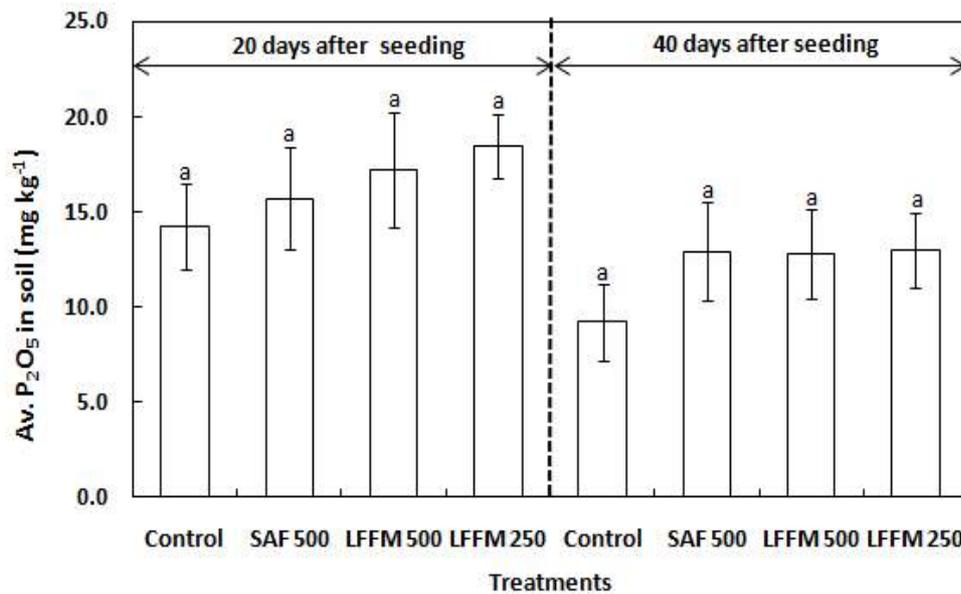


Fig. 8. Changes in soil available phosphorus content at 20 days and 40 days after seeding.

(6) 교환성 양이온 함량 변화

① K

시험구 토양의 교환성 칼륨 함량의 변화는 Fig. 9와 같이 재배기간 중 전 처리구의 교환성 칼륨 함량의 통계적 유의성은 없었으며, 열무재배의 토양적정 범위인 $0.55 \sim 0.65 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 을 유지하고 있었다(농촌진흥청, 2010).

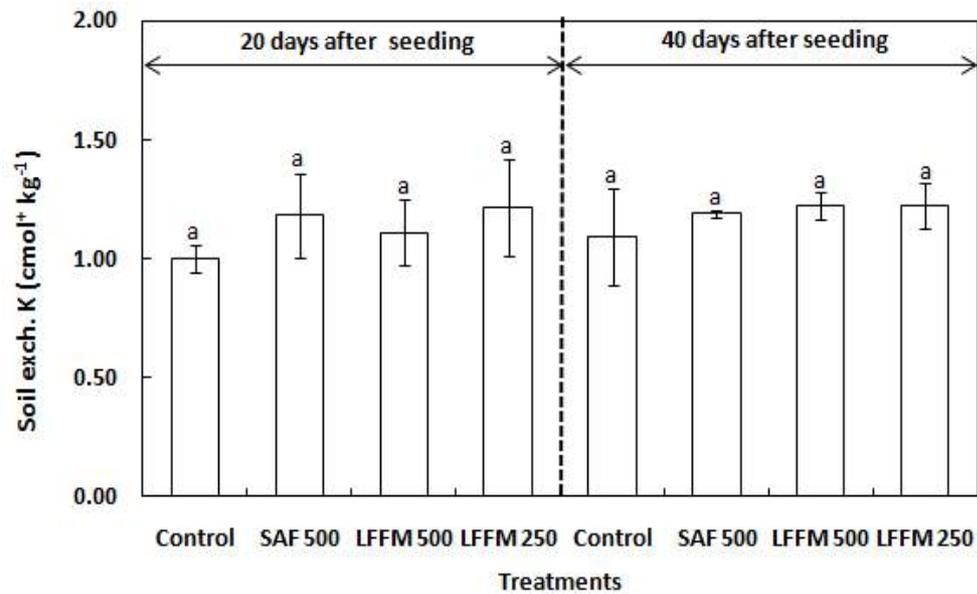


Fig. 9. Changes in soil exchangeable K content at 20 days and 40 days after seeding.

② Ca

토양의 교환성 칼슘의 변화는 Fig. 10과 같이 파종 후 20일에 LFFM 500 처리구의 교환성 칼슘 함량이 $4.21 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 로 가장 낮았으며 LFFM 250 처리구 $5.01 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$, 대조구 $5.34 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$, SAF 500 처리구 $5.62 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 순으로 교환성 칼슘 함량이 높았다.

파종 후 40일에는 대조구와 SAF 500 처리구 토양이 각각 4.90, $5.21 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 로 낮아졌으나 통계적 유의성은 없었다.

대체적으로 재배기간 동안 열무 시설재배 토양의 교환성 칼슘함량은 $5.0 \sim 6.0 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 범위를 유지하고 있었다(농촌진흥청, 2010).

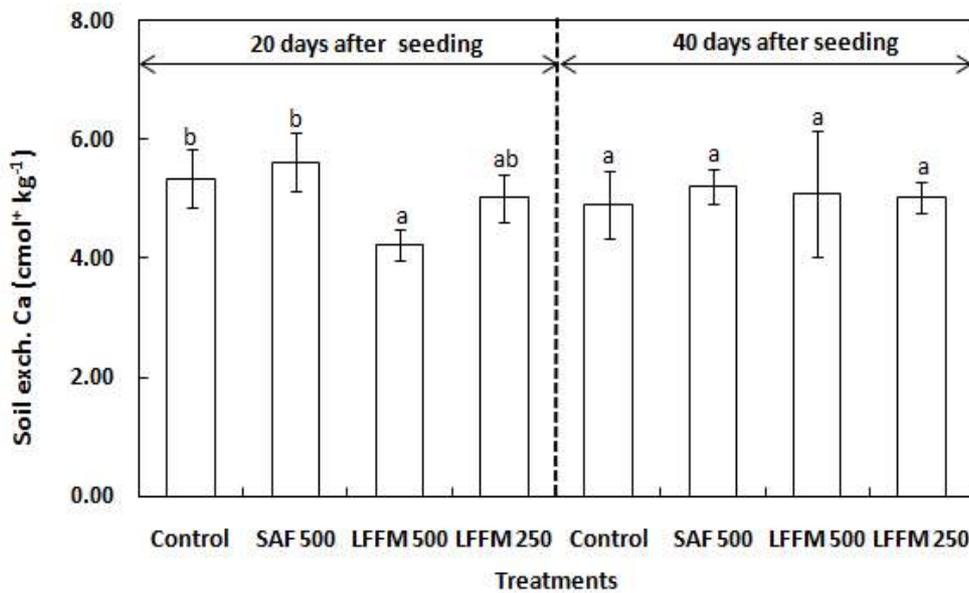


Fig. 10. Changes in soil exchangeable Ca content at 20 days and 40 days after seeding.

③ Mg

토양의 교환성 마그네슘 함량의 변화는 Fig. 11과 같이 교환성 칼슘과 유사한 경향을 보였다. 파종 후 20일에 LFFM 500 처리구의 교환성 마그네슘 함량은 $1.76 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 로 가장 낮았으며, 대조구, LFFM 250 및 SAF 500 처리구의 교환성 마그네슘 함량은 비슷하였다. 파종 후 40일에는 처리구간 통계적 유의성은 없었다.

열무재배에 적당한 토양의 교환성 마그네슘 함량은 $1.5 \sim 2.0 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 이다 (농촌진흥청, 2010). 그러나 파종 후 40일에 토양의 교환성 마그네슘 함량은 적정 범위 보다 다소 높게 유지되었다.

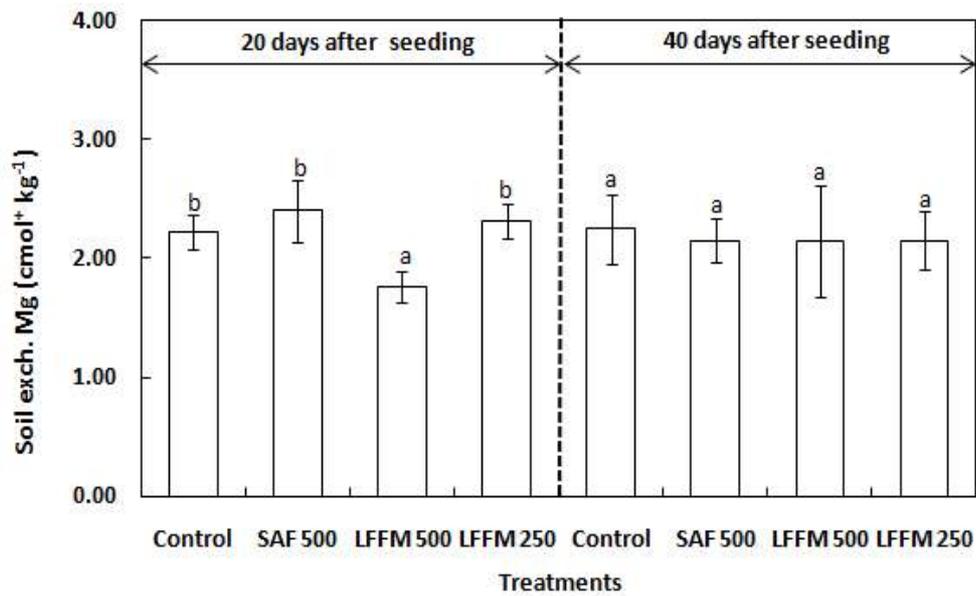


Fig. 11. Changes in soil exchangeable Mg content at 20 days and 40 days after seeding.

④ Na

시험구 토양의 교환성 나트륨 함량의 변화는 Fig. 12와 같이 처리구간 통계적 유의성은 없었다. 재배기간 중 토양의 교환성 나트륨 함량은 전체 처리구에서 $0.41 \sim 0.49 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ 범위 내에서 유지되고 있었다. 고등어 부산물 발효액비의 나트륨 함량을 염분으로 환산할 경우 0.036%로 농촌진흥청(2010)의 유기자재의 규격과 비교하였을 때 퇴비 1.8%이하, 가축분뇨발효액 0.3% 이하, 어분 10%, 골분 2.0%, 식물유박 0.5% 보다 염분함량이 매우 낮아 염분 집적의 피해는 적을 것으로 생각된다.

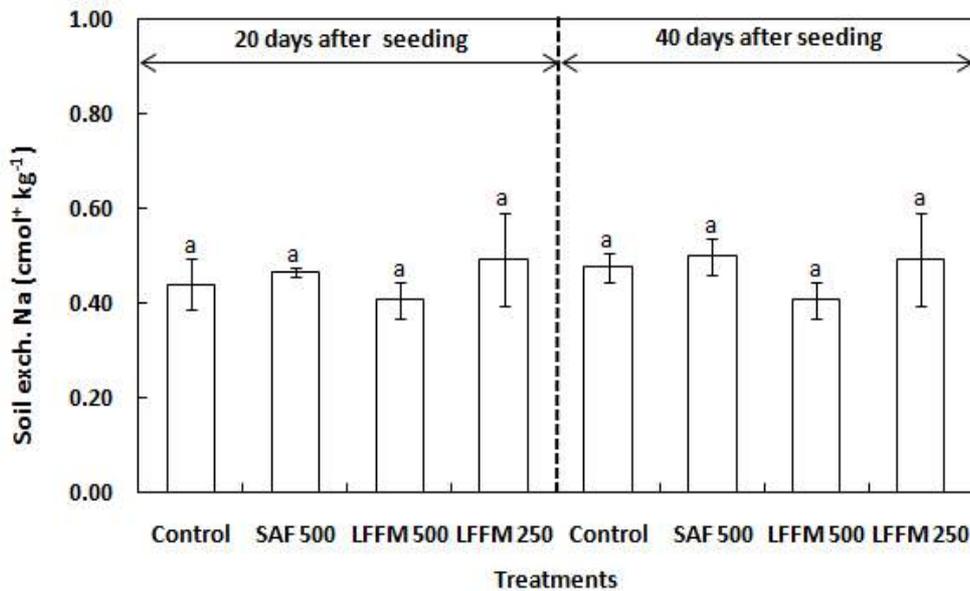


Fig. 12. Changes in soil exchangeable Na content at 20 days and 40 days after seeding.

2) 엽면시비 처리 엽 중 무기성분 변화 특성

(1) 질소함량

열무재배 기간 동안 엽 중 질소함량 변화는 Fig. 13과 같이 파종 후 25일에 열무 엽의 질소함량은 3.57 ~ 3.96%로 4개 처리구간의 유의성은 없었다. 그러나 수확 후 엽 중 질소함량은 대조구 1.26%, SAF 800 처리구 1.45%, LFFM 800 처리구 1.51%, LFFM 400 처리구 2.19% 순으로 높았다. 고등어 부산물 발효액비의 질소함량은 16 mg L^{-1} 로 비교제품의 질소함량 29 mg L^{-1} 에 비해 1/2에 불과하였으나, 동일한 조건으로 800배 희석하여 엽면시비 했을 때 엽 중 질소함량은 LFFM 400 처리구가 SAF800 처리구 보다 1.5배 높았으며, LFFM 800 처리구는 SAF 800 처리구와 비슷하였다. 따라서 단백질 분해효소를 첨가하여 발효시켰을 때 자연발효한 액비에 비해 흡수율이 높을 것으로 생각된다.

수확 후 엽 중 질소함량이 파종 후 25일에 엽 중 질소함량에 비해 1/2 이하로 낮아졌으며, 이는 엽이 성장함에 따라 희석효과에 의한 것으로 생각된다. 수확 후 열무 엽 중 질소함량은 대조구와 비교하여 SAF 800 처리구는 14%, LFFM 800 처리구는 20%, LFFM 400 처리구는 74% 증가하였다.

김(2003), Huppe & Turpin(1994), Leenheer(1997), 안과 김(2010)은 액비의 아미노산이 질소 이용율을 높인다고 하였다. 고등어 부산물 발효액비는 고등어 부산물을 alcalase로 효소분해 하여 수용성 아미노산 생성이 많아져서 질소 흡수율을 높인 것으로 생각된다.

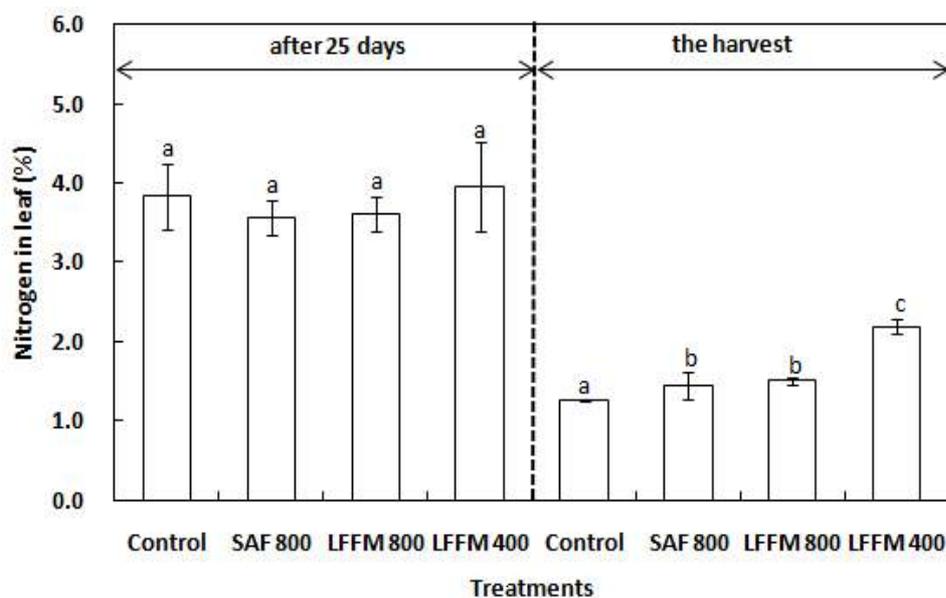


Fig. 13. Change of the nitrogen content of the leaf at 25 days after seeding and the harvest.

(2) 인 함량

열무재배 기간 동안 엽 중 인 함량 변화는 Fig. 14와 같다. 파종 후 25일에 조사한 LFFM 400 처리구의 엽 중 인 함량은 0.49%로 대조구 0.31%에 비해 1.5배 높았다. LFFM 400 처리구는 LFFM 800 처리구와 SAF 800 처리구 보다 엽 중 인 함량이 높았으나 대조구를 제외한 액비처리구간에는 통계적 유의성은 없었다.

수확 후에는 LFFM 400 처리구가 0.18%로 대조구보다 2배정도 높아졌고 LFFM 800 처리구와 SAF 800 처리구에 비해 1.5배 높아졌다.

아미노산 액비의 시비량을 다르게 하여 잔디의 인 함량의 변화는 아미노산액비 시비량이 많을수록 대조구보다 인 함량이 높았고, 액비처리구량에 따른 인 함량은 본 연구에서와 같이 뚜렷한 차이 없이 비슷하였다(김 등, 2003).

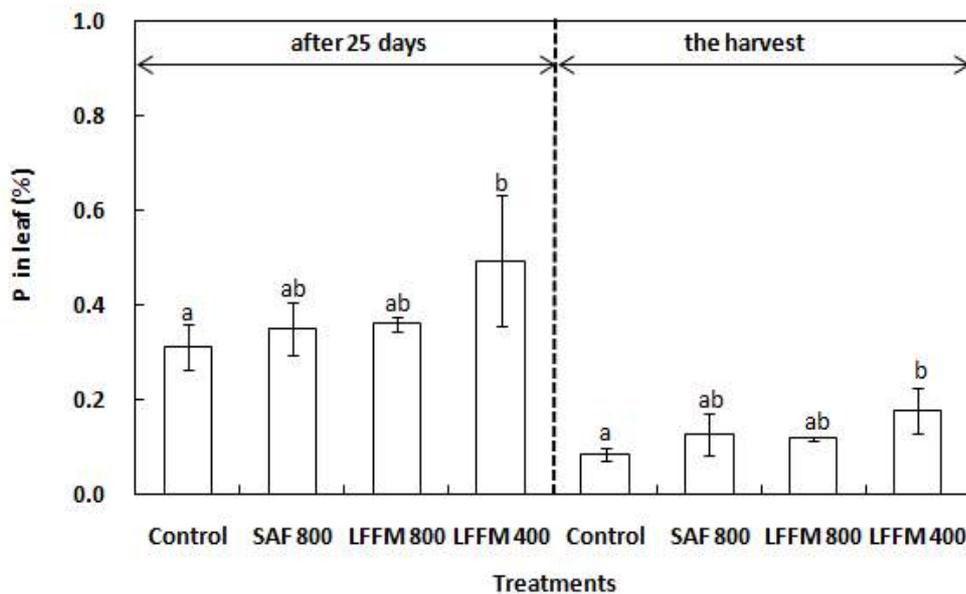


Fig. 14. Change of the phosphorus content of the leaf at 25 days after seeding and the harvest.

(3) 칼륨 함량

열무재배 기간 동안 엽 중 칼륨 함량 변화는 Fig. 15와 같다. 파종 후 25일에 칼륨 함량은 4개 처리구가 4.48 ~ 4.60% 범위에 있었으며, 처리구 간 통계적 유의성은 없었다. 수확 후 엽 중 칼륨함량은 LFFM 400 처리구가 2.65%로 가장 높았으며, LFFM 800 처리구는 2.25%, 대조구는 1.97% SAF 800 처리구는 1.80% 순으로 낮았다.

전체적으로 수확 후 엽 중 칼륨함량이 파종 후 25일 후 엽 중 함량에 비해 1/2 이하로 낮았는데, 이는 엽이 성장함에 따라 희석효과에 의한 것으로 생각된다.

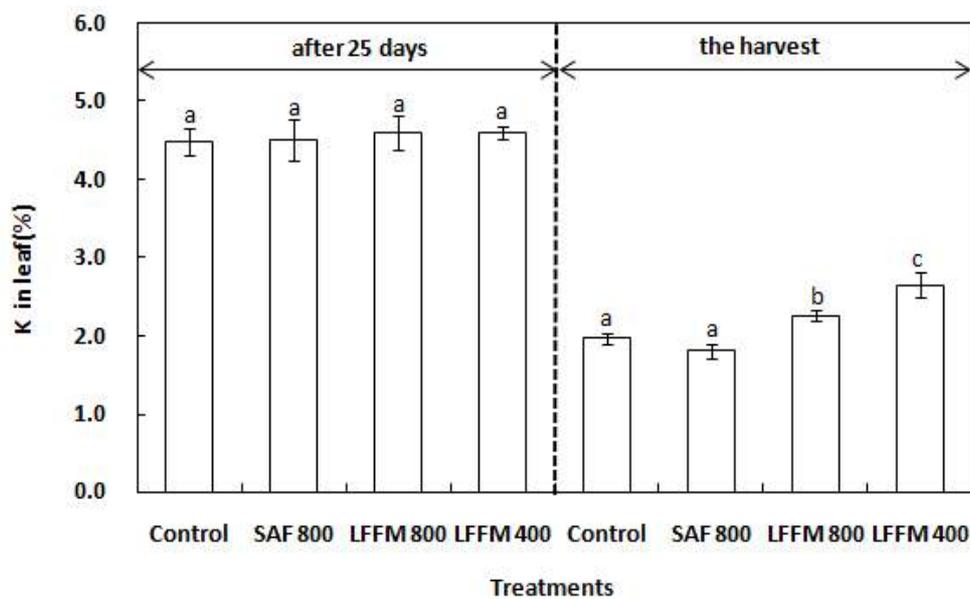


Fig. 15. Change of the K content of the leaf at 25 days after seeding and the harvest.

(4) 칼슘 함량

열무재배 기간 동안 엽 중 칼슘 함량 변화는 Fig. 16과 같이 엽 중 칼슘함량은 과종 후 25일에 LFFM 400 처리구가 3.89%로 가장 높았으며, LFFM 400 처리구를 제외한 처리구에서는 통계적 유의성은 없었다.

수확 후 엽 중 칼슘함량은 LFFM 800 처리구가 5.66%로 SAF 처리구 보다 1.5배 높았으며, LFFM 400 처리구는 4.71%로 SAF 처리구 보다 1.3배 높았다. 따라서 고등어 부산물 발효액비를 지속적으로 처리하면 엽 중 칼슘 함량을 높이는 효과가 있을 것으로 생각된다.

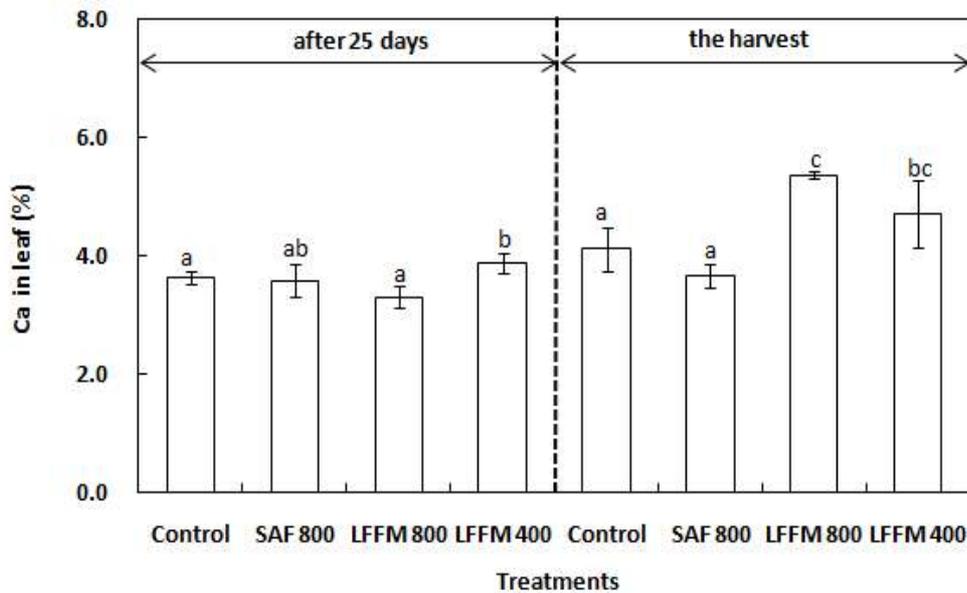


Fig. 16. Change of the Ca content of the leaf at 25 days after seeding and the harvest.

(5) 마그네슘 함량

열무재배 기간 동안 엽 중 마그네슘 함량 변화는 Fig. 17과 같이 파종 후 25일 후의 엽 중 마그네슘 함량이 1% 이내로 LFFM 800 처리구를 제외한 3개 처리구의 엽 중 마그네슘 함량은 비슷하였다.

전체적으로 수확 후 엽 중 마그네슘 함량은 1%이상 증가하였고, LFFM 800 처리구의 마그네슘 함량은 파종 후 25일의 엽 중 함량보다 수확 후 1.5배 이상 증가하였다. LFFM 800과 400처리구의 마그네슘 함량은 각각 1.18%, 1.11%로 대조구와 SAF 800 처리구 보다 높게 나타났다.

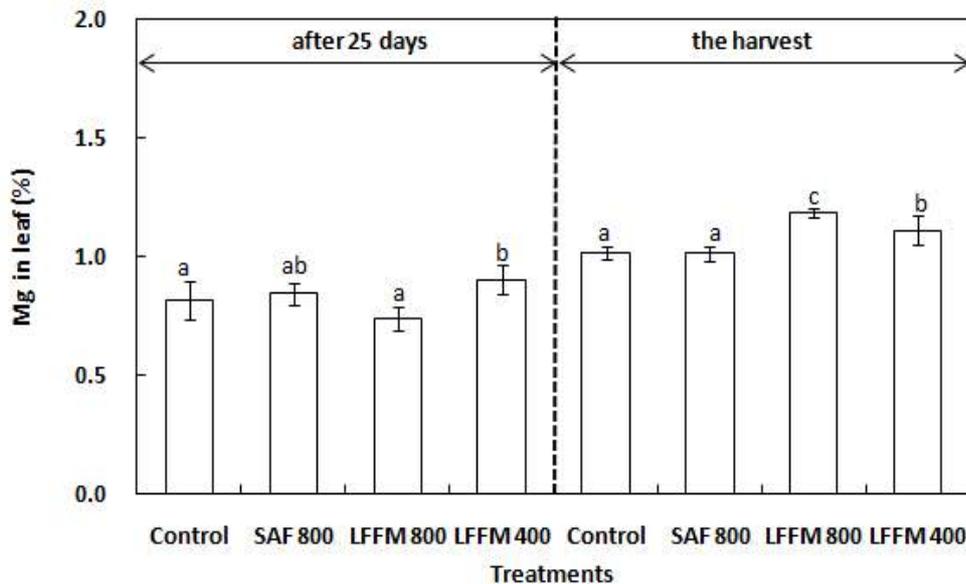


Fig. 17. Change of the Mg content of the leaf at 25 days after seeding and the harvest.

3) 생육 특성

(1) 관주시비 처리 열무 생육조사

LFFM과 SAF를 관주시비 하였을 때 생육결과는 Table 8과 같이 관주처리에 의한 통계적 유의성은 없었다.

생체중, 근중, 엽중이 대조구 보다 SAF와 LFFM 처리구에서 증가하였으며, 생체중 함량은 대조구 46.5 g 보다 액비 처리구에서 47.8 ~ 48.8 g로 높았다. 근중은 대조구 9.9 g, LFFM 처리구 11.1 ~ 11.9 g, SAF 처리구 12.5 g이었다. 엽중 함량은 LFFM 250 처리구가 37.0 g으로 상대적으로 높았다.

Cho *et al.*(1993)은 아미노산이 식물에 대한 직접적인 아미노산의 작용 외에도 토양미생물의 영양원으로 작용하여 미생물의 증식을 활발하게 하고 식물의 뿌리활력을 높인다고 보고하였다.

따라서 열무재배 토양은 퇴비나 화학비료 사용 없이 유기물함량이 매우 낮은 상태였으나 관주시비에 의한 양분공급이 뿌리 생육을 증가시킨 것으로 생각된다.

Table 8. Results to the growth of radish by Injected fertilization.

Treatment	Fresh weight (g)	Root weight (g)	Leaf weight (g)	Leaf number (each)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf color (SPAD)
Control	46.5	9.90	36.6	15.8	21.2	7.38	28.2
SAF 500	48.3	12.5	35.8	16.1	21.7	7.61	28.4
LFFM 500	47.8	11.1	36.8	16.4	21.6	7.93	28.4
LFFM 250	48.8	11.9	37.0	16.6	22.5	7.96	30.4

(2) 엽면시비 처리 열무 생육조사

LFFM과 SAF를 엽면시비 하였을 때 생육결과는 Table 9와 같이 열무의 생체중, 근중, 엽중, 엽수 엽장은 통계적 유의성은 없었다. 열무의 엽중 함량은 대조구 29.0 g 보다 액비 처리구에서 29.4 ~ 30.2 g로 높았으며, 엽색의 SPAD값은 LFFM 400 처리구가 28.3으로 대조구와 SAF 500 처리구 보다 높았고, 이는 엽 중 질소, 마그네슘 함량과 같은 경향을 보였다.

해양부산물의 아미노산은 식물생육에 가장 중요한 질소질 공급원이 되며, 염기성 아미노산인 Glutamine, Asparagine, Arginine, Citrulline, Ornithine 등은 식물이 직접 유기태로 흡수가 가능하여 화학비료 상태의 암모니아나 질산을 공급원으로 하는 경우보다 생육이 양호하다고 보고하였다. 또한 저온이나 광합성이 불리한 환경에서는 당이나 ATP의 생산이 부족하기 때문에 뿌리에 의한 무기물의 흡수 및 동화에 필요한 에너지가 부족하게 되는데 아미노산은 뿌리에 흡수된 후 즉시 아미노기 전이반응에 의해 Asparagine이나 Glutamic acid처럼 생체 내에서 질소대사의 중심적인 아미노산으로 되어 무기태 질소 보다 양호한 생육을 보이며(比嘉, 1991), 比嘉 *et al.*(1999)은 정상적인 경우에도 10ppm 정도의 아미노산을 처리하였을 경우 생육을 증진시키는 효과가 있다고 보고하였다.

국내의 아미노산 액비를 처리한 연구는 벤트그라스잔디의 생육이 좋아졌고(김 등, 2003), 토마토 육묘에 Glycine을 엽면 처리한 결과 초장과 건물중의 증가를 보고하였고(강 등, 2006), 곡물 아미노산을 포도에 엽면살포 후 과방중 증가 및 저장성 향상으로 상품성이 높아졌다고 보고하였다(주 등, 2007). 포트실험에서 열무에 혼합 아미노산 용액을 처리시 열무의 생체중, 건물중 및 질소이용율이 아미노산 처리에 의해 증가하였다(유, 2006).

액비를 처리하였을 때 양분이용의 증가와 엽록소 함량의 증가에 의해 광합성량이 촉진되어 열무 생장에 도움을 주는 것으로 생각된다.

Table 9. Results to the growth of radish by foliar fertilization.

Treatment	Fresh weight (g)	Root weight (g)	Leaf weight (g)	Leaf number (each)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf color (SPAD)
Control	35.4	6.06	29.0	14.8	21.0	7.50 ^{ab}	24.9 ^a
SAF 500	36.3	6.46	30.2	15.5	21.4	7.53 ^{ab}	24.9 ^a
LFFM 500	36.0	6.63	29.4	14.9	21.5	7.44 ^a	26.3 ^{ab}
LFFM 250	37.0	7.13	29.9	15.0	21.7	8.09 ^b	28.3 ^b

열무의 생육상태는 관주처리시비가 엽면시비 보다 생육이 더 좋았으며, 열무 근중은 관주시비 처리구 9.90 ~ 12.5 g으로 엽면시비 처리구 6.06 ~ 7.13 g 보다 생육이 좋았다.

재배기간 동안 열무에 나타나는 피해를 육안으로 관찰한 결과 생육장해 및 피해는 발견되지 않았다. 열무의 생육은 고등어 부산물 발효액비와 비교제품이 비슷하게 성장하였으며, 대조구 보다 생체중, 근중, 엽중이 증가하였다.

IV. 적 요

본 연구는 고등어 부산물을 단백질효소로 분해하고 미생물을 접종시켜 발효 기간을 단축하여 제조한 고등어 부산물 발효액비의 작물 재배효과를 구명하기 위해서 수행되었다.

고등어 부산물 발효액비(LFFM, Liquid fertilizer by fermenting mackerel byproduct)는 고등어 부산물에 물을 첨가하여 분쇄한 후에 단백질 분해효소 *alcalase*로 분해하고 oil 및 고형물을 제거한 후 *Lactobacillus fermentum*, *Saccharomyces cerevisiae* 및 흑설탕을 첨가하여 30℃에서 5일 동안 발효시켜 제조하였다. 제조된 고등어 부산물 발효액비는 관주시비와 엽면시비 처리를 하여 열무 재배에 미치는 효과를 조사하였다. 비교제품은 잡어 등을 이용하여 3개월 이상 자연 발효시켜 시판되고 있는 생선 부산물 액비(SAF, Seafood amino acid fertilizer)를 이용하였다.

고등어 부산물 발효액비의 T-N 함량은 1.25%이었으며, P₂O₅과 K₂O 함량은 모두 0.15%로 질소함량에 비해 약 8배 낮은 함량을 나타내었다. CaO 함량은 0.026%로 다른 성분에 비해 상대적으로 낮았다.

고등어 부산물에 함유된 아미노산은 17 종류였으며, 총 함량은 9.967 g 100g⁻¹ 이었다. 함량이 0.5 g 100g⁻¹ 이상인 아미노산은 Glutamic acid, Asparagine, Lysine, Arginine, Leucine, Glycine, Alanine, Histidine, Valine이었다. 단백질 분해효소를 첨가하며 발효시킨 후의 총 아미노산 함량은 원래 부산물에 비해 32%가 감소된 6.809 g 100g⁻¹이었으며, 대부분의 아미노산은 감소하였다. 반면에 aspragine과 cystine은 발효과정을 거치면서 함량이 높아졌다. 발효기간 중 암모니아 가스는 발효 6일까지 급격히 증가 후 시간이 지남에 따라 저감되는 경향을 보였는데, 발효과정에서 고등어 부산물의 아미노산의 일부가 암모니아로 휘발한 것으로 생각된다.

관주시비하여 20일과 40일에 조사한 토양 화학적 성질은 유기물을 제외하고 pH, EC, 유효인산함량, 교환성 양이온 함량은 처리 간 통계적인 유의성을 보이지 않았다.

엽면시비하여 과종 후 25일에 조사한 엽 중 질소함량은 통계적인 차이가 없었다. 수확 후 엽 중 질소함량은 LFFM 400 처리구 2.19%, LFFM 800 처리구 1.51%, SAF 800 처리구 1.45%, 대조구 1.26% 순으로 높았으며, LFFM의 질소함량은 16 mg L^{-1} 로 SAF의 29 mg L^{-1} 에 비해 1/2에 불과하였으나, 동일하게 800 배로 희석하여 엽면시비했을 때 엽중 함량은 LFFM이 SAF에 비해 높았다.

과종 후 25일에 조사한 LFFM 400 처리구의 엽 중 인 함량은 0.49%로 대조구 0.31%에 비해 1.5배 높았다. 수확 후에는 LFFM 400 처리구가 대조구보다 약 2배정도 높아졌고 LFFM 800 처리구와 SAF 800 처리구에 비해 1.5배 높아졌다.

엽 중 칼륨함량은 수확 후에 조사한 LFFM 400 처리구가 2.65%로 대조구 보다 1.3배 높았으며 SAF 800 처리구 보다 1.5배 높았다. 이와 같은 결과로 보아 단백질 분해효소를 첨가하여 발효시킨 고등어 부산물 발효액비가 자연발효한 액비에 비해 흡수율이 높은 것으로 생각된다.

V. 인 용 문 헌

- 강남준, 권준국, 이재한, 박진면, 이한철, 최영하. 2006. Glycinebetaine 엽면처리가 토마토 육묘의 생육과 삼투조절물질 함량에 미치는 영향. J. Bio-Environment control. 15(4):390-395.
- 국립축산과학원. 2010. 사료조절을 통한 돈사 악취감소 방안
- 권태호, 김경아, 류점호. 1996. Asparagine이 수도 유묘기 내염성 향상에 미치는 영향. J. Kor. Breed. 28(2):116-122.
- 김도엽. 2009. 동물 세포 배양 시 발생하는 노폐물과 그의 제거 방법에 관한 고찰. BioWave. 11(9).
- 김영선. 2003. 벼, 완주, 오이 및 고추에서 혼합아미노산이 nitrate 흡수에 미치는 영향. 충남대학교 대학원 석사학위논문.
- 김영선, 이규승, 함선규. 2003. 아미노산 액비가 벨트그라스잔디의 생장과 토양에 미치는 영향. Kor. Turfgrass Sci. 17(4):147-154.
- 김영호. 1997. 관행, 시설 및 유기농법재배지 토양의 화학적 특성과 배추, 상추의 NO₃⁻ 집적량 차이. 단국대학교 대학원 석사학위논문.
- 김수연. 2010. 고등어 뼈의 물리화학적 특성 해석. 부경대학교 대학원 석사논문.
- 김창원. 2011. 단백질가수분해효소를 이용한 쌀부산물의 가수분해 및 그 분해물의 특성. 경희대학교 대학원 석사학위논문.
- 농촌진흥청. 1999. 친환경농업을 위한 가축분료 퇴비·액비 제조와 이용.
- 농촌진흥청. 2000. 토양 및 식물체 분석법.
- 농촌진흥청. 2000. 토양 화학 분석법.
- 농촌진흥청. 2010. 작물별 시비처방 기준.
- 농촌진흥청. 2010. 비료 공정규격 설정 및 지정.
- 류종원. 2010. 돈분료 농축액비와 부산물액비 혼합시용이 배추의 생육과 수량에 미치는 영향. J. Kor. Organic Agri. 18(2):271-282.
- 손태호. 2007. 콩나물의 asparagine 함량에 미치는 요인 구명. 경북대학교 농업개

- 발대학원 석사논문.
- 안승원, 김계웅. .2010. 친환경농업과 유용미생물활용. 농상문화사.
- 유홍천. 2006. 아미노산 엽면시용에 따른 열무와 고추 재배토양중의 질산성질소의 제거. 충남대학교 박사학위논문.
- 이정관. 2013. 해양부산물 아미노산액비 및 유용미생물 시용시 벼의 생육특성. 공주대학교 대학원 박사학위논문.
- 정구복, 유인수, 김복영. 1994. 중북부지역 시설원예지 토양의 토성, 염농도 및 화학성분의 조성. J. Kor. Soil. Sic. Fert. 23(2):128-134.
- 정성렬. 2012. 해양부산물 아미노산액비 및 유용미생물 시용이 포도 삼목 번식에 미치는 영향. 공주대학교 산업과학대학원 석사학위논문.
- 조재호, 윤진숙, 황주영, 신미경, 배현지, 장철민, 강명숙. 2008. 발효공정을 통한 간고등어 부산물의 산업적 활용. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 10:5-82.
- 주선중. 2009. 유기액비의 조성이 배추와 고추의 생육에 미치는 영향. 충북대학교 대학원 박사학위논문.
- 주인옥, 정기태, 정성수, 문영훈, 류정, 최정식. 2007. 키토산, 곡물아미노산, 목초액의 엽면살포가 포도의 품질 및 저장성에 미치는 영향. J. Kor. Food Preserv. 14:119-123.
- 한효심, 이경동. 2012. 토착미생물 가축분 퇴비화 과정중 생물화학적 특성 변화. J. Korean. Soil Sci. Fert. 45(6):1126-1135.
- Bar-num, N., Poljakoff-Mayber, A. 1977. Salinity stress and the content of proline in roots of *Pisum sativum* and *Tamarix tetragyna*. Ann. Bot. 41:173-179.
- Charles, A.B. 1992. Soil Fertilizer evaluation and control. Lewis Pulishers.
- Cho, Y.S., Park, S.G., Jun, S.S., Moon, J.S. and Ha, B.S. 1993. Proximate sugar and amino acid composition of Dolsan leaf mustard. J. Korean Soc .Food Nutr. 22:48-52.
- Csonka, LN. 1981. Proline overproduction results in enhanced osmotolerance in *Salmonella typhimurium*. Mol. Gen. Genet. 182:82-96.

- Eliot, E. 1997. *The Science of Composting*. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA, USA.
- Frederick, R.T. and M.T. Louis. 1993. *Soils and soil fertilizer*. Oxford University Press.
- Hirnera, A., Ladwiga, F., Stranskya, H., Okumotob, S., Keinatha, M., Harmasb, A., Frommera, W.B and W. Kocha. 2006. Arabidopsis LHT1 is a high-Affinity transporter for cellular amino acid uptake in both root epidermis and leaf mesophyll. *The Plant Cell*. 18:1931-1946.
- Huppe, H.C., K.H. Turpin. 1994. Integration of carbon and nitrogen metabolism in plant and algal cells. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 45:577-607.
- Inbar, Y., Y. Chen, and Y. Hadar. 1990. Humic substances formed during the composting of organic matter. *Soil Sci. Soc Amer. J.* 54:1316-1323.
- Kang, Y.H. 1970b. Studies on the nitrogen metabolism of soybean. II. Variation of free amino acids during the growth of younger plants. *한토비지*. 3(1):49-54.
- Kwon, T., Abe, T., and T. Sasahara. 1995. Enhanced saline stress resistance in threonine and methionine overproducing mutant cell line from protoplast culture of rice. *J. Plant Physiol.* 145:551-556.
- Leenheer, L. 1997. Importance of organic fertilization for crop production and soil properties on mechanized farms. IAEA-SM-211.11:9-19.
- Lone, M.I., Kueh, J.S.H., Wyn Jones, R.G., and S.W.J. Bright. 1987. Influence of proline and glycinebetaine on salt tolerance of cultured barley embryos. *J. Exper. Bot.* 38:479-490.
- Mathur, A.K., Ganapathy, P.S., and B.M. Johri. 1980. Isolation of sodium chloride tolerant plantlets of *Kickxia ramosissima* under in vitro conditions. *Z. Pflanzenphysiol.* 99:287-294.
- Schimel, J.P. and F.S. Chapin. 1996. Tundra plant uptake of amino acid and NH_4^+ nitrogen in situ: Plants compete well for amino acid N_1 . *Ecology*.

77:2142-2147.

- Shim, K.H., Lee, J.H., Ha, Y.L., Seo, K.I., Moon, J.S., and O.S. Joo. 1994. Changes in amino acid composition of some fish meat by heating condition. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 23(6):933-938.
- Shizuki, O. 1981. Fish bone. *New Food Industry*, 23, 66-72.
- Yang, C.B. 1981. Changes in nitrogen compounds and nutritional evaluation of soybean sprout. Part II. Changes of amino acid composition. *J. Korean Agricultural Chemical Society.* 24(2):94-100.
- Sugiura, M., and M. Kisimi. 1985. Osmoregulation in a proline producing strain of *Serratia marcescens*. *J. Gen. Microbiol.* 131:2515-2520.
- Hong, J.H., and J.D. Chung. 2005. Effect of broth of purple photosynthetic bacteria on garbage. *J. Kor. Soc. of Waste Management.* 22(2):113-119.
- 比嘉照夫. 1991. 微生物の農業利用と環境保全醗酵合成型土壌と作物生産. 1-56.
- 比嘉照夫, 榊原忠三, 榊澤昭衛, 久保隆彦, 安里勝之, 田邊誠助, 高嶋康豪. 1999. E M産業革命. 農業が活きる,工業が変わる,環境が蘇る. 1-385.

감사의 글

본 논문의 결실을 맺기까지 부족한 저에게 아낌없는 격려와 충고를 주시고, 대학원 과정을 통해 깊은 학문의 길을 열게 도와주신 현해남 교수님께 진심으로 감사의 마음을 올립니다. 학부시절부터 교수님과 지내면서 참된 습관과 표현의 중요성을 알게 되었고 교수님의 가르침을 항상 되새기며 살아가겠습니다.

학부과정에서부터 저의 부족한 점들을 세심한 지적과 지도로 올바른 길로 이끌어 주신 송창길 교수님, 논문 심사뿐 아니라 조언과 비평을 아끼지 않으셨던 전용철 교수님께 진심으로 감사드립니다. 또한 부족한 논문이 마무리되기까지 많은 조언과 용기를 주신 강영길 교수님, 김동순 교수님, 석사 학위 과정 내내 지켜봐 주시며 지도해 주신 김주성 교수님께도 감사의 말씀을 올립니다.

오늘에 있기까지 늘 가까이에서 많은 조언과 논문의 처음부터 끝까지 물심양면으로 도움을 주신 제주대학교 토양학실험실의 박원표 선배님께 감사드리며, 무엇보다 더운 날씨에도 불구하고 재배시험 뿐만 아니라 실험실에서 동거동락하며 밤샘을 마다하지 않고 논문을 도와준 성문, 연구의 분석과 부탁은 물론 싫은 내색 한번 없이 묵묵히 도와준 강해, 명규, 병하, 승범, 봉준, 경아에게도 감사의 마음을 전하며 기쁨을 함께 하겠습니다. 그리고 논문 뿐만 아니라 사적인 부탁에도 흔쾌히 도움을 주시고 바쁜 와중에도 논문심사 발표 때 광주에서 한 걸음에 달려와 주신 유충훈 형님과 항상 곁에서 묵묵히 도와주는 소연에게 감사의 마음을 전합니다. 학부과정과 대학원 석사과정을 하면서 많은 도움을 주셨던 송진영 선배님, 하영삼 선배님을 비롯한 식물자원환경전공과 농학과 선,후배님들께도 감사드립니다.

본 논문은 “지역산업기술개발사업”의 “Marine 부산물을 활용한 친환경 바이오 Plant Growth Fertilizer 개발” 연구과제의 일부로 수행되었습니다. 연구의 지원과 조언을 아끼지 않으셨던 주식회사 삼다에 유행수 사장님과 김원규 상무이사님께 감사의 말을 전합니다. 또한, 많은 격려와 배려를 해주신 (주)삼다 생산본부의 박희경 차장님, 박상훈 과장님, 이활란 계장님, 고정권 대리님, 양정현 형님께도 고마움을 전합니다.

무엇보다 15년이 지났지만 언제나 변함이 없는 나의 사랑하는 친구 혁진,

기영, 대근, 정훈, 지석, 지수, 민석, 용준, 석빈, 상화, 영홍, 민혁, 성현에게도 감사드립니다.

어렸을 때부터 동생의 고민을 자기 일처럼 걱정해주는 작은누님과 친구처럼 다정한 매형, 사랑스러운 조카 유준이의 엄마이자 큰누님께서는 앞으로 보답으로 갚아나가겠습니다. 지금까지 저를 믿어주시고 한없는 사랑으로 지켜봐 주신 세상에서 제일 사랑하는 어머니와 제 인생의 든든한 버팀목이자 기둥이며 세상 누구보다 존경하는 아버지께 진심으로 감사한다는 말과 함께 사랑한다는 말을 전하고 싶습니다.

이밖에도 크고 작은 도움을 주신 모든 분들께 감사드리며 항상 행복과 건강이 함께 하시길 바랍니다. 앞으로 이 논문을 첫 걸음으로 생각하여 항상 배우고 노력하는 자세로 더욱 증진하겠습니다.