

최 종
연구보고서

해조류 가공부산물을 이용한 토양환경 개선제 및 액체비료개발 연구

Studies on the Development of Soil Conditioner and
Fluid Fertilizer Using a Residual Seaweeds

연구기관
순천대학교

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “해조류 가공부산물을 이용한 토양환경 개선제 및 액체비료개발 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 8월 일

주관연구기관명 : 순천대학교

총괄연구책임자 : 손 보 균

세부연구책임자 : 안 호 근

세부연구책임자 : 손 보 균

세부연구책임자 : 강 종 구

선 임 연 구 원 : 조 주 식

연 구 원 : 송 동 석

연 구 보 조 원 : 김 영 주

연 구 보 조 원 : 김 홍 수

연 구 보 조 원 : 진 서 영

요 약 문

I. 제 목

해조류 가공부산물을 이용한 토양환경 개선제 및 액체비료개발 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

해조류는 수 천년 전부터 식품, 의약 및 비료로 사용하여 왔으며, 최근에 와서는 식의약품 첨가제, 사료첨가제 및 환경산업 등에서 다양하게 이용하고 있다. 특히 유럽 등지의 바다를 끼고 있는 국가에서 오래 전부터 토양개량제나 비료로 사용하여 왔는데, 초기에는 해조류의 수집 건조 및 운반에 소요되는 비용 때문에 해안지역의 농민들이 소규모로 이용한 것으로 알려져 있다. 최근에 와서 해조류 추출물이나 해조류 분말제 등이 농업용으로 상품화되어 있으며 토양과 여러 작물에서 그 효과가 확인된 바 있다.

해조류를 토양에 투입함으로써 기대할 수 있는 기능으로서는 첫째, 해조류는 육상에서 얻을 수 있는 유기재료에 비해서 다양한 무기성분 뿐만 아니라 식물생장 호르몬의 일종인 Cytokinin이 함유되어 있어서 식물생장촉진제나 비료로서의 효과를 얻을 수 있고, 두 번째로, 해조류가 갖는 화학적 특성에 의한 토양입단안정성 증가로 통기성을 증진시키는 효과를 기대할 수 있어서 재배작물의 근권환경이 개선됨으로 생산성과 품질향상에 크게 영향을 미칠 것으로 예상된다.

일반적으로 신선한 해조류에는 질소, 칼리성분을 다량 함유하고 있고, 유효성 미량 요소들이 고루 함유되어 있으며 토양물리성에 영향을 미치는 성분으로 중요한

alginic acid가 함유되어 있기 때문에, 앞에서 언급한 비료와 토양개량제로서 두 가지 측면을 동시에 충족시킬 수 있다고 본다.

한편, 우리나라는 3면이 바다에 접해 있어서 미역, 다시마, 툇 등과 같은 해조류의 양식과 가공이용이 활발하지만 이들의 수거, 양식 및 가공과정에서 발생하는 부산물의 재활용은 미미할 뿐만 아니라 환경오염의 원인이 되고 있는 실정이다. 특히 미역의 경우 전 미역생산량의 40~60%인 14~21만여 톤이 양식장에 그대로 버려져 완도나 기장의 미역을 전멸하게 했던 좁쌀 병의 원인이 되고 있어 이들 폐기물의 수거와 재활용방법의 모색은 시급히 해결해야 할 문제이다.

작물을 재배하고 있는 토양은 넓은 의미에서 생명이 있는 모든 생명체의 생활터전일 뿐만 아니라 새로운 생명의 산실로 인식되고 있으며 우리 인간생명의 근원이기도 하다. 그러나 우리 생명의 연장을 위한 농업생산의 기본이 되는 토양환경에 대한 관심은 그 중요성에 비추어 소극적이며, 실제적인 토양관리나 비배관리의 양과 질이 목표수준에 접근하지 못하고 있는 실정이며, 합리적인 토양관리에 필요한 여러 조건들이 경제성을 고려할 때 완벽한 실행이 불가능하다. 바꾸어 말하면 유기물질을 계속해서 농경지에 투입하기 어렵고 그 효과도 일관성이 결여되어 있다는 점이다. 그러나 우리가 필요로 하는 양질의 농산물을 확보하려면 농경지의 비옥도 유지와 생산성을 유지할 위해 해당 토양에 대하여 우리가 수탈한 만큼의 영양분 보충과 작물의 근권 환경은 지속 가능한 상태로 보존하고 개선하는 노력은 필수적이며 게을리 할 수 없는 당면과제일 것이다.

따라서 본 연구과제에서는 우리나라 연안에서 생산되는 해조류 중 양식·가공과정에서 얻어지는 부산물과 비교적 원자재의 가격이 저렴한 해조류를 이용하여 토양개량제(Soil conditioner), 액체비료(Fluid fertilizer) 및 식물생장 촉진제(Plant growth stimulant) 등을 개발하고자 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

연구개발내용으로는 먼저 갈조류와 홍조류를 대상으로 그의 화학적 조성과 물리적 특성을 조사한 후 경제성을 감안한 최종 개발품의 재료를 선정할 것이며, 대상 해조류로서는 우리나라에서 주로 양식과 수거를 통해 생산되는 미역(*Undaria pinnatifida*), 다시마(*Laminaria sp.*) 및 툃(*Hizikia fusiforma*) 등이 여기에 속한다. 본 연구에서 고려될 재료는 미역의 뿌리, 포자엽 및 줄기와 전술한 해조류의 가공처리과정 중 발생하는 부산물 및 상품가치가 없는 양식 해조류를 재료로 하고, 추출 및 분말화 공정별로 각각 나누어 생성물의 물리화학적 특성들을 조사비교하며, 최종적으로 적용대상 즉 토양 물리화학과 액체비료 및 성장촉진제 등의 목적에 따라 적용가능성과 그 효과를 작물과 토양을 대상으로 구명할 것이다. 본 연구개발의 내용과 범위는 다음과 같다.

○ 해조류 추출공정에 적합한 용매선발 및 추출방법 개발

- 용매 종류별로 추출 및 분해효율을 근거로 한 경제적 용매선발
- 해조류 원재료 물성별 추출 및 액화방법 개발
- 시제품의 물리화학적 특성 분석조사

○ 해조류 건조 / 비건조별 분말화 방법개발

- 물리·화학적 처리에 따른 효율적인 파쇄조건 검토
- 시제품의 물리화학적 특성 분석조사
- 식물생장 호르몬 분석

○ 작물 종자의 발아 및 초기성장반응을 통한 이용 가능성 예비검토

- 해조류 추출액을 종자와 상토에 처리 후 성장반응조사
- 원예작물 유묘기에 처리하여 성장반응 조사

○ 해조류 건조분말 처리 후 근권환경 개선 효과 구명

- 일반적인 토양특성 조사연구

- 토양미생물(세균, 방선균, 사상균 등)의 군락 변화조사
- 토양 미생물상 군락 및 호흡량 변화조사
- 토양 중 해조류 성분의 거동확인
- **해조류 추출/분말화 관련한 물리화학적 연속 처리공정 개발**
 - 건조/비건조 재료별 처리공정 기술검토
 - 연속추출 및 분말화 조건검토 및 공정기술개발
 - 수화제형 분말의 물리화학적 특성 조사
 - 식물생장 호르몬 및 무기성분 분석
 - 생장조절물질의 함량증감에 관련된 연구
- **작물에 대한 해조류 추출액 처리효과 구명**
 - 엽채류 및 과채류를 대상으로 처리방법(관주와 엽면시비)별로 생육반응 및 수량·품질특성 등 조사
- **작물에 대한 해조류 제형별 시용수준 및 사용방법 확립**
 - 제형별(분말/액체) 처리농도와 시기 등을 구명
 - 작물에 대한 시용법 확립

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

우리나라 남해안 연안에서 비교적 저렴하게 대량 생산되거나 양식·가공과정에서 폐기되는 해조류(주로 다시마와 미역)를 사용하여 액체비료와 토양개량제를 제조하고, 초기 성장반응 시험 및 처리시험 등을 통하여 농자재로서의 활용가능성을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 해조류 제형개발

다양한 해조류 중에서 재료의 타당성, 알칼리 용액에 의한 액화에 있어서의 효율

적인 용매 및 제조방법, 분말화 및 cell burst process 효과에 대하여 검토하였다. 실험재료는 다시마, 미역과 톳을 파쇄하거나 건조시켜 사용하고, 첨가제로는 알칼리와 무기산의 용액을 사용하였다. 용해효율은 pH와 점도변화 및 광학현미경 사진을 통하여 조사하였고, 수분의 함량과 화학적 조성분석 및 속도론적 해석도 수행하였다. 종류별 해조류는 많은 미네랄 성분을 함유하고 있고, 중금속은 검출되지 않았다. 원료로는 남해안의 양식장에서 폐기되는 미역이 가장 적절함을 알았다. 해조류의 용해를 위한 첨가제는 산 용액보다는 알칼리 용액이 우수하고, 알칼리 중에서 NaOH 용액이 가장 효율적이었다. NaOH 용액으로 제조한 해조류 용액은 인산용액으로 중화하고 적절한 배율로 희석하여 작물에 대한 시비효과 실험에 활용하였다. 폐 미역의 최적 용해조건은 NaOH 용액에 대한 해조류의 비를 1:1로 하고, 용해온도는 80℃이고, 용해시간은 12시간정도이었다. 제조한 액체비료에서 중금속은 전혀 발견되지 않았고, 해조류내의 옥시신과 사이토키닌과 같은 식물생장 호르몬은 파괴되지 않았다. 해조류의 분말은 알칼리 용액으로 용해한 용액을 건조시켜 얻는 방법이 타당한 것으로 생각되었다. NaOH 용액에 의한 폐 미역의 용해속도는 NaOH의 농도에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 유도한 속도식은 $-r_A=2.380C_A^{0.91}$ 이고, 겉보기 활성화 에너지는 8.4kcal/mol이었다. 연속공정 기술개발의 일환으로 cell burst method에 의한 처리 효과 실험을 수행한 결과, 2차 파쇄한 폐미역은 38기압의 2mm 압출장치에서 효과적으로 잘 배출되었다. Cell burst method로 처리한 해조류의 용해에 대하여 유도한 속도식은 $-r_A=3.06C_A^{0.86}$ 이었고, 겉보기 활성화 에너지는 5.2Kcal/mol이었다. Cell burst method를 이용하면 용해 반응차수는 거의 같으나, 활성화에너지는 약 40% 감소하였다. 따라서 폐미역은 cell burst process를 거치는 동안 내부 및 외부조직이 파열되고 swelling되어 NaOH 용액에 의해 용해하기 쉬운 상태로 변화된 것으로 생각되었다.

2. 해조류 농업적 이용 예비검토

해조류의 농업적 이용에 관련된 예비검토로서 가지 외 7개 원예작물을 대상으로 종자발아특성을 구명하고, 쪽파, 보리, 감자, 고추 및 토마토에 대하여 유묘의 엽면시

비 및 추출액 처리에 따른 초기 성장반응을 구명하기 위해 예비실험을 수행한 결과는 다음과 같다.

공시한 8개 원예작물 중 보리, 배추 및 부추를 제외한 가지, 토마토, 상추, 열무 등 4개 작물에서 발아율이 향상되는 경향을 보였으며, 고추, 배추 및 보리는 발아율에는 차이가 없으나 발아 이후의 지상부와 뿌리의 신장을 촉진시켰다

쪽파와 보리를 대상으로 해조류 추출액 엽면시비 결과 쪽파의 초기생장에서 초장, 분얼수, 엽수 및 생체중에서 유의적인 증가를 보였으며, 보리는 수량구성요소와 수량에서 통계적으로 유의성 있는 증가를 보였다.

토마토의 경우 초기생육은 일정한 경향을 얻지 못했으나, 해조류 추출물 1000배 희석액 권장처리(SWR)에서 초장과 경직경에 다소간 증가를 보였고, 경직경은 분말처리구(SP)에서 그리고 구당 숙과중은 대조구에 비해 높은 수량을 보이는 처리는 SS+SL2W(24.1kg) > SWR(23.3kg) > SS ≥ SP(21.9kg)의 순서였다.

3. 해조류의 토양환경개선 효과

해조류 분말과 추출액을 토양에 처리하고 토양물리화학성과 미생물적 특성변화를 조사하여 작물생육과 토양환경 개선효과를 조사한 결과는 다음과 같다.

보리재배시험 후의 토양화학 특성 중 pH값, 토양 유기물함량, 유효인산 및 치환성 칼리함량이 증가되었고, 중금속류의 함량에는 영향하지 않았다. 토양 중 미생물상 변화는 *Pseudomonas*속군의 증가를 보였으며, 토양호흡량 측정결과는 두 유기재료(시판퇴비와 해조류 분말) 처리구에 호흡량이 증가되는 경향이였다.

상추 포트재배 결과 전반적으로 유기물재료 중 시판 유기질비료와 해조류 엽면시비와 분말처리가 생육과 수량에서 유의적인 차이를 보였으며, 희석평판계수에 의한 토양미생물 밀도 중 벧짚과 시판 유기질비료 처리를 제외한 처리구에서 *Pseudomonas*속군의 밀도 증가를 나타내고, 토양 효소활성 조사에서는 dehydrogenase만이 대조구에 비해서 벧짚, 시판퇴비 및 해조류 분말 순으로 유의적인 효소활성 증가를 보였다.

한편 토양의 내수성입단 조사결과는 해조류 관주, 해조류 분말, 시판퇴비 및 해조류분말 표준 2배량 처리에서 집합도의 기준으로 보는 입단직경 1mm이상의 입단이 다소 증가되었다. 상추실험 후 토양화학적 특성은 처리간에 차이는 보이지 않았고, 특히 중금속의 변동이나 축적현상은 대조구의 분석치를 환경부가 고시하고 있는 농경지 오염 우려기준과 비교할 때 전혀 문제점을 발견할 수 없었다.

토양미생물 군락변화는 전반적으로 사토에서 군락수가 높은 경향을 보였다. 세균은 생미역과 건조미역분말 처리구(SP)에서 밀도증가를 보였고, 방선균의 경우는 건조미역분말처리에서 낮아지는 경향을 나타냈다. 토성에 관계없이 SP처리가 가장 높은 호흡량을 나타내고, 미역 추출현탁액 Drenching처리가 가장 낮은 호흡량을 보였다. 또한 토성별 호흡량 양상은 양토는 1일 2일째 가장 높았고, 사토에서는 처리 후 1, 4 및 7일 조사시에 높은 호흡량을 나타냈다.

4. 작물에 대한 해조류 제형별 효과

알칼리 가수분해방법으로 조제한 미역 추출현탁액과 분말을 고추와 대두에 처리한 후 생육반응을 조사한 결과는 다음과 같다.

고추생육에서 해조류를 처리함으로써 초장, 엽록소함량, 경경 밀 주당 청과수 등이 유의적으로 증가되었고, 특히 생미역처리에서 경시적인 초장증가 양상을 나타냈다. 처리별 고추 건과중 수량은 유묘침적+미역추출액을 2주마다 처리(SS+SL2W) > 미역 추출액 15배액 처리(SWR) > 퇴비처리(COMP) = 생미역(FS) > 미역건조분말(SP) = 유묘침적(SS)의 순서였다.

대두의 경우는 해조류 처리구에서 초장, 분지수 및 주당 협수의 증가를 보였고, 협당입수와 주당입중은 대조구에 비해서 유의적으로 많아졌다. 대두 수량은 해조류 처리로 4.4-25.1%범위의 증수를 보였으며, 수량이 높은 처리는 SL2W(25.1%) > SL15(16.9%) > FS(11.5%) 순이었다.

5. 해조류 시용수준 및 방법

시제품으로 조제한 미역줄기 추출 현탁액과 분말을 희석농도와 처리시기별로 작물, 쪽파, 방울토마토 및 감자에 처리하여 생육과 생산성을 검토하였다.

쪽파의 생육반응에서 가장 좋은 처리는 최고 근장은 미역 추출현탁액 15배 희석액을 20일 간격으로 엽면처리(ST20), 경직경은 ST10, 분얼수는 ST10처리였으며, 구당 수량은 시제품 15배 희석액을 출아 2주 후, 뿌리 비대기, 수확기까지 2주마다 각각 처리한 구에서 가장 높았다. 수확시 뿌리의 특성을 조사한 결과 전체 근장, 근 표면적 및 뿌리의 총 부피는 DC15처리에서 각각 566.8cm, 127.3cm², 2.38cm³로 가장 높았으며, 뿌리조각수는 819.1개로 DC25처리에서 가장 많았다.

방울 토마토의 생육과 수량반응에서 먼저 전반적인 생육반응은 유의성은 인정되지 않았지만 미역 추출현탁액을 처리함으로써 초장과 경경 등이 증가되었으며, 방울 토마토 숙과 수량도 시제품 미역 추출현탁액 15배 희석액을 엽면처리한 DC15구에서 가장 높았고, 대조구에 비해서 해조류 미역을 처리한 처리들에서 숙과되는 시기가 3-4일정도 빨라졌다.

감자의 생육과 수량반응은 건조 미역분말 50kg/10처리(SP50)에서 가장 양호하였으며, 미역 추출현탁액 처리에서는 15배 희석액을 괴경형성기, 2주 후 및 개화초기에 각각 엽면처리한 구에서 수량이 가장 많았다. 또한 시판 퇴비처리구를 100으로 볼 때 SP50처리가 26.9%, SL I 처리는 11.5% 각각 증수되었다. 감자무게가 81g이상으로 상품성이 있는 감자의 상서중 비율을 보면 SP50처리가 42.8%(28.4kg/Plot), SL I 처리에서는 41.3%(24.1kg/Plot)를 각각 나타냈다.

SUMMARY

These studies were carried out to develop a fluid fertilizer and a soil conditioner by using the residual seaweeds in Korean South Coast. Optimum conditions and processes for dissolving the seaweeds were investigated. The dissolved seaweed was applied to the growth response of several horticultural crops, and its treatment effects were discussed in detail.

1. Development of products from seaweeds

After selecting proper seaweed among residual seaweeds, most effective solvent for dissolving the seaweeds and its optimum conditions was studied, and effects of seaweed treatment by cell burst process were investigated. *Undaria pinnatifida*, *Laminaria sp.* and *Hizikia fusiforma* were used as raw sources of seaweed. The seaweed solutions were prepared by heating an alkali solution or inorganic acid solution containing the seaweed. *Undaria pinnatifida* spent on Korean southern coast was the most proper raw source. As an additive for dissolution of the seaweed, alkali solution, especially NaOH solution was more effective than acid solution. In dissolution of spent *Undaria pinnatifida*, optimum ratio of seaweed to NaOH solution, temperature, required time were 1, 80°C, and 12 hours, respectively. The prepared fluid fertilizer did not contain heavy metals at all, and the hormones for plant growth such as Auxin and Cytokinin were not destroyed in dissolution process. Seaweed powder could be obtained by drying the seaweed solution that was prepared by dissolving the seaweed with NaOH solution. It was known from kinetic analysis that dissolution rate of spent *Undaria pinnatifida* into NaOH solution was nearly proportional to concentration

of NaOH solution, and apparent activation energy was 8.4Kcal/mol. In treatment by cell burst method, 2nd crushed *Undaria pinnatifida* was well pushed out the pressed cell with 2mm holes under 38 atm. The dissolution rate was similar to the former, and apparent activation energy was 5.2Kcal/mol. Applying cell burst method to seaweed before dissolution, the reaction order was not changed, but apparent activation energy was decreased by about 40%. It was considered that internal and external tissues of the seaweed were ruptured during cell burst process, and the seaweed was easily dissolved.

2. A preliminary studies for agricultural use of seaweed

A preliminary experiments related with the agricultural use of seaweeds were carried out to evaluate the characteristics of germination, the growth response of several crops as affected by application of seaweed extract or meal.

In the germinating response of 8 crops' seeds soaked with a commercial seaweed extract(nutrakelp) at a dilution of 1:700, the seed germination of 4 crops, such as eggplant, tomato, lettuce and radish were stimulated except for barley, leek and chinese cabbage. Although no differences in seed germination rates of hot pepper, barley, and chinese cabbage, the elongation of shoot and root was improved non-significantly after seed germination.

With a foliar spraying of seaweed extract to shallot and barley, plant height, tillering number, leaf number and fresh weight of shallot were increased significantly. and also improved the grain yield and yield components of barley.

There was no uniform tendency on the early growth of tomato, however tomato plant applied with commercial seaweed extracts($\times 1,000$) showed a non-significant increment of plant height and stem diameter. Yield of ripened fruits was in order of seedling-dip in seaweed extracts treatment(SS) + foliar

spray on every 2 weeks treatment(SL2W) > recommendation way of seaweed extracts(SWR) > SS ≥ seaweed powder(SP).

3. Improvement of soil condition by seaweed application

These studies focused to find out the improvement effect of soil treated with seaweed products(extract/powder) in basis of soil physico, chemical and biological properties and to evaluate the plant growth of some agricultural crops with seaweed application.

The pH value, soil organic material and exchangeable K content soil after harvest of barley was increased, whereas changes of heavy metals in soil was not found. Soil respiration rate enhanced in both commercial compost and seaweed application, and seaweed treatment increased only *Pseudomonas* sp. population in barley cultivated soil.

The growth and yield of lettuce treated with seaweed extracts, powder and commercial compost were increased significantly. Except for rice straw and commercial compost, all of seaweed treatments showed the higher density of *Pseudomonas* sp., particularly the highest population of them determined in soil applied seaweed powder treatment. Dehydrogenase activity of soil compared to the control was significantly improved in order of rice straw>commercial compost>Seaweed powder.

In distribution of water stable aggregate in experimented soil, the degree of aggregation more than 1 mm in diameter size was slightly high in the treatments of seaweed powder, seaweed drench and commercial compost application. No longer any symptoms of accumulation or changes in heavy metals in soil due to application of seaweed products.

In the results of pot trials in two types of soil, populations of soil

microorganisms were increased in sandy soil. The density of soil bacteria was high in both fresh undaria and dried undaria powder treatment(SP), whereas the density of actinomyces was lowered in dried *Undaria* powder treatment. In respiratory activity of soil treated with different organic materials, SP treatment showed the highest soil respiration. The patterns of soil respiration in two soils were somewhat different. The higher soil respiration showed in the 1st and 2nd day of soil sampling in loamy soil. But the higher soil respiration in case of sandy soil was high in 1st, 4th and 7th day after treatment

4. Application effect of seaweed products to crops

These studies carried out to evaluate the growth response of hot pepper and soybean applied with *Undaria* extracts suspension or dried *Undaria* powder.

With application of seaweed products based on undaria to the soil, Plant height, shoot diameter, green fruit number and chlorophyll content in leaf of hot pepper increased significantly. Yield of dried red pepper was increased in order of seedling soaking(SS) + seaweed extracts spray at every 2 weeks(SL2W) > seaweed extracts(x15) spray(SWR) > commercial compost(COMP) = fresh *Undaria*(FS) > dried *Undaria* powder(SP) = SS treatment.

In case of soybean, plant height, branch number and pod number per plant of soybean applied with seaweed products were increased, especially, an increment of both grain number per pod and grain weight per plant showed in plot with seaweed products, significantly. Grain yield of soybean compared to control increased in order of 25.1%(SL2W) > 16.9%(SL15) > 11.5%(FS).

5. Application rate and way of seaweed products

We examined the growth and yield of horticultural crops(shallot, tomato and

potato) those treated with seaweed products based on a by-product of *Undaria* cultivation.

In the growth response of shallot to seaweed application, Maximum root length was high in the foliar spray of *Undaria* extract(x15) at 20 days interval(ST20), the higher bulb diameter and an increment of tiller number was in ST10 treatment. The most desirable treatment in shallot yield was foliar application of *Undaria* extracts of 1:15 dilution(DC15) at 2 weeks after bud emergence, at root enlargement stage, at every 2 weeks until harvest time. In the characteristics of shallot root at harvest time, total root length(566.8cm), root surface area(127.3cm²) and total root volume(2.38cm³) was high in DC15 treatment.

In the response of growth and yield of tomato, Plant height and shoot diameter were improved non-significantly with application of an *Undaria* products. The highest yield of ripened tomato was obtained from *Undaria* suspension treatment applied as a foliar spray at recommended intervals(at 15-20 cm growth, 1st pre-bloom and 1st fruit set stage). A 3-4 days earlier first harvest in the plots of *Undaria* products application was observed.

The most promising treatment for plant growth and potato tuber yield was to incorporate 50kg/10a of a dried undaria powder into the soil(SP50). In treatment group of undaria suspension application, *Undaria* suspension applied to the potato plant as a foliar spray by a dilution of 1:15(SL I) at tuber set, 10-14days later and early bloom stage increased the yield of potato. The total yield of potato in SP10 and SL I treatment compared with commercial compost application were improved by 26.9% and 11.5% respectively. With application of *Undaria* products, the rate of marketable tuber($\leq 81g$) showed by 42.8%(SP50) and 41.3%(SL I), respectively.

CONTENTS

SUMMARY	11
CONTENTS	16
Chapter 1. Introduction	24
Section 1. Purpose and extent of study	24
1. Purpose of study	24
2. Extent of study	24
Section 2. Necessity of research and development	26
1. Technical viewpoint	27
2. Economic and industrial viewpoint	28
3. Social and cultural viewpoint	28
Section 3. Present situation of related techniques and problems	28
1. Domestic present situation of related techniques and problems	28
2. Foreign present situation of related techniques and problems	29
Chapter 2. Development of products from seaweeds	31
Section 1. Introduction	31
Section 2. Materials and methods	32
1. Experimental materials	32
2. Experimental methods	34

Section 3. Results and discussion	37
1. Chemical analysis of various seaweeds	37
2. Selection of suitable seaweed	38
3. Optimum solvent for seaweed dissolution and its method	39
4. Seaweed powder and the products from seaweed	71
5. Treatment effect of seaweeds by cell burst method	74
Section 4. Summary	92
Chapter 3. A preliminary study for agricultural use of seaweed	94
Section 1. Introduction	94
Section 2. Materials and methods	95
1. Seaweed extracts applied to crop seeds	95
2. Foliar spray and soil treatment of seaweed products	95
Section 3. Results and discussion	98
1. Germination of crop seeds treated with seaweed extracts	98
2. Growth response of crops treated with seaweed products	99
Section 4. Summary	104
Chapter 4. Improvement of soil condition by seaweed application	105
Section 1. Introduction	105
Section 2. Materials and methods	106
1. Experimental crops and pot preparations	107
2. Treatments and investigated methods	107
3. Assessment of soil physicochemical properties	108
Section 3. Results and discussion	112
1. Changes in soil properties before seaweed powder application	112

2. Chemical properties after barley trial applied with seaweed powder	112
3. Microbial properties after barley trial applied with seaweed powder	115
4. Growth response of lettuce	118
5. Microbial properties in lettuce cultivated soil	121
6. Soil enzymatic activity and respiration of lettuce cultivated soil	122
7. Chemical properties and soil aggregation stability	123
of lettuce cultivated soil	
8. Characteristics of sandy and loamy soil treated	125
with seaweed products	
Section 4. Summary	131
Chapter 5. Application effect of seaweed products to crops	132
Section 1. Introduction	132
Section 2. Materials and methods	133
1. Hot pepper	133
2. Soybean	134
Section 3. Results and discussion	136
1. Growth and yield of hot pepper	136
2. Growth and yield soybean	139
Section 4. Summary	142
Chapter 6. Application rate and way of seaweed products	143
Section 1. Introduction	143
Section 2. Materials and methods	146
1. Shallot	146
2. Mini tomato	148

3. Potato	149
Section 3. Results and discussion	151
1. Growth response of shallot	151
2. Growth response of mini-tomato	159
3. Growth response of potato	164
Section 4. Summary	171
REFERENCES	172

목 차

제 출 문	1
요 약 문	3
SUMMARY	11
CONTENTS	16
목 차	20
제 1 장 서 론	24
제 1 절 연구개발의 목적과 범위	24
1. 연구개발의 목적	24
2. 연구개발의 범위	24
제 2 절 연구개발의 필요성	26
1. 기술적 측면	27
2. 경제·산업적 측면	28
3. 사회·문화적 측면	28
제 3 절 국·내외 관련기술의 현황과 문제점	28
1. 국내 관련기술의 현황과 문제점	28
2. 국외 관련기술의 현황과 문제점	29

제 2 장	해조류 제형개발	31
제 1 절	서 언	31
제 2 절	재료 및 방법	32
1.	실험재료	32
2.	실험방법	34
제 3 절	연구결과 및 고찰	37
1.	해조류 종류별 화학적 조성분석	37
2.	해조류 선발	38
3.	해조류의 추출용매 선발 및 추출방법 개발	39
4.	해조류 분말제조 및 제형	71
5.	Cell burst method에 의한 처리효과	74
제 4 절	결과요약	92
제 3 장	해조류의 농업적 이용 예비검토	94
제 1 절	서 언	94
제 2 절	재료 및 방법	95
1.	해조류 추출액의 종자처리	95
2.	작물에 대한 엽면시비 및 토양처리	95
제 3 절	연구결과 및 고찰	98
1.	해조류 추출액의 종자처리에서 발아특성	98
2.	유묘의 엽면시비 및 토양처리에서 성장반응	99
제 4 절	결과요약	104
제 4 장	해조류의 토양환경개선 효과	105
제 1 절	서 언	105
제 2 절	재료 및 방법	106

1. 공시작물 및 Pot준비	107
2. 처리내용 및 조사방법	107
3. 토양의 물리화학적 특성조사	108
제 3 절 연구결과 및 고찰	112
1. 해조류 분말 토양처리 전의 토양특성변화	112
2. 해조류 분말처리 후 보리재배 토양의 화학적 특성	112
3. 해조류 분말처리 후 보리재배 토양의 미생물 특성	115
4. 상추의 성장반응	118
5. 상추재배토양의 미생물성	121
6. 상추재배토양의 효소활성과 호흡량	122
7. 상추재배토양의 입단안정성과 화학성	123
8. 사토와 양토에서 해조류 처리에 의한 특성변화	125
제 4 절 결과요약	131
제 5 장 작물에 대한 해조류 제형별 효과	132
제 1 절 서 언	132
제 2 절 재료 및 방법	133
1. 고추	133
2. 콩	134
제 3 절 연구결과 및 고찰	136
1. 고추의 생육과 수량	136
2. 콩의 생육과 수량	139
제 4 절 결과요약	142
제 6 장 해조류의 시용법 및 시용수준	143
제 1 절 서 언	143

제 2 절	재료 및 방법	146
1.	쪽파	146
2.	방울토마토	148
3.	감자	149
제 3 절	연구결과 및 고찰	151
1.	쪽파의 생육반응	151
2.	방울토마토의 생육반응	159
3.	감자의 생육반응	164
제 4 절	결과요약	171
참 고 문 헌		172

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 범위

1. 연구개발의 목적

본 연구의 목적은 우리나라 남해안에서 생산되는 해조류 중 양식·가공과정에서 얻어지는 부산물과 비교적 원자재의 가격이 저렴한 해조류를 이용하여 액체비료와 토양개량제를 제조하는 방법을 정립하고, 그들의 작물에 대한 초기 성장반응 시험 및 처리시험 등을 통하여 농자재로서의 활용가능성을 검토하는 것이다.

2. 연구개발의 범위

가. 해조류의 추출용매 선별 및 추출방법 개발

- 해조류 원재료 물성별 추출용매 및 방법확립 연구
- 가수 열처리 및 화학적 처리 등의 방법으로 추출분해
- 산/알칼리에 의한 최적 추출조건(pH, 점도, 용해상태) 등의 효율검토
- 추출 및 분해효율을 고려한 경제적 용매선발

나. 해조류의 물리화학적 처리에 의한 분말화 방법개발

- 물리적 처리에서 파쇄조건 검토와 효율적인 입도조절 조건검토
- 화학적 처리에서 효율적 입도조절 조건검토

다. 해조류 이용 예비검토(*In vitro*포함)

- 해조류 추출액의 종자처리에 따른 발아특성 구명
- 유묘의 엽면시비 및 상토에 대한 추출액 처리에 따른 생장반응 조사

라. 해조류의 토양환경개선 효과확인

- 해조류 건조분말을 토양에 처리하여 일반 특성변화 조사연구
- 토양입단화도, 경도 및 보수력 등 토양물리성의 경시적 변화조사
- 토양처리에 따른 토양물리·화학적 및 미생물성 변화에 관련된 특성비교
- 토양미생물 활성(호흡량 등)조사
- 토양 중 해조류 성분의 거동확인

마. 해조류 추출 및 분말화 연속가공 공정기술 개발

- 건조/비건조 재료별 물리·화학적 처리공정 기술
- 연속 추출 및 분말화 조건 검토 및 공정 기술개발
- 수화제형 분말의 물리화학적 특성 조사
- 식물생장 호르몬 및 무기성분 분석

바. 작물에 대한 해조류 제형별 효과구명

- 작물에 대한 해조류 추출액 처리효과 구명
- 엽채류 및 과채류를 대상으로 처리방법(관주와 엽면시비)별로 생육반응 및 수량 품질특성 등을 조사
- 토양화학성분의 경시적 변화 분석조사

사. 해조류의 제형별 시용수준 및 시용법 확립

- 작물에 대한 해조류 제형별 시용수준 및 사용방법 구명
- 제형별 처리농도와 시기 등을 구명

제 2 절 연구개발의 필요성

해조류는 수 천년 전부터 식품, 의약 및 비료로 사용하여 왔으며, 최근에 와서는 식의약품 첨가제, 사료첨가제 및 환경산업 등에서 다양하게 이용하고 있다. 특히 유럽 등지의 바다를 끼고 있는 국가에서 오래 전부터 토양개량제나 비료로 사용하여 왔는데, 초기에는 해조류의 수집 건조 및 운반에 소요되는 비용 때문에 해안지역의 농민들이 소규모로 이용한 것으로 알려져 있다. 최근에 와서 해조류 추출물이나 해조류 분말제 등이 농업용으로 상품화되어 있으며 토양과 여러 작물에서 그 효과가 확인된 바 있다.(Abetz와 Young, 1983; Aldworth와 Van Staden, 1987; Blunden과 Wildgoose, 1977)

해조류를 토양에 투입함으로서 기대할 수 있는 기능으로서는 첫째, 해조류는 육상에서 얻을 수 있는 유기재료에 비해서 다양한 무기성분 뿐만 아니라 성장호르몬의 일종인 Cytokinin이 함유되어 있어서 식물생장촉진제나 비료로서의 효과를 얻을 수 있고, 두 번째로, 해조류가 갖는 화학적 특성에 의한 토양입단안정성 증가로 통기성을 증진시키는 효과를 기대할 수 있어서(Akatsuka, 1990) 재배작물의 근권환경이 개선됨으로 생산성과 품질향상에 크게 영향을 미칠 것으로 예상된다.

일반적으로 신선한 해조류에는 질소, 칼리성분을 다량 함유하고 있고, 유효성 미량 요소들이 고루 함유되어 있으며,(Stephenson, 1974; Senn과 Kingman, 1978) 토양물리성에 영향을 미치는 성분으로 중요한 alginic acid가 함유되어 있기 때문에(Quastel과 Webley, 1947) 앞에서 언급한 비료와 토양개량제로서 두 가지 측면을 동시에 충족시킬 수 있다고 본다.

한편, 우리나라는 3면이 바다에 접해 있어서 미역, 다시마 및 툇 등과 같은 해조류의 양식과 가공이용이 활발하지만 이들의 수거, 양식 및 가공과정에서 발생하는 부산물의 재활용은 미미할 뿐만 아니라 환경오염의 원인이 되고 있는 실정이다. 특히 미역의 경우 전 미역생산량의 40~60%인 14~21만여 톤이 양식장에 그대로 버려져

해양 생태계를 오염시킨다. 그 일례가 완도나 기장의 미역 양식장을 전멸하게 했던 좁쌀 병의 원인이 되었던 사건이다. 그래서 이러한 문제를 해결하기 위해 미역 폐기물의 수거와 재활용 방법을 시급히 모색해야 한다.

작물을 재배하고 있는 토양은 넓은 의미에서 생명이 있는 모든 생명체의 생활터전일 뿐만 아니라 새로운 생명의 산실로 인식되고 있으며 우리 인간생명의 근원이기도 하다. 그러나 우리 생명의 연장을 위한 농업생산의 기본이 되는 토양환경에 대한 관심은 그 중요성에 비추어 소극적이며, 실제적인 토양관리나 비배관리의 양과 질이 목표수준에 접근하지 못하고 있는 실정이며, 합리적인 토양관리에 필요한 여러 조건들이 경제성을 고려할 때 완벽한 실행이 불가능하다. 바꾸어 말하면 유기물질을 계속해서 농경지에 투입하기 어렵고 그 효과도 일관성이 결여되어 있다는 점이다. 그러나 우리가 필요로 하는 양질의 농산물을 확보하려면 농경지의 비옥도 유지와 생산성을 유지할 위해 해당 토양에 대하여 우리가 수탈한 만큼의 영양분 보충과 작물의 근권 환경은 지속 가능한 상태로 보존하고 개선하는 노력은 필수적이며 게을리 할 수 없는 당면과제일 것이다.

1. 기술적 측면

해조류를 일반식품이나 건강보조식품 이용이 아닌 식물생육촉진제나 토양개량제로서 기능을 이용하려는 시도는 외국에 비해서 매우 늦은 감이 있으나 국내의 관련산업 입지환경을 고려할 때 시급한 분야임에 틀림이 없다. 특히 해조류 생산과 가공과정에서 발생하는 부산물이나 유기성 폐기물을 재활용한다는 점은 환경문제 해결측면에서 매우 중요하고, 본 과제의 연구수행과정에서 얻어지는 우리 실정에 맞는 해조류의 분해추출기술이나 응용기술 개발은 시기 적절하다고 판단된다. 따라서 본 연구과제의 기술적 측면에서 필요성을 요약하면 다음과 같다.

- 해조류 및 그 부산물을 이용한 토양개량제 및 액비제조기술 확립
- 새로운 개념의 토양개량제 및 액비처리에 의한 작물 생산성 및 품질 제고

- 유기성 폐기물 재활용기술 확립
- 친환경농업의 조기정착 도모

2. 경제·산업적 측면

과다한 농업자재의 투입으로 수익성이 높지 못하고, 많은 농약과 비료는 환경오염과 염류집적 현상과 같은 토양환경 악화를 유발시켜 작물의 생산성과 품질을 떨어뜨리고 있는데, 해조류를 이용한 신 기능성 토양개량제와 생장촉진제의 개발보급에 따라 기존의 유기질 자원을 대체할 수 있으며, 결과적으로 재배작물의 고수량성과 품질향상으로 농업인의 소득증대가 가능하고, 대내·대외 경쟁력 제고를 위해 필요하다.

- 유기성 토양개량자재의 대체로 생산비절감과 국제경쟁력 제고
- 해조류관련 유기성 폐기물의 재활용으로 환경오염 부하 감소
- 기존 유기질 토양개량제와 비교하여 물류비 절감가능

3. 사회·문화적 측면

현재 우리나라의 모든 산업경제는 무역자유화의 압력에 직면해 있다. 이와 관련하여 농업부문도 예외는 아니어서 농산물은 물론 농업생산에 필요한 자재까지도 외국으로부터 무분별하게 유입되고 있는 실정이다. 그렇기 때문에 국내에서 해결할 수 있는 분야는 연구개발을 통하여 기술이나 경제적으로 자립할 수 있어야 한다.

제 3 절 국·내외 관련기술의 현황과 문제점

1. 국내 관련기술의 현황과 문제점

농업자재와 연관된 해조류에 대한 연구와 기술은 시도된 바 없으며 단지 일반식

품, 식·의약품첨가물 및 식품보조제로 사용되는 한천(agar)과 카라기난(carrageenans) 및 알긴산(alginate)등을 추출가공하는 기술과 또한 다시마 등을 건조하여 분말화한 건강보조식품 등에 국한된 연구와 기술들이 축적되어 있으며, 해조류를 이용하여 폐수의 중금속 흡착제와 관련된 연구가 다소 수행된 바 있다.

2. 국외 관련기술의 현황과 문제점

작물생산에 대한 해조류의 이용은 수세기에 걸쳐 이루어 졌으나 18세기 후반부터 화학물질의 발달로 유기자원의 이용이 감소되다가 최근의 환경오염문제가 대두됨에 따라 다양한 종류의 유기자원의 이용이 다시금 모색되고 있다. 최초로 해조류 추출물의 상품화는 약 50년 전에 시작되었었으며 1960년대부터는 엽면시비 방법이 정설로 받아들여져 주로 액체비료로 작물에 처리하였고 근년에 들어와서는 상품화된 엽면시비용 추출물이나 분말 및 분해액들이 이용되고 있는 실정이다.

영국과 노르웨이와 같이 바다를 접하고 있는 국가에서는 모자반속의 해조류 (*Ascophyllum nodosum*)를 탈수분말이나 추출액을 포도, 국화, 감자, 사과, 오이 및 콩 등을 위시한 경제성 작물에 관주 및 엽면시비 함으로서 수량성 및 품질향상에 그 효과가 인정된 바 있고, 현재 이와 관련된 제품들이 선진국을 중심으로 상품화되어 있는 실정이다. 표 1-1에는 생산회사별로 사용한 해조류, 상품명, 주요한 용도 및 특징을 정리하였다.

최근의 연구결과에 따르면 해조류에는 육상식물에서 보다 많은 70여종 이상의 미량원소를 함유되어 있고 유기 구성성분 중 탄수화물, 단백질, 지방 및 항균특성과 식물생육을 촉진하는 물질과 비타민 등이 함유되어 있다고 알려지고 있다. 그렇기 때문에 해조류 관련 제품을 토양과 작물에 시용 함으로서 토양미생물의 활성증진, 토양과 양분유실 억제, 수분유지, 비옥도 증진 등의 효과를 얻을 수 있어 토양의 물리화학적 특성과 미생물적 특성을 동시에 향상시킬 수 있다는 것이다.

표 1-1. 국외 해조류 관련제품, 생산회사 및 그의 용도

생산회사	주 원 료	상 품 명	주 요 용 도
Acadian Seaplants	<i>Ascophyllum nodosum</i> (Norwegian Kelp or Rockweed)	Kelp Meal Soil Conditioner	-Plant growth promoter -Soil conditioner
Circle One International	Seaweed	Prosper Sea Grow	-Increase of fruit, flower, vegetable production -Prolongation of shelf life
Goemar	Extracted Elicitor solution	Algae Cream G14	-토양에서 양분 흡수촉진 -Nutritional balance 증가 -수확량 증가, 품질향상
Alginure Products	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Seanure	-Soil builder(Soil aggregation, clay flocculation, moisture retention증진)
		Terrabind	-Soil stabilizer -Hydraulic seeding
		Alginure,	-Soil improver
North America Kelp(NAK) Products	Kelp	Sealife	-Soil conditioner
		Seacrop, Seamix	-주영양분 흡수촉진

제 2 장 해조류 제형개발

제 1 절 서 언

해조류는 식의약품 첨가제, 사료첨가제 및 환경산업 등에 이용하고 있는데, 유럽 등 바다를 접하고 있는 국가에서는 오래 전부터 토양개량제나 비료로 사용하여 왔다. 그래서 해조류는 수집 건조 및 운반비용 때문에 해안지역에 국한되고 있는 실정이다. 신선한 해조류는 질소, 칼리성분을 다량 함유하고, 유효성 미량요소도 고루 함유하고 있다. 그런데, 외국에서 원료로 사용하는 *Ascophyllum nodosum*(Kelp)과 같은 해조류는 대부분 양식이 아닌 야생으로 성장한 것을 채취하거나 해안에서 수집하는 형식으로 구하기 때문에, 가격 경쟁력 면에서 훨씬 우위를 차지하고 있다. 따라서 우리나라에서는 거의 모든 해조류를 양식하여 얻기 때문에, 토양환경 개선제와 액체비료를 제조하기 위해서는 국내 실정에 맞는 해조류를 선정해야 한다. 현재, 우리나라에서 미역, 다시마, 툇 등과 같은 해조류 양식과 가공업이 활발하다. 해조류의 수거, 양식 및 가공과정에서 다량의 부산물이 발생되어 바다에 폐기되므로 환경오염의 원인이 되고 있다. 그래서 바다의 생태계 보호를 위하여 폐기된 각종 해조류의 수거방법과 재활용 방안을 모색해야 한다. 또한 우리나라에서 경제적으로 수거하여 활용 가능한 해조류의 조성, 생물활성, 영양분 분석결과를 토대로 우리나라 실정에 적합한 제형과 제품을 광범위하게 활용할 수 있는 제품의 생산과 이용에 관련되는 연구가 필요하다.

따라서 본 장에서는 주로 남해안에서 양식되고 있는 다시마와 수확시기에 폐기물로 바다에 버려지는 미역을 토양개량제 및 액비로 활용하기 위하여 알칼리 용액에 의한 용액 제조방법 및 분말화 방법을 확립하고, 용해효율을 향상과 연속 제조공정을 개발하기 위하여 cell burst method에 처리효과를 검토하였다.

제 2 절 연구수행내용 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 재료는 3종류의 해조류, 즉 전남 완도군 신지産 다시마(*Laminaria* sp)와 툇(*Hizikia fusiformis*) 그리고 고흥군 금산産 미역(*Undaria pinnatifida*)을 대상으로 하였다. 그림 2-1에는 다시마, 툇 및 미역의 형태를 사진으로 나타내었는데, 이들은 양식장이나 폐기된 현장에서 채취하는 과정에서 촬영한 것이다.



다 시 마



툇



폐기된 부착기와 줄기 부분



식용 부분

미 역

그림 2-1. 채취한 다시마, 툇 및 미역의 형태.

다시마는 완도군 신지도에 소재 하는 양식장에서 40kg정도 채취하였다. 이때 다시마의 표면에는 점액성이 강한 알긴산이 많이 흘러나오고 있는 상태이었다. 다시마의 길이는 대략 1.5~2m, 잎의 너비는 30~40cm정도이었다. 남해안의 여러 양식장에서는 8월 무렵 이미 식용으로 사용할 다시마를 채취한다. 채취할 때 폐기된 부분이나 가격의 변동에 따라 채취가 불가능한 다시마는 양식장에 그대로 방치되어 있었고, 그 다시마는 바닷물 속에서 녹고 있는 상황이었다. 실험재료로 사용할 다시마는 양식장의 부표에 매달린 상태로 채취하여 약 5시간이 지나 수돗물로 세척한 후 부위별로 4등분하여 -4℃ 정도에 냉동 보관하였다. 이 재료들은 사용에 앞서 여러 방법으로 처리하여 사용하였다.

다시마를 실험재료로 사용할 때는 채취한 생다시마를 믹서로 파쇄(그림 2-2)하여 사용하거나, 생다시마를 양식장 부근에서 건조시킨 건다시마(그림 2-3)를 흐르는 물로 세척한 후 24시간 물에 침적시킨 다음, 일광 하에서 건조하여 사용하였다. 그림 2-4에 나타낸 사진을 보면 그림 2-3에 하얗게 나타난 염분이 제거되었음을 확연히 구별할 수 있다. 건다시마를 실험재료로 할 때에는 거칠게 절단하여 물에 1일 동안 침적시켜서 믹서로 파쇄하여 사용하였다. 또한, 건다시마를 파쇄기로 분말화하여 사용하였는데, 이 때는 물에 1일 동안 침적시켜 두었다가 생다시마와 같이 부풀려서 사용하였다.



그림 2-2. 파쇄한 생다시마



그림 2-3. 건조한 다시마



그림 2-4. 세척한 후 일광 건조한 다시마.

뜻은 바다에서 자연적으로 성장한 것을 채취하여 이물질을 물로 세척하여 사용하였다. 폐미역은 다시마와 유사한 방법으로 고흡균 금산에 소재하고 있는 양식장에서 채취하여, 식용으로 이용되는 부분과 폐기되는 부분으로 분리하였다. 또 폐기된 부분은 줄기, 포자엽 및 부착기 부분으로 나누어 실험재료로 하였다. 또한, 본 연구에서 제조한 시제품과 비교하기 위하여 시판제품 3종류, 즉 Natrakelp, Basfolia와 Kelpak을 사용하였다.

이러한 재료들은 열수(hot water)로 처리하거나 또는 알칼리 또는 산을 첨가제로 넣어 가열하면서 용해시켰다. 이때 첨가제로는 적절한 해조류 용해제를 찾기 위하여 주로 알칼리인 NaOH와 KOH 그리고 무기산인 H_3PO_4 와 H_2SO_4 를 일정농도의 용액으로 하여 사용하였다.

2. 실험방법

해조류의 가수 열처리 및 화학적 처리를 위한 용해장치는 일반적인 둥근 바닥 3구 플라스크와 rotamantle을 사용하여 다음과 같은 방법으로 실험하였다. 먼저, 해조류 :

첨가제의 비를 1:1로 하여 잘 혼합하였다. 초기의 pH와 점도를 측정하고 3구 플라스크에 넣었다. 열전대(Al-Cr)를 사용한 온도조절기로 용해온도를 80℃로 제어하면서 자석식 교반기(magnetic stirrer)로 교반하였다. 처리시간에 따라 약 60cc의 시료를 채취하여 실온에서 pH와 점도를 측정하였다. 적절한 첨가제의 농도를 파악하기 위하여 여러 농도를 변화시켜 용해실험을 하였다. 처리시간 별로 채취한 시료는 광학현미경으로 그 용해 정도를 관찰하였다.

해조류의 용해속도를 해석하기 위하여, 실험재료는 바다에 폐기된 생미역을 채취하여 거칠게 파쇄한 다음, 냉동 저장한 미역을 다시 미세하게 파쇄하여 사용하였다. 용해시간에 따른 NaOH의 농도는 페놀프탈레인을 지시약으로 사용하여 0.5N-HCl로 적정하여 얻었다.

실험에 사용한 해조류의 종류별 화학적 조성의 조사에서, 수분의 함량은 105℃에서 건조시켜 감소한 양을 기준으로 계산하였고, 유기물의 양은 회화법으로 측정하였다. T-N은 Total nitrogen analyser(Vapodest50, Gerhardt Co., Germany)를 사용하여 분석하였고, T-P 및 무기물의 함량은 ICP(ICP, 3000DV, Perkin-Elmer)로 분석하여 분석하였다. 그리고 용액의 점도와 pH는 각각 점도계(Tokimec)와 pH meter를 사용하여 측정하였고, 용해상태는 광학현미경(Zeiss)으로 관찰하였다.

해조류와 액비내에 함유된 식물호르몬을 추출하여 분석하기 위하여 다음과 같은 과정을 거쳤다. 먼저, 추출과정에서 생체시료 100g, 80%methanol 100ml와 BHT(butylated hydroxytoluene: Sigma-B-1378) 5g를 균질화하였다. 4℃를 유지하면서 24시간동안 교반(rpm 100)하고, 여과(Whatman No. 2)한 여액(A)을 보관하였다. 여과 잔여물과 80%methanol 100ml를 12시간 교반하고, 여과(Whatman No. 2)한 여액(B)을 따로 보관하였다. 다시 한번 여과 잔여물을 80%methanol 50ml로 세척하여 여액(C)을 보관하고, 여액 A, B와 C를 잘 혼합하였다. 혼합한 용액은 감압농축시켜 methanol을 제거하였다. 이상의 모든 과정은 4℃에서 실시하였다.

Zeatin 정제에서는, 앞에서 감압농축시킨 용액에 PVP(polyvinylpyrrolidone: Sigma-PVP-40T) 10g을 넣고 흔든 후 녹을 때까지 방치하여 여과(Whatman No. 2)

하였다. 1N-HCl용액을 사용하여 여과액을 pH 2.7로 조절하고, ethyl acetate로 분액 (비율 1:1) 정제하였다. Ethyl acetate층(ABA, Auxin, GA), 수분층(zeatin)을 분액깔 대기로 각각 분리하고, 수분층을 Sep-pak C18로 바로 loading하였다. 100% MeOH (2ml과 1ml로 각각 2회)로 elution한 다음, 0.45 μ m membrane filter로 여과(3ml정도)하여 HPLC(Young-lin)로 분석하였다.

사용한 해조류내의 식물호르몬을 분석하기 위한 HPLC의 분석조건은 표 2-1과 같다. 동정을 위해 사용한 표준시약은 trans-zeatin(Sigma-Z 0876)와 trans-zeatin riboside(Sigma-Z 3541)이었다. 표준용액은 glacial acetic acid 2ml로 용해하여, mobile phase용액으로 mass up하여 제조하였다. Trans-zeatin과 trans-zeatin-riboside의 농도는 각각 50ppm과 100ppm으로 하였고, retention time은 각각 7.0분과 26.7분이었다. 또한, 오옥신(IAA)의 표준시약은 indole-3-acetic acid(Sigma-I 2886)을 사용하였다.

표 2-1. 사이토키닌과 오옥신 분석을 위한 HPLC 조건

Sample	Mobile phase	Flow rate(ml/min)
Cytokinin	Acetic acid : Methanol : DDH ₂ O 3 : 20 : 200	1.5
IAA	1 : 1 : 10	1.5
Column	μ -Bondapak C18, 3.9 \times 300mm(Waters)	
Detector	UV detector(Young-Lin M720)	
Analytical wavelength	254nm	

제 3 절 연구결과 및 고찰

1. 해조류 종류별 화학적 조성분석

실험에 사용한 채취한 다시마, 미역 및 툇의 화학적 조성을 분석하여 표 2-2에 나타내었다. 미역은 생미역과 건미역에 대하여 잎, 줄기, 포자엽과 부착기 부분으로 나누어 분석하였다. 생 해조류에 수분이 약 90%정도 존재하였고, 문헌에 보고된 성분과 유사하게 많은 미네랄 성분을 함유하고 있음을 알 수 있었다. 유해한 중금속은 모든 해조류에서 전혀 검출되지 않았으나, Pb이 툇에서 0.05ppm 검출되어 보다 자세한 조사가 필요하다고 생각된다. 따라서 폐기된 다시마나 미역을 대상으로 하여 본 연구에서 얻은 개발 성과품을 농자재로 활용할 경우 문제가 없는 것으로 생각된다.

표 2-2. 다시마, 미역 및 툇의 화학적 조성

성분	다시마 (생)	툇 (생)	생미역				건미역			
			잎	줄기	포자엽	부착기	잎	줄기	포자엽	부착기
수분 (%)	91.0	89.0	97	90	90	89.6	CA. 16%			
유기물 (%)	85.3	86.7	1.76	7.89	7.44	8.76	62.02	65.47	63.29	65.65
T-N (%)	1.64	2.11	0.17	0.113	0.134	0.138	2.83	1.663	1.696	1.26
T-P (%)	0.23	0.17	0.027	0.036	0.048	0.033	0.50	0.519	0.742	0.46
K ₂ O (%)	3.57	3.44	0.225	0.413	0.558	0.269	3.33	3.844	1.616	4.24
CaO (%)	0.62	1.42	0.058	0.062	0.084	0.112	0.75	1.463	1.202	1.02
MgO (%)	0.36	0.46	0.05	0.09	0.11	0.08	1.27	0.99	0.21	0.82
Na ₂ O (%)	2.04	1.64	0.22	0.46	0.62	0.29	3.59	1.96	0.14	2.99
Fe (ppm)	225	1.27	10.35	5.65	5.35	34.8	108.7	89.45	171.1	923.5
Cd (ppm)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mn (ppm)	3.5	34.5	0.4	0.4	0.6	0.75	6.35	7.3	7.6	21.5
Co (ppm)	0.3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cu (ppm)	nd	15.8	0.1	-	0.1	0.15	1.7	1.85	1.95	2.75
Zn (ppm)	11.7	13.3	nd	nd	nd	nd	6.45	5.75	8.4	11.9
Pb (ppm)	nd	0.05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

nd : not detected

2. 해조류 선별

연구에 사용할 해조류는 남해안 지역에서 주로 양식되고 있고, 비교적 대량으로 손쉽게 채취할 수 있는 다시마, 미역 및 톳을 대상으로 하였다. 일반적으로 다시마는 미역보다 비싸고 가격이 해에 따라 크게 변한다. 다시마의 가격이 정상적일 때는 양식과정이나 수확하는 과정에서는 바다에 폐기되는 양은 매우 적고, 해양오염 문제도 그리 심각하지 않다. 그러나 가격이 폭락하거나 수확기가 지나면 품질이 떨어져 식용으로 사용할 수 없으므로 바다에 그대로 방치되어, 물 속에서 자연 용해되거나 바다에 버려진다. 본 연구가 시작되는 2000년의 수확기 말경에는 다시마 가격이 폭락하였으나, 이러한 해는 적고 대부분 가격이 비싸다. 특히 2003년에는 최고의 가격을 보이는 호황을 이루었다.

전라남도 완도군 현장에서 조사한 결과, 해마다 다시마의 가격변동이 있어 폐기되는 양이 일정하지는 않지만 가격 경쟁력이 없는 해에는 대략 전체의 20~30%가 수확되지 않은 채 버려지므로 환경문제가 심각함을 알았다. 그래서 수확기가 지나면 다시마(그림 2-1)는 양식장에 그대로 폐기하는 일이 발생하므로 채취비용(인건비)만으로도 다량을 값싸게 채취할 수 있다. 이 다시마는 품질이 떨어져 식용으로의 상품 가치는 없지만, 화학적 조성(표 2-1)이나 채취된 형태를 보면, 본 연구의 실험재료로 사용하기에는 문제가 전혀 없다. 그리고 생 다시마는 운반시 알긴산으로 추정되는 점성의 용액이 배출되고 냉장 보관하더라도 -10°C 이하로 냉동시켜야 하는 경제적인 문제와 생 해조류를 운반하는 문제가 있어서, 생다시마를 현장에서 일광 건조시킨 다음 운반하여 활용하는 방법을 고려하였다. 그래서 본 연구의 실험재료로 생다시마와 건다시마를 사용하였다. 운송하는데 편리하다는 이점이 있는 건다시마는 약 1일 동안 물에 침적시켜 두면, 물론 알긴산이 흘러나오지만 생다시마와 같은 상태로 회복되었다. 결과적으로, 식용 다시마의 가격이 폭락한 시기에 대량으로 바다에 버려지므로, 값싸게 채취할 수 있는 해에 건다시마 상태로 보관하면 장기간 원료로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

반면에 미역은 남해안 지역에서 대단위로 양식되고 있는데, 수확할 때에 식용으로 상품화할 부분만 채취하고 아래의 줄기와 부착부분은 잘라서 바로 현장에 폐기하므로 바다의 환경문제를 야기시킨다. 폐기되는 양은 미역가공업체가 받아주는 가식부분과 거의 같은 양으로, 미역 전체의 약 45%에 해당하며 폐 다시마와 같이 다량을 저가로 구입할 수 있다. 본 연구의 결과에 따라 폐 미역이 재활용되면, 미역양식 해역에 줄기, 포자엽 및 부착기 부분을 그대로 폐기함으로써 발생하는 연안 해양환경의 악화를 줄이고, 유기성 폐기물을 토양환경 개선제와 액체비료로 활용할 수 있는 일석이조의 효과를 기대할 수 있다. 다만 현실적으로 걸림돌이 되는 것은 그 폐기 미역을 수거하는 비용이다. 금년(2003년)에 식용으로 채취한 미역은 kg당 80원이었고, 바다에 폐기되는 미역을 별도로 채취하는 경우에는 kg당 40원이 소요될 것으로 예상되었다. 그래서 폐 미역을 이용한 추출액(액체비료)과 분말제조과정에 소요되는 비용과 물류비용을 감안하면 본 연구결과로 얻어지는 해조류관련 제품의 활용이 경제성 문제에 봉착할 수 있다. 그러나, 불가사리에 대한 시책과 같이 해양환경 보호차원에서 수거비용을 중앙정부에서 일부 지원할 수 있다면 해조류를 저렴한 가격으로 회수하여 자원화가 가능하게 되므로, 이 문제는 쉽게 해결할 수 있을 것으로 전망된다.

결과적으로, 원료 확보의 용이성, 경제성 및 국외 경쟁력 면에서 우리나라 해안의 미역 양식장에서 폐기되는 미역이 가장 적절하며, 다시마 가격의 폭락으로 인해 바다에 방치되는 다시마도 원료로서 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 연구완료 후에 실용화를 고려하여 환경문제를 해결하면서 저가로 다량을 구입할 수 있는 다시마와 미역을 주된 실험재료로 선정하였다.

3. 해조류의 추출용매 선별 및 추출방법 개발

해조류를 용해(추출)하여 액체비료를 제조하기 위한 공정에 적합한 용매를 선별하

고, 그에 따른 용해(추출)방법을 개발하기 위하여, 먼저 실험재료로서 다시마를 사용하였다. 용매로는 주로 NaOH 용액과 KOH 용액을 사용하고 산(H_3PO_4 와 H_2SO_4) 용액의 경우도 비교하였다. 해조류의 원재료나 첨가제의 종류 및 처리조건에 따른 분해효율은 물리화학적 특성을 나타내는 pH, 점도와 용해상태를 조사하여 검토하였다. 먼저, 생다시마를 재료로 하여 열수 처리에 따른 용해효율과 NaOH 용액과 KOH 용액의 처리효과를 조사하였다.

가. 열수 및 NaOH 용액 처리효과

생다시마의 용해효율을 알아보기 위하여 생다시마의 무게에 대한 증류수의 부피비를 1:1 되도록 혼합하여 80℃로 가열하였다. 또 NaOH 용액의 농도를 변화시키면서 용해시간에 따라 점도와 pH 변화를 조사하였다. 그림 2-5에는 생다시마를 재료로 하여 열수와 NaOH 용액에서의 용해시간에 따른 점도와 pH 변화를 나타내었고, 그림 2-6에는 NaOH 용액의 농도변화에 따른 점도와 pH 변화로 나타내었다. 또한 9 시간동안 용해시킨 후 용해상태를 광학현미경(배율:100)으로 관찰한 결과를 시판제품과 비교하여 그림 2-7에 나타내었다.

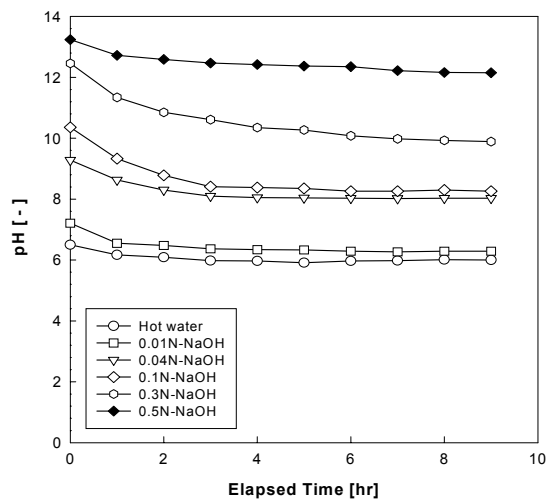
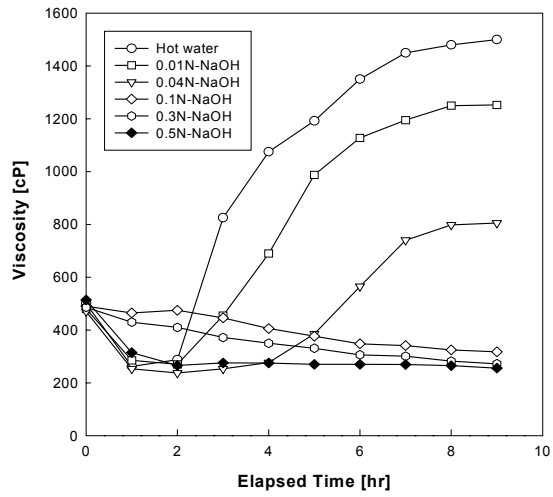


그림 2-5. NaOH 용액에서의 생다시마 용해시간에 따른 점도와 pH 변화.

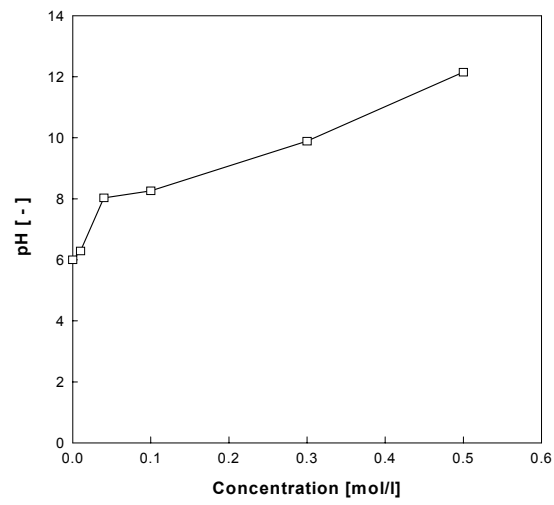
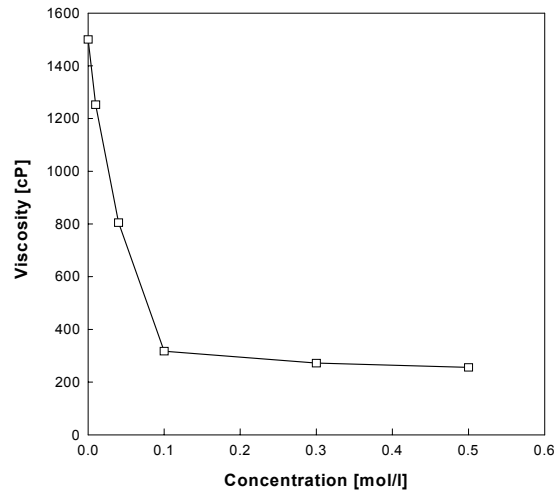


그림 2-6. NaOH 농도변화에 따른 점도와 pH 변화.



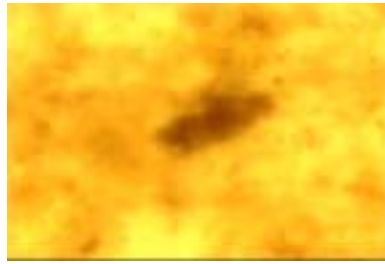
(a) Hot water



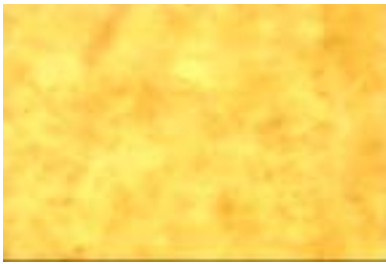
(b) 0.01N-NaOH



(c) 0.1N-NaOH



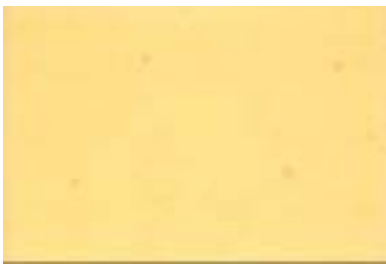
(d) 0.3N-NaOH



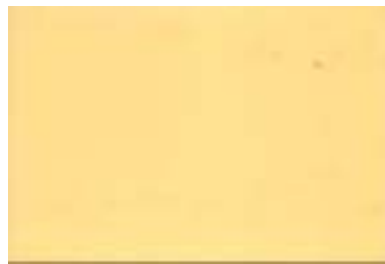
(e) 0.5N-NaOH



(f) Natrakelp



(g) Basfolia



(h) Kelpak

그림 2-7. NaOH 용액에서의 농도변화에 따른 용해상태 변화와 시판제품과 비교
(배율 100, 용해시간 9시간)

열수로 처리하거나 농도가 낮은 NaOH 용액으로 처리하면 용해하는 시간이 경과함에 따라 용액의 점도는 크게 증가하고, 현미경 사진에서도 알 수 있듯이 쉽게 용해되지 않음을 알았다. 점도가 증가하는 것은 파쇄된 입자외부의 용해되기 쉬운 물질만이 일부 용해되기 때문으로 생각된다. 그래서 열수나 낮은 농도의 NaOH 용액으로 용해시키려면 온도를 높여야 하므로, 고농도의 NaOH 용액을 사용하는 것이 필요하다. NaOH 용액의 농도가 0.1N 이상으로 되면 용해가 빠르게 진행되어 일정한 점도로 되고, 균일한 용해상태를 나타내었다. 0.1N이나 0.3N에서 9시간 동안 처리하여 얻은 용액은 아직도 용해되지 않은 부분이 남아 있지만, 0.5N의 농도에서 얻은 용액의 용해상태는 시판제품과 유사하게 잘 용해되어 있다. 결과적으로 0.5N의 NaOH 용액으로 9시간동안 80℃에서 처리하면 균일하게 용해된 다시마 용액이 얻어짐을 알 수 있었다.

나. KOH 용액 처리효과

NaOH의 경우와 같은 실험방법으로 KOH의 용액에 의한 생다시마의 용해효과를 검토하였다. 그림 2-8에는 열수와 KOH 용액에서의 용해시간에 따른 점도와 pH 변화를 나타내고, 그림 2-9에는 농도변화에 따른 점도와 pH 변화를 나타내었다. 또 9시간 용해한 용액의 용해상태를 광학현미경(배율:100)으로 관찰한 사진을 그림 2-10에 나타내었다. KOH 용액을 사용한 경우 점도와 pH가 변화하는 경향은 NaOH 용액의 경우와 유사하게 얻어졌다. 그러나 KOH의 농도가 낮으면 NaOH 용액에 비하여 점도가 높고 용해상태가 균일하지 않음을 알 수 있다. 0.5N의 KOH 용액의 경우는 NaOH 용액에서 얻은 pH의 값과 점도는 유사하지만, 용해되지 않은 부분이 관찰되었다. 결과적으로 고농도의 KOH를 사용하면 NaOH 용액과 유사한 용액을 얻을 수 있지만, NaOH 용액보다 용해효율이 떨어짐을 알 수 있다.

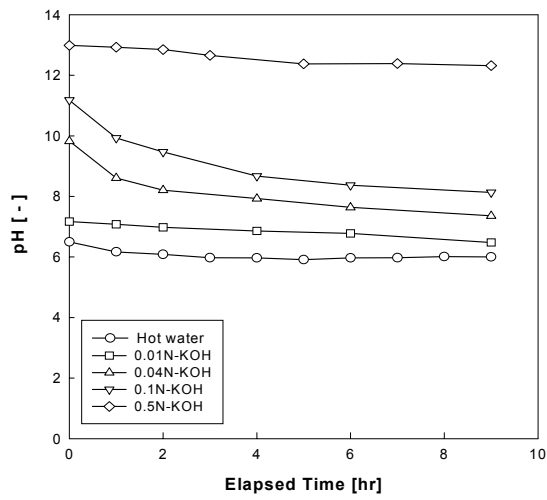
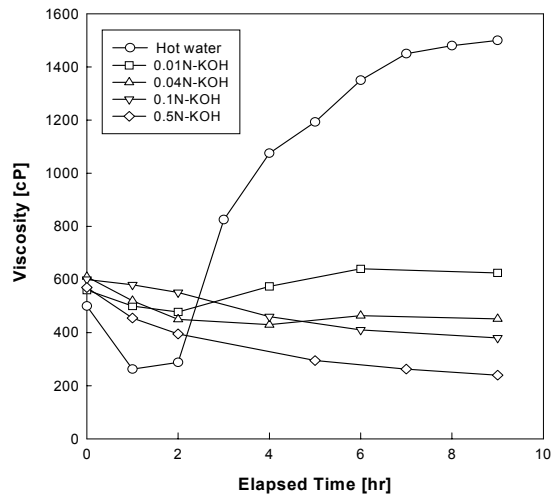


그림 2-8. KOH 용액에서의 생다시마 용해시간에 따른 점도와 pH 변화

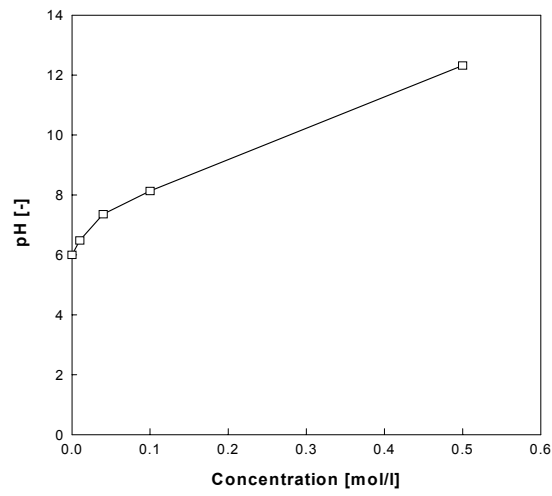
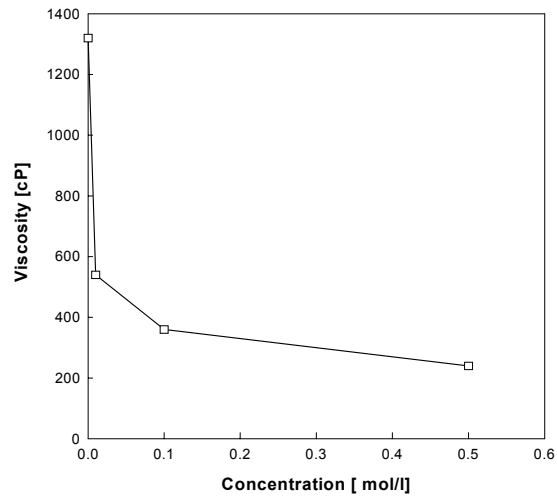
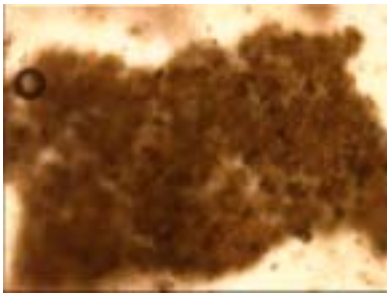


그림 2-9. KOH 농도변화에 따른 점도와 pH 변화



(a) Hot water



(b) 0.01N-KOH



(c) 0.04N-KOH



(d) 0.1N-KOH



(e) 0.5N-KOH

그림 2-10. KOH 용액에서의 농도변화에 따른 용해상태 변화
(배율 100, 용해시간 9시간)

다. 황산과 인산용액 처리효과

황산이나 인산과 같은 산 용액을 첨가제로 사용하여 해조류의 용해효율을 알아보기 위하여, NaOH 용액나 KOH 용액과 같은 방법으로 실험하였다. NaOH 용액나 KOH 용액에서와 마찬가지로 낮은 농도에서는 전혀 용해효과가 없어, 2N 또는 4N 농도로 높여서 실험하였다. 실험재료는 건조한 다시마를 1일 동안 물에 침적시킨 다음, 전동컷터로 파쇄하여 사용하였다.

그림 2-11과 그림 2-12에는 각각 황산 용액과 인산 용액에서 용해시간에 따른 점도와 pH 변화를 나타내었다. 그리고 그림 2-13에는 4N 농도의 황산 용액과 인산 용액에서 9시간동안 용해시킨 용액의 용해상태를 관찰한 사진을 나타내었다. 같은 재료를 사용하여 0.5N의 NaOH 용액에서도 실험하였는데, 생 다시마의 경우와 거의 유사하게 용해됨을 알았다. 고농도의 산 용액에서는 어느 정도 용해가 일어나고 용액의 점도는 낮아지지만, 현미경 사진에서 알 수 있듯이 다시마 입자가 거의 용해되지 않고 swelling 상태로만 존재하는 것으로 확인되었다. 결과적으로, 알칼리 용액에는 0.5N정도의 농도에서도 쉽게 용해되었으나, 산 용액에는 4N의 고농도에서도 거의 용해되지 않을 뿐만 아니라 용해온도를 90℃로 올려도 잘 용해되지 않아 산 용액은 해조류 용해 첨가제로 부적절함을 알 수 있었다. 따라서 해조류의 용해를 위한 첨가제로는 NaOH가 가장 효율적이었고, 생다시마(또는 건다시마)의 용해조건은 0.5N의 NaOH 용액으로 약 9시간동안 80℃에서 가열 처리하는 것이 최적임을 알았다.

라. 해조류 원재료별 추출(용해) 효과

해조류의 재료별 용해효과를 알아보기 위하여, 생다시마와 건다시마(분말), 부위별로 분리한 폐미역과 식용부분 그리고 톳 등을 대상으로, 용해온도 80℃에서 용해시간에 따른 용해효과와 용액상태를 조사하였다. 그림 2-14에는 용해시간에 따른 용액의 점도와 pH 변화를 나타내고, 그림 2-15에는 용해상태를 광학현미경으로 관찰한 image를 나타내었다. 사용한 용액은 0.5N의 NaOH 용액이었고, 용해에 사용한 해조류에 대한 NaOH 용액의 비율은 1:1이었다.

먼저, 건조다시마는 9시간 용해시키면 점도는 계속 떨어지지만, 생다시마와는 달리 작은 입자가 아직 남아 있음을 알 수 있다. 그래서 생다시마와 같은 용해상태를 얻으려면 용해시간을 약간 길게 하거나 용해온도를 상승시킬 필요가 있다. 톳은 약 4시간 용해 후 점도가 일정해지지만 9시간 용해 후에도 아직 미세한 입자가 존재하였다. 그리고 미역의 경우는, 식용으로 채취되는 부분을 재료로 하면 쉽게 용해되어 점도가 낮아지고 용해상태도 균일하게 얻어짐을 알 수 있다.

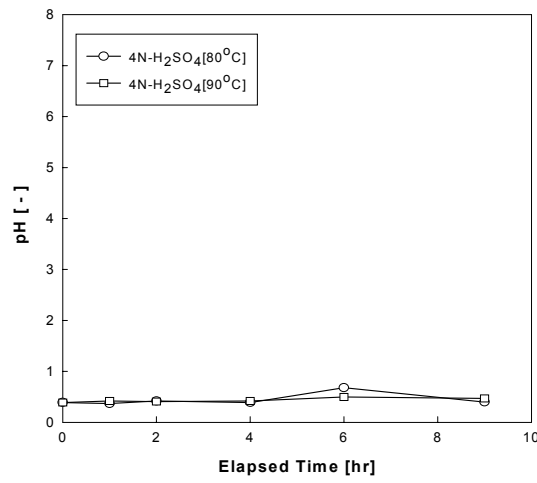
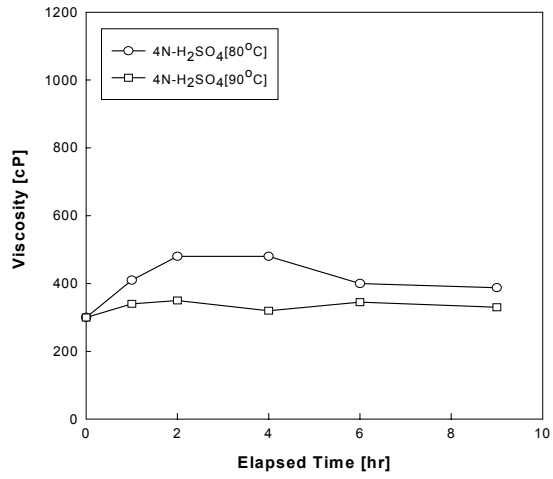


그림 2-11. 황산 용액에서 가열온도 변화에 따른 점도와 pH 변화

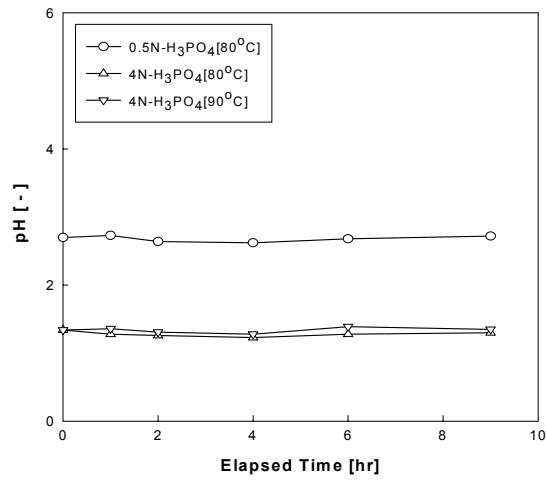
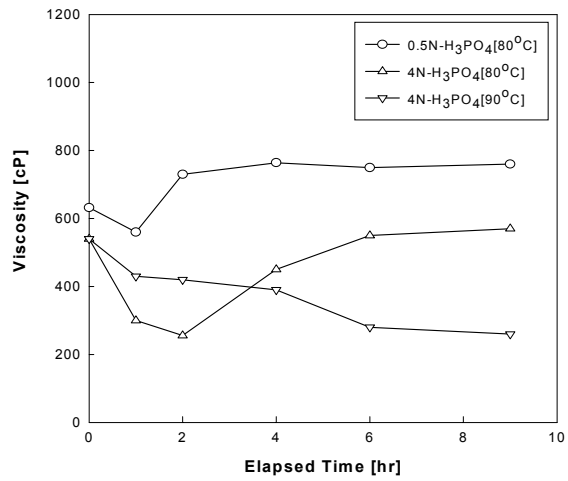


그림 2-12. 인산 용액에서 가열온도 변화에 따른 점도와 pH 변화

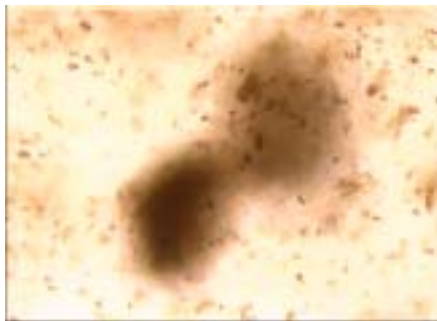
폐기된 부분에서는 줄기, 포자엽 및 부착기로 분리하여 각각 파쇄하거나, 분리하지 않은 상태로 혼합하여 파쇄한 것을 사용하였다. 각 부위 중에서 포자엽이 가장 쉽게 용해되었고, 줄기는 9시간 용해 후에도 아직 용해되지 않은 부분이 남아 있었다. 함께 파쇄한 폐미역을 재료로 사용한 경우에도 용해되지 않은 부분이 남아 있었는데, 이것은 줄기가 용해되지 않은 것으로 생각되었다. 그래서 다음 장에서 작물에 대한 해조류 처리효과 등 각종 실험에 사용할 목적으로 다량의 시제품을 제조할 때에는, 분리하지 않고 파쇄한 폐미역을 재료로 사용하고 줄기까지 충분히 용해되도록 용해 시간을 12시간으로 하였다.



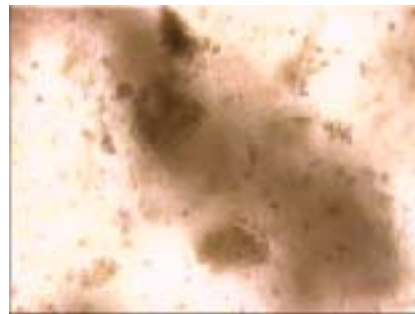
(a) 0.5N-NaOH(80°C)



(b) 4N-H₂SO₄(80°C)



(c) 4N-H₂SO₄(90°C)



(d) 4N-H₃PO₄(80°C)

그림 2-13. 황산과 인산 용액에서의 용해상태
(배율 100, 용해시간 9시간)

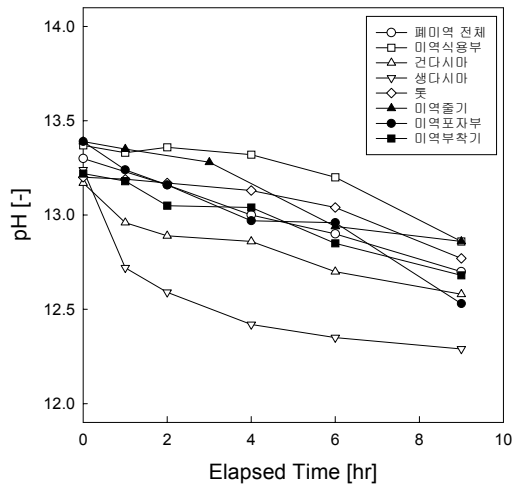
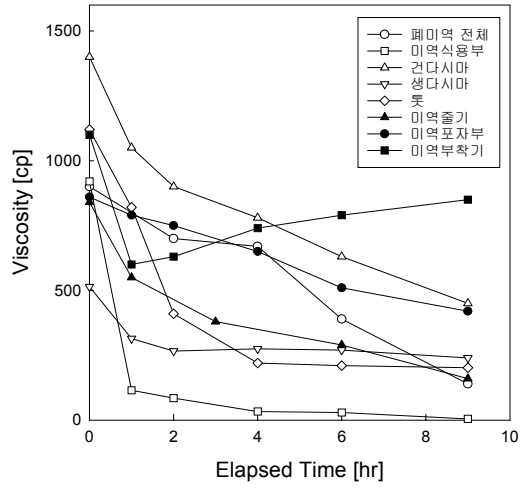


그림 2-14. 여러 해조류에 대한 용해시간에 따른 점도와 pH 변화



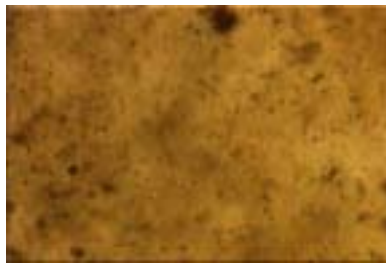
건조다시마(분말)



미역 식용부분



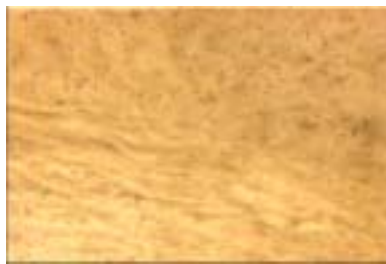
툃



페미역 전체



미역 부착기



미역 줄기



미역 포자엽

그림 2-15. 0.5N-NaOH 용액 중에서의 해조류 및 부위별 용해상태
(배율 100, 용해시간 9시간)

마. 시제품의 특성과 시판제품

시판제품과 비교하기 위한 시제품은 파쇄한 생다시마를 원료로 하여 제조하였다. 0.3N과 0.5N의 NaOH 용액을 사용하여 각각 80℃에서 가열 처리하는 방법으로 다량을 제조하였다. 이들 용액과 시판제품의 물리·화학적 특성을 조사하여 표 2-3에 나타내었다.

표 2-3. 시제품과 시판제품의 물리·화학적 특성

	용 액	pH(-)	점도(cp)	Na(ppm)	K(ppm)	P(ppm)
시제품	0.3N-NaOH	9.69	252	3450	-	-
	0.5N-NaOH	12.15	245	5750	-	-
시판제품	Natrakelp	11.49	285	2240	4331	788
	Basfolia	2.56	5.2	4147	16442	9429
	Kelpak	4.6	24	3417	15978	9294

Natrakelp의 pH는 11.49로 나타나 알칼리 용액을 사용하였고, Basfolia와 Kelpak의 pH는 각각 2.56과 4.6인 것으로 보아 산 용액을 첨가제로 사용하여 용해시킨 것으로 추측할 수 있다.

NaOH 용액을 생다시마의 용해제로 사용하였을 경우, 그 용액의 pH와 점도는 Natrakelp와 비슷함을 알 수 있다. Natrakelp의 경우 점도는 285cp이었으며, pH는 11.49이었다. 이러한 특성을 NaOH 용액을 사용하여 용해시킨 용액의 값과 비교해 보았을 때 0.5N-NaOH 용액과 생다시마를 1:1로 9시간 동안 80℃에서 교반하였을 때와 비슷하게 얻어짐을 알 수 있다. Natrakelp와 0.3N과 0.5N의 NaOH 용액으로 용해시킨 용액을 비교해 보면, 0.4N정도의 용액에 용해시켜 제조한 것이 Natrakelp의 pH와 점도에 가장 근접할 것으로 추측할 수 있다.

또한 Natrakelp는 pH와 Na농도가 높아 희석하여 사용하도록 되어 있다. 그래서

0.5N-NaOH 용액으로 제조한 시제품도 회석해 가면서 pH를 측정해 보았다. 그림 2-16은 시제품과 시판제품의 회석배율에 따른 pH 변화를 나타낸 것이다. 시제품을 2배 회석했을 때 Natrakelp 원액과 pH가 거의 비슷하였으며 용해하지 않은 입자는 거의 관찰되지 않았다. 그리고 6400배까지 회석하였을 경우 pH는 7.10 이었으며, Na 이온의 농도는 1.80ppm 이었다. 따라서 시제품을 적절한 배율로 회석한 용액은 유기 비료로서 사용하는데 문제가 없을 것으로 생각된다. 따라서 0.5N의 NaOH 용액을 사용하여 제조한 해조류 용액을 적절한 배율로 회석하여, 다음 장에서 수행하는 작물에 대한 시비효과 실험에 활용하였다.

또한, 폐 미역 전체를 파쇄한 재료를 원료로 하여 다량의 시제품을 제조하였다. 용해할 때에 사용하는 용기의 용량은 20ℓ 이었고, 동력식 교반기(dynamic agitator)를 교반하였다. 0.5N의 NaOH(2500cc)와 재료(2500g)의 비는 1:1로 하여 80℃에서 12시간 용해시켰다. 얻어진 용액은 균일하게 잘 용해되어 있었고, 그 용액의 pH는 12.33, 점도는 520cp이었다. 이 용액은 pH가 높았다. 제조용액에 대한 0.5N의 H₃PO₄ 용액의 부피비를 1:0.44로 하여 중화하면 pH는 약 9가 됨을 알았다. 따라서 0.5N의 NaOH 용액을 사용하여 해조류 용액을 제조한 다음, 0.5N의 H₃PO₄ 용액으로 중화하고 적절한 배율로 회석하여, 다음 장에서 수행하는 작물에 대한 시비효과 실험에 활용하였다.

바. 해조류 농도 및 용해온도의 영향

해조류를 0.5N-NaOH 용액으로 용해시킬 때 혼합되는 양은 용해효율에 영향을 미치므로, 그 용액에 대한 해조류의 적절한 양을 알아보았다. 해조류는 폐기된 생미역을 파쇄하여 200g 사용하였다. NaOH 용액의 부피에 대한 해조류의 무게의 비를 다르게 하고, 용해시간에 따른 pH와 점도 변화를 조사하여 그림 2-17에 나타내었다. NaOH 용액에 대한 해조류의 비가 증가할수록 초기 점도는 증가하고, 용해시간에 따라 계속 감소함을 보였다. pH 변화에 있어서는 NaOH 용액에 대한 해조류의 비가 너무 낮으면 NaOH의 소모가 계속적으로 일어나므로 pH가 쉽게 떨어

어지지 않지만, NaOH 용액에 대한 해조류의 비가 1인 경우 용해시간 9시간에서 급격히 감소하여 일정한 값을 나타내었다. 그래서 NaOH 용액에 대한 해조류의 비가 너무 낮으면 제조한 용액의 pH가 높게 되고 너무 높으면 해조류의 용해효과가 떨어지므로 NaOH 용액에 대한 해조류의 비는 1:1 정도가 가장 적절한 것으로 생각된다.

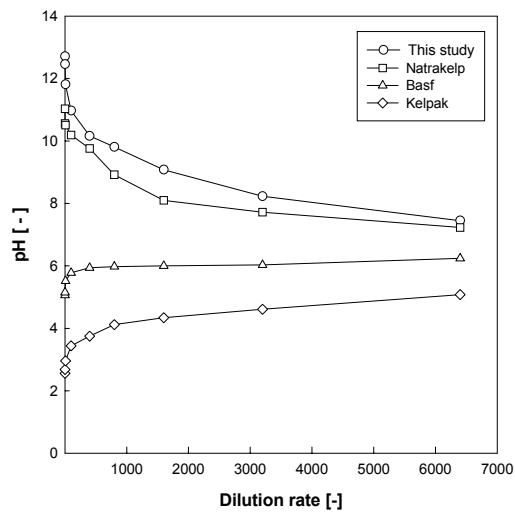
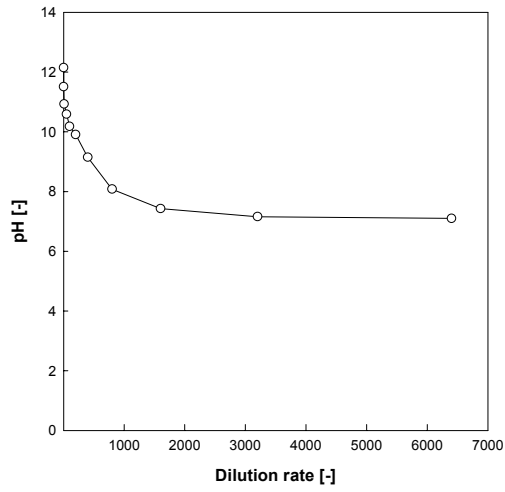


그림 2-16. 시제품과 시판제품의 희석배율에 따른 pH 변화

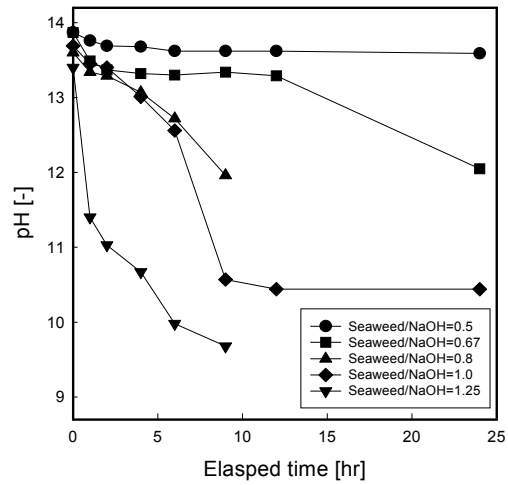
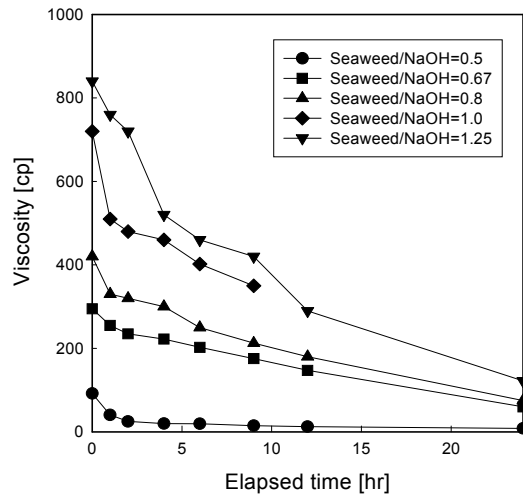


그림 2-17. NaOH 용액 중 페미역의 농도 변화에 따른 점도와 pH 변화

또한, NaOH 용액에 대한 해조류의 비를 1:1로 하여 용해온도의 영향을 조사하여 그림 2-18에 나타내었다. 초기에 점도가 약간 다른 이유는 폐미역을 해동시켜 채취할 때 재료의 부위별 혼합상태에 따른 차이로 생각된다. 용해온도 60℃와 70℃에서는 거의 용해되지 않으나 80℃에서는 9시간 정도 경과하면 용해되었고, 90℃에서의 점도는 80℃에서와 유사한 값을 보였다. 90℃에서의 pH는 급격히 떨어지고 경과시간 9시간 부근부터 80℃에서와 유사한 값을 보였다. 그래서 폐미역의 용해온도는 80℃가 적절한 것으로 생각되었다.

사. 함유금속 및 함유량

이상의 결과에서, 폐기된 생미역으로부터 액체비료를 제조하기 위한 최적 용해조건은 NaOH 용액에 대한 해조류의 비를 1:1로 하고, 용해온도는 80℃ 그리고 용해시간은 약 12시간정도임을 알았다. 이러한 액체비료는 앞에서 언급한 바와 같이 Natrakelp와 물리·화학적 특성이 유사함을 보였다. 그런데, 작물에 시비하는 경우에는 액체비료 중에 함유된 각종 금속 및 중금속은 크게 문제가 될 수 있다. 그래서 제조한 액체비료가 함유하고 있는 각종 금속의 종류 및 농도는 얼마나 되는지를 조사하였다.

표 2-4에는 시판제품(Basfolia, Natrakelp 및 Kelpak)과 폐기된 다시마와 폐미역을 가지고 각각 NaOH 용액과 KOH 용액으로 제조한 시제품에 대하여 함유한 금속 및 그 농도를 나타내었다. 시판제품의 경우 중금속은 없고, Kelpak에는 Basfolia나 Natrakelp에서 볼 수 없는 Mo, Co, Cr, Cu와 Fe 등이 함유되어 있었다. 그리고 남해안 지역에서 채취한 폐 해조류를 사용하여 제조한 시제품에서는 농자재로서의 문제가 되는 중금속은 전혀 발견되지 않았다. Na(or K)의 함량은 높게 나타났는데 시제품을 실제로 현장에 사용할 때는 앞서 언급한 바와 같이 희석하여 이용하므로 문제가 없을 것으로 생각된다. 그리고 특이하게도 시제품의 Mg나 P 함량은 시판제품에 비하여 매우 낮았다.

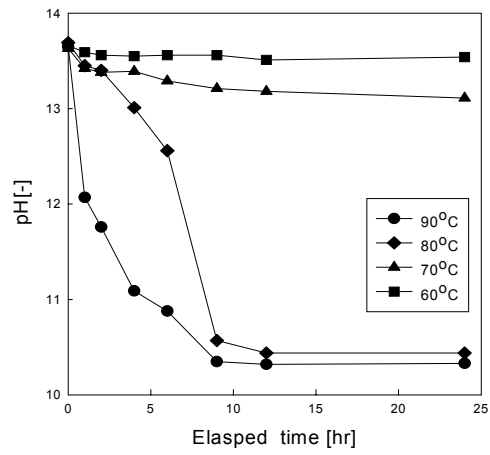
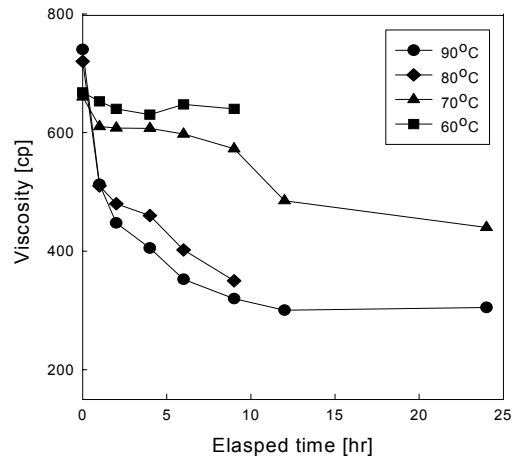


그림 2-18. NaOH 용액 중에서 페미역의 처리온도에 따른 점도와 pH 변화

표 2-4. 폐 미역과 다시마로부터 제조한 시제품과 시판제품의 함유 금속 및 농도

함 유 금 속	농 도(ppm)					
	시 판 제 품			시 제 품		
	Basfolia	Natrakelp	Kelpak	NaOH용액		KOH용액
다시마				미역	미역	
Al	5.04	4.18	0.50	4.25	4.19	4.18
Au	2.6	0.12	1.11	0.54	9.5	2.94
Mo	0	0	2.50	0	0	0
Co	0	0	3.00	0	0	0
Ni	0	0	0	0	0	0
Cr	0	0	0.22	0	0	0
Hg	0	0	0	0	0	0
K	39180	4750	20458	7196	3859	11127
Ca	402.6	96.67	221.41	84.41	107.73	131.23
Mg	3021.22	106.78	3975.01	17.15	4.58	0.45
Na	5595.9	1358.95	3617.7	8726.81	8546.95	1140.26
Pb	0	0	0	0	0	0
Cu	0	0	529.3	0	0	0
Zn	22.17	0	354.61	0	0	0
Cd	0	0	0	0	0	0
La	0.51	0.1	0	0.07	0.13	0.19
Li	2.08	0.03	0.2	0.06	0.04	0.04
Mn	440.12	0	244.7	0	0	0
P	9610.1	20.27	4358.85	50.68	70.24	96.43
S	5547.85	264.48	539.31	364.55	340.87	418.29
Fe	0	0	667.12	0	0	1.88
Si	0	0	0	0	30.6	0
Sn	2.29	2.55	2.46	2.54	2.89	12.74
Zr	0	0	0	0	0	0
W	0.81	0.92	0	0.87	0.92	1.07
U	0	0	0	0	0	0
I	324.99	9.25	235.55	315.81	8.51	9.83
Ge	0.53	0.07	0.17	0.12	0.03	0.1

아. 식물생장 호르몬의 함유량

해조류에는 옥신(auxin)이나 사이토키닌(cytokinin)과 같은 식물생장조절 호르몬이 많이 함유되어 있다. 옥신 중에서 식물체에 가장 중요한 것은 IAA(Indole-3-acetic acid)로 식물세포의 신장과 분화에 관여한다. 사이토키닌은 주로 식물의 뿌리에서 합성되어 다른 필요부위로 전달되어 세포분열을 촉진하는 물질로 알려져 있어, 부정아의 유도 및 유식물체(어린싹)의 증식을 목적으로 주로 이용되고 있다. 사이토키닌 중에서 식물체에 중요한 종류는 Zeatin[6-(4-hydroxy-3-methyl-trans-2-butenylamino) purine], Kinetin(6-furfurylamino-purine), BA(6-benzylamino-purine), 2-IP(isopentenyladenine)이 있다.

표 2-5에는 시판제품의 해조류 추출액에서 발견될 수 있는 생장호르몬의 종류를 나타내었다. 해조류에 함유된 무기성분과 이러한 식물호르몬이 식물생장촉진과 토양 개선에 중요한 역할을 하므로, 미역부산물을 토양 유기물 재료로써 적용하기 위해서는 폐미역을 NaOH 용액으로 용해시키더라도 그러한 식물생장 호르몬이 파괴되지 않고 존재하는 것이 중요하다. 그래서 NaOH 용액으로 용해한 액체비료에 함유되어 있는 식물생장 호르몬은 원래의 생미역과 같은 값을 유지하고 있는지를 알아 볼 필요가 있다.

인돌아세트산(IAA)의 함량을 보면, 액체시료는 15.9ppm으로 22.1ppm을 보인 생체시료에 대하여 약 70%에 해당하는 값이 얻어져 높게 나타났다. 사이토키닌의 경우 trans-zeatin은 생체시료에서는 7.86ppm이 얻어졌으나 가공한 액체시료에서는 이 값보다 큰 8.22ppm이 얻어졌다. 또, 미역의 주요 사이토키닌인 trans-zeatin-riboside의 경우 생체시료의 값 124ppm의 50%에 해당하는 약 62ppm보다 크게 적은 값 45.4ppm을 보였다. 그런데 trans-zeatin-riboside는 NaOH 용액으로 용해하는 과정에서 OH⁻의 공격으로 N에 결합된 β-D-ribosyl 그룹이 끊어지고 N-H결합으로 전환되어 trans-zeatin이 생성될 수 있다. 그래서 액체시료에서 trans-zeatin의 양은 다소 증가하고, trans-zeatin-riboside는 생체시료의 1/2 값보다 감소한 것으

로 생각되었다. 결과적으로 폐미역을 파쇄하여 80℃의 NaOH 용액으로 12시간동안 용해하더라도 해조류내의 성장촉진 호르몬은 파괴되지 않고 존재하고 있음을 알 수 있었다.

표 2-5. 해조류에 존재하는 Cytokinin의 종류

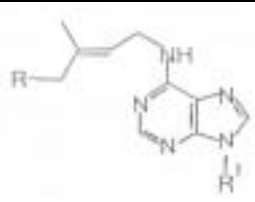
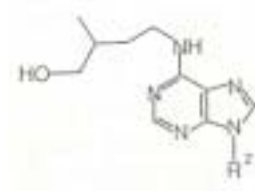
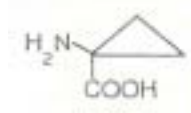
구 조	R		화학물의 명칭
	R	R ¹	
	OH	H	<i>trans</i> -zeatin
	OH	β-D-ribosyl	<i>trans</i> -zeatin-9-β-D-riboside
	H	H	N ⁶ -(Δ ² -isopentenyl) adenine
	H	β-D-ribosyl	N ⁶ -(Δ ² -isopentenyl) adenosine
	R ²		
	H		dihydro- <i>trans</i> -zeatin
	β-D-ribosyl		dihydro- <i>trans</i> -zeatin-9-β-D-riboside
			1-aminocyclopropane-1-carboxylic-acid

표 2-6. 생미역과 추출현탁액 중 IAA, *trans*-zeatin 및 *trans*-zeatin-riboside의 농도

Types	Concentration(ppm)		
	Indoleacetic acid(IAA)	<i>trans</i> -zeatin(TZ)	<i>trans</i> -zeatin-riboside(ZR)
Fresh seaweed	22.1	7.86	124.0
Seaweed solution	15.9	8.22	45.4

표 2-6은 생체시료인 폐미역과 용해한 액체비료에 대하여, 오옥신인 IAA와 사이토키닌에 해당하는 zeatin(TZ와 ZR)의 함량을 분석한 결과를 나타내었다. 생체시료로는 폐미역의 잎, 줄기, 포자부 및 부착기 부분을 구별하지 않고 파쇄한 것 100g을 사용하였고, 액체시료는 생체시료와 NaOH 용액을 1:1되게 부피 비로 혼합하여 80℃에서 12시간동안 용해한 용액 100ml를 사용하였다. 그래서 액체시료내의 호르몬 존재량은 생체시료내 양의 약 50%에 해당할 것으로 생각된다.

자. 용해속도 해석

NaOH 용액의 부피에 대한 해조류의 초기 양을 1:1로 일정하게 유지하고, NaOH의 농도영향을 조사하였다. NaOH의 농도는 0.135~0.348mol/l로 변화시켜 용해시간에 따른 NaOH의 농도변화를 70℃, 80℃, 90℃와 98℃에서 조사하였다. NaOH의 농도는 페놀프탈레인을 지시약으로 사용하여 0.5N-HCl로 적정하여 얻었다. 실험재료는 바다에 폐기된 생미역을 채취하여 거칠게 파쇄한 다음 냉동저장한 미역을 다시 미세하게 파쇄하여 사용하였다. 파쇄한 생미역 200g을 농도가 다른 NaOH의 용액 200cc에 각각 넣어 혼합하여 사용하였다.

그림 2-19는 여러 NaOH 농도에서 용해시간에 따른 NaOH 농도변화를 용해온도별로 나타낸 것이다. 용해시간 0에서의 농도는 해조류 200g을 NaOH 용액 200cc에 혼합하였을 때의 측정된 값이다. 사용한 NaOH 용액 농도의 약 절반으로 감소함을 알 수 있다. 0.7N-NaOH에서는 초기에 빠르게 감소하다가 약 2시간부터는 서서히 감소하였다. 다른 농도에서도 유사한 경향을 보이며, 시간에 따라 계속적으로 감소함을 보였다.

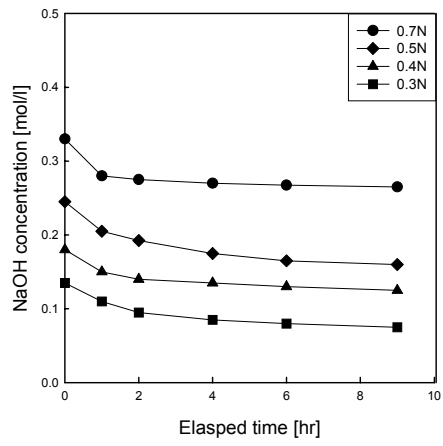
한편, NaOH에 의한 해조류의 용해반응은 다음과 같이 표현할 수 있다.



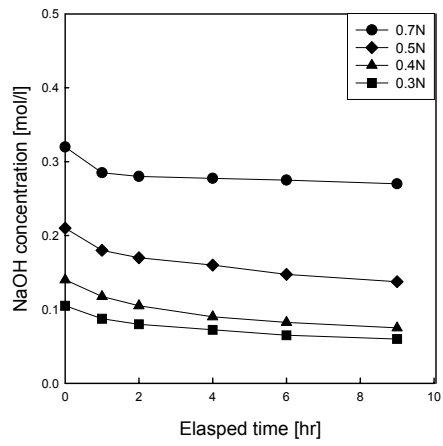
여기서, NaOH는 A로, 해조류는 SW로 표기하였고, 속도식은 $-r_A = kC_A^{\alpha}C_{\text{SW}}^{\beta}$ 과

같이 쓸 수 있다. 이 속도식을 반응초기에 적용하면, $-r_{A0} = kC_{A0}^a C_{sw0}^b$ 과 같이 된다. 그런데 해조류의 초기농도가 일정하므로, kC_{sw0}^b 를 k' 로 두면, $-r_{A0} = k'C_{A0}^a$ 가 되고, 몰 수지와 속도식을 결합하면 $(-dC_A/dt)_0 = -r_{A0} = k'C_{A0}^a$ 과 같이 쓸 수 있다.

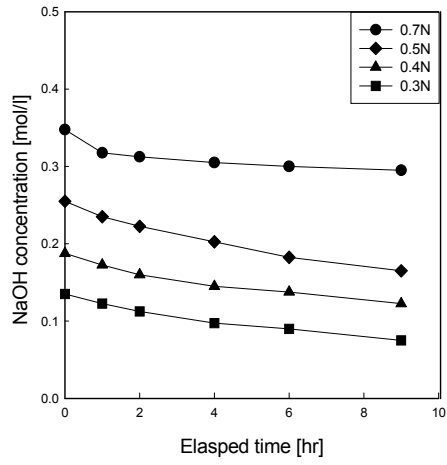
양변에 자연로그를 취하면 직선형태의 식, $\ln[(-dC_A/dt)_0] = \ln k' + a \ln C_{A0}$ 이 얻어진다. $\ln C_{A0}$ vs. $\ln[(-dC_A/dt)_0]$ 의 plot에서 기울기와 절편을 구하면 a , k' 를 얻을 수 있다. 용해시간 0에서의 속도 $[(-dC_A/dt)_0]$ 는 용해시간에 따른 농도변화 plot의 $t=0$ 에서의 기울기로부터 구할 수 있다.



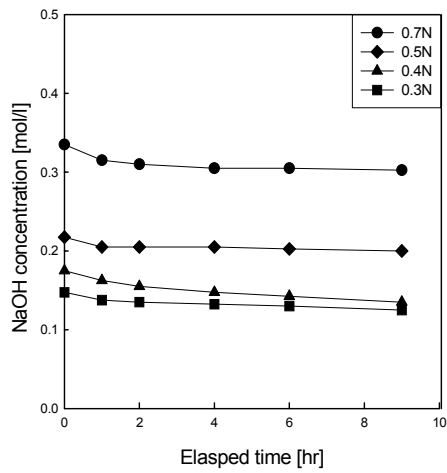
(a) 98°C



(b) 90°C



(c) 80°C



(d) 70°C

그림 2-19. 초기농도를 달리 한 용해에서 경과시간에 따른 NaOH의 농도변화
(해조류 : NaOH 용액 = 200g : 200cc)

표 2-7. 여러 용해온도에서 NaOH 농도에 대한 초기 용해속도의 변화

용해온도 (°C)	NaOH의 초기농도(N)	CA ₀	lnCA ₀	(-dCA/dt) ₀	ln(-dCA/dt) ₀
98	0.7	0.330	-1.10866	1.47	0.3853
	0.5	0.245	-1.4065	1.12	0.1133
	0.4	0.180	-1.7148	0.82	-0.1625
	0.3	0.135	-2.00248	0.65	-0.4308
90	0.7	0.320	-1.10394	1.14	0.1310
	0.5	0.210	-1.56065	0.91	-0.0943
	0.4	0.140	-1.96661	0.55	-0.5978
	0.3	0.105	-2.25380	0.43	-0.8440
80	0.7	0.348	-1.05699	0.95	-0.0513
	0.5	0.255	-1.36649	0.65	-0.4308
	0.4	0.188	-1.67398	0.49	-0.7134
	0.3	0.135	-2.00248	0.40	-0.9163
70	0.7	0.335	-1.09362	0.59	-0.5243
	0.5	0.218	-1.52556	0.41	-0.8916
	0.4	0.175	-1.74297	0.33	-1.1087
	0.3	0.148	-1.91393	0.28	-1.2730

* 해조류 : NaOH 용액 = 200g : 200cc

표 2-7에는 실험에서 구한 초기농도와 초기속도를 나타내었고, $-\ln C_{A0}$ vs. $-\ln[-(dC_A/dt)_0]$ 의 plot를 그림 2-20에 나타내었다. 80°C의 경우, 최소자승법으로 기울기와 절편을 구하면 각각 0.91(a)과 -0.8650(-lnk')이 된다. 그래서 용해 반응차수는 0.91차이고, 80°C에서 $k'=2.380$ 이었다. 그래서 속도식은 간단하게 $-r_A=2.380C_A^{0.91}$ 이 된다. 70°C, 90°C 및 98°C에서도 유사한 해석을 하였다. 각 온도에서 용해 반응차수는 약 1차(a=0.91)이고, 속도상수 k'값은 온도 98, 90, 80 및 70°C에 대하여 각각 4.0, 3.4, 2.4와 1.6이었다. 결과적으로 해조류의 용해속도는 NaOH의 농도에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다.

이러한 속도식 결과를 바탕으로, 겔보기 활성화 에너지를 구하였다. Arrhenius식의 양변에 로그를 취하면 $\ln k' = \ln A - E'/R(1/T)$ 를 얻을 수 있다. 그림 2-21에 나타난 Arrhenius plot($1/T$ vs. $\ln k'$)의 기울기(-4.24)에서 겔보기 활성화 에너지(E')를 구하면 8.4kcal/mol임을 알 수 있다.

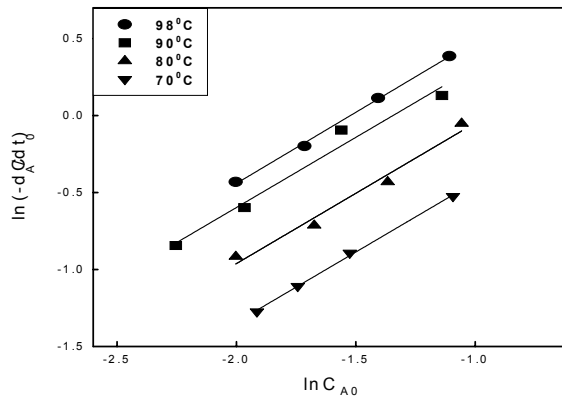


그림 2-20. 여러 용해온도에서 $\ln C_{A0}$ 에 대한 $\ln[(-dC_A/dt)_0]$ 의 plot

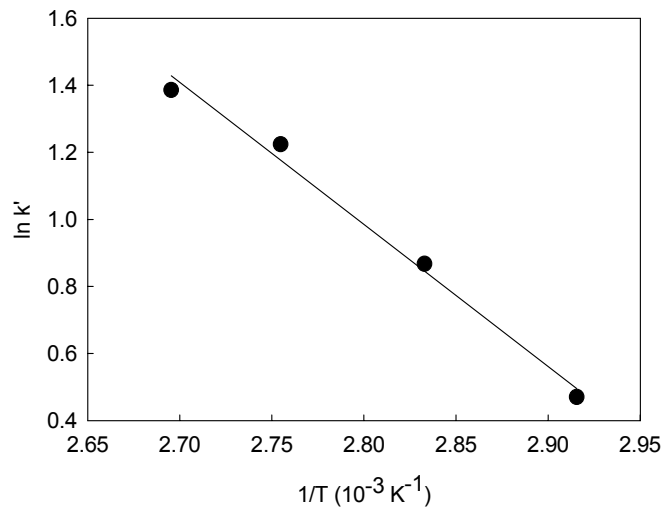


그림 2-21. 생미역의 용해에 대한 Arrhenius plot

4. 해조류 분말제조 및 제형

해조류를 분말로 제조하는 방법은 건조와 비건조 방법을 고려할 수 있다. 건조방법은 해조류를 일광 또는 가열 건조하여 분말화하는 방법이다. 이 방법은 단순히 기계적으로 파쇄하는 것으로, 입도가 낮은 분말로, 즉 초미세 상태(ultrafine)로 파쇄하는 것은 곤란하다. 그래서 이 분말을 물에 녹여 옆면시비를 위한 분사용액을 제조하는 것은 불가능하다. 이 방법으로 제조한 분말이나 거칠게 분쇄한 해조류는 토양의 물리성 개량을 위한 용도로 활용하는 것이 좋다고 생각된다. 당초에는 해조류를 드라이아이스나 액체질소를 사용하여 냉동시켜 분말화하는 방법과 냉동건조하여 분말화하는 방법 등을 고려하였다. 이 방법을 이용하여 매우 낮은 입도의 분말로 파쇄하더라도 물에 직접 용해하지 않을 뿐만 아니라 국내의 실정에는 적합하지 않은 것으로 판단되어, 해조류를 용해시켜 분말을 얻는 비건조 방법을 검토하였다.

한편, 비건조 방법은 생다시마(또는 건다시마)를 알칼리 용액으로 완전히 용해하

고, 그 제조한 용액 중의 물을 증발시켜 분말화시키는 방법이다. 이 분말은 입도가 매우 낮고 필요에 따라 적정량을 물에 녹여 관주나 옆면시비용으로 편리하게 활용될 수 있는 수화제형 분말이다. 단점은 용액의 수분을 증발시키기 위한 에너지 때문에 제조비용이 많이 소요된다는 것이지만, 태양에너지나 다른 저가의 에너지를 활용하면 가능할 것으로 생각된다.

그림 2-22에는 0.5N-NaOH 용액과 0.5N-KOH 용액으로 각각 제조한 해조류 용액과 시판제품의 건조온도를 변화시켜 가면서 조사한 중량변화를 나타내었다. NaOH와 KOH 용액으로 제조한 용액과 Natrakelp는 건조중량이 유사하게 변화하였고, 약 80°C에서 건조시키면 쉽게 수분이 증발하여 분말로 되었고, 과쇄하면 아주 미세한 입자가 얻어졌다. 그런데 Basfolia와 Kelpak은 200°C에서도 쉽게 건조되지 않고 탄력성이 있는 고체상태로 남아 있어, 건조중량이 시제품이나 Natrakelp 보다 크게 나타났다. 이는 제품을 제조할 때에 산 용액을 사용하였기 때문에 건조할 때 그 산이 수분을 함유하는 역할을 하기 때문으로 생각된다. 또한, 0.5N-NaOH로 용해한 용액을 건조한 후 얻어진 분말은 물에 쉽게 녹아 원래의 용액과 같은 용해상태로 되어 분말화가 가능함을 알았다.

그림 2-23에는 페다시마와 페미역을 이용하여 얻은 제형 개발결과와 다음에서 검토할 제형 개발내용을 정리하였다. 현재까지의 결과를 요약하면, 생 다시마는 현장에서 채취하여 운반할 때 알긴산과 같은 점성의 용액이 배출되고, 물류비 문제 및 냉장보관시 비용문제(-1°C에서도 냉동되지 않음)가 있으므로 현장에서 일광건조하는 것이 유리할 것으로 판단되었다. 이 건조 다시마를 액체비료로 제조하기 위해서는 물에 침적시켜 부풀려서 사용하고, 용해 첨가제로는 0.5N-NaOH나 0.5N-KOH 용액이 적절하며, 80°C에서 12시간 정도 용해하면 균일한 용해상태의 액체비료가 얻어짐을 알았다. 그리고 제조한 용액의 장기보관을 위하여 ascobinic acid과 같은 항산화제나 sodium bezoate과 같은 항균제의 첨가하는 것도 고려할 필요가 있다.

결과적으로, 수화제용(액체비료용) 분말화는 알칼리 용액으로 용해한 해조류 용액을 증발·건고시켜 얻는 방법이 타당함을 알았다. 또한, 알칼리에 의한 용해효율이

증가될 것으로 기대되는 cell burst method를 이용하여 해조류를 처리한 다음, 위에서와 같은 방법으로 해조류 용액을 제조할 수 있고, 그 용액을 값싼 에너지를 이용하여 건조시키면 분말화가 가능할 것으로 생각된다.

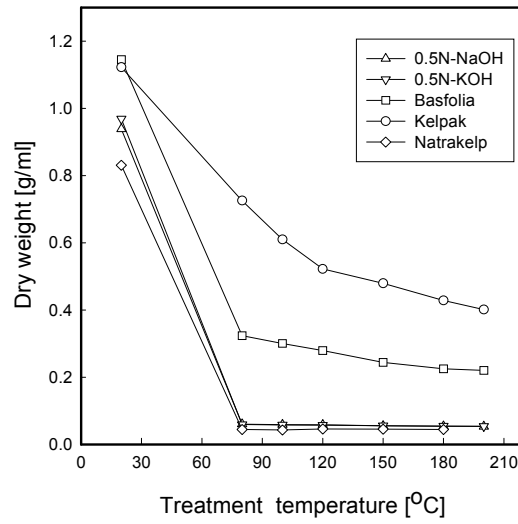


그림 2-22. 시제품과 시판제품의 건조중량 변화

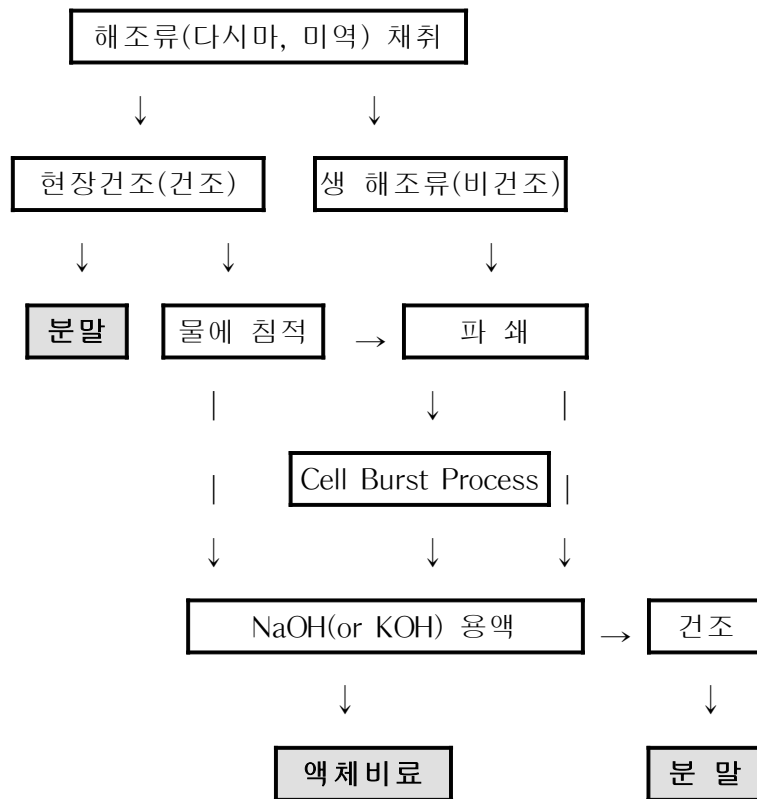


그림 2-23. 해조류 제형 개발 과정

5. Cell burst method에 의한 처리효과

이상에서는 다시마와 미역과 같은 해조류를 알칼리 용액 등으로 용해하여 액체비료를 제조하는 최적조건을 검토하였다. 그런데 용해효율을 향상시키기 위해서는 여

러 가지 방법, 즉 용해온도를 올리거나 알칼리 용액의 농도를 증가시키거나 용해시간을 길게 하는 등의 방법이 있다. 그러나 이러한 방법은 모두 많은 에너지를 필요로 하고, 특히 고농도의 NaOH 용액을 다량 사용할 경우 실제로 토양에 사용할 때 문제를 발생시킬 수 있다.

일반적으로 해조류의 가공방법은 크게 세 가지인데, 앞에서 검토한 알칼리에 의한 용해방법은 1950년대에 개발된 것으로 세 방법 중 가장 오래되었다. 두 번째로는 액체질소를 이용하여 고체로 만든 다음 기계적으로 파쇄하는 방법인데, 극히 저온에서 모든 프로세스가 이루어지므로 유지관리에 불편한 점이 많다. 그래서 최근에 1980년대에 기계적으로 압력 차(약 8000 lb/in²)를 이용하는 Cell burst method가 개발되었다. 그런데 이 방법은 사용하는 재료의 종류 및 파쇄상태 등에 따라 압력차나 배출구의 크기와 같은 각종 운전조건이 달라질 것으로 생각된다. 이에 관련된 연구결과나 보고서는 거의 찾아 볼 수 없다.

그래서 본 연구에서는 해조류를 고압으로 가압한 상태에서 갑자기 저압으로 방출하는 cell burst process를 이용하여 액체비료를 제조하는 방법을 정립하고자 하였다. Cell burst process를 거친 해조류는 조직들이 파열되어 보다 쉽게 용해될 수 있을 것으로 예상하였다. 여기에서는 남해안에서 양식되고 있는 다시마와 미역의 폐기물을 토양개량제 및 액체비료로 활용하기 위한 과정 중 해조류의 용해효율을 보다 향상시키기 위해 cell burst process를 이용하는 방법과 그 처리효과를 검토하였다.

가. 실험재료

실험에 사용한 폐미역은 고흡균 금산에 소재하고 있는 양식장에서 채취한 것으로 거칠게 파쇄하여 냉동하여 보관 중이던 것을 해동하여 생미역 상태로 사용하였고, 또한 건조시킨 것은 물에 24시간동안 부풀려 생미역과 같은 방법으로 사용하였다. 두 재료의 경우 모두, 전동컷터를 사용한 1차 파쇄와 믹서기로 보다 세밀하게 파쇄한 2차 파쇄로 나누어 실험하였다.

나. 실험장치 및 방법

그림 2-24에는 cell burst process에 적용할 lab-scale의 압출장치의 설계를 나타내었다. Fig 2-25는 압출장치와 압축공기를 부착한 실험장치이다. 재질은 고압에 견딜 수 있는 스테인레스로 하고 상부에는 압축공기에 의한 고압이 걸릴 수 있는 union과 on-off 밸브를 부착하였다. 용기의 내경은 60mm로 하고 전체용량은 약 500cc로 제작하였다. 해조류가 배출되는 아랫부분의 배출구 크기는 0.5mm, 0.7mm, 1mm, 2mm, 3mm와 4mm가 되도록 각각 제작하고 필요에 따라 교환하면서 실험하였다.

해조류의 용해효율을 향상시키기 위한 cell burst process는 반응기 속에 적당량의 해조류를 넣고, 압축공기를 이용하여 압출장치내의 압력을 10기압, 20기압, 30기압 및 38기압으로 각각 가한 다음, 밸브를 열면 해조류에 압력이 가해져 배출구로 해조류가 튀겨 나온다. 압력에 의해 배출된 해조류를 수집하여 용해실험, 광학현미경 관찰과 점도측정을 위한 재료로 하였다. 그림 2-26은 미역을 재료로 한 경우 cell burst process를 거치기 전과 후의 파쇄상태를 비교하여 나타낸 것이다.

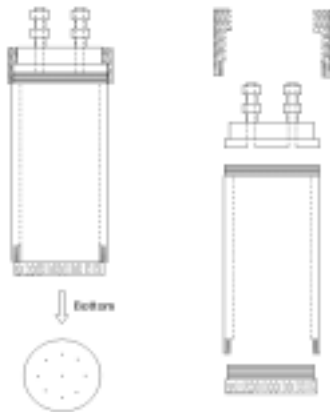
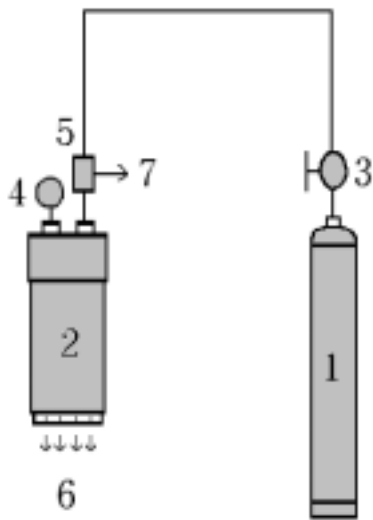


그림 2-24. Cell burst process의 압출장치 상세도

다. Cell burst method에 의한 처리효과

예비적으로, 건미역과 생미역을 대상으로 각각 1차 파쇄와 2차 파쇄한 시료 300cc를 압출장치내에 넣고, cell burst process를 통해 나오는 배출현상을 살펴보았다. 가압한 총 시간은 10분으로 하였다. 먼저, 생미역의 경우, 배출구 size가 0.1mm, 0.2mm, 0.7mm와 1mm에서는 38기압까지 가해 주어도 압력을 가해줄 때 극소량의 액체가 나올 뿐 배출구를 통해서 해조류는 전혀 나오지 않았다. 또한 해조류를 1.18mm(No.16)~2.36mm(No.8)로 sieving하여 사용했지만 마찬가지로 전혀 배출되지 않았다.



1. Air Cylinder 2. Reactor 3. Regulator 4. Pressure Gauge
5. 3-Way Value 6. Burst seaweed 7. Vent

그림 2-25. Cell burst process의 실험장치



(a) 파쇄상태



(b) Cell burst process 후 상태

그림 2-26. 파쇄한 해조류(a)와 cell burst process를 통과한 해조류(b)

나아가서, 1차 파쇄와 2차 파쇄한 생미역과 건미역을 각각 배출구 직경이 2mm와 3mm인 압출장치를 사용하여, 장치내의 압력을 증가시켜 가면서 배출시험을 한 결과, 배출구 크기가 2mm이면 1차 파쇄한 것은 거의 배출되지 않았지만, 2차 파쇄한 것은 38기압에서는 모두 잘 배출되었고, 배출구 직경이 3mm이면 1차 파쇄한 것에 대하여 효과적임을 알았다. 그래서 생미역과 건미역을 재료로 하여 1차 파쇄한 경우는 배출구 크기를 3mm로 하고, 2차 파쇄한 경우는 배출구 크기를 2mm로 하여 cell burst process 효과를 자세히 알아보았다. 앞서서와 같이 재료의 양은 300cc로 하고, 가압 시간은 10분으로 하였다.

1) 생미역(1차 파쇄, 배출구 3mm)

압출장치내의 압력을 10기압으로 처음 가해 주면, 해조류는 튀겨 나온다는 것보다 흘러나오는 듯이 배출되었고, 배출구 직경이 2mm, 압력이 30기압 일 때 보다 많은 양의 해조류가 배출되었지만 폭발적으로 튀겨 나오지는 않았다. 압력이 20기압으로 되면 처음에 아주 가는 입자를 포함한 액체물질이 흘러나오고, 빠르게 해조류가 튀겨

나왔다. 압출장치 속에 해조류가 약 80cc정도 남았을 때는 공기만 새어 나왔다. 30기압이 되면, 10기압이나, 20기압에서와 같이 처음에 액체가 흘러나오는 경향은 없어지고, 잠시 후 폭발하는 듯한 소리와 함께, 아주 강하게 튀겨 나왔다. 연속적이지는 않았지만 멈춰 있는 시간이 가장 짧았고, 300cc의 해조류는 거의 모두 배출되었다. 38기압으로 증가시키면, 처음 압력을 가해줄 때 폭발적으로 해조류가 모두 배출되었다. 장치 속의 해조류는 2~3분 후에 모두 배출되었고, 50~60cc정도 남았을 때에는 공기만 새어 나왔다.

그림 2-27은 1차 파쇄한 생미역을 배출구 직경이 3mm인 압출장치를 이용해 cell burst하여 배출물을 가한 압력에 따라 부위별로 나타낸 사진이다. 0기압의 경우는 cell burst process에 적용하지 않고 파쇄과정만을 거친 것이다. 1차 파쇄만 한 경우는 해조류 입자가 크고, 대체적으로 절단면이나 가장자리가 깨끗함을 알 수 있었다. Cell burst process를 적용하면 약간 파열되는 부분이 관찰되었지만, 압력이 38기압까지 증가하여도 잎, 줄기, 뿌리부분 모두 현저하게 부풀리거나 파열된 현상이 관찰되지 않아 cell burst process 효과는 거의 없는 것으로 생각되었다. 결과적으로 1차 파쇄한 생미역을 배출구 직경이 3mm인 압출장치에 적용하면, 20기압 이하에서는 생미역이 모두 배출되지 못하고 튀겨 나오는 효과도 적었으나, 30기압과 38기압에서는 해조류가 빠른 속도로 모두 배출되었다.

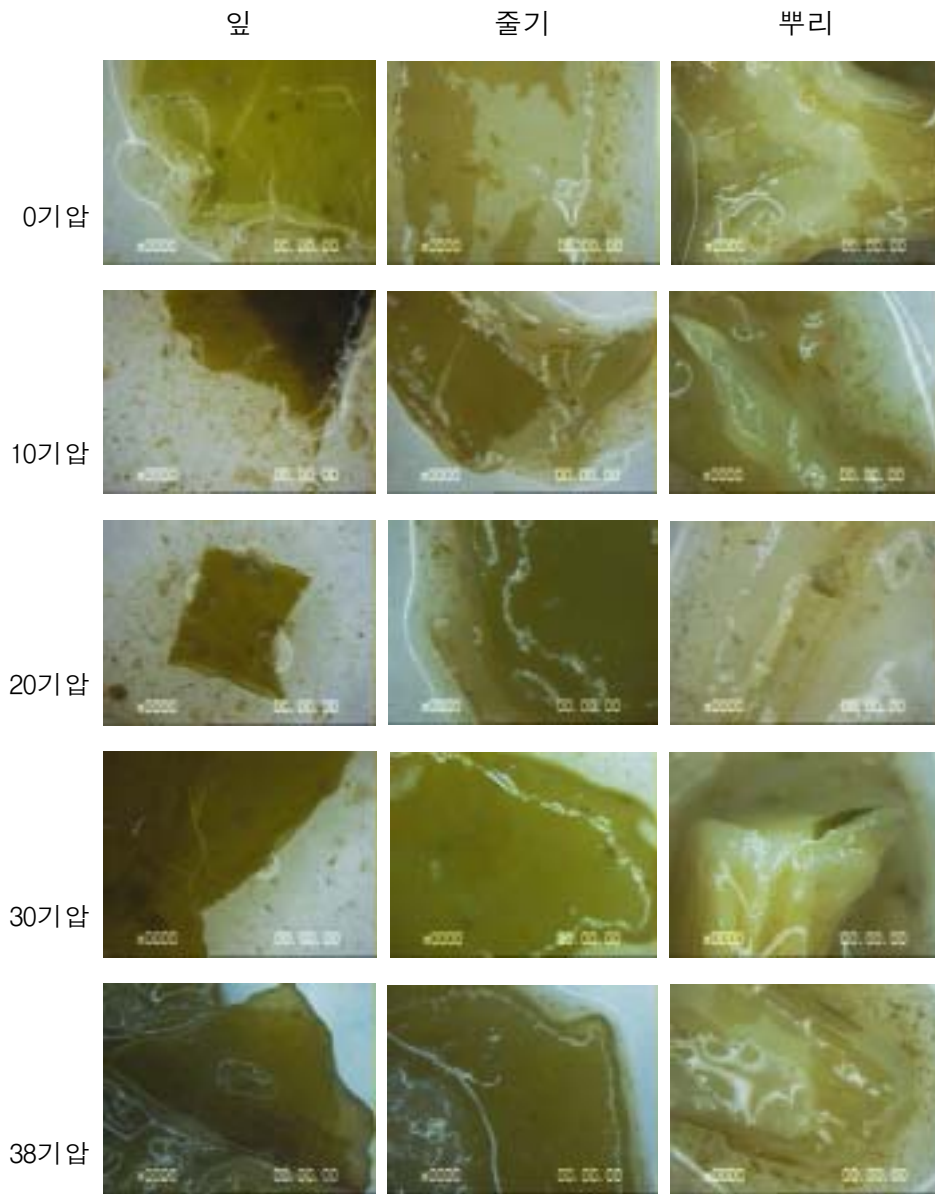


그림 2-27. 1차 파쇄 생미역의 cell burst process 적용효과(배출구 직경 3mm),(×50)

2) 생미역(2차 파쇄, 배출구 2mm)

2차 파쇄한 생미역의 경우에는 10기압에서 해조류가 극소량 나오고, 수분씩 지나서 한 두 번씩 배출되지만 양은 아주 적었다. 배출된 해조류는 30~40cc정도이었다. 20기압에서는 몇 분 간격으로 소량씩 배출되고, 배출구가 막히지는 않지만 배출된 양이 아주 적었다. 30기압이 되면 계속적으로 나오지는 않지만 수십 초 간격으로 해조류가 배출되었다. 배출구로 공기만 새어 나오는 경우는 없었다. 수십 분 동안 지속하면 모든 해조류가 배출될 것으로 생각되었다. 38기압에서는 10분 정도에 해조류가 모두 배출되었다. 배출된 양은 약 250cc정도 되며 장치 속에 50cc 정도 남았을 때에는 공기만 새어 나왔다. 또한 연속적으로 나오지는 않고 10초~20초의 간격을 두고 소량씩 튀겨 나왔다.

그림 2-28은 2차 파쇄한 생미역을 배출구 직경이 2mm인 압출장치를 이용해 cell burst하여 배출물을 가한 압력에 따라 부위별로 나타낸 사진이다. 2차 파쇄 작업을 한 후의 입자크기는 매우 작아졌음을 육안으로 확인할 수 있었고, 육안으로 확인 가능한 입자를 부위별로 선별하여 관찰하였다. 2차 파쇄만 하였을 경우(0기압)는 절단면이 매끄러운 반면 cell burst process를 거치면 절단면 또는 가장자리가 갈라져 있는 현상을 확인할 수 있었다. 압력이 증가함에 따라 잎, 줄기, 뿌리의 가장자리 부분이 파열되고 부풀러지는 현상을 관찰할 수 있어, 1차 파쇄한 생미역을 배출구 직경이 3mm인 압출장치에 적용한 경우보다 훨씬 cell burst process 효과가 나타났음을 알았다. 결과적으로, 30기압과 20기압에서는 나오는 속도가 아주 느리고 10기압에서는 거의 나오지 않았지만, 38기압에서 10분 정도에 해조류가 모두 배출되고 cell burst process 효과가 나타났다. 즉, 2차 파쇄한 생미역은 38기압의 2mm 압출장치에서 효과적으로 모두 잘 배출될 수 있음을 알았다.

3) 건미역(1차 파쇄, 배출구 3mm)

건조시킨 폐미역을 물에 24시간 동안 부풀려서 생미역과 같이 1차 파쇄와 2차 파쇄과정을 거쳐, cell burst process 효과를 알아보았다. 건미역의 경우에 나타난 현상

은 생미역의 경우와 거의 유사하였다. 10기압으로 가하면, 10분 동안 150cc 정도 배출되고, 배출구는 막히지 않았다. 이것은 파쇄했을 때 해조류의 입자가 생미역 보다 비교적 작은 것이 많아 배출된 양이 많은 것 같다. 20기압으로 가해 주면 갑자기 소리를 내며 해조류가 배출되기 시작하여 6분 정도에 완료되었다. 장치 내에는 50cc 정도의 해조류가 남았다. 30기압에서는 폭발적으로 튀겨져 나오고, 3~4분 정도에 해조류가 모두 배출되었다. 38기압까지 압력을 가해주면 배출되는 소리와 함께 해조류가 모두 배출되었는데, 2~3분 정도에 완료되었다.

그림 2-29는 1차 파쇄한 건미역을 배출구 직경이 3mm인 압출장치를 이용해 cell burst하여 압력에 따라 부위별로 나타낸 사진이다. 생미역과 거의 같은 현상을 볼 수 있었다. 잎, 줄기, 뿌리부분 모두 swelling이나 파열현상이 현저하지 않아 cell burst process 효과는 거의 없는 것으로 생각되었다.

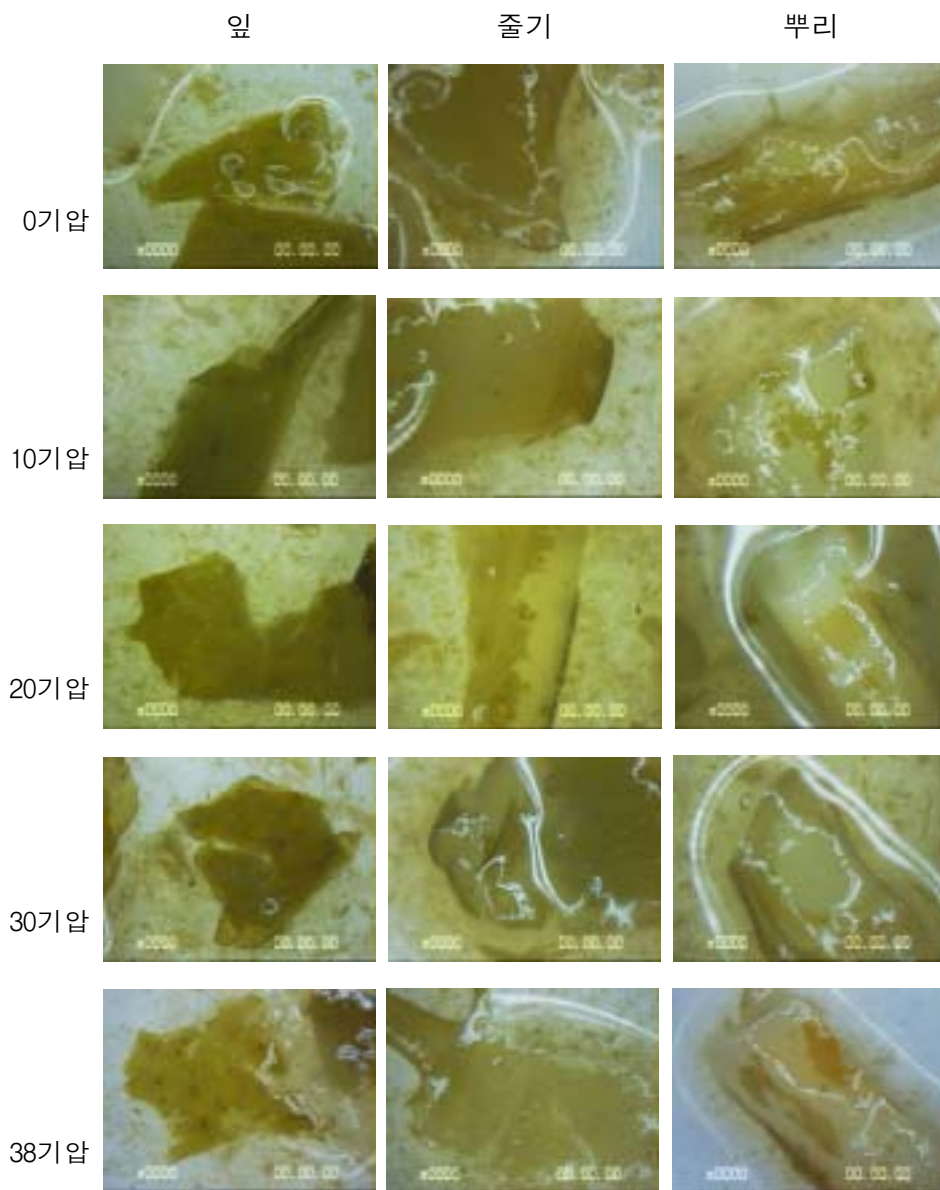


그림 2-28. 2차 파쇄 생미역의 cell burst process 적용효과(배출구 직경 2mm).(×50)

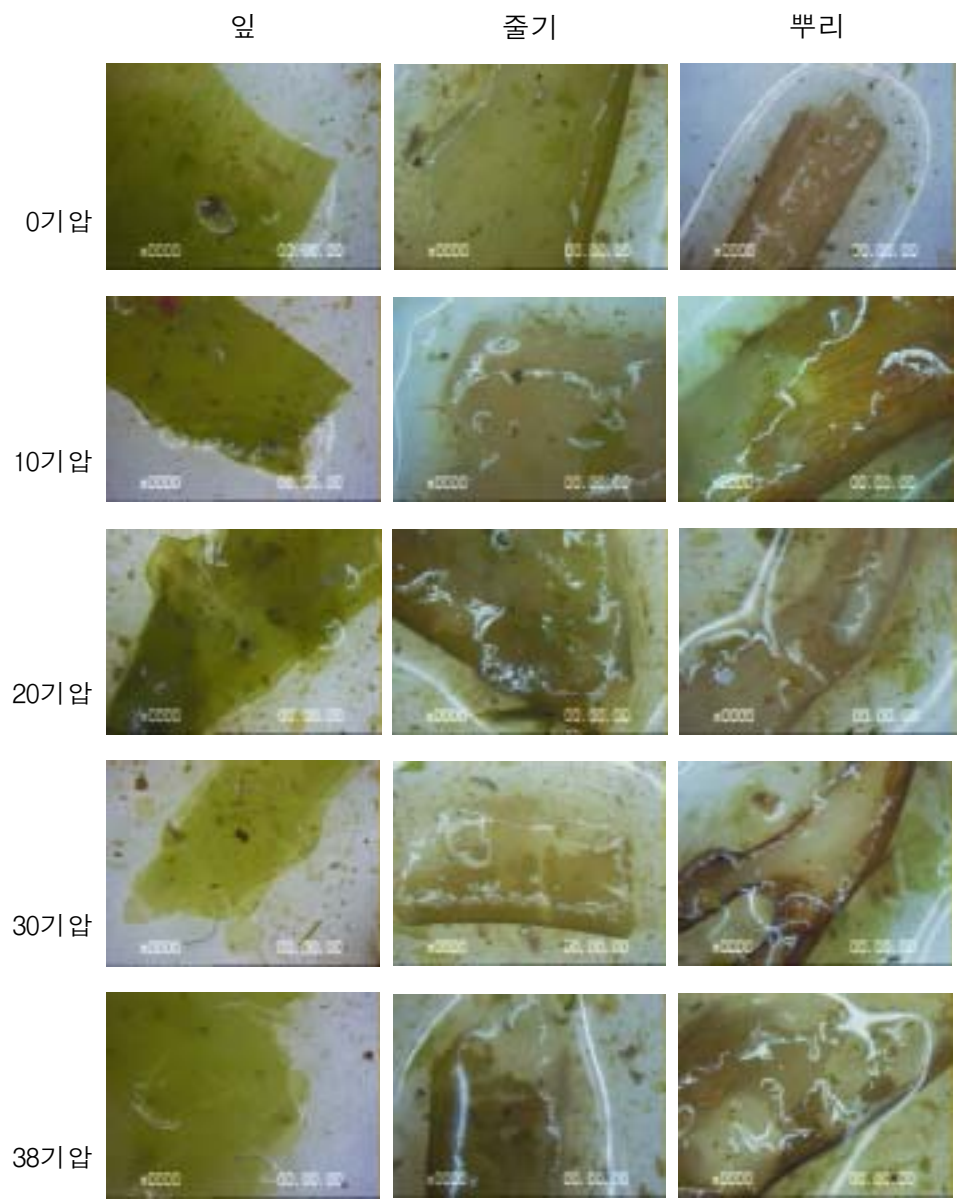


그림 2-29. 1차 파쇄 건미역의 cell burst process 적용효과(배출구 직경 3mm),(×50)

4) 건미역(2차 파쇄, 배출구 2mm)

생미역의 경우와 거의 유사한 결과가 얻어졌다. 20기압 이하에서는 소량만 배출되고, 30기압에서는 배출구는 막히지 않고 해조류는 10분 동안 140cc정도 배출되었다. 38기압에서도 연속적으로 배출되지는 않았지만 지속적으로 해조류가 배출되었다. 10분 정도에 해조류는 모두 배출되었고 장치 속에는 50cc정도의 해조류가 남았다.

그림 2-30은 2차 파쇄한 건미역을 배출구 직경이 2mm인 압출장치를 이용해 cell burst하여 배출물을 가한 압력에 따라 부위별로 나타낸 사진이다. 생미역의 경우와 같이 압력이 증가함에 따라 잎, 줄기, 뿌리의 가장자리 부분이 파열되고 부풀러지는 현상을 관찰할 수 있었다. 그런데, 특이하게도 cell burst process를 적용한 앞부분을 보면, 중간부분에 crack이 관찰되었고, 가해지는 압력이 10기압에서 38기압으로 증가할수록 그 crack이 뚜렷해짐을 볼 수 있다. 결과적으로, 2차 파쇄한 건미역도 38기압의 2mm 압출장치에서 효과적으로 모두 잘 배출될 수 있음을 알았다.

Cell burst process를 파쇄한 생미역과 건미역에 적용한 결과를 종합하여 보면, 광학현미경으로 관찰에서 해조류의 입자가 파열되는 정도는 잎 부분이 가장 좋았고 줄기, 뿌리 순으로 좋았다. 특히, 잎 부분은 입자가 얇고 부드럽기 때문에 완전히 파열되고 호물호물 해지는 경향이 가장 많았다. 줄기부분과 뿌리부분은 입자가 굵고 단단하기 때문에 입자 자체가 파열되기보다는 해조류 입자의 바깥부분이 벗겨지거나 갈라지는 정도로 나타났다. 또 해조류 입자가 파열되거나 swelling되는 효과는 2차 파쇄하여 2mm 배출구를 가진 Cell burst process를 이용하는 것이 타당한 것으로 나타났다. 일반적으로 가한 압력이 높아질수록 배출되는 속도와 해조류 입자의 파열 정도는 높아졌다. 따라서 Cell burst process의 궁극적인 목적이 해조류의 용해효율을 향상시키기 위한 것이므로 2차 파쇄한 해조류를 배출구 직경 2mm에서 38기압의 압력으로 튀겨내는 것이 용해효율을 향상시키는데 가장 효과적일 것으로 예상된다.

그리고, 생미역과 건미역을 대상으로 하여 얻은 실험결과가 거의 같기 때문에 어느 재료를 사용해도 무관할 것으로 생각된다. 단, 건미역을 사용했을 경우 24시간 정도 물에 침적하여 생미역과 같은 상태가 되도록 해야 한다.

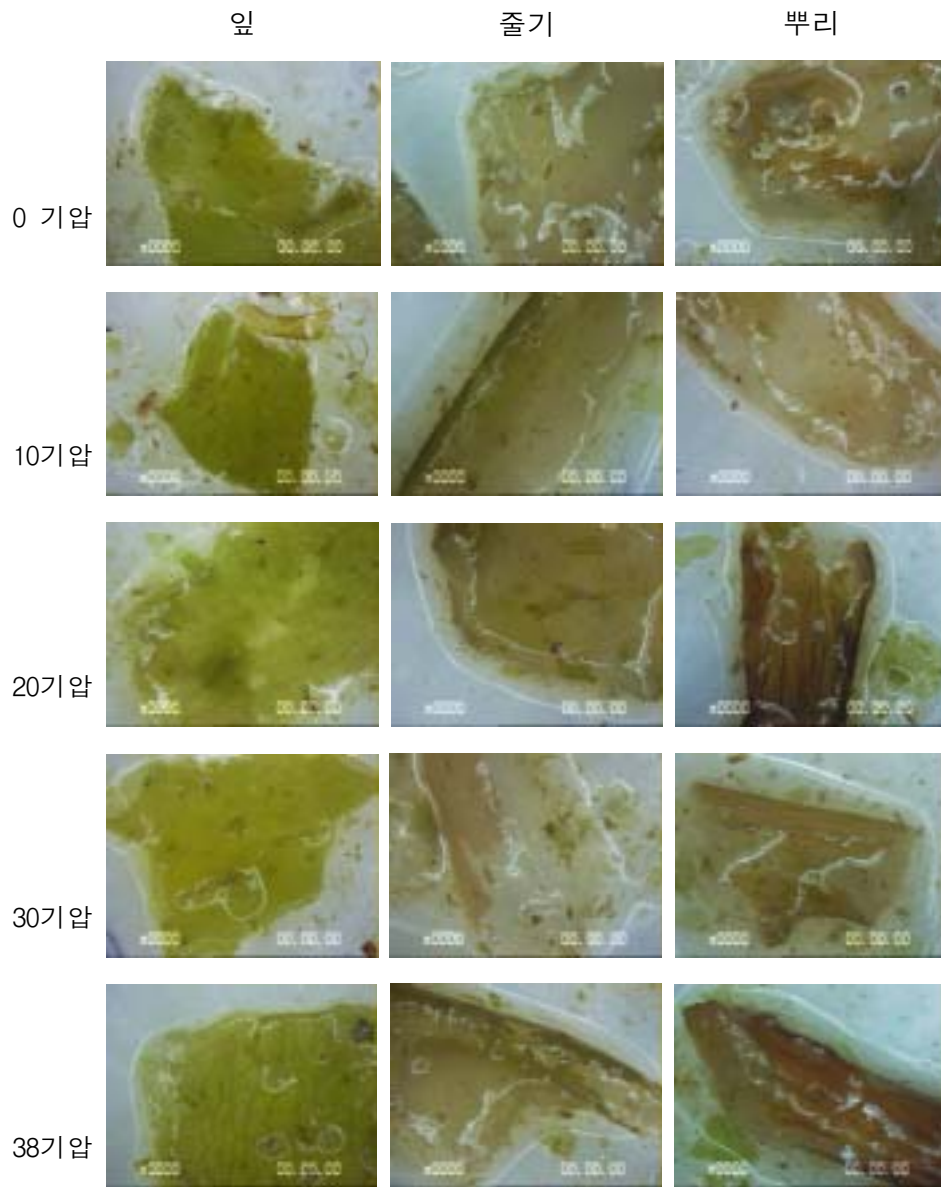


그림 2-30. 2차 파쇄 건미역의 cell burst process 적용효과(배출구 직경 2mm),(×50)

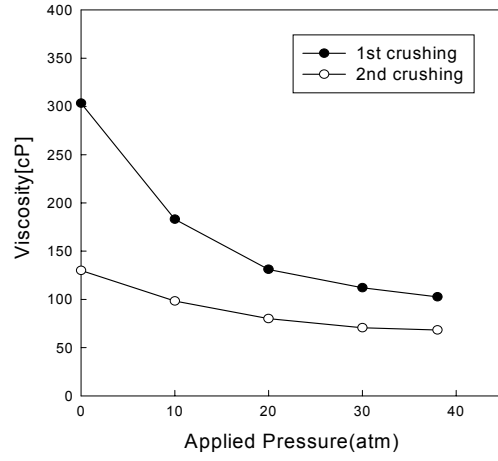
라. Cell burst process의 적용에 따른 점도변화

Cell burst process를 사용하여 압력을 가해 파쇄한 생미역과 건미역을 통과시켜 배출물의 점도를 측정하여 그림 2-31에 나타내었다. 파쇄만을 거친 생미역과 건미역의 점도는 서로 거의 유사한 값을 가졌는데, 2차 파쇄한 경우의 점도가 훨씬 낮게 나타났다. 이것은 파쇄한 건미역이 생미역보다 약간 더 입자가 작게 파쇄되었기 때문으로 추측된다. 그리고 가해지는 압력이 높아질수록 점도는 감소하여 일정한 값에 수렴함을 보였다. 이것은 본 연구에 사용한 압출장치로는 약 40기압에서 충분히 cell burst 효과가 나타났고, 보다 강한 cell burst 효과를 얻기 위해서는 압출장치를 개선할 필요가 있다.

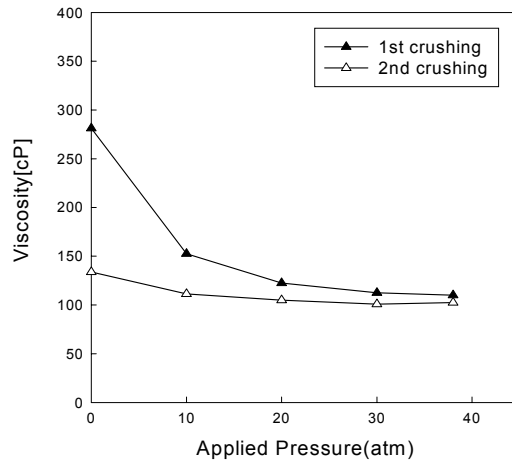
마. 속도론적 해석

생미역과 건미역을 대상으로 하여 cell burst method에 의한 처리효과는 거의 같게 나타났다. 그리고 처리효과는 2차 파쇄하여 38기압으로 가해진 배출구 직경 2mm의 압출장치를 사용하는 것이 가장 우수한 것으로 나타났다. 이렇게 얻은 해조류는 cell burst process를 거치지 않은 해조류보다 용해효율이 좋을 것으로 기대된다. NaOH 용액에 의한 용해에 있어서 속도론적 해석을 통하여 용해효율을 검토하였다. 실험재료는 2차 파쇄한 생미역을 38기압의 직경 2mm 압출장치를 사용해 압출하여 사용하였다.

그림 2-32는 앞에서와 같이 여러 용해온도에서 NaOH 농도를 달리하면서 용해시간에 따른 NaOH 농도변화를 나타낸 것이다. 초기 NaOH 용액의 농도가 0.7N에서는 초기에 빠르게 감소하는 경향을 보였다. 다른 농도에서도 유사한 경향을 보이며, 초기농도가 낮아지면 감소하는 경향도 둔해지고, 4시간부터는 거의 일정한 값에 접근하였다.

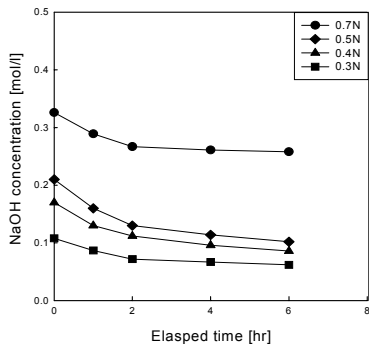


(a) 생미역

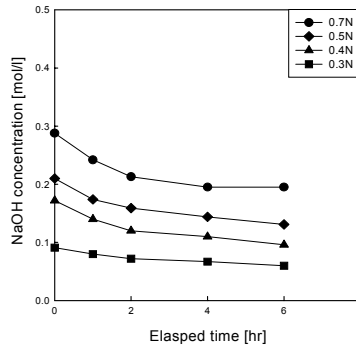


(b) 건미역

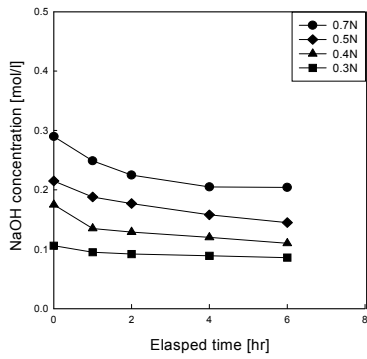
그림 2-31. 압출장치의 압력변화에 따른 배출 해조류의 점도변화



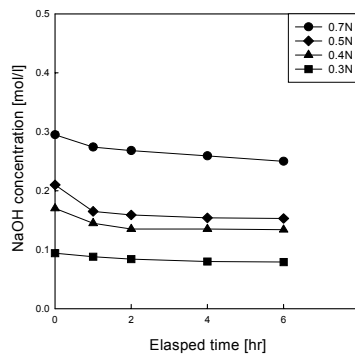
(a) 98°C



(b) 90°C



(c) 80°C



(d) 70°C

그림 2-32. 초기농도를 달리 한 용해에서 경과시간에 따른 NaOH의 농도변화 (해조류 : NaOH 용액 = 200g : 200cc)

그림 2-34에 나타낸 $1/T$ 에 대한 $\ln k'$ plot의 기울기(-2.61)에서 겉보기 활성화 에너지(E')를 구해 본 결과, 5.2kcal/mol임을 알았다. 이 값은 cell burst process를 이용하지 않은 생미역에 대한 활성화에너지(8.4kcal/mol)보다 약 40% 감소한 것이다.

따라서 폐미역은 cell burst process를 거치는 동안 내부 및 외부조직이 파열되고 swelling되어 NaOH에 의해 용해하기 쉬운 상태로 변화된 것으로 생각할 수 있다.

표 2-8. 여러 용해온도에서 NaOH 농도에 대한 초기 용해속도의 변화

용해온도 (°C)	NaOH의 초기농도(N)	CA ₀	lnCA ₀	(-dCA/dt) ₀	ln(-dCA/dt) ₀
98	0.7N	0.33	-1.10866	15/10=1.5	0.405465
	0.5N	0.21	-1.56065	11/10=1.1	0.095310
	0.4N	0.17	-1.77196	10/10=1	0
	0.3N	0.11	-2.20728	6/10=0.6	-0.510826
90	0.7N	0.29	-1.23787	11/10=1.1	0.095310
	0.5N	0.21	-1.56065	10/10=0.9	-0.105361
	0.4N	0.17	-1.77196	7/10=0.7	-0.356675
	0.3N	0.09	-2.40795	4/10=0.4	-0.916291
80	0.7N	0.29	-1.23787	11/10=1.1	-0.095310
	0.5N	0.22	-1.514128	8/10=0.8	-0.223144
	0.4N	0.18	-1.714799	7/10=0.7	-0.356675
	0.3N	0.11	-2.20728	4/10=0.4	-0.916291
70	0.7N	0.3	-1.203973	8/10=0.8	-0.223144
	0.5N	0.21	-1.56065	6/10=0.6	-0.510826
	0.4N	0.17	-1.77196	5/10=0.5	-0.693147
	0.3N	0.09	-2.40795	3/10=0.3	-1.203973

이상과 같이, 해조류를 cell burst process에 적용하면, 해조류가 용해하기 쉬운 상태로 변화함을 확인되었다. 그래서 용해효율이 향상되었지를 확인하기 위하여, 앞에서 얻은 최적조건, 즉 NaOH 용액에 대한 해조류의 비를 1:1로 하고, 용해온도를 80°C로 하여 용해실험을 수행하였다. Cell burst process를 통하여 얻은 해조류는 용해를 시작하여 7시간이 경과하면 pH 12.2, 점도 490cp인 용액이 얻어졌다. 즉, cell burst process를 이용하지 않은 해조류의 용해시간인 9시간 후의 값과 유사하여 용해시간이 2시간 단축됨을 알 수 있었다. 결과적으로 해조류를 cell burst method으로 처리하면 알칼리 용액에 의한 용해효율이 향상되어 액체비료를 제조하는데 효과적인 공정이 개발될 수 있음을 시사하였다.

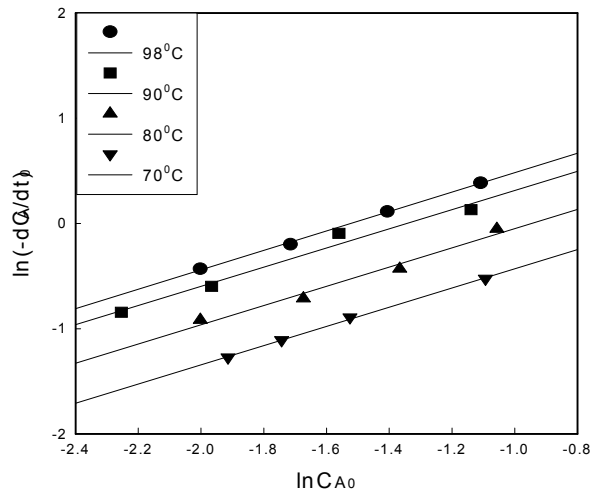


그림 2-33. 여러 용해온도에서 $\ln C_{A0}$ 에 대한 $\ln[-(dC_A/dt)_0]$ 의 plot

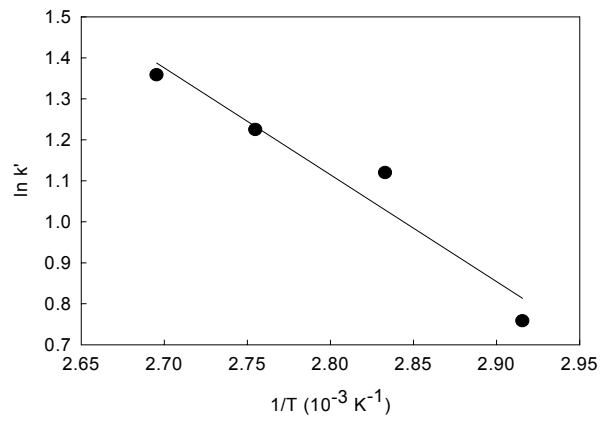


그림 2-34. Cell burst process를 거친 페미역의 용해에 대한 Arrhenius plot

제 4 절 결과요약

폐기된 해조류(주로 미역)를 토양개량제 및 액체비료로 활용할 목적으로, 재료의 타당성 조사, 알칼리 용액에 의한 액화에 있어서 효율적인 용매선정 및 제조방법 그리고 분말화 방법에 대하여 검토하였다. 실험재료는 다시마, 미역과 톳을 믹서로 파쇄하거나 건조시켜 사용하고, 용해를 위한 첨가제로는 알칼리 용액과 무기산 용액을 사용하였다. 용해효율은 pH와 점도변화 및 용해상태 관찰을 통하여 조사하였고, 수분의 함량과 화학적 조성분석 및 용해속도 해석도 수행하였다.

해조류는 많은 미네랄 성분을 함유하고 있었고, 중금속은 검출되지 않았다. 원료로는 확보의 용이성, 경제성 및 국외 경쟁력 면에서 우리나라 해안의 미역 양식장에서 폐기되는 미역이 가장 적절하며, 다시마 가격의 폭락으로 인해 바다에 방치되는 다시마도 원료로서 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 해조류의 용해를 위한 첨가제는 산 용액보다는 알칼리 용액이 우수하였다. 0.5N의 NaOH 용액으로 9시간동안 80℃에서 처리하면 균일하게 용해된 다시마 용액이 얻어졌다. 알칼리 중에서 NaOH 용액이 가장 효율적이었다. 고농도의 KOH 용액을 사용하면 NaOH 용액과 유사한 용액을 얻을 수 있지만, NaOH 용액보다 용해효율이 떨어짐을 알았다. NaOH 용액으로 제조한 해조류 용액은 인산용액으로 중화하고 적절한 배율로 희석하여 작물에 대한 시비효과 실험에 활용하였다. 폐 미역의 최적 용해조건은 NaOH 용액에 대한 해조류의 비를 1:1로 하고, 용해온도는 80℃이고 용해시간은 12시간정도이었다.

또한 시제품으로 제조한 액체비료에서 중금속은 전혀 발견되지 않았다. 해조류가 가지고 있던 오옥신과 사이토카이닌과 같은 식물생장 호르몬은 폐미역을 파쇄하여 80℃의 NaOH 용액으로 12시간동안 용해하더라도 파괴되지 않음을 알았다. 해조류의 분말화는 건조한 해조류를 미세하게 파쇄하는 방법보다 알칼리 용액으로 용해한 용액을 건조시켜 얻는 방법이 타당한 것으로 생각되었다. 초기 해조류 농도를 일정하게 하고, NaOH의 농도를 변화시켜 용해시간에 따른 NaOH의 농도변화를 조사하여

속도식을 해석한 결과, 해조류의 용해속도는 NaOH의 농도에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 유도한 속도식은 $-r_A=2.380C_A^{0.91}$ 이었고, 겉보기 활성화 에너지는 8.4kcal/mol이었다.

연속공정 기술개발의 일환으로, 파쇄한 폐미역을 재료로 하여 cell burst method에 의한 해조류의 처리효과를 조사하였다. 건미역을 24시간 정도 물에 침적하여 생미역과 같은 상태가 되도록 하면, 생미역과 건미역 어느 재료를 사용해도 같은 결과를 얻을 수 있고, 2차 파쇄한 폐미역은 38기압의 2mm 압출장치에서 효과적으로 모두 잘 배출됨을 알았다. Cell burst method으로 처리한 해조류에 대하여 속도론적 해석을 수행하였다. 유도한 속도식은 $-r_A=3.06C_A^{0.86}$ 이었고, 겉보기 활성화 에너지는 5.2kcal/mol이었다. Cell burst method를 이용하지 않은 경우의 용해 반응차수와 거의 같았으나, 활성화에너지는 약 40% 감소하였다. 따라서 폐미역은 cell burst process를 거치는 동안 내부 및 외부조직이 파열되고 swelling되어 NaOH 용액에 의해 용해하기 쉬운 상태로 변화된 것으로 생각되었다.

제 3 장 해조류의 농업적 이용 예비검토

제 1 절 서 언

식물생육과 관련하여 해조류는 비료와 토양 유기물자원으로서 가치는 이미 오래 전부터 확인된 바 있으며(Stephenson, 1974), 해조류 채취운반이 용이한 해안지역 농경지를 중심으로 토양유기질자원으로 활용되곤 하였다(Blunden, 1991). 해조류에 함유되어 있는 화학적 특성 때문에 일반 경지토양에서 흔히 부족현상을 나타내는 미량성분의 보충공급이 가능하고, 같은 양의 해조류를 퇴비와 비교할 때 질소함량은 비슷하지만 칼리함량은 높고 인산함량은 낮다고 알려져 있어서(Chapman과 Chapman,

1980) 인산의 축적량이 많은 우리나라 경지토양의 화학특성 현실을 고려하면 실용면에서 훨씬 유리한 농업용 유기질 비료자원임에 틀림없다.

해조류 시용에 있어 식물들의 반응은 다양하다. 이에 포함되는 혜택으로 높은 수량성, 양분흡수 증가, 식물조직구성의 변화, 서리에 대한 저항성 증가, 병충해발생 저감, 과일의 저장손실 감소, 및 종자발아 향상 등이 알려져 있다(Blaine 등, 1990).

이상과 같은 결과들을 증명하는 연구결과로서 해조류에 함유된 킬레이트 특성을 갖는 물질에 의한 효과(Lynn, 1972), 또한 작물에 의한 영양분의 흡수증진 (Offermans, 1968; Senn and Kingman, 1978) 및 식물생장 조절물질에 의한 작용 (Aitken and Senn, 1965) 등이 보고된 바 있다. 그러나 우리나라에서는 인공적으로 양식에 의한 해조류 생산과 자연채취 등으로 해조류의 생산과 가공이 활발하나 농업 생산성에 관련된 연구는 찾아보기 어려운 실정에 있다.

따라서 본 장에서는 해조류 농업적 이용에 관련된 예비실험으로서 종자의 발아, 작물의 유묘단계 성장반응 및 수량성을 주로 확인하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 해조류 추출액의 종자처리

원예작물 고추 외 7종의 종자 발아에 대한 실내실험으로 다시마 분해추출액 시제 품을 증류수에 희석한 70배액과 증류수를 각각 여과지가 담긴 petri dish(Ψ 90mm)에 처리하고 항온기에서 28℃로 항온 발아시키면서 발아반응을 관찰하였다.

2. 작물에 대한 엽면시비 및 토양처리

가. 쪽파 및 보리

1) 공시재료

본 실험에 공시한 쪽파(*Allium x wakegi* ARAKI)품종은 조생종으로 보성군 농업 기술센터에서 분양 받은 종구를 이용하였으며, 보리(*Hordeum vulgare* L.)품종은 진 라남도 농업기술원에서 쌀보리 종자를 분양 받아 실험에 이용하였다.

2) 시험구 배치

쪽파는 난괴법 3반복으로 배치하였고, 넓이 180cm 규격으로 구멍은 가로 12cm 세 로 15cm 간격으로 1줄당 14공 흑색 멀칭용비닐로 멀칭 한 다음, 2~3구씩 분구 한 것을 2~3cm 깊이로 식재한 포장에서 구당 408주를 단위로 하였으며, 구당면적은 9 m²을 1구로 하였다. 또한 보리는 1휴가 40×18cm로 산파 하였으며, 총 7휴(9m²)를 1구 로 하였다.

3) 처리 및 조사방법

쪽파와 보리의 각 처리구는 각각 N-P-K=10-7-8kg, N-P-K=9-7-4kg/10a수준으로 기비로 처리하였다.

조사방법은 쪽파의 경우 초장, 분얼수, 엽수, 생체중 및 건물중 등의 생장반응을 조사하였으며, 보리는 수장, 간장, 수수, 립수, 천립중, 수량 등의 수량반응조사와 건물중을 조사하여 처리간에 비교하였다.

표 3-1. 쪽파와 보리의 처리내용

처 리	처리내용
대조구(CON)	쪽파:N-P-K=10-7-8kg, 보리:N-P-K=9-7-4kg/10a
시판퇴비(COMP)	시판 유기질비료 200kg/10a
해조류 분말(SP)	해조류 분말 69kg/10a
종구/종자 침적(SS)	종구와 종자를 시판 해조류 추출물 700배 희석액에 6시간 침적 후 파종
SS+FA	침적파종 출아 후 10일 간격 엽면시비 (시판 해조류 추출물 1000배 희석)
엽면처리(FA)	출아 후 10일 간격 엽면시비 (")

나. 토마토

1) 공시재료

공시한 토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill)는 로꾸산마루 품종의 유묘를 구입하여 실험에 사용하였다.

2) 시험구 배치

난괴법 3반복으로 배치하였고 구당 64주를 단위로 하였으며, 구당면적은 휴간 90cm 주간 50cm로 흑색 멀칭용비닐로 멀칭 한 다음 32주씩 2휴(47.6m²)를 1구로 유묘를

식재하였다.

3) 처리 및 조사방법

시비는 본 실험이 예비실험으로 단기간에 걸쳐 수행될 예정이기 때문에 토마토의 기준시비량 중 기비수준인 N-P-K=14-16-8kg/10a만을 시비하였다. FA처리의 경우는 권장처리로서 시판 해조류 추출물 1,000배액을 정식 후 개화 전 1회, 첫 열매가 맺혔을 때 1회, 수확 48시간 이내 1회 엽면시비 하였다.

토마토는 지상부인 초장, 엽수, 엽록소함량, 경경, 주당과수 등을 유묘의 초기 생장반응 조사를 하였으며, 토마토는 과중, 과폭, 가용성고형물, 과즙의 pH 등을 농촌진흥청 농사시험조사기준에 의거 생장반응을 조사하였고, 얻어진 결과는 통계 처리하여 유의성을 확인하였다.

또한 토마토 수확 후 토양시료를 채취 분석 후 토양중의 이화학적 성을 각 처리구간에 비교하였다.

표 3-2. 토마토에 대한 처리내용

처 리	처리내용
대조구(CON)	N-P-K=14-16-8kg/10a
시판 돈분퇴비구 (COMP)	시판 유기질비료 240kg/10a
해조류 분말처리(SP)	건조 다시마 분말 56kg/10a
생미역 처리(FS)	생미역 560kg/10a
유묘침적 처리(SS)	유묘를 시판 추출현탁액 1,000배 희석액에 6시간 침적 후 이식
유묘침적+추출물 희석액 2주간격으로 엽면처리 (SS+SL2W)	침적 정식 후 2주 간격으로 해조류 추출액 1000배 희석액 엽면시비
엽면시비 권장처리(FA)	시판 추출현탁액 1,000배 희석액을 엽면시비

제3절 연구결과 및 고찰

1. 해조류 추출액의 종자처리에서 발아특성

원예작물 종자에 해조류 추출액을 처리한 결과 표3-3에서와 같이 부추, 배추 및 보리를 제외한 종자에서 전반적으로 발아율이 향상되는 경향이었으며, 발아율에서는 차이가 없으나 발아 이후의 지상 및 지하부의 신장상태는 그림 3-1과 같이 증류수처리보다 양호함을 보였다. 일반적으로 Cytokinin은 뿌리발근을 저해(Van Staden과 Harty, 1988)하는 것으로 알려져 있고, 뿌리의 발근 촉진에는 Auxin이 작용하기 때문에(Hartman과 Kesler, 1975) 높은 발아율을 보이는 것은 해조류에 함유된 Auxin에 의한 것으로 생각되며 발아이후의 뿌리신장효과는 Cytokinin의 작용과 해조류 추출액에 함유된 영양분의 효과로 판단된다.

표 3-3. 해조류 추출액 종자처리에 대한 발아율

품 종	처리내용	7일후 발아율 (%)
가 지	*Seaweed	96.3
	증 류 수	81.0
토마토	Seaweed	95.3
	증 류 수	91.3
부 추	Seaweed	83.3
	증 류 수	84.3
상 추	Seaweed	95.0
	증 류 수	85.6
배 추	Seaweed	99.3
	증 류 수	98.6
열 무	Seaweed	97.3
	증 류 수	94.0
보 리	Seaweed	93.5
	증 류 수	93.5
고 추	Seaweed	41.0
	증 류 수	40.0

* Seaweed : 시판 해조류 분해추출액 700배액

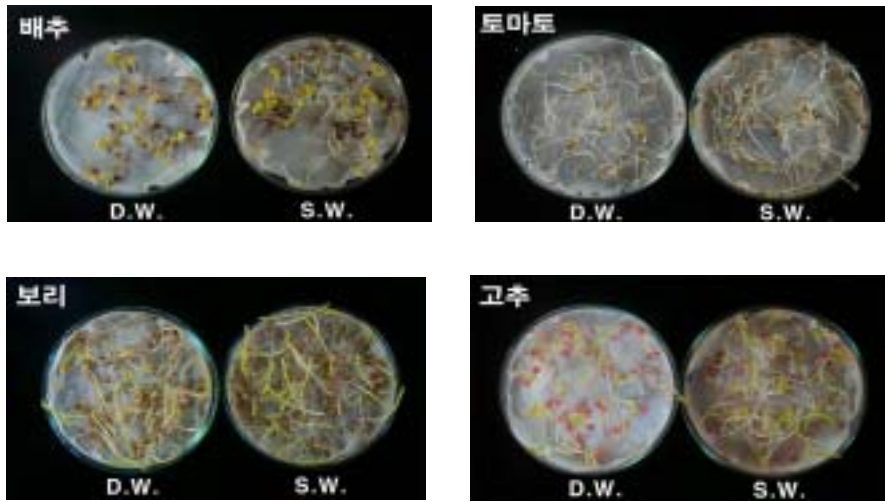


그림 3-1. 토마토, 배추, 보리, 고추종자의 치상 7일 후의 발아비교 사진

2. 유묘의 엽면시비 및 토양처리에서 성장반응

가. 쪽파 및 보리

쪽파 및 보리에 대한 해조류 추출분해액 처리에 따른 성장반응과 관련된 실험은 순천대학교 부속농장 포장에서 아래 그림 3-2와 같이 수행하였다.



쪽파 시험구

보리 시험구

그림 3-2. 쪽파와 보리의 포장시험 전경

먼저 쪽파의 엽면시비에 대한 초기 성장반응효과는 조사항목인 초장, 분얼수, 엽수 및 생체중에서 다소 높게 나타났으며, 그림 3-3에서 보여주는 사진과 같이 가시적인 차이를 확인할 수 있었다. Nelson과 Staden(1984)의 오이에 대한 해조류 추출물 엽면시비 효과연구 결과 오이의 전반적인 건물중과 엽면적 등의 성장반응에서 매우 저농도로 엽면시비 하는 것이 가장 효과가 양호하였다고 보고한 바 있다.

쪽파의 엽면시비에 대한 수확 후 성장반응 조사 결과를 보면 표 3-4와 같으며 초기 성장반응의 효과와 같이 엽면시비를 처리한 구에서 생육특성이 전반적으로 양호한 결과를 보였다. 초장은 SS+FA처리구가 48.87cm로 대조구보다 9.22cm 컸으며, 분얼수와 엽수는 각각 10.25, 39.8개로 4.28, 17.8개가 많았으며, 건물중은 25.21g로 2배 정도 무거운 경향을 보였다. 전반적으로 대조구에 비해 해조류 추출 분해액을 엽



그림 3-3. 해조류 추출액을 처리한 쪽파 파종 9주 후의 식물체 성장비교

면시비 처리한 구에서 고도의 유의성이 인정되었다. 또한 여기서 엽면시비할 경우 다른 작물에 비해 쪽파 엽면의 wax층으로 인해 분무액이 예상외로 묻어 있지 않은 현상도 있으나 토양으로 스며들어 결국 뿌리를 통한 흡수이용이 가능한 것으로 판단되었다.

보리의 경우도 마찬가지로 수확 후 수량반응을 조사한 결과를 보면 표 3-5와 같으며 쪽파의 성장반응 조사와 비슷한 경향을 보였다. 간장은 SS+FA처리구가 88.79cm로 8.11cm가 더 컸으며, 수장은 모든 처리구에서 고도의 통계적인 유의차가 인정되었다. 수수 및 립수는 m²당 423개와 42.55개로 FA처리구가 가장 많았으며 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 천립중은 SS+FA처리구와 FA처리구에서 유의성 있는 차이가 인정되었다. 또한 지상부 건물중을 보면 10a당 431kg으로 SS+FS처리구에서 대조구 보다 23kg 더 무거운 것으로 조사되었다. 수량 역시 SS+FS처리구에서 10a당 438.7kg으로 가장 많았으며 대조구에 비해 5%가 더 많이 증수되었다. 수장과 천립중에서 해조류 추출 분해액 처리구와 대조구간에 통계적인 유의성이 인정되었다. Taylor(1990) 등은 cytokinin이 함유된 해조류 추출액을 처리한 보리에 대한 4년간 포장실험을 수행한 결과 보리 생육과 수량에 영향을 미치지 않았다고 보고한 바 있으며, Miers와 Perry(1986)는 해조류 추출액이 포함된 유기재료를 처리한 밀 재배에서 밀 수량의 증수 실패를 보고한 연구 결과가 있으나, 본 보리의 해조류 침출 분해액 실험의 조사결과와는 일치하지 않았다.

표 3-4. 해조류 추출액 엽면시비에 따른 쪽파의 성장반응 조사

Treatment	Plant length (cm)	Tiller number (No.)	Leaf number (No.)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
CON	38.65	5.97	22.0	99.08	12.66
SS	39.88	7.20	25.4	105.56	14.88**
SS+FA	47.87**	10.25*	39.8*	198.42*	25.21**
FA	47.44**	9.00*	38.1*	181.26*	22.38**
LSD .05	1.72	1.68	7.2	35.29	1.20
.01	5.03	4.92	21.0	103.29	1.27

*and **: Significant at 5% and 1% levels by LSD

표 3-5. 해조류 추출액 엽면시비에 따른 보리의 성장반응 조사

Treat-ment	Stem length (cm)	Ear length (cm)	No. of ear per m ²	No. of grains per spike	Wt. of 1000 grains (g)	Shoot dry weight (kg/10a)	Yield (kg/10a)
CON	80.68	4.05	420	40.30	20.57	408	417.8 (100)
SS	84.47	4.66**	421	41.75	21.82	412	422.9 (101)
SS+FA	88.79	4.70**	420	42.55	24.37**	431	438.7 (105)
FA	86.63	4.73**	423	42.50	23.56*	429	434.5 (104)
LSD .05	9.48	0.39	4.68	4.15	2.36	100.9	
.01	13.06	0.53	6.45	5.72	3.25	139.1	

* and ** : Significant at 5% and 1% levels by LSD, () : 수량지수

다. 토마토

토마토의 경우는 표 3-6에서와 같이 처리간 생육반응에 일정한 경향을 나타내지 않고 있어 기 보고된 토마토 대상의 해조류 추출물 1,000배액을 엽면과 토양관주 처리한 결과 토마토의 생육이 향상되었고, 뿌리의 생장도 증진되었다고 보고한 결과 (Featonby-Smith와 Staden,1983)와는 일치하지 않고 있다.

본 포장시험지의 토양환경이 토마토 재배에 적합하지 않은 식양질의 토양특성에 기인한다고 판단이 되며 동일 포장에 식재한 고추에 비해 영양요구성도 낮은데 기인하며 일반적으로 근권의 산소요구도 다른 작물에 비해 훨씬 크다고 하는 이유로 해석되었다. 여기서 크게 주목이 되는 점은 초장이나 엽록소함량의 조사결과에서 대조구의 110.2cm에 비해 FS구가 102.9cm로 현저하게 초장이 작고 엽록소함량이 5.1mg으로 낮은 결과는 생미역 시용 초기부터 미생물에 의한 무기화작용이 진행됨으로서 토양공기 중의 산소의 고갈에 기인한 생육장애로 해석된다.

표 3-6. 해조류 제재별 처리에 따른 노지 토마토 생육반응과 수량

Treat-ments	Plant height (cm)	Leaf No. (plant)	Chloro-phyll (mg /100cm ²)	Stem dia. (mm)	Green fruit No. (plant)	Mature fruit wt. (g/plant)	Mature fruit wt. (kg/Plot)	Ave. Width (mm)	Juice pH	brix (%)
CON	110.2	21.3	5.7	15.7	7.5	181.2	21.24	73.3	4.42	3.87
COMF	117.4	21.7	5.8	15.5	8.6	187.4	21.01	74.1	4.41	3.67
SP	111.5	22.0	5.4	17.6	8.1	188.7	21.87	74.1	4.35	3.73
FS	102.9	20.2	5.1	16.0	4.1	162.4	20.68	69.5	4.42	3.40
SS	113.5	21.2	5.5	15.7	6.0	182.3	21.94	74.9	4.31	4.00
SS /SL2W	113.1	21.7	5.3	15.9	6.0	191.4	24.05	74.2	4.35	4.07
SWR	119.1	22.0	5.7	16.1	5.8	183.2	23.27	73.9	4.39	4.13

그러나 통계적 유의성은 없으나 생육 조사결과에서 초장과 경직경에 다소간 두드러진 점은 초장의 경우 대조구 112.2cm에 비해서 시판퇴비구(COMF)와 추출물 1000 배희석액 권장처리(SWR)에서 117.4cm와 119.1cm를 각각 보였으며, 경직경은 분말처리구(SP)가 17.6mm로서 대조구 15.7mm에 비해 다소 높은 값을 나타내고 있다. 한편 구당 숙과중은 대조구 21.2kg에 비해 높은 수량을 보이는 처리는 유묘침적+추출액 엽면시용구(24.1kg)>추출액 엽면 권장처리(23.3kg)>유묘침적≥분말처리(21.9kg)의 순서 였다. 토마토의 당도는 해조류 추출물 침적이나 엽면 처리구들에서 약간 높은 경향을 보였다.

Igbowe등(1990)은 토마토(Better Boy) 수량과 품질에 관련하여 해조류 추출액 엽면시비 효과를 구명하기 위해 4개 희석농도(500, 250, 167, 125)로 1, 2, 3 주 및 4주간격으로 처리한 결과, 1:500희석율로 매주 처리한 구가 수량과 향이 좋았으며, 주당 과실수와 과중에서 각각 16%, 18%의 유의적인 증가를 보였고, 상품성이 없는 과실

도 약 40% 감소하였다고 보고하였으며, 과일즙의 pH도 대조구 4.1에 비해 해조류처리구에서 4.2-4.5로 높아졌고, 가용성 고형물도 대조구 3.2%에 비해 해조류 처리구는 3.3-4.2%범위를 나타냈다고 보고한 바 있으나, 본 실험에서는 과실의 과중 및 과폭, 및 과즙 pH 등의 조사항목에서 처리특성에 따른 일정한 경향을 얻을 수 없었다

제 4 절 결과요약

해조류의 농업적 이용에 관련된 예비검토로서 가지 외 7개 원예작물을 대상으로 종자발아특성을 구명하고, 쪽파, 보리, 감자, 고추 및 토마토에 대하여 유묘의 엽면시비 및 추출액 처리에 따른 초기 성장반응을 구명하기 위해 예비실험을 수행한 결과는 다음과 같다.

공시한 8개 원예작물 중 보리, 배추 및 부추를 제외한 가지, 토마토, 상추, 열무 등 4개 작물에서 발아율이 향상되는 경향을 보였으며, 고추, 배추 및 보리는 발아율에는 차이가 없으나 발아 이후의 지상부와 뿌리의 신장을 촉진시켰다

쪽파와 보리를 대상으로 해조류 추출액 엽면시비 결과 쪽파의 초기생장에서 초장, 분얼수, 엽수 및 생체중에서 유의적인 증가를 보였으며, 보리는 수량구성요소와 수량에서 통계적으로 유의성 있는 증가를 보였다.

토마토의 경우 초기생육은 일정한 경향을 얻지 못했으나, 해조류 추출물 1000배희석액 권장처리(SWR)에서 초장과 경직경에 다소간 증가를 보였고, 경직경은 분말처리구(SP)에서 그리고 구당 숙과중은 대조구에 비해 높은 수량을 보이는 처리는 SS+SL2W(24.1kg) > SWR(23.3kg) > SS ≥ SP(21.9kg)의 순서였다.

제 4 장 해조류의 토양환경개선 효과

제 1 절 서 언

토양 비옥도와 생산성은 토양에 대한 적절하고 정기적인 유기물 자재의 첨가에서 유래하여 주로 영향을 받게되며, 토양유기물 혜택들에는 식물영양적, 화학적, 물리적 및 생물적 환경에 지대한 영향을 미친다.

토양개선제와 비료로서 해조류관련 제품들이 최근까지 많은 과학적 실험을 토대로 식물의 생육과 수량을 증진 향상시킨다고 알려져 있다. 해조류가 농업에 이용되어져 온 것은 수세기 전부터 알려진 사실이지만, 원예작물에 대한 활용은 비교적 최근의 일이다. 해조류 초기 이용은 해안지역을 중심으로 다시마류를 직접 수거하여 퇴비의 형태로 사용하였고, 그 후 해조류의 건조분말을 토양에 사용하였다. 해조류분말을 토양에 사용 함으로서 얻을 수 있는 두 가지 기능은 비료와 토양개선제로서 역할을 기대할 수 있으며, 다시 말하면 서서히 방출되는 해조류 중 무기영양분과, 해조류의 분해과정에서 일어나는 토양입단 안정성과 통기성 증가 등의 혜택에 의한 것으로 해석하고 있다(Crouch와 Staden. 1994)

일반적으로 해조류제형은 분말과 분해추출액을 이용하는데 해조류 자체에 함유된 영양분의 공급과 투입된 해조류가 미생물의 활성을 향상시킴으로서 얻어지는 무기양분의 유효화를 촉진하여 식물생육이 증진될 수 있으며(Caiozzi 등, 1968), 기능면에서 이 두 가지 제형에서 반응시간의 차이를 보일 수 있다. 즉, 해조류 분말은 식물에 의해서 이용되기 전 미생물에 의한 분해 무기화과정이 필요하고, 액체 해조류제형은 분해가 이미 완료되어 식물의 잎과 뿌리로 하여금 즉시 흡수할 수 있는 속효성이라는 점이다. 따라서 해조류 분말은 해조류 분해액에 비하여 토양환경 개선제로서 효과가 더 기대된다.

따라서 본 장에서는 해조류 분말과 추출액을 토양에 처리하고 토양물리화학적 특성과 미생물적 특성변화를 조사하여 작물생육과 토양환경 개선효과를 구명하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

해조류 건조분말(다시마)을 토양에 처리하여 시판 퇴비와 그 효과를 비교하면서 토양물리·화학적 특성과 주요 토양미생물의 군락변이와 호흡량, 그 외 해조류를 토양에 처리함으로써 우려될 수 있는 특정 무기물(중금속)의 토양 내 변화추이를 조사하기 위해 앞의 제3장 제1절 재료 및 방법 2항에서 기술된 공시작물 보리 실험 후 채취한 토양을 이용하여 아래의 실험방법에 따라 조사 분석하였고, 따로 Pot실험으로서 상추를 공시작물로 한 실험과, 표 4-1의 화학특성들을 갖은 사토와 양토만을 각각 Pot에 충전하고 작물을 심지 않은 조건에서 토양미생물의 군락변이와 호흡량, 투수성 및 내수성 입단화율 등을 조사하기 위해 해조류 분말, 생미역 등을 처리하고 방림상태에서 토양환경 개선효과를 조사하였다.

표 4-1. 상추에 대한 해조류 제재 처리내용

	처 리	처리내용
유기물 재료별	대조구1	N-P-K=10-6-6.4kg/10a
	벗짚(RS)	벗짚 50g/pot(C/N을 조절, 건물중기준)
	시판퇴비(COF)	시판 유기질비료 77.4g/pot (건물중기준)
	해조류 분말(SP)	해조류 다시마분말 9g/pot
	해조류 분말 2배량(SP×2)	해조류 분말 19.4g/pot
해조류 추출물	해조류 추출물관주(SD)	10일 간격으로 토양관주 (1000배 희석)
	엽면처리(FS)	10일 간격으로 엽면시비 (")
	SD+FS	10일 간격 토양관주+엽면시비 (")

1. 공시작물 및 Pot준비

본 실험은 상추(*Lactuca sativa* L.) 적치마 품종을 공시하고 순천대학교 부속농장 밭 토양을 이용하여 완효성 복합비료 18-7-9-2(질소-인산-가리-고토)를 pot당 토양 부피로 계산하여 전량 기비로 처리하여 혼합 후 사각의 pot(L40cm×W31cm×H15cm)에 충전하여 각 pot당 5주씩 상추를 파종하여 glasshouse내에서 재배하였다.

2. 처리내용 및 조사방법

상추에 대한 해조류의 시용효과를 구명하기 위하여 해조류추출액 엽면시비(FS), 해조류추출액 토양관주(SD), 토양관주(SD)+엽면시비(FS) 4처리구와 벧짚(RS), 시판 유기질비료(COF), 해조류 분말(SP) 5처리로 하였으며, 재료의 화학성은 표 4-2와 같다. 모든 처리는 완전임의배치 5반복으로 pot 시험으로 표 4-2와 같이 실시하였다.

표 4-2. 사용된 해조류 추출액과 유기재료의 화학적 조성

Treatment	Seaweed powder	Compost	Rice straw	Seaweed* extract
Moisture (%)	12.0	49.0	6.3	5.0
O.M.	85.3	85.7	85.95	55
T-N	1.64	1.87	0.74	2
T-P	0.23	0.72	0.01	2
K ₂ O	3.57	0.66	0.51	18
CaO	0.62	0.76	0.71	4.2
MgO	0.36	0.30	0.31	0.83
Na ₂ O	2.04	0.14	0.61	1.75
Fe(ppm)	225	2446	183.5	250
Cd	-	0.13	-	1
Mn	3.50	162.6	9.90	15
Co	0.30	-	-	1
Cu	-	79.7	1	30
Zn	11.7	229	16.55	50
Pb	-	0.38	-	1
Hg	-	-	-	-

* : Commercial Seaweed extracts(NutriKelp[®])

상추 파종 후 5주째와 11주째에 엽수, 엽면적, 엽록소함량, 생체중 및 건물중 등의 성장반응조사를 하였으며, 11주째에 토양중의 미생물상 및 호흡량, 효소활성에 미치는 영향을 조사 분석하여 각 처리구간에 비교하였으며, 각 처리구에 사용된 해조류 추출액과 분말에 대한 화학적조성은 표 4-3과 같다.

표 4-3. 실험에 사용한 사토와 양토의 화학성

Chemical properties	Loamy soil	Sandy soil
Moisture (%)	48.3	25.4
pH (1:5)	4.76	5.52
O.M (g/kg)	1.0	17.2
T-N (%)	0.01	0.12
Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	5.0	275.4
Exchangeable K (cmol/kg)	0.22	0.47
Ca	0.13	4.51
Mg	0.26	1.11
Na	0.02	0.10
Fe (mg/kg)	22.8	14.7
Mn	5.9	7.4
Cu	-	5.2
Zn	0.17	4.3

3. 토양의 물리화학적 특성조사

가. 토양분석방법

시험 전후 토양은 시료를 채취하여 음건한 후 2mm 체를 통과한 시료를 분석에 이용하였으며, 토성, 입단화율, 용적밀도 등의 토양물리성과 pH, 유기물함량, Av.-P₂O₅ 및 치환성 염기(K, Na, Ca, Mg)와 미량원소(Fe, Mn, Cu, Zn) 중금속 등의 토양 이 화학성을 토양화학분석법(농촌진흥청 농업기술연구소, 1989)에 준하여 분석하며 구체적인 분석방법은 다음과 같다.

1) 입단화율 : 현지포장의 경토층에서 채취한 토양을 Tiulin과 Yorder가 고안한 입단 분석기를 이용하여 수중사별법으로 분석하였다. 즉 2.0, 1.0, 0.1, 0.25, 0.1mm의 각각의 체로 구성된 체꾸러미 상단에 10분간 정치하여 팽윤 시킨 다음 수중에서 30분간 상하운동 시킨다. 상하운동이 끝나면 체를 105℃ 열풍 건조기에서 7~8시간 건조 후 체 크기별로 평량하여 입단 크기별로 백분율(%)로 표시하였다.

2) 용적밀도 : 현지토양의 경토층에 코아(Core)를 수직으로 삽입하면서 토양구조를 파괴하지 않도록 들어내어 실험실로 운반하여 105℃ 열풍건조기에서 24시간 건조 후 코아와 토양시료만의 무게를 각각 구한 후 코아의 부피로 나누어 용적밀도를 계산하였다.

3) 토양산도(pH) : 풍건한 시료 10g을 100ml 비이커에 취하고 증류수 50ml을 가하여 1시간 진탕(160rpm/min)한 후 30분간 방치한 다음 pH Meter로 측정하였다.

4) 유기물함량(O.M) : Tyurin법으로 풍건한 시료 0.1~0.5g (200mesh를 통과한 시료)를 250ml 삼각 flask 에 취하고 10ml의 0.4N-중크롬산칼리황산 혼합지시약을 가한 다음 소형 여두를 덮고 200℃ 범위의 전 열판 위에서 가열한 다음 0.2N-황산 제1철암모늄으로 적정하여 탄소함량을 구한 후 계수 1.724를 곱하여 환산하였다.

5) 전질소(Total-N) : 풍건한 시료 5g를 Kjeldahl flask에 취하고 황산염 혼합분말 5g과 황산용액(Conc. H₂SO₄) 25ml을 가한 다음 분해용 전기로에서 무색이 될 때까지 분해하여 Auto-Kjeldahl (Auto- Kjeldahl, Vapodest 50, Gerhardt, 독일)을 이용하여 분석하였다.

6) 유효인산(Av.-P₂O₅) : Lancaster법으로 풍건한 시료 5g에 침출액 20ml을 넣고 10분간 진탕하여 황토내 인산을 침출시킨 다음 No.2 여과지로 여과하여 유도결합 플

라스마 분광광도계(ICP, Optima 3000DV, Perkin-Elmer, U.S.A)를 이용하여 분석하였다.

7) 치환성염기 : Ca, Mg, Na, K는 풍건한 시료 5g를 100ml 삼각플라스크에 넣고 1N-NH₄OAC 침출액 50 ml을 가하여 30분간 진탕(160rpm/min)한 다음 NO.2 여과지로 여과하여 ICP를 이용하여 분석하였다.

8) 염기치환용량(C.E.C)은 간이법으로서 다량원소인 Ca, Mg, Na, K의 전처리과정을 거쳐 pH Meter를 이용하여 pH를 정확하게 측정하고 이 여액을 I.C.P를 이용하여 분석한 후 이 값을 모두 합하여 C.E.C 값을 구하였다.

9) 미량원소 : Fe, Mn, Zn, Cu는 풍건한 시료 5g를 100ml 삼각플라스크에 넣고 DTPA법으로 침출시킨 후 No.2 여과지로 여과하여 ICP로 분석하였다.

10) 중금속 : Cd, Pb, Co, Hg는 풍건한 시료 10g를 100ml 삼각플라스크에 넣고 0.1N HCl로 침출시킨 후 5B 여과지로 여과하여 ICP를 이용하여 분석하였다

나. 식물체 분석

Ternary Solution법으로 시료 0.5g에 질산 5ml을 가하고 천천히 가열하여 건조시킨 후 Ternary Solution 10ml을 가하고 200℃ 가열판에서 가열하여 H₂SO₄ 및 HClO₄의 흰 연기를 날려보낸 후 백색 투명하게 하여 냉각시킨 후 뜨거운 물을 가하여 No. 6 여과지에 여과 후 100ml에 mess up하여 ICP를 이용하여 분석하였다.

다. 미생물 밀도조사

신선토20g(2mm)를 멸균수에 희석한 후 세균은 YG배지, *Pseudomonas*는 PIA(*Pseudomonas Isolation Agar*)배지, 방선균(*Actinomyces*)은 AIA (*Actionmyces*

Isolation Agar)배지, 사상균(Fungi)은 Rose Bengal 배지를 사용하여 토양현탁액을 각각 0.1ml씩 분주한 후 도말하여 28℃에서 3일, 5일 후에 계수하였다.

라. 토양호흡측정

알카리성 흡수제 방법으로 생토 100g을 취하여 0.5M NaOH 10ml을 가한 후 25℃에서 3일간 방치 한 후 0.2M HCl로 적정하여 mg CO₂-C로 환산하였다.

마. 효소활성의 측정

1) Phosphomonoesterase

풍건토 1g을 삼각 플라스크에 취한 후 4ml의 MUB(modified universal buffer)용액 및 0.2ml의 toulen과 1ml의 PNP용액을 가하고 잘 혼합하여 마개를 한 후 37℃에서 1시간 배양하여 0.5M CaCl₂ 1ml, 0.5M NaOH 4ml을 가하고 여과한 후 400nm 파장에서 UV/VIS 분광광도계(UV-VIS spectrophotometer, Lambda EZ 201, Perkin-Elmer, U.S.A)로 비색 측정하였다. 효소 활성은 $\mu\text{g PNP/g} \cdot \text{dry soil} \cdot \text{h}$ 로 표시하였다.

2) Dehydrogenase

풍건토 20g과 CaCO₃ 0.2g을 잘 혼합하여 시험관에 6g을 넣은 다음 3% 2,3,5-triphenyl tetrazolium(TTC)용액 1ml를 가하고 증류수 2.5ml를 가한 다음 37℃에서 24시간 배양시켜 메탄올 10ml를 가하고 1분간 잘 흔든 다음 여과하여 485nm 파장에서 UV/VIS 분광광도계(UV-VIS spectrophotometer, Lambda EZ 201, Perkin-Elmer, U.S.A)로 비색 측정하였다. 효소활성은 nmol, TPF/g \cdot dry soil \cdot h로 표시하였다.

제 3 절 연구결과 및 고찰

1. 해조류 분말 토양처리 전의 토양특성변화

시험에 사용한 토양은 표 4-4와 4-5에서 보는 바와 같이 사양토로서 일반적 토양 특성 특히 pH, 칼슘과 마그네슘함량이 부족하고 토양의 입단분포상태도 불량한 조건으로 토양의 집합도로 보는 입단직경 1mm이상의 백분율도 6.67%에 지나지 않았다.

2. 해조류 분말처리 후 보리재배 토양의 화학적 특성

제3장 예비실험 중 보리실험 수확 후 토양 시료를 채취하여 분석한 결과를 보면 표 4-6과 같다.

표 4-4. 시험 전 토양의 물리·화학적 특성

pH	EC	P ₂ O ₅	O.M	T-N	CEC	K	Ca	Mg	Na	Bulk density	Soil texture
(1:5)	(ds/m)	(mg/kg)	(g/kg)	(%)	Ex. -Cation(cmo/kg)					(g/cm ³)	
5.2	0.044	362.83	22.1	0.42	10.55	0.79	2.89	0.37	0.05	1.15	SCL

표 4-5. 시험 전 토양의 내수성 입단화율 (%)

Particle size	<0.1	0.1~0.25	0.25~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0 <
	------(mm)-----					
Aggregate (%)	33.5	38.9	6.2	14.8	6.47	0.2

SP처리구에서 pH, 토양유기물, K함량이 대조구에 비해 증가되었고, Fe, Mn, Cu, Zn, Cr, Pb함량 등은 감소되었다. 그러나 시험 전 토양과 비교하면 유기재료 처리구

가 pH값은 5.20에서 5.26~5.29수준으로 다소 증가되었고, 토양유기물 함량도 식재작물의 잔재와 유기물 첨가로 증가추세였다.

총 질소와 치환성 칼리의 함량은 다소 감소하는 경향을 보였고 반면에 석회질과 고토비료의 시비로 인한 치환성 칼슘과 마그네슘함량이 증가현상을, 그리고 동시에 CEC값과 유효 인산함량의 증가를 보였는데, 특히 유효인산은 대조구 374mg/kg, COMP처리구 387mg/kg수준으로 증가하였고, SP처리구는 397mg/kg수준으로 증가를 보이고 있다.

이와 같은 결과는 화학비료의 시비와 해조류 분말의 시용 결과로 분석된다. 유기물자재의 토양투입으로 토양 중 유효양분함량을 증가시키는 것과 마찬가지로 토양에 해조류를 시용 함으로서 유효인산의 함량이 증가되었다는 실험결과(Caiozzi 등, 1968)가 있는데, 이 예는 유기물자체에 함유된 성분의 무기화작용과 해조류가 토양에서 분해작용을 거치는 동안 생성되는 물질들에 의해 불용태 인산이 용해되기 때문으로 해석하고 있다.

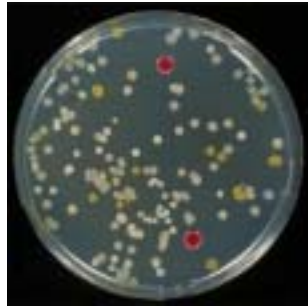
표 4-6. 모리 수확 후 토양 이화학적 특성

Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M (g/kg)	T-N (%)	Ex.-Cation(cmol/kg)					AV.- P ₂ O ₅	Fe	Mn	Cu	Zn	Cr	Pb	As
					K	Ca	Mg	Na	CEC								
CON	5.17	0.057	29.1	0.22	0.66	3.37	0.42	0.04	11.53	374.60	55.71	23.41	10.15	2.80	0.17	5.70	0.10
COMP	5.29	0.061	31.6	0.24	0.70	3.88	0.50	0.06	11.92	386.97	54.90	22.04	10.56	3.10	0.16	6.78	0.31
SP	5.26	0.054	33.1	0.24	0.73	3.28	0.42	0.07	11.35	397.57	51.28	19.07	8.93	2.46	0.11	4.53	0.16

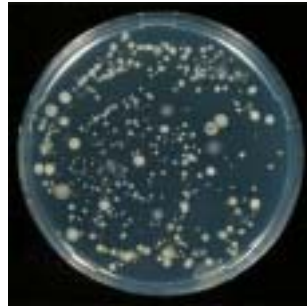
3. 해조류 분말처리 후 보리재배 토양의 미생물 특성

그림 4-1은 포장실험과 포트실험으로 실험한 토양의 희석평판 배양한 토양미생물들의 계수직전의 petri dish의 모습이며 그림 4-2는 포장실험으로 수행한 보리재배토양의 세균, *Pseudomonas*속, 방선균 및 사상균을 분리 배양계수하여 대수치로 비교한 결과이다. 그림에서와 같이 세균의 경우는 대조구와 차이를 나타내지 않으나 *Pseudomonas*속균과 방선균의 경우는 유기재료 처리구와 대조구간의 차이를 보여서 *Pseudomonas*속균은 대조구 4.21에 비해 COMP와 SP처리구에서 각각 5.0, 4.48로서 균수의 증가를 보였으며, 방선균 수의 경우는 대조구 5.59에 비해 다소의 균수 증가를 나타내 COMP 5.67, SP처리구가 5.87로서 해조류의 첨가로 방선균 활성화에 영향을 미친 것으로 조사되었다. 그러나 사상균의 계수결과는 두 가지 유기재료 첨가로 미미한 균수 증가 경향은 보이지만 해조류보다 COMP처리구에서 다소의 균수증가를 보였다.

이상과 같은 결과를 해석할 경우 일반적으로 희석평판계수법에 의하여 비교적 간단하게 토양 중에 서식하고 있는 미생물 군락을 어렵잡을 수는 있지만 토양과 같이 고도로 이질적인 생태계에서는 배양방법을 이용할 경우에도 전체 개체수의 1-10% 정도의 값만을 얻을 수밖에 없기 때문에(Martin, 1977) 평판계수법으로 얻어진 결과를 실제 토양시료에 대한 미생물의 다양성을 판정한다는 것은 곤란하다고 판단된다.



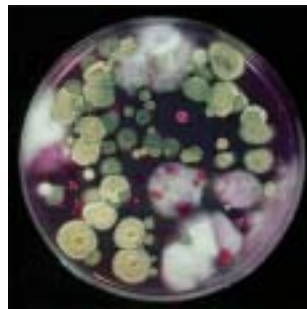
Pseudomonas



Bacteria



Actinomyces



Fungi

그림 4-1. 토양미생물의 항온배양 후의 형태

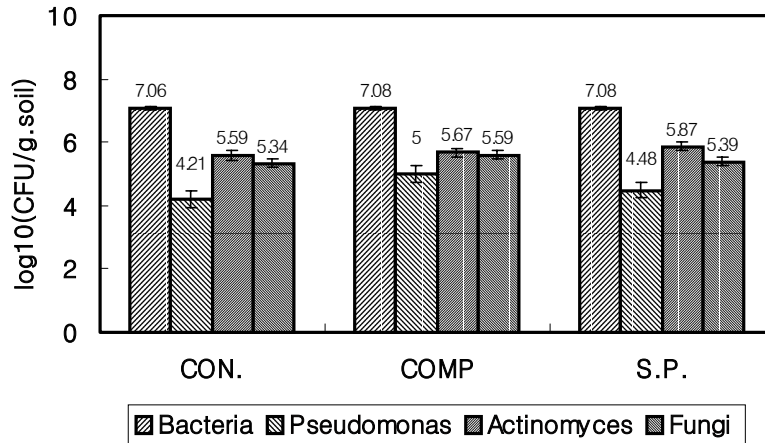


그림 4-2. 보리 재배토양의 시판유기질비료와 해조류(다시마)분말처리에 따른 토양미생물밀도

그러나 그림 4-3의 토양호흡량 조사결과 연관시켜 해석한다면 예상하는 바와 같은 큰 오류는 상당히 줄일 수 있다고 생각된다. 따라서 그림 4-3의 토양호흡량을 보면 유기질 무처리인 대조구의 경우 4.04mg인데 반해 SP처리구 4.36mg, COMP처리구 5.44mg로서 두 유기물 처리에서 호흡량이 많은 것을 감안하면 토양미생물에 필요한 기질의 첨가로 그 만큼 토양미생물의 활성은 증가되기 때문에 이로 인해 재배작물이 얻을 수 있는 혜택은 크다고 해석할 수 있다

이상의 결과에서 토양환경 개선제로서 해조류를 이용하는 합리적 방법과 시용수준을 구명하여 농경지에 이용한다면 기존의 시판퇴비를 대체할 수 있을 뿐만 아니라 해조류가 갖고 있는 장점과 특성을 식물영양학적 측면과 종합적인 토양환경 개선재료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

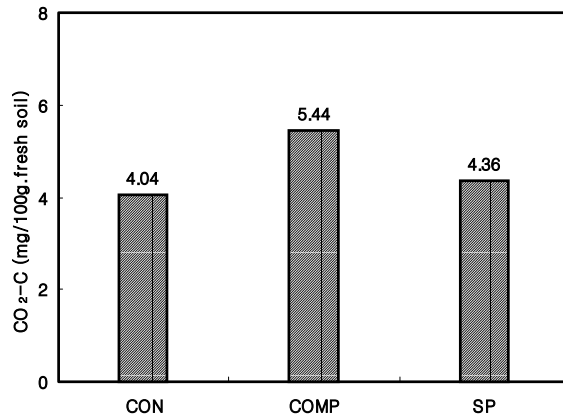


그림 4-3. 보리 재배토양의 시판유기질비료와 해조류 분말처리에 따른 토양호흡량 비교

4. 상추의 성장반응

표 4-7은 풋트재배한 상추의 생육특성을 조사한 결과이다. 표에서와 같이 SD, SD+FS, COF 및 SP처리구에서 전반적으로 생육이 양호하였고, COF와 SP, SD와 SD+FS처리구의 생체중과 엽면적, 건물중 등에서 고도의 유의성 있는 차이를 보였으며, 경시적인 성장반응을 보면 생육초기 생체중에서 유기물을 처리한 벧짚, 시판퇴비 및 해조류 분말 처리구에서, 생육후기에는 해조류 추출액 처리구 SD와 SD+FS처리에서 식물체 생육이 유의적으로 증가하였다. 또 주당 엽수의 반응을 보면 정식 후 5주째는 벧짚처리구에서만 유의적 증가를 보였으나 생육후기 11주째 조사시는 SD와 COMP처리에서 5% 유의성 있는 엽수증가를 그리고 SD+FS와 SP처리에서 1%의 고도의 유의적 엽수 증가를 나타냈다.

특히 정식 5주 후 엽록소 함량은 SP처리구가 다른 처리구 보다 유의적으로 높았

으며 정식 11주 후 조사에서는 SD, SD+FS, COMP 및 SP처리 등에서 통계적 유의성이 인정되는 가시적 차이를 확인 할 수 있었다. 최종적인 상추의 생체 수량을 보면 대조구에 비해서 해조류 처리구들에서 전반적인 수량증가를 나타내고 있으나 SD와 SD+FS처리에서만 각각 5%, 1%의 유의성 있는 수량 증가를 나타냈다.

그림 4-4는 파종 11주 후의 상추생육비교 사진으로서 처리별로 가시적인 차이를 확인할 수 있다. 생육조사결과 생체중과 엽수에서도 확인된 바와 같이 SD, SD+FS, COF 및 SP처리 등이 양호한 것으로 확인되며, 특히 주당 20.6개의 최고 엽수를 보인 SD+FS처리의 사진이 생육반응이 가장 좋은 것으로 나타났다.

본 실험과 유사한 내용으로 해조류(*Ascophyllum nodosum*)를 알카리 가수분해하여 상추와 콜리플라워 작물에 분무한 결과 상추에서는 결구율이 높아지고 상품성과 결구직경이 증가하였으며, 콜리플라워 식용 꽃봉우리 직경이 증가하였다는 보고 (Abetz와 Young, 1983)가 있다.

표 4-7. 해조류와 유기재료 처리에 따른 상추 풋트재배의 성장반응 조사

Treatment	Fresh wt. (g/plant)		No. of leaves (each/plant)		Leaf area (cm ²)		Content of chlorophyll (mg/100cm ²)		Dry wt. (g/plant)	
	5weeks	11weeks	5weeks	11weeks	5weeks	11weeks	5weeks	11weeks	5weeks	11weeks
Control	4.57	94.69	5.6	15.2	55.5	154.6	13.4	15.14	0.22	5.55
SD	7.80	111.19*	6.2	17.7*	84.0	172.6**	13.1	18.27*	0.55	6.71**
SD+FS	5.60	116.84**	5.6	20.6**	68.0	173.5**	12.8	17.60**	0.27	6.86**
FS	4.84	99.16	6.6	16.7	60.0	162.9	13.4	16.62	0.25	5.82
RS	10.76**	100.65	6.4**	16.3	103.0	162.0	13.7	17.19	0.64*	6.01
COF	12.92**	107.38	7.0	17.9*	117.3**	171.3**	12.8	20.93**	0.69**	6.70**
MP	11.47**	108.00	6.3	18.9**	109.0**	174.5**	15.1*	21.43**	0.57	6.69**
SP	6.81	100.53	5.0	16.2	63.7	161.9	13.6	16.80	0.38	5.99
LSD .05	3.94	14.00	1.07	2.35	32.87	9.3	1.47	1.38	0.31	0.49
.01	5.30	19.37	1.44	3.21	44.27	12.8	1.99	1.90	0.42	0.67

* and ** : Significant at 5% and 1% level by LSD



CON



FS



SD



SD+FS



RS



COF



SP



SP×2

그림 4-4. Glasshouse 포트재배 상추의 파종 11주 후의 생육비교

5. 상추재배 토양의 미생물성

그림 4-5는 파종 11주 후의 토양미생물 *Pseudomonas*속균, 일반세균, 방선균 및 사상균의 희석평판계수 결과를 대수값으로 나타낸 것이다. 그림에서 계수결과를 대수값으로 보면 *Pseudomonas*속은 3~4수준, 일반세균은 7수준, 방선균과 사상균은 5~6수준을 보였다. 이상과 같이 배양계수한 상기 미생물들의 집락밀도는 전체 처리구에서 뚜렷한 경향은 찾을 수 없었으나, *Pseudomonas*와 세균의 경우 대조구가 다른 유기질 재료 시용구에 비하여 각각 3과 7로 다소 낮은 값을 보이고 있으며, 해조류 분말 처리구인 SP구에서 *Pseudomonas*속균이 증가를 보였다. 여기서 해조류 분말 처리에서 *Pseudomonas*속균이 높은 밀도증가를 보이는 결과는 앞의 보리실험 포장에서 얻은 결과와 일치하였다

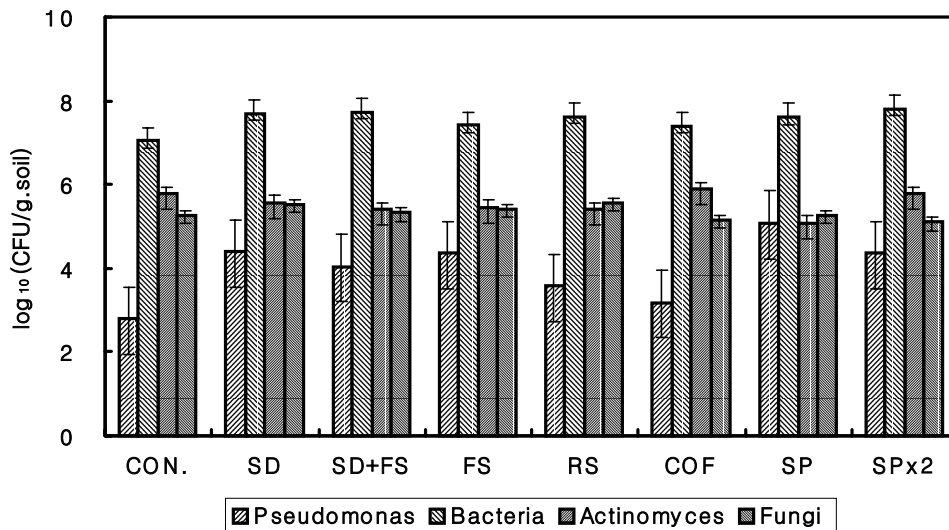


그림. 4-5. 상추 풋트재배 토양의 파종 11주 후 유기재료와 해조류처리에 따른 토양미생물의 밀도

6. 상추재배토양의 효소활성과 호흡량

또한 그림 4-6의 토양효소 활성조사결과를 보면 phosphomonoesterase는 전반적으로 유기재료인 기질첨가로 인해 효소활성은 다소 증가추세는 보이지만 유의적인 차이는 인정할 수 없었다. 그러나 반면에 dehydrogenase활성은 벧짚처리구인 RS와 시판퇴비와 해조류 분말 처리구인 COF와 SP에서 유의적인 활성증가를 나타내었다.

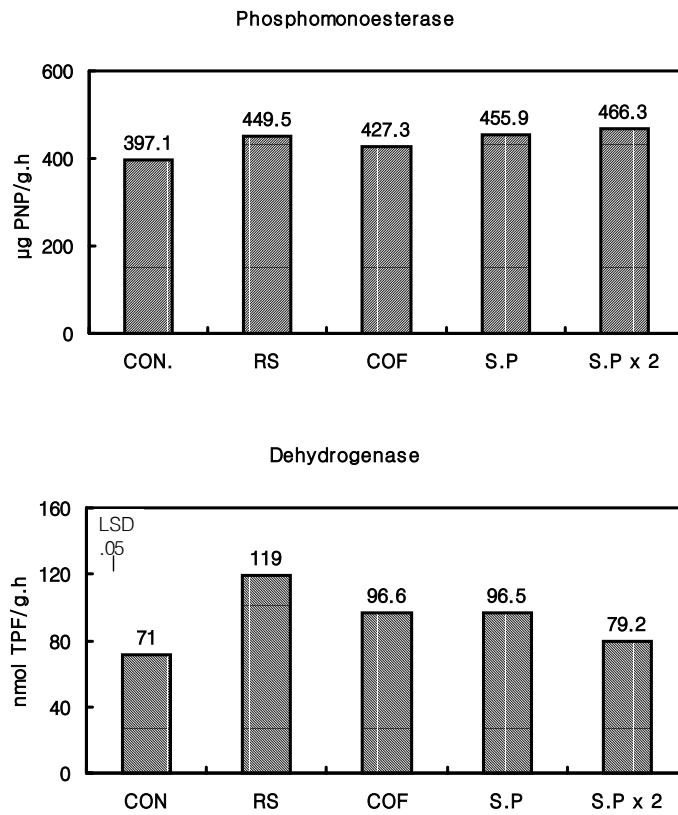


그림. 4-6. 상추 포트재배 파종 5주 후 유기재료와 해조류처리에 따른 토양 효소 활성 비교

토양 중 다양한 효소활성을 측정함으로써 미생물 biomass를 간접적으로 추정할 수 있고, 토양의 생산성 및 생물적 지구화학 순환능력을 나타내는 지표 등으로 활용할 수 있어서(Tate, 1995), Moore와 Russell(1972)은 토양비옥성과 dehydrogenase활성간의 관련성을 확인하였고, 토양 중 이 효소의 활성은 토양에서 산화적대사의 지표로서 또한 미생물활성의 지표로 이용하였을 뿐 아니라(Skujins, 1973; Casida, 1977), Phosphatase, Sulfatase 및 Nitrogen oxide reductase 등의 효소는 C, P, S 및 N순환에서 주요부분을 촉매 반응시키는 잠재력을 추정하는데 이용한 바 있으나(Tarafdar와 Jungk, 1987; Tate, 1984) 본 조사와는 완전하게 일치하지 않았다. 또 dehydrogenase활성은 탄산가스 방출에 크게 관련된다고 하는 연구결과(Skujins, 1973)를 고려할 때 실험에 이용한 유기재료 중 시판퇴비 처리구인 COF와만 효소활성과 호흡량간에 관련성이 인정되었다.

7. 상추재배 토양의 입단안정성과 화학성

표 4-8은 실험토양의 내수성입단을 실험 전후로 조사한 결과이다. 표에서 보면 처리에 무관하게 전체적으로 내수성입단의 크기가 증가되는 것으로 나타났으며 집합도의 기준으로 보는 입단 직경 1mm이상의 입단화율이 해조류분말, 시판퇴비 처리구와 해조류분말 2배처리에서 23.8%, 27%, 27.2%를 각각 보였으며, 작물의 재배로 인해 입단크기의 분포가 달라지지만 환경조건이 변화됨에 따라 입단의 파괴와 입단분포는 변화되리라 생각된다. 그러나 일반적으로 전남 서남부지역의 밭토양에서 1mm이상 입단화율이 50%에 가깝게 분포하는 조사결과(손, 2001)와 비교할 때 입단화율이 극히 불량하고, 특히 입단직경 0.1-0.5mm범위가 분포비율이 매우 높고, 상대적으로 2mm이상의 입단 분포비율이 낮은 점이 특징이었다.

표 4-8. 상추 풋트재배 후 토양의 내수성 입단화율(%)

Treatment	<0.1	0.1~0.25	0.25~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0 <
	------(mm)-----					
CON	21.7	19.4	26.8	16.7	14.4	2.0
SD	20.5	19.4	24.5	15.5	16.3	3.8
SD+FS	24.1	16.0	24.9	17.8	15.3	1.9
FS	31.1	16.6	23.2	13.2	13.4	2.5
RS	26.7	14.4	20.2	21.3	15.1	2.3
COF	22.5	15.7	21.6	13.2	24.4	2.6
SP	21.4	16.4	22.1	16.3	20.1	3.7
SP×2	22.8	15.4	19.2	15.4	24.8	2.4

표 4-9. 상추 풋트재배 후 토양의 이화학적 특성

Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M (g/kg)	T-N (%)	Ex.-Cation(cmol/kg)				Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Fe	Mn	Cu Zn Pb			Av.-SO ₄
					K	Ca	Mg	CEC				----- (mg/kg) -----			
CON	5.7	0.2	44.5	0.25	0.3	6.2	0.8	14.1	459	3.1	86.0	0.3	3.5	0.3	5.5
SD	5.8	0.2	46.0	0.25	0.3	7.1	0.9	15.8	479	4.1	76.0	0.1	2.9	0.3	6.4
SD+FS	5.9	0.2	46.0	0.24	0.3	7.2	0.9	15.9	485	5.0	84.0	0.3	3.5	0.4	6.3
FS	5.7	0.2	42.0	0.24	0.4	6.8	0.9	13.7	454	2.7	65.0	0.5	2.4	0.4	4.2
RS	5.7	0.2	44.5	0.25	0.4	7.1	0.9	13.8	476	3.3	87.0	0.7	4.4	0.3	6.9
COF	5.7	0.3	46.0	0.25	0.3	6.8	0.9	13.6	486	2.7	76.0	0.5	3.2	0.2	5.9
SP	5.8	0.2	47.0	0.25	0.3	6.9	0.9	13.5	435	4.2	82.0	0.1	3.3	0.2	6.3
SP×2	5.9	0.2	46.0	0.25	0.4	6.8	0.9	15.3	433	6.4	92.0	0.5	3.4	0.4	5.1

세계적으로 해조류를 함유하는 제품들이 토양개선제(Primo, 1982), 토양유실 방지제(Weeks과 Wilson, 1960)로 또는 토양영양 불균형을 개선하는 자제로 이용하고 있으며, 초기의 유럽에서는 비료나 토양개선제로 갈조류를 대부분 사용하였고, 이 해조류에는 많은 다당류를 함유하고 있으며 그 중 알긴산은 점토를 흡착하며 점토현탁액

을 안정화하고, 점토분을 서고(coagulation)시킴으로서 토양구조를 향상시킨다고 알려져 있어(Zavorkhina과 Ben'kovskii, 1958) 실제 농경지 토양에 대하여 해조류 분말이용은 입단화율 증진에 효과적인 것으로 생각된다.

표 4-9는 실험 후의 토양화학적 특성을 분석한 결과로서 토양의 화학적 성분변화 특히 중금속의 변동이나 축적현상은 대조구의 분석치를 환경부가 고시하고 있는 농경지 오염 우려기준과 비교할 때 전혀 문제점을 발견할 수 없었다.

8. 사토와 양토에서 해조류 처리에 의한 특성변화

가. 토양미생물 군락변화

그림 4-7과 4-8는 시판 유기질비료(돈분과 톱밥부숙퇴비), 건조미역 분말, 생미역 및 미역 추출현탁액 등을 사토와 양토에 각 처리하고 경시적으로 토양시료를 채취하여 항은 배양 후 세균, 방선균 및 사상균을 집락을 계수하여 대수값으로 표시하였다.

사토에서 세균의 경우 생미역과 분말처리 그룹과 시판 퇴비처리, 미역 추출현탁액 처리 그룹간에 밀도의 차이를 뚜렷하게 나타내 생미역과 건조미역분말 처리에서 더 많은 군락이 10^7 수준으로 계수되었다. 경시적인 경향을 보면 2일째 조사시까지의 유의적인 밀도의 차이를 보였지만 4일, 7일째 조사시에는 그렇지 않았고 미역 추출현탁액 관주처리의 세균집락을 포함한 미역재료들과 시판 퇴비처리구와 유의적인 차이를 나타내 대조구와 퇴비처리구의 세균밀도는 10^6 으로 같아졌다. 사토의 방선균 밀도에서는 시일이 경과함에 따라서 밀도가 증가되는 경향을 보이고, 미역분말 처리는 나머지 다른 미역재료 처리들보다 낮은 집락수로 10^4 대를 유지하였으며, 대조구인 미역재료 무처리구와는 집락차이를 보이지 않았다.

그리고 사상균의 경우는 시일이 경과함에 따라 약간의 밀도 증가를 보이고 있으나 처리들간에 차이는 보이지 않았고 7일째 채취한 토양은 미역 건조분말 처리가 여타 처리에 비해 유의적인 집락증가를 나타냈다.

한편 그림 4-8의 양토에 대한 조사결과를 보면, 세균의 밀도의 경우 생미역과 건조미역분말 처리구에서 사토와는 다르게 10^7 수준에서 시일이 경과하면서 증가되는 경향이며, 나머지 처리구는 10^6 수준으로 경시적으로 밀도증가를 보이나 사토의 경우 보다는 낮은 밀도를 보였다. 마지막 시료채취일인 7일째 시료에서는 미역 건조분말 처리구가 10^8 대로 가장 많은 집락수를 나타내고, 그 다음의 밀도를 보이는 생미역 처리는 거의 일정한 10^7 수준을 유지하였다. 방선균의 밀도변화는 사토에 비해 10^3 - 10^4 범위를 보여 낮은 밀도를 나타냈고, 건조 미역분말(SP) 처리가 사토의 경우(10^4 수준)와는 다르게 10^3 수준에서 경시적으로 증가되는 추세로 7일째 시료채취의 결과는 10^4 수준에서 집락밀도가 머물렀다. 그리고 전반적인 경향은 대조구와 시판퇴비처리구는 비슷한 밀도를 나타냈고, 생미역과 미역추출현탁액의 관주(drenching)처리는 동일한 집락변화 양상을 보여 1일째 시료에서는 10^4 수준에서 2일째 시료는 10^3 수준으로 밀도감소를 보이다가 다시 초기의 수준으로 회복되었다. 양토에서 사상균의 경우, 사토는 10^5 수준으로 처리간에 균락차이가 없는데 반해 양토에서는 10^4 수준으로 전반적으로 밀도가 낮고 시판 퇴비처리구 10^5 수준과 밀도차이를 보였다.

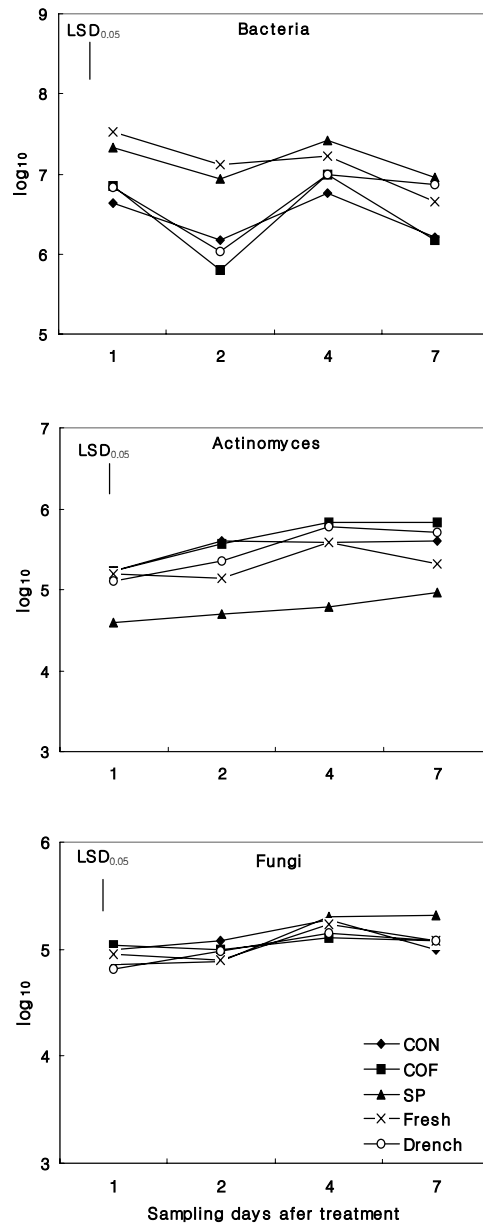


그림. 4-7. 해조류 처리에 따른 사토의 토양미생물 균락비교

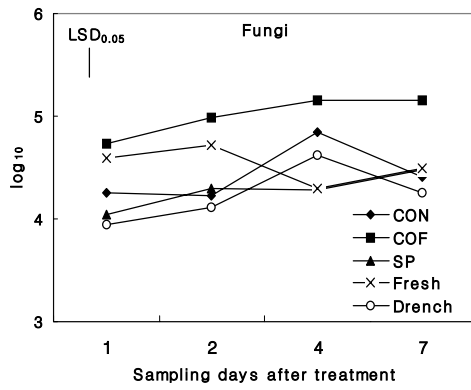
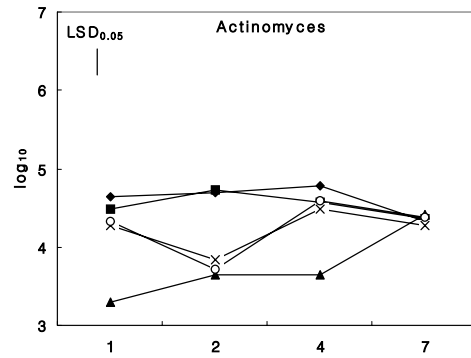
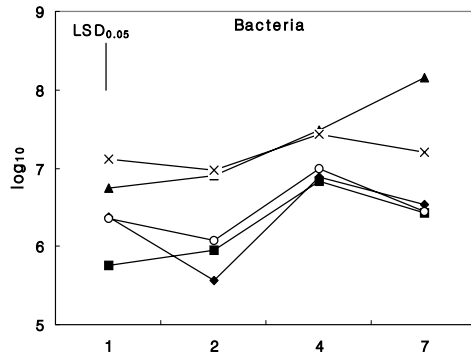


그림. 4-8 해조류 처리에 따른 양토의 토양미생물 군락비교

이상의 결과에서 양토가 사토에 비해서 토양미생물들의 군락밀도가 낮은 수준을 보이는 것은 실험에 사용한 토양의 물리화학적 특성에서 토양유기물 함량을 비롯한 무기성분 함량과 수분 등이 표 4-3의 비교에서와 같이 낮기 때문인 것으로 해석되었다.

나. 토양미생물의 호흡량 변화

그림 4-9는 건조미역 분말, 생미역 및 미역 추출현탁액 등의 처리에 따른 주요 토양미생물들의 활성정도를 확인하고자 양토와 사토에 유기재료들을 처리한 후 2주일 간 토양 호흡량을 조사한 결과이다. 전반적인 호흡량 경향을 보면 토성간에 차이를 보이고 있는데, 먼저 양토에서는 호흡량이 미미한 해조류 추출액 관주처리를 제외하고 1일째 1-7mg범위의 호흡량을 보이다가 2일째 조사시는 2-8mg수준으로 높게 나타난 후 급격히 감소되어 4일 이후에는 1mg미만의 CO₂-C량을 유지하였다.

사토의 경우는 전반적으로 처리 후 1일째는 3-5mg범위를 보이다가 2일째는 1mg이하로 호흡량이 감소된 후 미역 추출액 관주와 대조구를 제외한 나머지 처리구들은 다시 상승하여 4일째 1-4mg수준을 보였고, 7일째 조사시는 1mg부근으로 감소되는 시판 퇴비처리구를 제외한 다른 처리구들은 2-4mg을 보이다가 마지막 14일 조사시는 모든 처리구들이 1mg이하로 호흡량이 감소되었다.

여기서 호흡량의 변화추세가 두 토양간에 다르게 나타나는 것은 토성에 따른 수분 함량의 차이로 유기재료의 분해양상이 다르게 나타났다고 생각되며, 또 하나는 양토는 야산개간 1년 경과된 토양으로 표 4-3에서와 같이 토양화학성이 심히 불량하고 토양유기물함량도 3g/kg 수준으로 매우 낮은 함량을 함유하고 있는 반면, 사토의 경우는 앞의 양토에 비해서는 다소 양호한 토양화학적 특성을 갖고 있으며 토양유기물 함량도 17g/kg 수준으로 상당히 높은 편이기 때문에 미생물에 의한 호흡양상도 다를 수밖에 없었다.

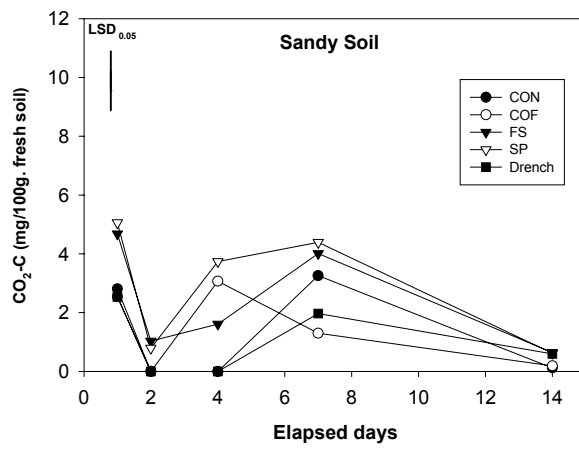
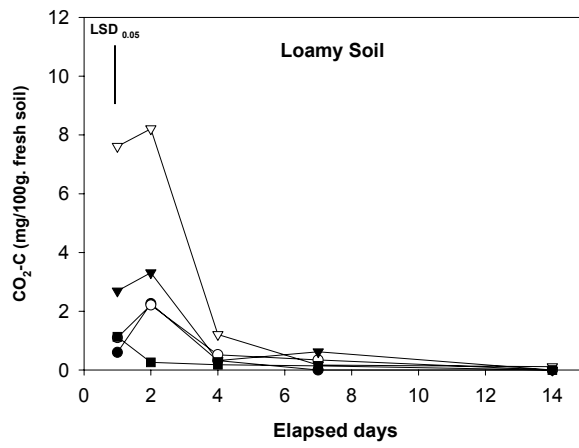


그림. 4-9. 해조류 처리에 따른 토성별 호흡량 비교

제 4 절 결과요약

해조류 분말과 추출액을 토양에 처리하고 토양물리화학과 미생물적 특성변화를 조사하여 작물생육과 토양환경 개선효과를 조사한 결과는 다음과 같다.

보리재배시험 후의 토양화학 특성 중 pH값, 토양 유기물함량, 유효인산 및 치환성 칼리함량이 증가되었고, 중금속류의 함량에는 영향하지 않았다. 토양 중 미생물상 변화는 *Pseudomonas*속군의 증가를 보였으며, 토양호흡량 측정결과는 두 유기재료(시판퇴비와 해조류 분말) 처리구에 호흡량이 증가되는 경향이였다.

상추 포트재배 결과 전반적으로 유기물재료 중 시판 유기질비료와 해조류 엽면시비와 분말처리가 생육과 수량에서 유의적인 차이를 보였으며, 희석평관계수에 의한 토양미생물 밀도 중 벚짚과 시판 유기질비료 처리를 제외한 처리구에서 *Pseudomonas*속군의 밀도 증가를 나타내고, 토양 효소활성 조사에서는 dehydrogenase만이 대조구에 비해서 벚짚, 시판퇴비 및 해조류 분말 순으로 유의적인 효소활성 증가를 보였다. 한편 토양의 내수성입단 조사결과는 해조류 관주, 해조류 분말, 시판퇴비 및 해조류분말 표준 2배량 처리에서 집합도의 기준으로 보는 입단직경 1mm이상의 입단이 다소 증가되었다. 상추실험 후 토양화학적 특성은 처리간에 차이는 보이지 않았고, 특히 중금속의 변동이나 축적현상은 대조구의 분석치를 환경부가 고시하고 있는 농경지 오염 우려기준과 비교할 때 전혀 문제점을 발견할 수 없었다.

토양미생물 군락변화는 전반적으로 사토에서 군락수가 높은 경향을 보였다. 세균은 생미역과 건조미역분말 처리구(SP)에서 밀도증가를 보였고, 방선균의 경우는 건조미역분말처리에서 낮아지는 경향을 나타냈다. 토성에 관계없이 SP처리가 가장 높은 호흡량을 나타내고, 미역 추출현탁액 Drenching처리가 가장 낮은 호흡량을 보였다. 또한 토성별 호흡량 양상은 양토는 1일 2일째 가장 높았고, 사토에서는 처리 후 1, 4 및 7일 조사시에 높은 호흡량을 나타냈다.

제 5 장 작물에 대한 해조류 제형별 효과

제 1 절 서 언

해조류 건조분말(meal)이나 해조류 액상 농축물의 토양과 작물에 사용하는 것은 해조류에 여러 가지 다양한 무기원소와 미량원소를 함유하고 있어서 토양양분을 보충해 줄 수 있고, 토양미생물의 활성을 도와 특히 인과 칼리의 식물흡수를 향상시킬 수 있다(Milton,1964;Caiozzi 등, 1968). 이 두 종류 제재의 주된 차이점을 보면, 해조류 분말의 경우는 효과가 발현되는 데는 상당한 시간이 소요된다. 즉 해조류에 함유된 유기태 양분들은 식물에 이용되기 전에 미생물에 의해 분해과정을 거쳐야되기 때문이다. 한편 액상제품은 이미 cellulose형태의 성분들이 이미 분해되어 있거나 제거되어 있어 관주나 엽면시비로 식물의 뿌리나 엽면을 통해 즉시 흡수될 수 있기 때문에 사용효과가 빠른 경향이다(Crouch와 Staden, 1994).

해조류 추출물을 생물농업과 원예작물에 처리하여 작물생육, 병충해 경감 및 생산물의 수량증대와 품질향상 등의 효과를 얻을 수 있다. 여기서 해조류 처리에서 얻을 수 있는 효과는 해조류에 함유되어 있는 식물호르몬들과 미량요소 공급에 기초하는 것으로 알려져 있으며(Verkleij, 1992), 해조류 관련 실험들에서 해조류에 함유된 특이한 성분들의 효과를 해석할 때 cytokinin유사물질 등과 같은 식물호르몬과 킬레이트 형태로 존재할 수 있는 미량원소 들의 특성을 그 이유로 설명하고 있다.

해조류를 토양에 투입함으로써 기대할 수 있는 혜택으로서는 첫째, 해조류는 육상에서 얻을 수 있는 유기질재료에 비해서 다양한 무기성분뿐만 아니라 식물생장 조절물질이 함유되어 있어 식물생장 촉진과 식물양분 공급효과를 동시에 얻을 수 있고, 두 번째로 해조류 가 지니고 있는 화학적 특성에 의해 토양입단 안전성 증진으로 통기 및 배수성을 증진시켜 재배작물의 근권환경 개선으로 생산성과 품질향상에 크게

영향을 미친다.

일반적으로 신선한 해조류에는 질소와 칼리성분과 유효성 미량요소들이 고루 함유되어 있으며(Stephenson,1974;Senn과 Kingman, 1978), 토양물리성개선에 영향을 미치는 성분으로 중요한 alginic acid가 함유되어 있기 때문에(Quastel과 Webley, 1947) 위에서 언급한 비료와 토양개선훈제로서 두 가지 측면을 동시에 충족시킬 수 있다.

따라서 본 장에서는 우리나라 미역양식장에서 수거하여 2장에서 같은 방법으로 조제한 현탁액과 분말을 기존 처리방법을 기초하여 작물에 제형별로 사용하여 얻은 결과를 보고하고자한다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 고 추

가. 공시품종

본 실험에 공시한 고추(*Capsicum annuum* L.)는 마니파 품종의 어린 묘를 구입하여 실험에 사용하였다.

나. 시험구 배치

난괴법 3반복으로 배치하였고 구당 64주를 단위로 하였으며, 구당면적은 휴간 90cm 주간 50cm로 흑색 멀칭용비닐로 멀칭 한 다음 32주씩 2휴(47.6m²)를 1구로 유묘를 식재하였다.

다. 처리 및 조사방법

시비는 고추에 대한 권장시비량 중 기비로 N-P-K=10-11-9kg/10a씩 단비로 환산하여 시비하였으며, 각 처리구는 일반 관행으로 재배하였다. FA처리구의 경우 시제품 미역 추출현탁액을 정식 후 개화 전 1회, 첫 열매가 맺혔을 때 1회, 수확 48시간 이내 1회 엽면시비 하였다.

조사항목은 초장, 엽수, 엽록소함량, 경경, 주당과수 등을 유묘의 초기 생장반응 조사를 하였으며, 조사결과는 필요에 따라 통계처리하였다.

또한 고추 수확 후 토양시료를 채취 분석하여 토양 중의 이화학적성을 각 처리구간에 비교하였다.

표 5-1. 고추에 대한 해조류 제형별 처리내용

처리별	처리내용
대조구(CON)	N-P-K=10-11-9kg/10a
Compost (COMP)	시판 유기질비료 240kg/10a
건조 미역분말처리(SP)	해조류 분말 56kg/10a
생미역 처리(FS)	생미역 560kg/10a
유묘침적 처리(SS)	유묘를 미역 추출현탁액 15배 희석액에 6시간 침적 후 이식
유묘침적+추출액 15배 2주간격으로 엽면처리 (SS+SL2W)	침적 정식 후 2주 간격 엽면시비 (해조류 추출액 1000배 희석)
엽면시비 권장처리(FA)	미역 추출현탁액 15배 희석 엽면시비

2. 콩(대두)

가. 공시품종

본 실험에 공시한 콩(*Glycine max* Merr.) 품종은 광교로 전남농업기술원으로부터 분양 받아 실험에 이용하였다.

나. 시험구 배치

본 실험은 2003년 6월에 본 대학교 부속농장에서 실시하였으며, 시험구는 재식거리 60×10cm로 조파하고, 휴장 400cm(12m²)에 구당 3열식 3반복의 난괴법으로 처리하였으며, 기타사항은 관행방법에 준하여 관리하였다.

다. 처리 및 조사방법

시비는 석회와 고토를 각각 235, 160kg/10a씩 전량 살포하였으며, 각 처리구는 일반 관행으로 재배하고, 시비량은 N-P-K=3-3-3.4kg/10a로 전량 기비로 시비하였다. 해조류 처리에서 분말과 생미역은 토양에 혼입처리하였으며, 엽면처리의 경우는 미역 추출액 15배 희석액을 분엽 4~6엽 출현할 때 1회, 최초 개화기 2회, 최초 꼬투리 형성기에 3회차로 엽면시비 하였다.

콩의 생육반응은 경장, 분지수, 주당협실수, 주당 립중, 꼬투리당 립수, 개체당 경중, 백립중, 조단백질 함량, 구당 수량 등을 농촌진흥청 농사시험조사기준에 의거 수확 후에 생장 및 수량반응을 조사하여 처리간에 비교하였다. 또한, 조사결과는 DMRT로 통계처리하여 처리간에 유의성을 검정하였다.

표 5-2. 콩에 대한 해조류 제형별 처리내용

처리별	처리내용
대조구(CON)	N-P-K=3-3-3.4kg/10a
시판퇴비구(COMP)	시판 돈분/톱밥 부숙 유기질비료 600kg/10a
미역 건조분말 처리(SP)	해조류 분말 100kg/10a
생미역 처리(FS)	생미역 1,000kg/10a
해조류 추출현탁액 권장처리(SL)	미역 추출현탁액 15배희석 권장엽면처리
해조류 추출액을 2주마다 엽면처리(SL2W)	미역 추출액 15배희석을 매 2주마다 엽면처리

제 3 절 연구결과 및 고찰

1. 고추의 생육과 수량

고추의 9주일째 성장반응조사 결과는 표 5-3과 같다. 생육기동안 초장, 엽수, 엽록소함량, 경경 및 주당 청과수를 2주간격으로 조사하였는데, 엽수를 제외한 모든 조사항목에서 최소 유의성(LSD) 검정결과 해조류 처리들에서 유의적인 차이가 인정되었다.

초장에서 FS처리구와 SS처리구가 각각 1%, 5% 유의적인 초장증가를 보이고 있으며, 그 외의 처리구들도 대조구에 비해 유의성 없는 다소의 초장증가를 나타냈다. 엽록소함량은 SP처리구를 제외한 해조류 처리구에서 유의적으로 엽록소함량이 높아 해조류 추출액 처리의 효과가 인정되고 있다. 한편 고추 경경의 조사결과에서도 엽록소와 비슷한 결과로서 해조류 추출액 처리에서 경경의 차이를 보여 FS처리구와 SS+FS처리구에서 고도의 유의적인 경경증가를 나타내고 있으며, 주당 청과수 조사에서 COMP, FS, SWR 및 SS+SL2W처리구 등에서 5% 유의적으로 청과수가 많았다.

표 5-3. 해조류 처리에 따른 이식 9주 후 고추의 성장반응

Treatment	Plant length (cm)	No. of leaves	Content of chlorophyll	Haulm width (mm)	No. of green fruits per plant
CON.	75.88	192.3	54.8	12.1	17.6
COMP	76.68	195.9	56.3	12.0	21.0*
SP	77.21	180.6	55.1	12.5	19.8
FS	88.42**	196.3	59.1**	13.0*	21.3*
SS	81.75*	194.3	58.3*	12.9*	19.7
SS+SL2W	77.04	189.5	58.6*	13.6**	21.3*
SWR	78.78	183.7	58.7*	13.4**	21.4*
LSD .05	4.27	29.1	3.0	0.8	3.4
.01	5.89	40.1	4.2	1.1	4.7

* and ** : Significant at 5% and 1% levels by LSD

한편 해조류처리에 대한 고추의 경시적 성장반응에서 초장을 제외하고는 특별한 경향을 찾을 수 없었다. 그림 5-1은 고추 이식 후 4주부터 11주까지의 경시적 변화를 도시하였다. 얻어진 조사결과들은 통계적 유의성은 인정되지 않았으나 반복간 평균값에서 초장의 변화를 보면, 대조구는 타 처리에 비해서 이식 후 4주 와 6주 조사시에 상당한 차이를 보이면서 11주 조사시까지 낮은 초장증가를 보였다. 그러나 조사기간 중 생미역 혼입처리(FS)와 해조류 추출액에 유묘를 침적 후 이식한 처리(SS)가 대조구나 타 처리에 비해서 초장 증가가 양호하였으며 특히 생미역 혼입처리(FS)가 9주와 11주조사시에 88.4cm, 92.1cm를 각각 나타내 뚜렷한 차이를 보였다.

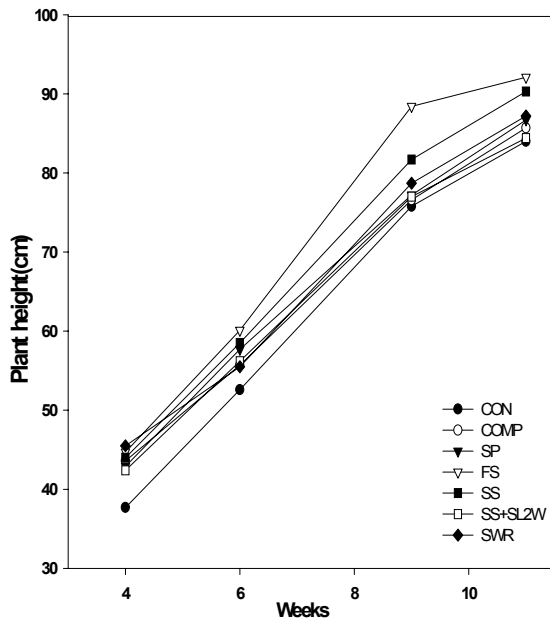


그림 5-1. 해조류 처리방법에 따른 고추의 초장변화

그림 5-2와 5-3은 6월 30일부터 10월 3일까지 수확된 완숙 고추의 주당 생중과 건조 후 무게를 비교 도시하였다. 조사결과에서 고추 숙과중의 누적량은 대조구가

주당 250g수준인데 반해 퇴비처리가 포함된 해조류 처리구들은 300g이상을 나타내 유의성있는 차이를 나타냈으며, 누적 고추 건과중에서도 5% 유의성 있는 차이를 보여 대조구는 44.6g를 보이는 반면 나머지 처리는 최저 50.9g에서 최고 60.7g 범위를 나타내고 있다. 고추에 대한 해조류 제제의 처리에서 가장 고추 건과중 수량이 가장 많은 처리는 해조류 추출현탁액 15배액 매2주 엽면처리에 유묘침적 처리(SS+SL2W)였고, 두 번째로 높은 건과 수량을 보이는 처리는 해조류 추출현탁액 15배권장처리(SWR)로 주당 58.1g의 건과중을 얻었다. 세 번째는 시판퇴비 처리(COMP)와 생미역 처리구(FS)에서 비슷한 주당 55g수준을 보였으며, 미역분말(SP)과 해조류 추출액의 유묘침적처리(SS)와 비슷한 52g수준의 건과중을 나타냈다. 여기서 생미역과 건조분말과 같이 동일한 재료이지만 원재료의 건조여부에 따라 생미역 혼입 처리(FS)에서 유의성은 없으나 평균값에서 약 4g의 차이가 나고 있는데 그 이유는 재료의 수분함량에 따라서 무기화 속도에 차이를 나타낼 수 있어서 이러한 현상은 곧 바로 해당 작물의 생육반응에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

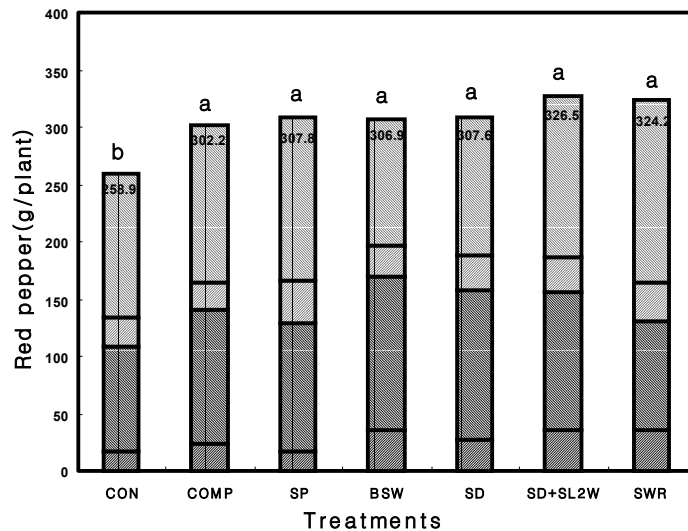


그림 5-2.. 고추에 대한 해조류 처리에 따른 숙과의 누적수량

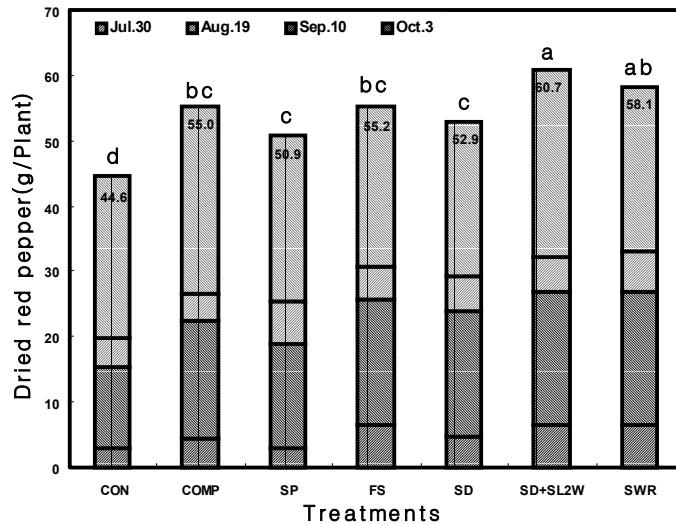


그림 5-3. 고추에 대한 해조류 처리에 따른 건조숙과의 누적수량

2. 콩의 생육과 수량

표 5-4는 콩에 대하여 해조류 분말, 생미역 및 추출현탁액 엽면시비 방법별로 처리한 후 생육과 수량성을 조사한 결과이다. 먼저 초장에서 다중검정 결과 통계적 유의성은 인정되지 않으나 해조류 분말 처리에서 초장의 크기가 크게 나타났으며, 주당 분지수는 대조구에 비해 해조류 15배 현탁액을 2주일마다 엽면시비한 처리가 5.02개로 많았고, 유의적인 차이는 없으나 대조구에 비해 시판퇴비 처리구를 비롯한 해조류 처리구가 다소의 분지수 증가를 보였으며 주당 협수에서도 마찬가지로 2주마다 엽면시비하여준 처리에서 많았다. 그리고 콩의 100립중은 처리간의 차이를 보이지 않았으나 협당 입수와 주당 입중에서는 차이를 보여서, 통계적으로는 모든 처리가 대조구와 유의적인 차이를 나타내고 있다. 그러나, 협당 입수에서 대조구 1.16개 보다 더 많은 1.4개 이상의 입수를 보였으며, 주당입중을 보면 초장, 분지수 및 주당

협수 반응과 같이 2주마다 해조류 현탁액을 엽면시비한 처리에서 가장 높은 주당 14.13g였고, 해조류 15배 현탁추출액을 권장시비구(13.23g), 생미역 처리구(12.65g), 시판 퇴비구(12.52g) 순으로 무게가 낮아졌지만 대조구에 비해서는 높은 경향이였다. 주당 지상부 경중은 시판퇴비 처리와 2주마다 해조류 현탁액을 엽면시비한 구가 대조구에 비해서 유의적인 차이를 보였고 2주마다 엽면처리한 구가 가장 높은 값을 보였으며, 콩 100립중의 반응은 경향을 찾을 수 없었고, 조단백질 함량의 조사결과에서는 유의성은 인정되지 않았지만 조단백질의 함량값은 다소 증가되는 경향이였다.

마지막으로 구당 콩 수량을 보면 대조구를 100으로 보았을 때 시판퇴비 처리는 10.4% 증수를 보였으며, 해조류제제 처리들에서는 4.4-25.1%의 증수를 보였고 가장 높은 수량을 얻은 처리는 2주마다 엽면처리한 구로 25.1%를 나타냈고, 그 다음이 해조류 추출현탁액 15배 엽면처리(16.9%)와 생미역 처리구(11.5%) 순서였다.

여기서 건조미역분말(100kg/10a) 처리와 생미역(1,000kg/10a)처리구는 생미역의 수분함량이 약 90%전후인 것을 감안하면 유기물의 양으로는 동일한 량이지만 생육 및 수량구성요소 조사결과를 보면 초장, 분지수, 협수 및 조단백질함량 등에서 생미역 처리가 분말처리보다 효과가 좋은 것으로 나타났는데 그 이유로 생각할 수 있는 점은 이 들 유기재료의 처리시기가 종자파종 직전인 5일 전에 처리하였기 때문에 분해의 난이성과 분해과정에서 발생할 수 있는 산소결핍이나 유기물의 무기화과정 지연으로 공시작물의 생육이 활발하지 못한 것으로 판단되었다. 더우기 미역 건조분말의 경우는 토양에 혼입하였을 때 토양 중 수분의 흡수단계를 거쳐서 미생물에 의한 분해과정을 겪게되겠으나 생미역의 경우는 그렇지 않을 것으로 생각된다. 이와 관련된 해조류 분말류의 사용지침을 인용한다면 해조류 분말(meal)은 작물 수확 후이나 봄과 가을에 1회씩 토양에 처리하는 것을 권장하고 있다(<http://www.alginure.co.uk>).

표 5-5는 콩을 대상으로 해조류 미역 건조분말, 생미역 및 미역 알칼리 가수분해 추출 현탁회석액을 엽면처리하여 수확 한 후 토양화학성을 분석하여 표시하였다.

표에서 나타난 바와 같이 pH값은 차이를 보이지 않았고 토양유기물, 유효인산함량, 치환성 양이온(K, Ca Mg, Na) 및 유효인산함량 등이 해조류 토양 혼입처리구에

서 다소 증가되는 경향을 보였고, 미량성분 함량에서는 특별한 차이를 나타내지 않았다.

표 5-4. 해조류 처리에 따른 콩 생육과 수량구성요소

Treat-ments	Stem height (cm)	Branch No. (Plant)	Pod No. (Plant)	Grain No. (Pod)	Grain weight (g/Plant)	Stem weight (g/Plant)	100 grains wt. (g)	Crude protein (%)	Yield (kg/Plot)	Yield index
CON	56.6ab	4.45b	29.13b	1.16b	11.30d	5.19c	19.05a	35.23a	1.83d	100
COMP	57.8ab	4.79ab	30.83b	1.42a	12.52bc	6.05ab	18.55a	37.20a	2.02bc	110.4
SP	54.4b	4.62ab	29.11b	1.40a	11.80bc	5.63bc	18.90a	35.45a	1.91bc	104.4
FS	62.2a	4.87ab	31.28b	1.38a	12.65ab	5.40c	19.03a	36.52a	2.04ab	111.5
SL	59.1ab	4.76ab	30.34b	1.51a	13.23ab	5.42c	19.41a	36.29a	2.14ab	116.9
SL2W	58.6ab	5.02a	34.79a	1.48a	14.13a	6.23a	18.11a	36.32a	2.29a	125.1

Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

해조류에는 일반 퇴비에 비해 질소함량은 비슷하지만 K함량은 높고 인산은 낮은 함량을 보이는 것이 일반적인 분석결과(Senn과 Kingman, 1978; Champman과 Champman, 1980)이기 때문에 해조류를 혼입처리한 구에서 약간 높은 분석치를 나타냈다고 생각된다. 그리고 토양 중 유효 인산함량도 유기재료의 혼입에 따른 불용성 인산 가용화 촉진에 따라 유효인산 함량이 증가되었는데, 이와 관련된 Junino 등(1976)의 목초지에 대한 해조류 처리실험에서도 같은 결과를 얻은 바가 있다.

표 5-5.. 콩에 대한 해조류 처리 후 토양화학 특성

Treat-ments	pH (1:5)	O.M (g/kg)	Av.-P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex-(cmol/kg)				CEC (cmol/kg)	Fe	Mn	Cu	Zn
				K	Ca	Mg	Na					
CON	5.6	37.2	519.0	1.03	6.19	1.11	0.05	14.0	24.7	73.5	13.2	7.9
COMP	5.7	42.8	526.3	1.06	6.25	1.22	0.12	14.9	23.0	69.2	15.9	8.7
SP	5.7	44.3	528.6	1.29	6.27	1.37	0.13	14.8	21.9	68.2	14.4	8.6
FS	5.8	43.7	525.5	1.26	6.29	1.25	0.14	13.2	21.4	78.7	14.9	8.3
SL	5.7	38.7	514.0	1.05	6.25	1.18	0.06	14.6	24.2	68.3	13.9	8.7
SL2W	5.7	37.6	518.2	1.18	6.16	1.13	0.04	14.6	23.9	79.0	14.6	9.5

제 4 절 결과요약

우리나라 미역양식장의 부산물(줄기, 포자엽 및 부착기)를 수거하여 제2장에서와 같이 alkali가수분해방법으로 조제한 미역 추출현탁액과 분말을 고추와 대두에 처리한 후 생육반응을 조사한 결과는 다음과 같다.

고추생육에서 해조류를 처리함으로서 초장, 엽록소함량, 경경 밀 주당 청과수 등이 유의적으로 증가되었고, 특히 생미역처리에서 경시적인 초장증가 양상을 나타냈다. 처리별 고추 건과중 수량은 유묘침적+미역추출액을 2주마다 처리(SS+SL2W) > 미역 추출액 15배액 처리(SWR) > 퇴비처리(COMP) = 생미역(FS) > 미역건조분말(SP) = 유묘침적(SS)의 순서였다.

대두의 경우는 해조류 처리구에서 초장, 분지수 및 주당 협수의 증가를 보였고, 협당입수와 주당입중은 대조구에 비해서 유의적으로 많아졌다. 대두 수량은 해조류 처리로 4.4-25.1%범위의 증수를 보였으며, 수량이 높은 처리는 SL2W(25.1%) > SL15(16.9%) > FS(11.5%) 순이었다.

제 6 장 해조류의 시용법 및 시용수준

제 1 절 서 언

해조류 제재의 활용효과에 대한 일반적인 실험결과는 시용량과 시용시기에 따라서 상당히 달라지며, 제품생산에 이용하는 원재료의 수확시기, 조류의 발육단계, 식물생장조절물질(PGR)의 활성수준의 변이 등과 같은 요인들이 처리효과에 영향을 미치며, 또한 해조류 제재처리에 대한 작물들의 반응은 방법, 시기, 처리빈도 및 제품별 시용방법 등에 따라 상당히 상이한 결과를 보인다. 그러므로 제품의 조제나 시용할 때 이상의 요인들을 고려해야한다(Metting 등, 1990).

상품화된 해조류 추출물은 토양에 관주하기도 하지만 대부분 엽면살포 방법으로 시용한다. 액상의 추출물은 보통 200-500배액으로 희석하여 ha당 500-1,000L수준으로 시용하는데, 희석전의 원액으로 계산하면 ha당 1-50L정도 되며, 액상의 건물을 8%정도로 보고 건조된 양으로 환산하면 0.08-4.0kg/ha수준이된다(Verkleij, F. N. 1992).

Abetz(1980)에 의하면 해조류 추출액을 엽면시비로 할 경우는 토양에 시용하여 흡수토록 하는 것 보다도 더 효과적으로 미량요소의 필요량을 충족할 수 있다고 하였으며, 또한 추출액에 함유된 미량원소는 대부분이 chelate형태의 유기태로 존재하기 때문에 무기태 형태로 시용할 때보다 적은 1/10 혹은 더 적은 양으로 공급이 가능하다는 점이다.(MacNaeidhe와 Fleming, 1988). Blunden(1979)의 사탕무에 대한 해조류 엽면시비 실험결과 유묘기때 살포하는 것보다 본엽 4-6매일 때 처리하는 것이 당함량의 유의적인 증가를 보였다고 하였으며, 결구상추와 cauliflower실험에서 상추는

결구직경을 50%증가시켰고(3, 6, 9L/ha, 3회처리), cauliflower의 식용부위인 꽃봉오리 직경을 1.9배 크게하였다고(5회 처리) 보고(Abetz와 Young, 1983)한 바 있다.

일반적으로 해조류 추출물의 처리는 작물의 생육기 중에 몇 차례로 처리를 계속해야 한다. 그것은 실제로 그 효과가 점진적으로 효과가 누적되어 나타나기 때문이며, 가장 중요하게 감안해야할 사항은 해조류 추출물을 처리함으로써 대상 작물의 생육상태를 완전히 바꿔주는 것보다는 대상 작물의 생육환경을 개선해 줌으로서 효과를 발현한다는 점이다.

<참고1>의 상품화된 해조류제품의 사용지침에서와 같이 해조류 추출물의 사용은 작물의 생육기간 동안에 몇 회의 일정한 회수만 사용하여야 한다. 그 이유는 추출물의 엽면시비 효과는 누적하여 점진적으로 나타나기 때문이다. 참고자료에 소개된 바와 같이 일반적으로 권장하는 기준은 채소류는 매 2주마다 엽면시비하고, 곡물이나 감자같은 작물에는 생육기간 중 2-3회정도 처리하는 것을 권장하고 있다.

본 장에서는 시제품으로 조제한 폐기 미역줄기 추출 현탁액을 희석농도와 처리시기별로 나누어 작물에 처리하여 생육과 생산성을 검토하였다.

<참고 1> 상품화되어 시판되고 있는 수용성 해조류추출물(Acadie Seaweed, Canada)의 사용지침의 예

작물별 (750g/ha)	엽면시비시기			
	1회	2회	3회	선택사항
콩, 완두	4-6엽기	개화초기	꼬투리형성초기	
당근, 양파, 부추	출아 2-3주 후	뿌리비대기	수확기까지 매 10-14일마다	
양배추, 브로콜리	본엽 4-6엽기	10-14일 후	봉오리(결구) 형성기	
단옥수수	2-6엽기	50-60cm생육기	웅수출현(tasseling) 직전	
오이	본엽 4매기	1차 개화전	7-14일 후	매 수확 48시간 이내
가지, 고추, 멜론	15-20cm생육기	개화직전	착과기	매 수확 48시간 이내
감자	괴경형성기	10-14일 후	개화초기	
토마토	15-20cm성장시	1차 개화전	1차 열매생성기	매 수확시 48시간이내

작물명	시용량 (g/ha)	1회	2회	3회	4회	선택사항
사과/배	750	출아기	개화전/꽃눈	개화만개기	초기과실 형성기	수확전까지 3주마다
감귤	1,100	개화초기	화관낙하기	하절기 엽면처리	가을 엽면처리	수확전 6-8주
포도	750	줄기 20-30cm 때	줄기 40-60cm때	만개기	착과/탈립초기	2-3주 후
핵과류	750	꽃눈 형성기	만개기	과실 형성초기	3주 후	3주 후
딸기	750	이식 전	최초 개화전	착과초기	수확 중기까지 매 3-4주마다	

<참고 2> 해조류 분말(Meal)의 사용권장량과 방법의 예

제품명/국가	해조류 재료	처리대상	처리량	비 고
Seanure/UK	<i>Ascophyllum nodosum</i>	조성된 잔디밭	70Kg/10a	표토에 혼입
		잔디 조성 예정지토양	1,500Kg/10a	봄/가을 1회
SeaLife/Canada	<i>Ascophyllum nodosum</i>	토양개선	48.3Kg/10a	수확 후 처리
		경지토양	482.9Kg/10a	봄/가을 1회
Kelp meal/Canada	<i>Ascophyllum nodosum</i>	채소, 과일, 잔디	48.3kg/10a	

제 2 절 재료 및 방법

1. 쪽파

가. 공시재료

본 실험에 공시한 쪽파(*Allium x wakegi* ARAKI)품종은 조생종으로 보성군 농업기술센터에서 분양 받은 종구를 2002년 10월 9일 순천대학교 부속농장 실험포장에 파종하여 2003년 5월 14일까지 재배하였다.

나. 시험구 배치

쪽파는 난괴법 3반복으로 배치하였고, 넓이 180cm 규격으로 구멍은 가로 12cm 세로 15cm 간격으로 1줄당 14공 흑색 멀칭용비닐로 멀칭 한 다음, 2~3구씩 분구 한 것을 2~3cm 깊이로 식재한 포장에서 구당 80주를 단위로 하였으며, 구당면적은 2.5 m²를 1구로 하였다.

다. 처리 및 조사방법

쪽파의 3요소 시비량은 N-P-K=10-6.6-8.4kg/10a를 기비만을 시비하였으며, 본 대학 부속농장의 우사 퇴구비를 1,000kg/10a수준으로 사용하여 관행재배하였다.

처리내용은 표 6-1과 같이 대조구와 쪽파 종구를 침적 처리한 구, 쪽파 종구를 파종 후 미역 추출액 15배액을 주당 100ml씩 관주처리구, 미역 추출액을 농도별(4수준), 엽면처리시기 2수준과 권장처리시기와 비교하였고, 권장처리 방법은 엽 출현 후 1회, 쪽파 종구에서 세균 발현 후 1회, 수확까지 2주 마다 처리하는 방법으로 조합처리 하였다.

쪽파는 해조류 분해 추출한 제조액의 처리효과를 구명하기 위하여 초장, 구폭, 분얼수, 엽수, 생체중 등의 성장반응을 농사시험조사기준에 의해 조사를 하였으며, 쪽파 뿌리의 총길이, 표피면적, 세균 수 등 biomass량을 조사하기 위해 뿌리조사 프로그램(WinRHIZO 2002, Regent Instruments Inc. Canada)를 사용하여 조사하였으며, 조사결과는 Duncan 검정을 통하여 처리간에 유의성을 검정하였다.

또한 쪽파 재배가 끝난 후 토양 및 식물체를 제3장 제1절 재료 및 방법 “가” 항의 방법으로 시료를 채취 분석하여 토양의 이화학적 특성과 식물체내의 무기이온 함량을 각 처리구간에 비교하였다.

표 6-1. 쪽파에 대한 해조류 처리내용

처 리	처 리 내 용
대조구(CON)	N-P-K=10-6.6-8.4kg/10a(기비) 퇴구비 1.5ton/10a
증류수 침적(WS)	종구 증류수 8시간 침적처리
미역 추출액 침적(SS)	종구 미역 추출액 50배액 8시간 침적처리
SS+추출액 15배 권장처리 (SSS)	종구 침적처리(50배액)+추천3회 엽면시비(15배액)
종구파종 후 관주처리(SI)	종구 파종 후 토양관주(50배액, 100ml/plant)
미역 추출액 10일마다 엽면처리(ST10)	미역 추출액 15배액 10일마다 엽면시비
미역 추출액 20일마다 엽면처리(ST20)	미역 추출액 15배액 20일마다 엽면시비
미역 추출액 5배 엽면치(SE5)	미역 추출액 5배액 엽면시비
미역 추출액 15배 엽면처리(SE15)	미역 추출액 15배액 엽면시비
미역 추출액 25배 엽면처리(SE25)	미역 추출액 25배액 엽면시비
미역 추출액 50배 엽면처리(SE50)	미역 추출액 50배액 엽면시비

2. 방울토마토

가. 공시작물

공시작물은 방울토마토(*Lycopersicon esculentum* Mill) 꼬꼬 품종으로써 2002년 9월 정식하여 2003년 2월까지 전남 보성군 조성면 방울토마토 재배 농가의 시설재배 하우스에서 수행하였다.

나. 시험구 배치

난괴법 3반복으로 배치하였고 구당 10주를 단위로 하였으며, 구당면적은 휴간 90cm 주간 40cm로 흑색 멀칭용비닐로 멀칭 한 다음 5주씩 2휴(2m²)를 1구로, 방울토마토 종자를 Plug육묘하여 초장이 약 8cm정도로 제6엽까지 자란 유묘를 정식하였다.

다. 처리 및 조사방법

방울 토마토의 재배는 관행방법으로 경작자에 의하여 관리하였으며 시비는 비닐 하우스 토양이 계속해서 연작으로 작물재배를 하는 토양이기 때문에 원예용복비(N-P-K-고토-붕소-유황=10-5-5-3-0.3-12) 70kg/10a 수준으로 기비처리하고 추비는 양액으로 생육상황을 고려하여 시비하였다.

처리내용은 대조구와 미역 추출현탁액의 농도 4수준(5, 15, 25 및 50배희석), 엽면 처리 시기 2수준(10일과 20일 간격)과 기존 권장 처리시기로 나누어 처리하고, 권장 처리에 정식 후 관주처리를 비교하였다. 관주처리는 이식 후 주당 미역 추출액 15배 희석액을 주당 250ml씩 관주하였다.

권장처리는 이식 후 유묘가 15~20cm 자랐을 때 1회, 첫 번째 꽃이 피기 전 1회, 첫 번째 열매가 열렸을 때 1회, 수확하기 48시간 이내에 엽면처리 하는 것으로 수행하였다.

방울토마토는 해조류 분해추출한 제조액의 처리시기 및 방법, 희석배수 등의 처리효과를 구명하기 위하여 초장, 엽수, 엽록소함량, 경경 등의 성장반응 조사를 하였

으며, 과중, 과장, 과폭, 가용성고형물, 과즙의 pH, 주당과수 등 과실의 수량반응조사를 농촌진흥청 농사시험조사기준에 의거 조사하였고, 조사결과는 Duncan 검정을 통하여 처리간에 유의성을 검정하였다.

표 6-1. 방울 토마토에 대한 해조류 추출현탁액(시제품) 처리내용

처 리 별	처 리 내 용
대조구(CON)	원예용 복비 70kg/10a, 퇴비 1톤/10a
추출액 15배액 10일마다 엽면처리(ST10)	미역 추출현탁액 15배액 10일마다 엽면시비
추출액 15배액 20일마다 엽면처리(ST20)	미역 추출액 15배액 20일마다 엽면시비
시제품 5배 희석(DC5)	미역 추출액 5배액 추천4회 엽면시비
시제품 15배 희석(DC15)	미역 추출액 15배액 4회 엽면시비
시제품 25배 희석(DC25)	미역 추출액 25배액 4회 엽면시비
시제품 50배 희석(DC50)	미역 추출액 50배액 4회 엽면시비
권장처리+정식 후 관주(R+S)	정식시 토양관주(50배액 250ml/주) 및 4회 엽면시비
정식 후 관주(S)	정식시 토양관주(50배액 250ml/주)

3. 감 자

가. 공시품종

본 실험에 공시한 감자(*Solanum tuberosum*) 품종은 수미(Superior)로 대관령 고랭지 농업시험장에서 분양 받은 종서를 이용하여 실험하였다.

나. 시험구 배치

난괴법 3반복으로 배치하였고 구당 85주를 단위로 하였으며, 구당면적은 휴간50cm 주간25cm로 식재한 포장에서 17주씩 5휴(10m²)를 한 개 구로 하였다.

다. 처리 및 조사방법

1) 처리내용

처리내용은 표 00와 같이 대조구를 포함하여 8개 처리로 시판 돈분퇴비, 미역분말 및 미역 추출현탁액 시제품을 조합하였다.

시비는 질소와 칼리를 10, 13kg/10a수준으로 단비로 환산하여 전량기비로 하였으며, 각 처리구는 일반 관행으로 재배하였다. SL I 처리구의 경우 시제품 미역 추출현탁액을 기존 해조류 권장기준인 파종 후 초기 3~4엽 출현시 1회, 엽면시비 2주 후 2회, 첫 개화 후 3회 엽면처리 하였다.

표 6-2. 감자에 대한 해조류 제형 및 수준별 처리

처 리	처리내용
대조구(CON)	N-P-K=10-0-13kg/10a
시판퇴비(COMP)	시판 유기질비료 300kg/10a
해조류 분말 50kg/10a (SP 50)	건조 미역분말 50kg/10a 혼입처리
해조류 분말 70kg/10a (SP 70)	건조 미역분말 70kg/10a 혼입처리
해조류 분말 90kg/10a (SP 90)	건조 미역분말 90kg/10a 혼입처리
해조류 추출현탁액(SL I)	미역 추출현탁액 15배 희석액 권장처리(엽면처리)
해조류 추출현탁액(SL II)	미역 추출현탁액 15배 희석액을 매2주마다 엽면처리
해조류 추출현탁액(SL III)	미역 추출액 7.5배 희석 엽면시비

2) 조사방법

감자의 수확은 정식 후 13주째에 수확하여 감자의 지상부인 경장, 경수, 경엽, 건물중, 수량 등을 농촌진흥청 농사시험조사기준(농촌진흥청, 1996)에 의거 성장반응을 조사하였다. 수량조사시 괴경은 251g이상, 151~250g, 81~150, 51~80g, 31~50g, 30g미만으로 구분하여 수량반응을 조사하였다. 조사된 결과는 DMRT로 통계처리하여 처리간의 반응을 비교하였다.

감자 재배가 끝난 후 토양시료를 채취하여 제3장 제1절 재료 및 방법 “가” 항의 방법으로 분석한 후 토양중의 이화학적 성을 각 처리구간에 비교하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 쪽파의 생육반응

가. 생육과 수량

표 6-3은 쪽파에 대한 해조류 추출액을 중구침적, 관주 및 엽면처리 등으로 나누어 처리한 후 16주에 조사한 쪽파의 생육과 수량을 표시하였다. 먼저 생육반응에서 초장과 엽수의 조사결과는 통계적인 유의성은 인정되지 않았으나 대조구와 중구의 물 침적구는 해조류처리에 비해 낮은 결과를 보였고, 최대 뿌리길이는 대조구에 비해 유의적인 차이를 나타내는 처리는 해조류 추출액 원재의 15배 희석액을 20일마다 엽면시비 처리한 구(19.5cm)였다. 쪽파 포기구의 구직경은 대조구에 비해서 모든 처리에서 더 커진 결과를 보이고, 중구의 해조류 추출액 침적과 엽면시비를 병행처리한 구가 가장 크게 비대하여 157.4cm를 나타냈으며 15배 희석 해조류 추출액을 매 10일마다 엽면시비한 처리(135.1cm), 추출액 15배와 5배 희석액 엽면시비구가 각각 133.9 및 132.3cm를 보여 다음 순서로 높은 구직경을 보였다.

쪽파에서 가식부분인 포기당 지상부 무게와 구당 수량을 보면, 해조류 추출액 15배희석액을 엽면처리한 구가 가장 높은 수량을 보였으며, 25배희석 처리, 50배희석처리, 매 10일마다 엽면시비구, 심기직전 중구의 해조류 추루액 침적, 매 20일마다 엽면처리, 5배희석처리의 순으로 생육량이 낮아졌으며, 1회 관주처리 및 해조류침적과 엽면시비병행구가 가장 낮은 수량을 나타냈다.

여기서 해조류 처리방법과 시비수준에서 유의성있는 뚜렷한 반응을 보이지 않는

점은 양파와 같이 쪽파 식물체가 갖는 특수성 즉, 엽면적이 적고, 잎 표면은 두꺼운 왁스 큐티클층(thick waxy leaf cuticle)이 있어 체내로 침투가 어려운 것으로 해석하고 있으며(McGeary와 Birkenhead, 1984), 이들은 양파에 대하여 시판 해조류 추출물을 5.5, 11.0 및 22.0L/ha 수준으로 엽면처리한 결과 양파의 크기, 수량 및 성숙도에 유의적인 효과를 보이지 않았다고 보고한 바 있다.

그림 6-1, 6-2, 및 6-3은 쪽파의 초장, 엽수, 분얼수, 포기 구직경 및 지상부 생체 중 등의 경시적 변화를 나타낸 것이다. 초장에서 보면 파종 후 출아된 다음 12월중순까지는 월동기로서 처리별로 차이를 보이지 않아 15cm내외를 보였고, 이듬해 4월에 이르러 대조구와 차이를 보이는 반면에 엽수의 변화는 월동전 12월 15일 조사시는 3개 그룹으로 나누어졌으나 월동 후 3월 22일 조사시는 대조구가 동해의 피해로 엽수의 확보유지가 어려웠다. 그 이후 4월 19일 조사시의 엽수변화는 대조구를 제외하고 주당 40-60개의 엽수를 보이다가 5월 중순경에는 35개 전후로 감소되었다.

한편 쪽파의 분얼수 변화는 월동전에 10-18개로 상당히 넓은 범위를 보이고, 특히 매 10일과 20일간격으로 엽면시비한 처리간에는 큰 차이를 보여 약 6개의 차이를 나타내면서 5월의 마지막 조사까지 차이를 보이고 있다. 그리고 해조류추출액 15배 희석액 과 50배 희석액 엽면처리가 일정한 분얼수를 유지하였다. 이러한 결과는 엽면적이 크지 않고, 왁스큐티클(waxy cuticle) 층을 갖는 *Allium*속의 작물의 경우는 해조류 제제의 처리빈도가 많아야하고 추출액의 희석농도도 다른 공시작물에서 확인된 15배 수준으로 적정선을 삼아야할 것으로 판단되었으며, 해조류에 함유되어 있는 cytokinin 등의 호르몬 영향에 의한(Verkleij, 1992) 발근촉진과 초기 뿌리신장을 위해서 파종전에 종구의 침적이 유리한 것으로 확인되었다.

표 6-3. 해조류 제제의 처리방법과 수준에 따른 쪽파의 생육과 수량

Treat-ment	Plant height(cm)	Root length (cm)	Leaf No. (stock)	Bulb diameter (mm)	Tiller No. (stock)	Shoot fresh wt (g/plant)	Root fresh wt. (g/plant)	Yield (kg/Plot)
CON	28.6	15.4b	25.8	88.7	10.4	69.3	4.6b	5.54g
WS	28.9	17.5ab	26.8	112.9	10.2	77.2	5.1ab	6.17g
SS	31.5	17.9ab	30.7	118.5	12.3	123.9	7.2ab	9.91cd
SSS	32.9	18.0ab	33.2	157.4	10.5	101.2	6.3ab	8.09f
SI	30.5	18.6ab	26.3	118.7	12.0	96.1	5.1ab	7.69f
ST10	31.9	17.7ab	34.7	135.1	13.3	124.9	7.1ab	9.98cd
ST20	31.9	19.5a	31.1	119.4	10.9	115.9	8.6a	9.27de
SE5	30.5	18.9ab	29.1	132.3	10.7	114.3	4.5b	9.04e
SE15	33.5	18.8ab	36.7	133.9	12.9	134.6	6.8ab	12.19a
SE25	31.5	17.5ab	35.3	127.5	12.1	127.0	6.7ab	11.36b
SE50	31.5	19.4ab	32.3	125.9	12.0	142.1	7.4ab	10.15c

Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

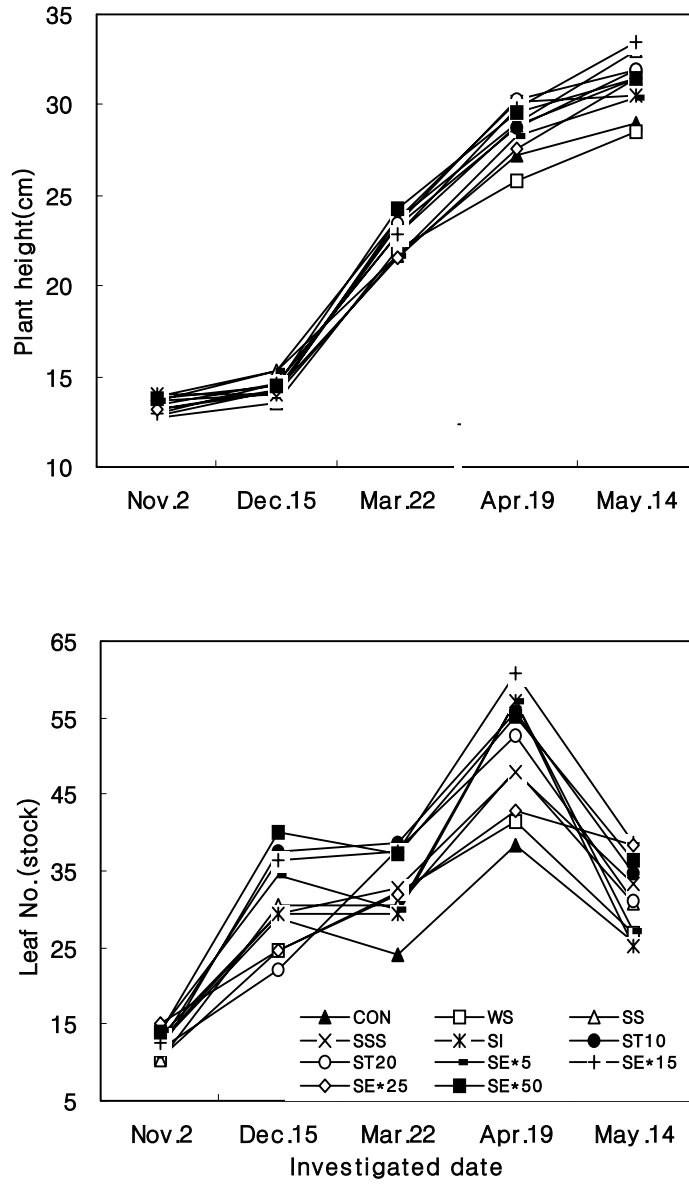


그림. 6-1. 해조류 제제처리에 따른 쪽파의 초장과 엽수의 경시적 변화

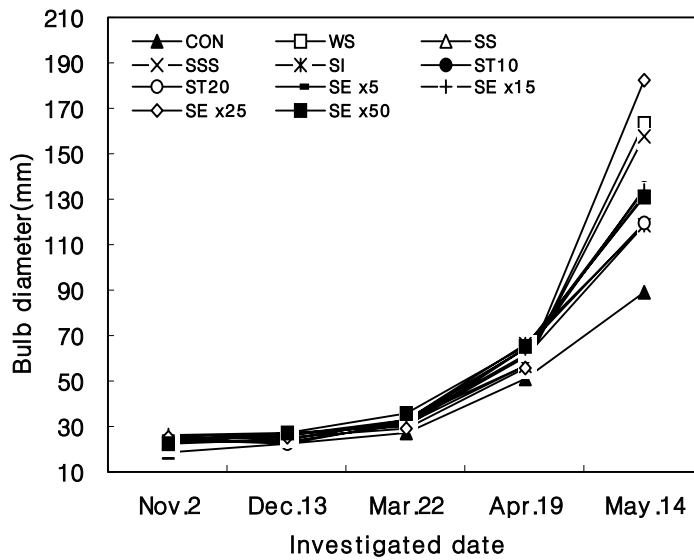
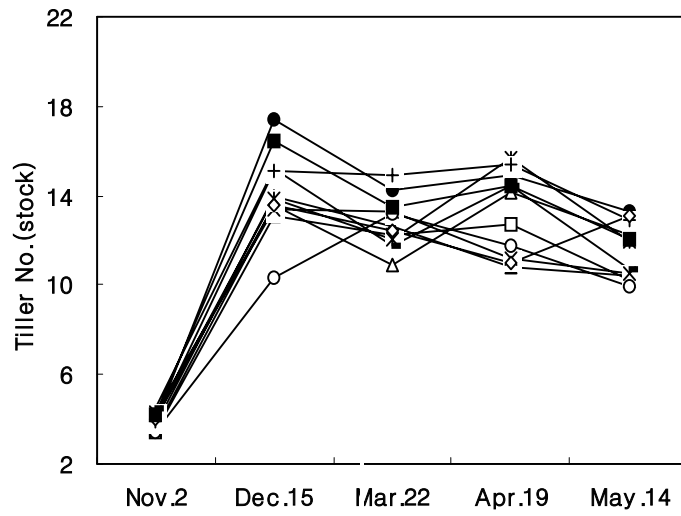


그림. 6-2. 해조류 제제처리에 따른 쪽파의 분얼수와 구직경의 경시적 변화

쪽파 수확시의 구직경의 변화를 보면 월동전에는 25mm전후로 비대하지 않으나 3월 22일부터는 대조구에 비해 처리구에서 비대가 촉진되어 이 후 차이를 보이기 시작하여 5월 중순 수확시에는 25배희석 엽면처리와 해조류 중구침적과 엽면시비 병용구에서 주당 150mm이상으로 높은 구직경을 나타냈으며, 중구 물침적 처리가 가장 높은 구직경을 보였으나 초장의 길이가 아주 작고 분얼수가 적어 생체중 증가에는 영향하지 못하였다.

쪽파의 가식부위인 지상부 생체중 변화양상을 그림 6-3에서 보면 식물생장의 일 반적인 sigmoid형의 변화곡선으로 월동 이 후 급격한 생체중 증가를 나타냈으며, 4 월 중순부터 대조구와 중구물침적이 한 개 그룹, 그리고 그 외의 처리가 다른 하나 의 그룹으로 나뉘어 졌다. 즉 하위그룹은 주당 80g전후 수준을 보이는 반면 그 외 해조류 제제 처리들에서는 100-150g범위를 보여 큰 차이가 확인되었다. 그러나 추출 액 25배희석 엽면시비구와 추출액 관주처리에서 4월 19일 이후 갑작스런 생체중 증 가와 감소현상은 해석할 수 없었다.

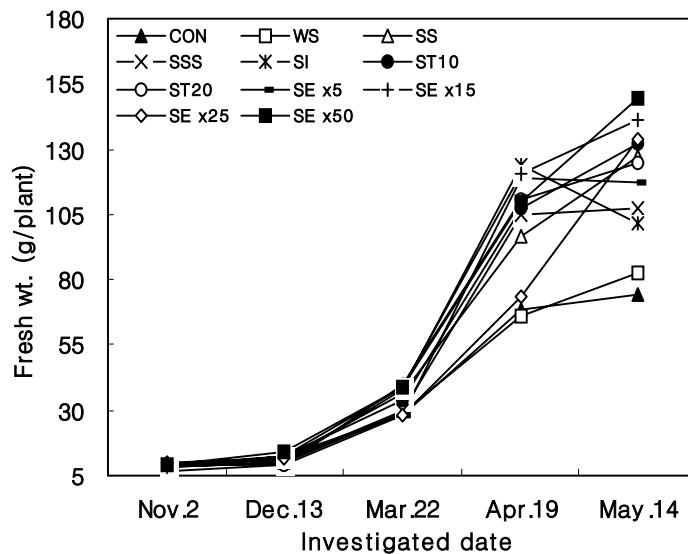


그림. 6-3. 해조류 제제처리 별 쪽파의 생체중 경시적 변화

나. 쪽파뿌리의 특성

표 6-4는 해조류 처리별 수확기 쪽파 뿌리의 총 근장, 총 근표면적, 총부피 및 세 근수 등을 뿌리측정용 영상 system(WinRHIZO)을 이용하여 조사한 결과이다. 먼저 전체 뿌리길이를 보면 반복간에 편차가 커서 유의성은 인정되지 않았으나 대조구와 중구 물침적에 비하여 해조류 처리들에서 뿌리길이가 많음을 확인할 수 있다. 전체 뿌리길이가 가장 긴 처리는 해조류 추출액 15배 희석액처리로서 566.8cm에 달했으며, 처리 중에서 뿌리길이가 500cm이상 수준에 달한 처리는 25배희석처리(531.3cm), 매 10일 엽면시비(528.7cm) 및 추출액 50배희석처리(498.2cm) 등으로 나타났다. 이상과 같은 결과는 해조류제제를 처리함으로써 거기에 함유된 cytokinin 유사물질에 의해 뿌리신장을 촉진시킨 결과로 해석되며, 본 실험에 사용된 해조류제제의 auxine과 cytokinin 유사물질의 분석결과(제2장)에서 IAA 15.9ppm, Trans-Zeatin(TZ) 8.2ppm, TZ-riboside 45.4ppm으로 각각 함유되어 있음을 이미 확인한 바 있다. 한편 전체 근표면적 조사결과는 해조류 추출액 15배 희석액과 매 10일마다 엽면시비한 처리에서 각각 127.3, 122.7cm³로 가장 넓은 근표면적을 보였고, 전체 뿌리부피에서도 같은 결과를 나타냈다. 세근과 같은 뿌리조각의 수에 있어서는 대조구에 비해 유의적인 증가를 보이는 처리는 해조류 추출액 25배와 15배 희석액 엽면 시비구였다. 이상의 결과에서 해조류 제제 처리 중 뿌리의 신장을 통해 근계발달에 영향을 미치는 처리는 추출액 15배, 25배 및 매 10일마다 엽면처리로 확인되었다.

표 6-5는 쪽파 시험 후 토양화학성을 조사한 결과인데 시험전 토양과 비교하여 특이한 점은 발견되지 않았다.

표. 6-4. 해조류 제재 처리별 쪽파 뿌리의 특성

Treatments	Total root length (cm)	Total root surface area (cm ²)	Total volume cm ³	Root tips No. (plant)
CON	388.7±114.1	91.8±23.2	1.73±0.37	436.2c
WS	399.9±130.1	89.3±34.0	1.61±0.66	519.5abc
SS	421.7±78.8	96.0±15.8	1.74±0.25	477.3bc
SSS	413.6±96.2	91.7±19.1	1.62±0.31	509.2abc
SI	488.6±96.5	106.5±15.5	1.86±0.18	704.0abc
ST10	528.7±62.9	122.7±17.6	2.28±0.38	648.7abc
ST20	466.9±56.6	103.5±18.5	1.89±0.45	643.5abc
SL5	456.3±145.4	104.4±36.6	1.91±0.74	485.1abc
SL15	566.8±110.1	127.3±24.9	2.38±0.52	802.1ab
SL25	531.3±83.8	116.4±8.4	2.05±0.17	819.1a
SL50	498.2±8.0	108.7±15.0	1.91±1.00	664.3abc

Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

표. 6-5. 쪽파 시험 후 토양 이화학성

Treatments	pH (1:5)	EC (uS/cm)	O.M (g/kg)	Exch - (cmol/kg)					Av.- P ₂ O ₅	Fe	Mn	Cu	Zn
				K	Ca	Mg	Na	CEC					
시험전	5.1	46.3	37.8	1.22	5.00	0.85	0.18	14.52	517.5	35.0	77.0	14.3	15.1
CON	5.1	41.8	36.7	1.34	4.83	0.75	0.14	13.16	538.9	54.5	67.9	11.2	16.2
WS	4.9	43.2	37.8	1.24	4.22	0.71	0.06	12.49	502.2	45.1	47.1	14.9	14.6
SS	5.1	37.5	39.4	1.40	4.67	0.85	0.43	11.86	543.4	45.7	54.4	15.8	19.6
SSS	5.0	44.8	35.3	1.43	4.51	0.80	0.10	12.98	510.2	42.2	47.2	16.5	18.4
SI	5.0	50.7	36.4	1.46	4.44	0.67	0.18	13.51	510.2	46.3	74.2	15.7	23.0
ST10	5.0	45.3	34.7	1.52	4.37	0.76	0.22	12.24	502.2	53.6	53.9	14.1	17.0
ST20	5.0	46.7	34.8	1.34	4.09	0.85	0.09	12.32	535.8	45.5	43.0	14.4	22.6
SL5	4.9	43.5	37.1	1.20	4.43	0.58	0.11	12.01	519.8	43.2	39.9	15.3	24.5
SL15	4.9	39.8	36.5	1.18	4.56	0.62	0.15	12.54	506.8	37.5	69.8	13.9	20.8
SL25	4.9	43.7	38.4	1.17	4.45	0.65	0.04	12.26	514.4	42.2	39.7	14.9	14.1
SL50	5.1	41.1	34.3	1.23	4.34	0.72	0.05	12.31	522.7	45.8	42.2	13.0	13.3

Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

2. 방울 토마토의 생육반응

가. 토마토 생육

농가에서 관행방법으로 재배하고 있는 방울 토마토에 해조류 추출액을 관주와 희석하여 엽면시비하고, 정식 후 11주에 생육상황을 조사하여 표 6-4에 나타내었다. 조사 후 얻어진 결과는 통계적인 유의성은 인정할 수 없었다. 그러나 각각의 생육반응들의 평균값에서 대조구에 비해 다소 높은 값을 보였다. 초장과 경경을 보면 전반적으로 해조류 처리구에서 높은 조사치를 보였고, 특히 외국의 기존 해조류제품의 사용지침이 권장하는 시기에 추출액을 처리하고 동시에 정식 후 관주처리한 구에서 초장이 가장 길게 나타나 150.2cm를 보였고, 본 연구진이 제조한 시제품을 15배 희석액 처리(146.4cm), 10일마다 엽면시비(147.6cm), 25배희석처리(145.1cm) 등의 순서였으며, 경경에서도 초장과 비슷한 경향을 보였다. 엽수는 추출액 5배 희석액 엽면처리에서 22.2개를 보여 최고치를 보였으나 유의성은 없었다. 한편 주당 및 구당 숙과수의 반응에서도 유의성은 없었으나 주당 숙과수는 추천시비와 정식 후 추출액관주처리가 8.0개로 가장 많았고, 방울 토마토의 과장, 과경, 개당 과중 및 과즙의 pH값에서는 특별한 경향을 찾을 수 없었으나, 구당 숙과수 역시 추천시비와 정식 후 추출액 관주처리 112.1개로 가장 많았다. 또한 과실의 성숙과 관련해서 그림 6-4의 12월 6일에 촬영한 방울 토마토 열매사진에서 보는 바와 같이 대조구에 비해 거의 모든 해조류제제 처리구들에서 같이 숙기가 3-4일정도 빨라졌음을 확인하였다.

표 6-6. 해조류 처리방법 및 수준에 따른 방울 토마토 생육 및 수량구성요소

Treatments	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Chlorophyll content (mg/100cm ²)	Leaf No. (plant)	Average No. of matured fruits		Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	Fruit weight (g)	Juice pH
					(Plant)	(Plot)				
CON	141.2±15.8	13.3±1.9	3.7±0.02	18.2±1.7	5.0±2.67	70.2±37.2	29.3±2.1	32.4±2.7	19.3±3.2	4.20±0.08
ST10	147.6±11.5	13.0±1.5	3.4±0.10	18.4±1.4	5.9±2.56	77.1±32.9	28.6±2.4	32.2±2.5	20.6±4.7	4.29±0.29
ST20	143.9±9.8	13.9±2.4	3.6±0.02	19.4±0.2	6.7±2.73	87.7±35.1	29.1±2.5	32.2±2.9	19.4±4.3	4.21±0.07
DC5	142.3±12.7	13.2±1.9	3.7±0.09	22.2±4.6	5.8±2.53	81.5±35.1	28.9±2.3	31.9±3.2	19.7±4.9	4.21±0.07
DC15	136.4±11.7	13.6±0.5	3.7±0.02	19.4±1.2	6.7±2.99	94.8±41.5	28.7±2.1	31.5±2.8	18.4±4.1	4.22±0.07
DC25	145.1±25.3	12.8±6.6	3.7±0.07	19.3±0.8	6.3±2.89	82.6±37.1	28.9±2.2	31.7±2.7	18.3±3.9	4.22±0.07
DC50	136.0±17.4	12.8±1.2	3.7±0.03	17.8±2.9	4.9±2.72	69.6±37.9	29.0±1.8	31.9±2.6	18.3±3.5	4.22±0.08
R+S	150.2±7.4	14.8±1.5	3.7±0.07	18.8±1.1	8.0±7.00	112.1±97.9	29.6±2.3	32.6±2.7	19.7±3.4	4.21±0.09
S	143.6±8.7	12.9±0.7	3.7±0.09	18.9±1.2	5.9±2.74	94.6±43.6	28.3±1.7	31.2±2.5	17.2±2.9	4.22±0.07

* CON : 대조구, ST10, 20 : 10, 20일 마다 열면시비, DC-5, 15, 25, 50 : 5배, 15배, 25배, 50배 열면시비
R+S : 추전+정식후 관주, S : 정식후 관주

** 초장, 경경, 열록소함량 및 열수는 정식 후 6주에 조사.



그림 6-4. 해조류 제제 처리결과 방을 토마토 숙과비교 (해조류처리로 숙기가 3~4일 빨라짐)

나. 토마토 수량

그림 6-5는 해조류 처리방법 및 수준에 따른 방울 토마토의 47일간 누적 숙과 수량을 막대그림으로 비교 도시 하였다. 숙과의 수확은 2002년 12월 8일부터 2003년 1월 24일까지 3-5일 간격으로 47일동안에 걸쳐 익은 과실만 골라서 수확하여 평량 누적하였다. 그림의 숙과수량을 보면 대조구 3.84kg에 비해서 해조류 추출액 50배 희석액 처리구(3.93kg)만을 제외한 나머지 모든 해조류 처리구에서 높은 수량을 나타내고 있다. 처리시기별로 보면 매 10일과 20일마다 시제품 원액 15배 희석액을 엽면 시비한 결과 20일마다 처리한 구가 4.89kg으로 다소 숙과량이 많았으나 통계적으로 유의성은 없었다. 다음으로 시제품 원액의 희석배율 5, 15, 25 및 50배율 중에서는 15배 희석 농도가 가장 높은 구당 5.39kg 숙과량을 보여 시제품 해조류(미역) 추출액의 시용농도로서 적합하다는 결과를 얻었다.

잎의 표피세포에 양분흡수 통로가 되는 작은 구멍은 $10^{10}/\text{cm}^2$ 정도로 존재하나 구멍의 크기 1nm이하로 작기 때문에 이 온의 크기가 큰 성분은 흡수가 어렵다 (Schonherr, 1976). 그리고 엽면을 통해 음이온보다 양이온이나 전하가 없는 물질의 흡수가 용이한데 잎표면의 음이온이 양분 중 음이온을 반발하기 때문으로 해석하고 있으나(Tyree 등, 1990), 시용농도가 높을 경우는 이온의 종류에 차이가 없다고 하였다(Bowman과 Paul, 1992).

일반적으로 엽면시비에 사용하는 목적성분의 농도는 0.5-1%수준을 권장하고 있는데, 해조류 추출 희석액의 경우는 함유된 무기성분의 함량은 적으나 해조류에 함유된 alginic acid와 laminarin 등을 포함하는 탄수화물이 건물중을 기준으로 50%수준을 넘기 때문에 처리된 추출액이 점성을 갖어서 희석배수가 적당하지 않으면 엽면에서 성분흡수가 어려워질 것으로 판단된다.

또한 해조류 추출액을 주당 250ml씩 근부에 관주해 주는 처리와 관주와 동시에 기존 해조류 공급원에서 추천하는 방법을 비교할 때 관주와 병행하는 처리가 더 숙과량이 높게 나타났으나 본 실험포장의 조건에서는 관주만으로도 4.85kg의 수량을 얻을 수 있다는 결과를 얻었다.

이상의 결과를 감안하여 본 연구 2장과 3장에서 얻어진 해조류 시제품의 희석배율과 처리방법은 희석배율의 경우 15배로 희석하여 기존 권장방법인 3-4회 엽면처리하는 방법(이식직후, 초장이 15-20cm성장시, 1차 개화직전 및 최초착과기, 그리고 수확전 48시간내 처리)과 이식 직후 관주하고 난 후 권장방법에 따라 처리하는 방법이 가장 이상적인 것으로 판단되었다.

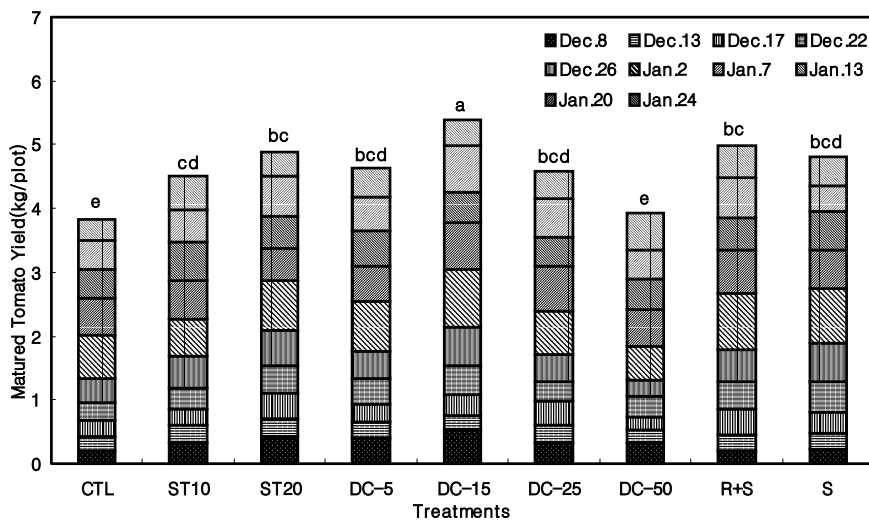


그림 6 5.- 해조 류리방법 처및 수준에 따른 방울 토마토의 일47 간누적 숙과수 량

그림 6-6은 47일간 10회 수확된 방울 토마토의 당도변화를 나타내고 있다. 그림 에서와 같이 숙과 수확 초기에 비해 시일이 경과할수록 당도가 증가되어 12월 수확 시보다 1월에 수확한 토마토가 당도가 더 높아지는 경향을 보였다. 그러나 처리간의 차이는 통계적으로 인정할 수 없으나 12월 17일 수확시부터는 해조류 권장처리와 해조류 현탁액을 이식 후 1회 관주처리한 구가 당도가 높아진 결과를 보였다.

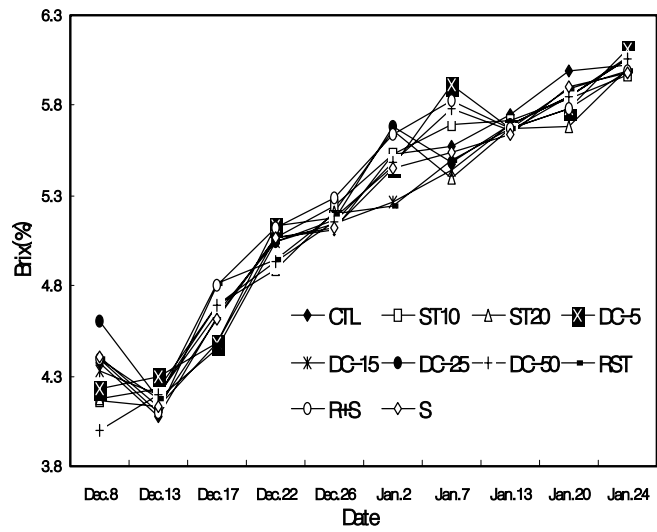


그림 6-6. 방울 토마토의 당도변화

3. 감자의 생육반응

감자에 대한 해조류 추출 분해액 처리에 따른 생장반응과 수량반응에 관련된 실험은 순천대학교 부속농장 포장에서 그림 2-4와 같이 수행하였다.



그림 6-7 감자 시험포장의 전경

가. 감자의 생육

해조류 추출액과 분말(meal)이 감자의 생육, 초장, 분지수, 지상부 생중 및 감자수량은 표 6-5와 같다. 조장의 경우 대조구는 58.4cm인데 비하여 모든 해조류제제 처리구는 67.3-73.7cm범위를 보여 해조류 처리로 초장의 생육이 증가되었다. 먼저 해조류분말을 보면 10a당 50kg수준에서 가장 긴 72.2cm를 보이며 분말의 처리량을 증가시키에 따라 초장이 감소되는 경향을 보여 70kg수준은 71.4cm, 90kg수준은 68.3cm를 나타냈다. 이와 같은 경향은 종서를 심기 전(4일)에 해조류 분말을 처리함으로써 이들 유기물 분해과정에서 오는 산소결핍과 수분부족 등과 같은 근권환경의 장애가 영향을 준 것으로 해석된다. 기존 해조류 분말 처리에 관련된 지침(5장 표-2) 등을 참고하면 작물수확 후에 혼입시용 하도록 되어있다. 또 분지수 조사결과는 유의적인 차이는 없으나 대조구에 비해서는 다소 많았으며, 주당 지상부 생체중은 대조구와 해조류 추출액 엽면시비구에 비해 시판퇴비와 해조류분말 혼입 처리구들에서 생육량이 많은 것으로 나타났다.

나. 감자수량과 상서중 비율

한편 구당 감자수량을 보면 DMRT결과 해조류 분말 50kg/10a처리구만이 구당 66.45kg로서 대조구(46.87kg)와 유의적인 차이가 인정되었으며 대조구에 비해 41.8%의 수량증가를 보여 Blunden(1972)의 감자실험의 20%의 수량증가보다 2배에 가까웠다. 처리 중 분말처리와 추출액 엽면시용간에 차이를 보이고 있다. 즉 해조류 분말 처리가 추출액 엽면시비에 비해 전반적으로 감자수량이 높아서 SP I 66.45kg, SP II 56.07kg, SP III 51.01kg를 나타냈고, SL I 58.40kg, SL II 52.64kg, SP III은 53.25kg을 보였다. 그래서 단순히 통계적 유의성을 고려하지 않고 시판 퇴비시용구의 수량을 기준으로한 수량지수를 나타내보면 SP I 26.9%, SP II 7.0% 증수를 나타내고, SL I 11.5%, SL II 0.5%, SL III은 1.7%로서 시판 퇴비를 사용하는 것보다 해조류 분말을 처리하는 것이 감자수량을 높일 수 있다는 결과를 얻었고, 해조류 추출액 처리만으로도 10%이상의 증수효과를 얻을 수 있었다.

해조류 처리에 따른 감자의 상서중 분포특성을 조사한 결과는 표 6-8과 같다. 상품성이 있는 감자는 81g이상의 무게를 갖는 감자를 의미하며 상서(上薯)라서고한다. 감자의 중량별 분류 중 상품성이 없다고 보는 80g이하의 것은 설서(30g이하), 소서(31-50g) 및 중서(51-80g)로 나누고, 상품성이 있다고 보는 상서는 대서(81-150g), 특대서(151-250g) 및 과대서(251g이상)로 분류한다(농촌진흥청, 1995). 먼저 감자의 상서중을 처리별로 보면 그림 6-7과 같다.

표 6.-7 해류조 처리에 따른 감자의 생육반응과 수량

Treatments	Plant height (cm)	Branch No. (plant)	Shoot fresh wt. (g/plant)	Potato yield (kg/plot)
CON	58.4b	2.5	227.9	46.87b
COMP	71.7a	2.7	265.2	52.38ab
SP 50	72.2a	2.7	265.7	66.45a
SP 70	71.4a	2.5	272.2	56.07ab
SP 90	68.3a	2.9	242.5	51.01ab
SL I	71.8a	2.7	256.0	58.40ab
SL II	67.3a	2.6	233.0	52.64ab
SL III	73.7a	2.8	233.4	53.25ab

Mean separation within columns by DMRT at 5% level

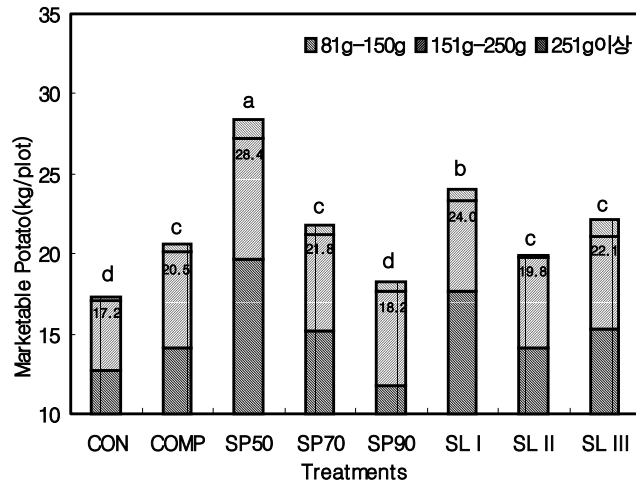


그림 6-7. 해조류 처리에 따른 감자의 상서중 비교

그림에서 보면 대조구 구당 17.3kg에 비해 시판되비 시용구를 포함한 모든 처리구에서 상서중의 증가를 나타내고 있으며, 해조류분말 50kg/10a혼입구(SP I)가 가장 높은 상서중을 보여 구당 28.4kg를 나타내 총 감자수량의 42.8%를 보였으며 DMRT에서 5%의 유의성을 나타냈다. 그리고 그 다음으로 상서중이 높은 처리는 해조류 추출현탁액 15배(SL I) 엽면처리(24.1kg)였고, 세 번째가 구당 20kg내외의 상서중을 보인 4개처리 시판되비(COMP), 해조류 분말 70kg처리(SP II), 시제품 해조류 추출현탁액 15배를 매 2주 엽면시비(SL II) 및 추출액 권장량의 2배농도처리(SL III) 등이었다. 그리고 해조류 분말을 90kg/10a수준으로 혼입처리한 구는 대조구와 비슷한 성적을 나타냄으로서 과량의 해조류 건조분말을 과중직전에 혼입하는 것은 작물의 근권환경에 악영향을 끼치는 것으로 해석되었다.

일반적으로 감자를 재배할 경우 퇴비시용이 뒤따르기 때문에 각 처리별 상서중의 수량지수를 시판 퇴비구를 100으로 기준하여 비교하면 해조류 제제를 처리해줌으로서 6.1-38.1%범위의 상서중 증가를 나타내고 있으며, 상서중 증가가 높은 순서를 보면 SP I > SL I > SL III > SP II의 순이었다.

표 6-8. 해조류 처리에 따른 감자의 상서중 분포특성

Treat-ment	Distribution in potato weight (kg/Plot)							Marketabl potato(kg/Plot) 81g≤	
	<30g	31~50g	51~80g	81-150g	151-250g	251g≤	Total	Wt(%)	Index
	설서	소서	중서	대서	특대서	과대서	(kg/Plot)		
CON	10.43 (22.3)	8.39 (17.9)	10.74 (22.9)	12.69 (27.1)	4.40 (9.4)	0.20 (0.4)	46.87 (100)	17.3(36.9)	(100 ¹ /93.9 ²)
COMP	13.79 (26.3)	8.40 (16.1)	9.59 (18.3)	14.12 (27.0)	6.03 (11.5)	0.43 (0.8)	52.38 (100)	20.6(39.3)	(119.0/100)
SP 50	14.74 (22.2)	10.02 (15.1)	13.24 (19.9)	19.69 (29.6)	7.48 (11.3)	1.26 (1.9)	66.45* (100)	28.4(42.8*)	(164.4/138.1)
SP 70	12.17 (21.7)	9.89 (17.6)	12.17 (21.7)	15.21 (27.1)	5.97 (10.6)	0.65 (1.2)	56.07 (100)	21.8(38.9)	(126.3/106.1)
SP 90	13.04 (25.6)	9.09 (17.8)	10.58 (20.8)	11.76 (23.1)	5.88 (11.5)	0.64 (1.3)	51.01 (100)	18.3(35.9)	(105.7/88.8)
SL I	14.43 (24.7)	10.42 (17.8)	9.44 (16.1)	17.69 (30.3)	5.64 (9.7)	0.76 (1.3)	58.40 (100)	24.1(41.3)	(139.3/117.1)
SL II	14.39 (27.3)	8.19 (15.6)	10.19 (19.4)	14.08 (26.7)	5.67 (10.8)	0.10 (2.0)	52.64 (100)	19.9(39.5)	(114.8/96.5)
SL III	12.07 (22.7)	8.20 (15.4)	10.83 (20.3)	15.32 (28.8)	5.72 (10.8)	1.08 (2.0)	53.25 (100)	22.1(41.6)	(127.9/107.5)

¹ : Yield index as a basis of control(CON), ² : Yield index as a basis of commercial compost treatment(COMP)

다. 감자 수확 후 토양특성

표 6-9는 시험 후 토양의 화학적 특성을 분석한 결과이다. 본 시험 포장은 사질 양토로서 토양화학적 특성이 양호하지 못한 토양으로서, 시판퇴비를 포함한 유기재료를 처리함으로써 pH값, 토양유기물함량, 치환성양이온 및 유효인산의 함량 등에서 다소의 증가를 보였으나 통계적 유의성은 없었다. 특히 치환성 양이온 함량에서 K, Mg 및 Na의 함량이 해조류 분말처리로 약간 증가되는 경향으로 Lopez-Mosquera 와 Pazos(1997)의 실험결과 해조류를 구비와 비교처리한 결과 해조류 처리 (80ton/ha)가 최고 감자수량을 보였고 토양 중 Ca과 K의 함량을 증가시켰으며 pH의 증가를 가져왔다고 하였다. 토양 중 유효인산함량도 해조류 엽면 처리구들에서는

변화가 없었으나 유기재료의 혼입구에서는 증가되는 추세로 Caiozzi등(1968)의 연구 결과와 같은 결과를 보였다. 한편 미량원소와 일부 중금속성분들의 분석결과를 보면 일정한 경향을 찾을 수 없었으나 Fe와 Zn함량에서 해조류제제의 처리로 약간 증가된 결과를 보이거나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다.

표 6-9. 감지시험 후 토양 이화학적 특성

Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M (g/kg)	A.V. P ₂ O ₅ (mg/kg)		Ex-Cation(cmol/kg)					CEC (cmol/kg)	Fe	Mn	Cu	Zn	Cr	Pb	As	
				K	Ca	Mg	Na	Na											
CON	4.96	0.073	32.2	539.9	0.85	2.37	0.69	0.28	11.39	41.04	29.45	9.02	7.23	0.16	5.57	0.21			
COMP	4.92	0.107	37.9	555.5	1.05	2.41	0.93	0.33	12.40	45.10	32.03	8.47	7.11	0.17	5.44	0.23			
SP 50	5.12	0.074	40.5	563.0	0.94	2.79	0.91	0.30	11.77	40.21	26.31	8.37	7.63	0.16	5.00	0.29			
SP 70	5.21	0.084	40.8	562.2	1.00	2.85	0.96	0.32	11.80	43.50	24.55	8.24	7.83	0.16	4.79	0.27			
SP 90	5.17	0.089	41.6	574.4	0.92	2.97	1.06	0.30	11.64	44.97	30.84	8.44	7.45	0.16	4.82	0.31			
SL I	5.01	0.055	32.7	537.8	1.21	2.49	0.80	0.28	11.17	44.98	20.36	8.95	7.45	0.18	5.04	0.22			
SL II	5.08	0.057	32.3	528.3	0.79	2.67	0.84	0.26	10.90	44.61	23.87	8.72	7.98	0.17	5.33	0.23			
SL III	5.07	0.071	31.5	531.1	0.84	2.37	0.78	0.27	11.22	50.94	28.54	8.41	7.68	0.18	5.38	0.25			

제 4 절 결과요약

본 장에서는 시제품으로 조제한 미역줄기 추출 현탁액과 분말을 희석농도와 처리 시기별로 작물, 쪽파, 방울토마토 및 감자에 처리하여 생육과 생산성을 검토하였다.

쪽파의 생육반응에서 가장 좋은 처리는 최고 근장은 미역 추출현탁액 15배 희석액을 20일 간격으로 엽면처리(ST20), 경직경은 ST10, 분얼수는 ST10처리였으며, 구당 수량은 시제품 15배 희석액을 출아 2주 후, 뿌리 비대기, 수확기까지 2주마다 각각 처리한 구에서 가장 높았다. 수확시 뿌리의 특성을 조사한 결과 전체 근장, 근 표면적 및 뿌리의 총 부피는 DC15처리에서 각각 566.8cm, 127.3cm², 2.38cm³로 가장 높았으며, 뿌리조각수는 819.1개로 DC25처리에서 가장 많았다.

방울 토마토의 생육과 수량반응에서 먼저 전반적인 생육반응은 유의성은 인정되지 않았지만 미역 추출현탁액을 처리함으로써 초장과 경경 등이 증가되었으며, 방울 토마토 숙과 수량도 시제품 미역 추출현탁액 15배 희석액을 엽면처리한 DC15구에서 가장 높았고, 대조구에 비해서 해조류 미역을 처리한 처리들에서 숙과되는 시기가 3-4일정도 빨라졌다.

감자의 생육과 수량반응은 건조 미역분말 50kg/10처리(SP50)에서 가장 양호하였으며, 미역 추출현탁액 처리에서는 15배 희석액을 괴경형성기, 2주 후 및 개화초기에 각각 엽면처리한 구에서 수량이 가장 많았다. 또한 시판 퇴비처리구를 100으로 볼 때 SP50처리가 26.9%, SL I 처리는 11.5% 각각 증수되었다. 감자무게가 81g이상으로 상품성이 있는 감자의 상서중 비율을 보면 SP50처리가 42.8%(28.4kg/Plot), SL I 처리에서는 41.3%(24.1kg/Plot)를 각각 나타냈다.

참 고 문 헌

- Abetz, P. and C.L. Young. 1983. The effect of seaweed extract sprays derived from *Ascophyllum nodosum* on lettuce and cauliflower crops. *Botanica Marina* 26:487~492.
- Akatsuka, I. edited, pp. 589-627. SPB Publishing, The Netherlands.
- Aldworth S.J. & Van Staden J. 1987. "The effect of seaweed concentrate on seedling transplants", *S. Afr. J. Bot.* 53: 187~189.
- Arenas, F, Viejo, RM, Fernandez, C, "Density-dependent regulation in an invasive seaweed: responses at plant and modular levels", *J. of Ecology*, 90(5), 820~829, 2002.
- Banga, B, "Seaweed: Used for everything from fertilizer to food", *Sea Technol.*, 43(9), 15, 2002.
- Bargyla and Glyver Rat eaver, Pauma Valley, California, 241 pp.
- Blunden G. & Wildgoose P.B. 1977. "The effects of aqueous seaweed extract and kinetic on potato yields", *J. Sci. Food Agric.* 28: 121~125.
- Blunden G. 1977. "Cytokinin activity of seaweed extracts. In *Marine Natural Products Chemistry*". (Eds. D.J. Faulkner & W.J. Fenical) pp.337~344, New York, Plenum Press.

- Blunden G., Jones E.M. & Passam H.C. 1978. "Effects of post-harvest treatment of fruit and vegetables with cytokinin-active seaweed extracts and kinetin solutions", *Botanica Mar.* 21: 237~240.
- Blunden G., Wildgooses P.B. & Nicholson F.E. 1979. "The effects of aqueous seaweed extract on sugar beet", *Botanica Mar.* 22: 539~541.
- Blunden, G. and P.B. Wildgoose. 1977. The effect of aqueous seaweed extract and kinetin on potato yields. *J. Sci. Ed. Agric.* 28:121~125.
- Blunden, G., Wildgoose, P.B. and Nicholson, F.E.(1979). The effects of aqueous seaweed extract on sugar beet. *Botanica Marina*, 22, 539~541.
- Bowman, D.C. and J.L. Paul.1992.Foliar absorption of urea, ammonium, and nitrate by perennial ryegrass turf. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:75~79.
- Caiozzi, M., P. Peirano, E. Rauch, and M. H. Zunino. 1968. Effect of seaweed on the levels of available phosphorus and nitrogen in a calcareous soil. *Agron. J.* 60:324~326.
- Casida, L.E.Jr. 1977. Microbial metabolic activity in soil as measured by dehydrogenase determinations. *Appl. Environ. Microbiol.* 34:630~636.
- Chapman, J.F. and Chapman, D.J. 1980. *Seaweeds and their uses*. Third Edition, Chapman and Hall Ltd., London ISBN 0-412-15740-3.

- Coyer JA, Peters AF, Stam WT, Olsen JL, "Post-ice age recolonization and differentiation of *Fucus serratus* L. (Phaeophyceae: Fucaceae) populations in Northern Europe", *Molecular Ecology*, 12, 1817~1829, 2003.
- Crouch, I.J. and J. Van Staden. 1994. Commercial Seaweed products as biostimulants in horticulture. *J. Home & Consumer Horticulture* 1(1):19~76.
- Curiel D, Guidetti P, Bellemo G, Scattolin M, Marzocchi M, "The introduced alga *Undaria pinnatifida* (Laminariales, Alariaceae) in the lagoon of Venice", *Hydrobiologia*, 477(1-3), 209~219, 2002.
- David, J.L. and A.R. Langille. 1984. Influence of plant growth stage and concentration of Cytex and Kinetin application on tuber yields of two potato cultivars. *HortScience* 19(4):582~583.
- Featonby-Smith, B.C. and Van Staden J. 1983. The effect of seaweed concentrate on the growth of tomato plants in nematode-infested soil. *Scientia Horticulture* 20:137~146.
- Finnie J.F. & Van Staden J. 1985. Effect of seaweed concentrate and applied hormones on in vitro cultured tomato roots, *J. Plant Physiol.* 120: 215~222.
- H. Scott Fogler, "Elements of Chemical Reaction Engineering", 3rd ed., Prentice-Hall, 1999.

Hansen, HR, Hector, BL, Feldmann, J, "A qualitative and quantitative evaluation of the seaweed diet of North Ronaldsay sheep", *Animal Feed Sci. Tech.*, 105, 21~28, 2003.

Hartman, H.T. and D.E. Kesler. 1975. *Plant propagation principles and practices.* Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Hassig and N. Scinkilla, pp.185-204. Dioscordes Press, Portland.

<http://www.alginure.co.uk/seanure.html>

Igbowe, P.E., S.C. Tiwari, J.B. Collins and L.C. Russell. 1990. Use of seaweed extract in tomato production. *J. Mississippi Academy Sci.* 35:19~22.

Kelly, B.J., M.T. Brown, Variations in the alginate content and composition of *Durvillaea antarctica* and *D. willana* from southern New Zealand, *J. of Applied Phycology*, 12(3/5), 317~324, October 2000.

Lopez-Mosquera, M.E. and P. Pazos. 1997. Effects of seaweed on potato yields and soil chemistry. *Biological Agriculture and Horticulture* 14:199~206.

Luning K, Pang SJ, "Mass cultivation of seaweeds: current aspects and approaches", *J. of Applied Phycology*, 15(2-3), 115~119, 2003.

MacNaoidhe, F.S. & Fleming, G.A. (1988). A response in spring cereals to foliar sprays of zinc in Ireland. *Irish Journal of Agricultural Research*, 27, 91~97.

- Marinho-Soriano, E, Morales, C, Moreira, WSC, "Cultivation of Gracilaria (Rhodophyta) in shrimp pond effluents in Brazil", *Aquacultural Res.* 33(13), 1081~1086, 2002.
- Martin, A. 1977. Microbial ecology, In: Introduction to soil microbiology(2nd edition). pp.467. John wiley & Sons, New York.
- Metting, B., W.J. Zimmerman, I. Crouch and J.V. Staden.1990.Agronomic uses of seaweed and microalgae, In : Introduction to Applied Phycology.
- Miers, D.J. and M.W. Perry. 1986. Organic materials applied as seed treatments or foliar sprays fail to increase grain yield of wheat. *Aust. J. Exp. Agric.* 26:367~373.
- Milton, R. 1964. Liquid Seaweed as a fertilizer. Proceedings of the International Symposium 4: 428~431.
- Myklestad, S. 1968a. Ion-exchange properties of brown algae. 1. Determination of rate mechanism for calcium-hydrogen ion exchange for particles from *Laminaria hyperborea* and *L. digitaria*. *J. Appl. Chem.* 18:30~36.
- Myklestad, S. 1968b. Rate mechanism for calcium-hydrogen ion exchange for particles from *Ascophyllum nodosum*. *J. Appl. Chem.* 18:222~227.

Nagler PL, Glenn EP, Nelson SG, Napoleon S, "Effects of fertilization treatment and stocking density on the growth and production of the economic seaweed *Gracilaria parvispora* (Rhodophyta) in cage culture at Molokai, Hawaii", *Aquaculture*, 219, 379~391, 2003.

Nelson, W.R. and J. Van Staden. 1984. The effect of seaweed concentrate on growth of nutrient-stressed, greenhouse cucumber. *HortScience* 19(1):81~82.

농촌진흥청, 1995, 농사시험연구조사기준, p.603.

Orduna-Rojas, J, Robledo, D, "Studies on the tropical agarophyte *Gracilaria cornea* J. Agardh (Rhodophyta, Gracilariales) from Yucatan, Mexico. II. Biomass center dot assessment and reproductive phenology, *Bot. Mar.*, 45(5), 459~464, 2002.

Povolny, M.(1969). Einfluss des Extraktes von Seealgen auf die Lagerungsfähigkeit von Äpfeln. *Proceedings of the 6th International Seaweed Symposium*, pp. 703~713. Secretaria de la Mercante Marina; Madrid.

Primo A.M. 1981. Seaweed extract product and methods of utilizing it. *Can. CA*. Patent No. 1 112 503.

Rao, AS, Rao, MU, "Seasonal growth pattern in *Sargassum polycystum* C. Agardh (Phaeophyta, Fucales) occurring at Visakhapatnam, east coast of India", *Indian J. Marine Science*, 31(1), 26~32, 2002.

Riley, H, "Effects of algal fibre and perlite on physical properties of various soils and on potato nutrition and quality on a gravelly loam soil in southern Norway", Acta. Agricul. Scandin. Section B-Soil & Plant Sci., 52(2-3), 86~95, 2002.

Schonherr, J. 1976. Water permeability of isolated cuticular membranes: the effect of cuticular waxes on diffusion of water. *Planta* 131:159~164.

Skujins, J. 1973. Dehydrogenase: an indicator of biological activities in acid soils. *Bull. Ecol. Res. Commun. [Stockh]* 17:235~241.

Stephenson, W.A. 1974. *Seaweed in agriculture and horticulture*. 3rd ed..

손보균. 2001, 황토 땅 재배작물의 고품질생산 방안연구, 전남농업발전 기획연구사업 보고서, pp.76, 진라남도.

Tarafdar, J.C. and A. Jungk. 1987. Phosphatase activity in the rhizosphere and its relation to the depletion of soil organic phosphorus. *Biol. Fert. Soil.* 3:199~204.

Tate, R.L.III. 1984. Function of protease and phosphatase activities in subsidence of Histosols. *Soil Sci.* 138:271~278.

Tate, R.L.III. 1995. Soil enzymes as indicators of ecosystem status, In: *Soil microbiology*. pp.398. John Wiley & Sons, New York.

Taylor, J.S., K.N. Harker. J.M. Robertson. and K.R. Foster. 1990. The effect of a seaweed extract containing cytokinin on the growth and yield of barley. Can. J. Plant Sci. 70:1163~1167.

Tyree, M.T., T.D. Scherbatskoy, and C.A. Tabor.1990.Leaf cuticles behave as asymmetric membranes. Evidence from the measurement of diffusion potential.Plant Physiol. 92:103~109.

US Patent 3,940,257, "Soil conditioning fertilizer compound", 1976. 02. 24.

US Patent 4,043,788, "Crop yield adjuvant", 1977. 08. 23.

US Patent 4,125,392, "Seaweed extract product and methods of producing and utilizing same", 1978. 11. 24.

US Patent 4,337,077, "Agricultural inoculant(접종) composition", 1982. 6. 29.

US Patent 4,383,845, "Foliar Growth Promoting Mixture", 1983. 5. 17.

US Patent 5,634,959, "Soluble Plant Food Containing Micronutrients", 1997. 01. 3.

US Patent 5,744,424, "Plant growth promoter comprising N-6-benzyladenine, an alcohol, and a metal hydroxide", 1998. 04. 28.

US Patent 5,797,976, "Method and composition for promoting and controlling growth of plants", 2000. 09. 12.

US Patent 5201930, "Plant Growth Product", 1993. 4. 13.

US Patent 6,117,815, "Plant growth promoter", 2000. 09. 12.

Van Staden, J. and A.R. Harty. 1988. Cytokinin and adventitious root formation.
In: Adventitious root formation in cuttings, eds. Davis, T.D., B.E.

Verkleij, F. N. 1992. Seaweed extracts in agriculture and horticulture : A Review.
Biological Agriculture and Horticulture 8:309~324.

Weeks L.S. and C.L. Wilson. 1960. Erosion control composition. US Patent No. 2
935 853.

Wong, KH, Cheung, PCK. 2003. Effect of fiber-rich brown seaweeds on protein
bioavailability of casein in growing rats. Int. J. Food Sci. Nutrition, 54:269~279.

Zavorkhina N.A. and V.K. Ben'kovskii. 1958. The mechanism of stabilisation of
clay suspensions by an algal extract. Kolloid Zhur. 20:436~443.

Zhang, X.Z, Schmidt. RE, Ervin EH, Doak S, 2002. Creeping bentgrass
physiological responses to natural plant growth regulators and iron under two
regimes. Hortscience, 37(6):898~902.

Zhang, XZ, Ervin, EH, Schmidt, RE, 2003. "Physiological effects of liquid
applications of a seaweed extract and a humic acid on creeping bentgrass", J
Amer. Soc. Horticult. Sci., 128:492~496.

Zunino H., P. Peirano, M. Aguilera, R. Gonzalez, and M. Caiozzi. 1971. Effect of seaweed on phosphorus availability of a soil derived from volcanic ash. *Agronomy J.* 63:116-119.

표 4-6. 보리 수확 후 토양 이화학적 특성

Treatment	pH (1:5)	EC (dS/m)	O.M (g/kg)	T-N (%)	Ex.-Cation(cmol/kg)					Av.- P ₂ O ₅	Fe	Mn	Cu	Zn	Cr
					K	Ca	Mg	Na	CEC						
CON	5.17	0.057	29.1	0.22	0.66	3.37	0.42	0.04	11.53	374.60	55.71	23.41	10.15	2.80	0.17
COMP	5.29	0.061	31.6	0.24	0.70	3.88	0.50	0.06	11.92	386.97	54.90	22.04	10.56	3.10	0.16
SP	5.26	0.054	33.1	0.24	0.73	3.28	0.42	0.07	11.35	397.57	51.28	19.07	8.93	2.46	0.11