

해파리 분말의 상토 첨가물로서의 효과 및 상토의 미생물 군집 변화에 대한 연구

백보람 · 최재호 · 김영록 · 차하은 · 도형기 · 황철원^{1*}

한동대학교 생명과학부, ¹한동대학교 GLS학부

Influences of Addition of Jellyfish Powder to Bed Soil and Bacterial Community Structure of Bed Soil

Bo-Ram Beck, Jae-Ho Choi, Young-Rok Kim, Ha-Eun Cha, Hyung-Ki Do, and Cher-Won Hwang^{1*}

School of Life Science, Handong Global University, Pohang, 791-708, Korea

¹Global Leadership School, Handong Global University, 791-708, Korea

Recently, the population of toxic and/or unusable jellyfish is increasing during summer along the east coast of Korea, causing massive economical and ecological damage to fisheries, nuclear power plant and marine environment. To solve this problem, this study was carried out using jellyfish as a potential soil additive for horticulture. The jellyfish was solidified and homogenized, then mixed with a commercial bed soil. *Allium tuberosum* ROTH was planted to control bed soil (BS) and jellyfish powder mixed bed soil groups (Mixed bed soil, MBS), and following parameters were measured during five weeks: water content, electrical conductivity and growth of leaves. At the end of the experiment, bacterial community structures of each pot were analyzed by DGGE. The relative water adsorption of jellyfish powder was about 2.5 times greater compared to its dry weight. The water content of MBS group was significantly higher than BS group 6.5 to 14.2%, and the electric conductivity of MBS group was measured around 2.8 dS/m where BS group was resulted average of 1.8 dS/m. However, the leaves of BS group were grown 30% longer compared to MBS group. DGGE analysis of MBS group was shown in high number of phylum *Bacteroidetes* and increased diversity of *Sphingobacteriia* compared to BS group. Jellyfish powder as a soil additive surely will be a good candidate as humectant and microbiota stimulator, although there are several obstacles such as high electrical conductivity and residual alum salt which used for solidification of jellyfish.

Key words: Jellyfish, Bed soil, Soil additive, Horticulture, Bacterial community structure

서 언

지구 온난화 현상의 영향으로 수온상승과 해양자원 개발로 인한 부영양화 및 생태계 교란에 의해 최근 동해안에 해파리의 개체수가 급증하면서 어업, 원자력 발전소 등에 막대한 피해를 입히고 있다 (Uye, 2008). 해파리로 인한 연간 국내 피해규모는 3,000억 이상으로 추정되며, 피해규모는 지속적으로 증가하고 있다. 특히, 이 해파리들 중 노무라입깃 해파리 (*Nemopilema nomurai*)와 보름달 물해파리 (*Aurelia aurita*)가 우리나라에 큰 피해를 입히고 있다. 이 노무라입깃 해파리는 동남아에서 수입되는 식용해파리와 동일한 근

구해파리 목의 로킬레마 종에 속하나, 독성이 있고 비린내가 심하여 식용으로 이용되지 않으며, 그 외에도 특별한 산업적 활용도가 없어 어획된다 하더라도 다시 바다에 투기하여 해양오염의 원인이 된다.

기후와 해양환경은 인위적으로 쉽게 변화시킬 수가 없고, 어자원은 기후와 해양환경 변화에 크게 영향을 받기 때문에 이미 변화하고 있는 환경의 변화에 맞추어 피해를 막을 수 있는 연구가 필요하다. 마찬가지로 살아있는 해파리를 서식 또는 이동하지 못하도록 제어할 수 없기에, 활용도가 낮다고 여겼던 독성 및 불용 해파리들을 자원화함으로써 피해를 막음과 동시에 새로운 부가가치 창출을 이룰 수 있을 것이다.

해파리는 약 95% 이상이 물로 되어있고 수분 유지력을 가지며, 해파리의 주성분은 건조중량을 기준으로 약 37%의 단백질과 47%의 미네랄을 함유하고 있으며, 해파리 유래 단백질은 proline, hydroxyproline, glycine, arginine 등의

접수 : 2012. 1. 30 수리 : 2012. 3. 23

*연락처 : Phone: +82542601304

E-mail: chowon@handong.edu

amino acid (AA)의 함량이 높는데, 이들 AA와 collagen 유래 oligopeptide들은 피부세포 단백질의 생합성 촉진, 농작물의 성장촉진 및 내한성 등의 특성이 있는 것으로 알려져 있다 (Hsieh et al., 2001; Ezaki et al., 2008). 또한, 해파리에서 추출된 AA들은 사람을 포함한 여러 동물에서도 항스트레스 효과를 나타내는 것으로 알려져 보습제, 건강보조식품이나 기능성 사료로서의 활용가치가 높을 것으로 전망된다.

본 연구에서는 이러한 배경을 바탕으로 해파리의 성분, 보습력을 이용하여 해파리를 토양에 사용할 수 있는 자원으로 개발하고자 한다. 상토 또는 토양에 다양한 자재를 혼합하는 연구가 활발하기에 해파리 역시 상토와 관련된 자원으로 개발할 수 있을 것이다 (Lee et al., 2010, Yang et al., 2010). 본 연구는 매 년 동해안 연안에 출몰하는 독성 해파리 및 식용불가능 해파리들을 농업 자원으로 개발하여 해파리로 인한 어민들과 기타 산업의 피해를 줄임과 동시에 친환경 농업 자원으로 활용함을 목적으로 한다.

재료 및 방법

해파리의 고품화 및 분말화 2011년 7월 하순경에 포항 영일만의 멸치 어장에서 식용으로 사용되지 않는 커튼원양 해파리 (*Dactylosetra quinquecirrha*)와 보름달 물 해파리 (*A. aurita*)를 획득 하였다. 시중에 유통되는 해파리의 처리과정으로부터 실험방법을 자체적으로 설계하여, 포획한 해파리들은 물로 세척한 후 0.5-1%의 Potassium Alum (PA)용액에 5-8시간 가량 1차 침지하고, 세척 및 염분을 제거한 뒤 1-2% 농도의 PA용액에 6-12시간 가량 침지하였다. 마지막 침지는 세척 후에 0.2-0.5% 농도의 PA용액에 6-12시간 가량 침지하고 고품화 정도를 확인 후 상온에서 건조하였다. 해양에서 직접 획득한 해파리의 양이 부족하여 일부 시중에서 유통되는 해파리를 추가하여 원료를 충족하였다. 고품화되어 유통되는 해파리의 경우 고농도의 소금으로 염장되어 있기에 염분을 완전히 제거하기 위해 수돗물을 지속적으로 교체해주면서 24시간 가량 침지하여 염분을 제거하였다. 건조된 원료들은 동결건조법을 이용하여 잔여 수분을 제거하고 파쇄하여 분말로 제작하였다.

해파리 분말의 수분 흡착율 건조된 해파리 분말의 수분 흡착률을 측정하기 위해 적절한 양의 해파리 분말의 무게를 측정된 뒤, Distilled Water (DW)에 Overnight으로 침지하였다. 침지 후 Damping paper를 이용하여 흐르는 물기들을 제거한 후 무게를 정량하고 다음의 식을 이용하여 수분 흡착률을 계산하였다.

$$\text{Water Adsorption (\%)} = (\text{Wet weight} - \text{Dry weight}) / \text{Dry weight} \times 100$$

부추 (*Allium tuberosum* ROTH)를 이용한 일반 상토와 해파리 분말 혼합 상토의 비교 제작된 해파리 분말과 원예 상토를 1:9의 비율로 섞어 화분에 최종 중량이 300 g씩 되도록 담았다. 이 때 사용한 상토는 모두 같은 포장 내의 원예 상토를 사용하였다. 작물로는 성장이 빠른 부추를 이용하였으며, 수확을 하여 잎이 모두 제거된 모종을 이용 하였다. 실험군은 포장으로부터 떨어진 원예 상토를 그대로 사용한 그룹 (Bed soil, BS)과 상토와 해파리 분말을 섞은 혼합 상토 (Mixed bed soil, MBS)의 두 실험군으로 설정하고, 각 실험군은 세 개의 화분으로 삼 반복 실험으로 진행하였다. 부추를 각 화분에 심은 직후, 물을 500 mL씩 각 화분에 급여하면서 바닥으로 빠져나가는 것을 확인하여 수분이 화분 내에 포화가 되도록 하였다. 각 실험군은 자연광으로, 24°C에서 재배 하였다. 각 화분의 수분 유지기간이 얼마나 연장될 수 있는지 확인하기 위해 수분이 고갈될 때까지 추가적인 물을 급여하지 않았으며, 화분 내에 유지되는 수분 함량을 측정기 (Moisture Sensor, Mirae Sensor, co.)로 측정하였다 (Moon et al., 2011). 부추의 생장은 토양으로부터 줄기의 길이를 초기 기록하여 가장 긴 잎의 엽장을 측정하고, 줄기로부터 잎이 돋는 시점부터 엽수를 기록하였다.

실험에 사용된 상토들의 Bacterial genomic DNA 추출 각 실험군의 미생물 군집에 변화가 있었는지 확인하기 위해서 Bacterial genomic DNA를 i-genomic Soil DNA Extraction Mini Kit (iNtRON Biotechnology, Inc.)를 이용하여 추출하였다. 추출된 DNA는 Spectrophotometer (Optizen POP, Mecasys)를 이용하여 정량하였다.

미생물 군집 분석을 위한 Polymerase Chain Reaction (PCR) 추출된 DNA를 Template로 하여 Bacteria의 16S rRNA sequence에 기반한 universal primer를 이용하여 PCR을 수행하였다. Primer는 GC-clamp (5'-CGC CCG CCG CGC CCC GCG CCC GTC CCG CCG CCC CCG CCC G-3')가 5' end에 부착된 341f (5'-CCT ACG GGA GGC AGC AG-3')와 907r (5'-CCG TCA ATT CCT TTG AGT TT-3')를 사용하였다 (Muyzer et al., 1993). 효소는 TaKaRa Ex Taq™ (TAKARA BIO, Inc.)를 이용하였다. PCR은 Veriti 96-well Thermal Cycler (Applied Biosystem)으로 초기 94°C에서 8분간 1회 수행 후, 94°C에서 1분, 58°C에서 1분, 72°C에서 1분간 30회 반복하였으며 final extension을 위해 72°C에서 10분간 1회 수행하였다. PCR의 결과는 2% agarose gel에 100bp DNA Ladder (Bioneer)와 함께 loading하여, 120 Volt에서 30분간

전기영동 후에 ethidium bromide로 염색하여 UV-illuminator (MultiImage™ Light Cabinet, Alpha Innotech Corporation)로 확인하였다.

Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE)를 이용한 미생물 군집의 비교 DGGE는 일반적으로 수행하는 방법들을 참고하여 알려진 수행법대로 진행하였다 (Muyzer, 1999). DGGE를 수행하기 위해 Denaturant인 Urea (Bio-Rad Laboratories)와 Deionized formamide (Bio-Rad Laboratories)의 35–60% gradient로 구성된 6% polyacrylamide gel을 제작하여, DCode™ Universal Mutation Detection System (Bio-Rad Laboratories)으로 60°C에서 16시간 동안 63 Volt로 약 1,000 v·h가 되도록 전기영동 하였다 (Von Sigler et al., 2004). 전기영동이 끝난 후 GelStar® Nucleic Acid Gel Stain (Lonza)로 30분간 염색한 후 PCR 결과를 확인할 때 사용한 UV-illuminator를 이용하여 결과를 촬영하였다. 촬영된 결과를 토대로 나타난 Band들을 잘라내어 70% ethanol로 2회 세척하고 Deionized Distilled Water (DDW)로 최종 세척한 후, QIAEX®II Gel Extraction Kit (QIAGEN)으로 각 Band들의 DNA를 얻어내었다. 염기서열 분석을 위해 각 Band들로부터 얻어낸 DNA들은 전과 동일한 PCR 방법으로 하되 forward primer는 GC-Clamp가 연결되지 않은 341f primer를 이용하여 증폭하였다. PCR의 결과는 2% agarose gel 상에서 이전과 동일한 방법으로 확인하였다.

염기서열의 Sequencing 및 BLAST를 이용한 동정 PCR을 통해 증폭된 각 Band들의 DNA 증폭산물은 솔젠트(주) (SolGent Co., Ltd.)에 염기서열 Sequencing을 요청하였다. 결과를 수령 후 National Center for Biotechnology Information (NCBI)의 Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) tool을 이용하여 염기서열에 해당하는 균을 동정하였다 (Altschul et al., 1997).

결과 및 고찰

해파리 분말의 성상 주 원료인 해파리의 고유색에 따라 분말화된 결과물의 색도 짙은 갈색으로부터 옅은 노란색에 이르기까지 다양한 색으로 나타나는 것을 확인하였다 (Fig. 1b, c). 아무런 공정을 거치지 않은 해파리 원료로부터 고품화 및 동결건조를 할 경우 결과물의 양이 상당히 줄어드는 것을 확인하였다. 이는 해파리 성분의 약 95%는 수분이기 때문에 실질적으로 남는 고체성분이 적은 것으로 생각된다 (Hsieh et al., 2001). 반대로 Fig. 1a에서 볼 수 있듯이, 동결건조 공정 후의 해파리 분말은 dry weight에 비해 약 2.5배에 이르는 수분이 흡착되는 것을 확인하였다. 염분은 맑은 물로 충분히 세척한 후에 모든 시료에서 0.02–0.05% 이

하로 측정되었으며, pH는 4.5~5.5 사이로 측정되었다.

해파리 분말 혼합 상토를 이용한 부추 재배 수분이 포화된 상태에서부터 5주째에 이르기까지 BS실험군에 비해 해파리 분말이 혼합된 MBS실험군이 두드러지게 높은 양의 수분을 유지하는 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 2a). Electrical conductivity (EC)의 경우 MBS가 BS에 비해 다소 높은 수치를 보였다 (Fig. 2b). 산도의 경우 BS는 약 pH 7.04, MBS는 약 pH 7.08로 비슷하게 측정이 되었으며, 해파리 분말을 혼합함으로써 pH에 큰 변화는 없었다.

엽장은 BS가 3주째부터 확연히 더 성장하는 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 3a). 모든 잎을 잘라낸 초기 줄기의 길이가 평균적으로 두 실험군 모두 약 5~6 cm였던 것을 감안하면 5주째에 나타나는 차이는 확연한 성장률의 차이라고 볼 수 있다. 엽수의 경우, 증가율은 크게 다르지 않다. 다만, Fig. 3b에서 볼 수 있듯이 초기 엽수의 차이가 나는 것은 씨앗을 발아시켜 싹을 직접 화분에 심은 것이 아니라, 잎을 수확한 줄기를 옮겨 심었기 때문인 것으로 생각된다.

수분 함량 측정에서 MBS실험군이 실험 초기부터 높은 수분 함량을 나타내는데, 이는 해파리 분말의 수분 흡착률에서 기인한 것으로 생각된다. 실험 종료인 5주째에 이르러서는 BS실험군은 수분이 0.77%로 거의 모두 고갈된 것에 비해, MBS는 10.87%의 수분을 유지하는 것을 볼 때 상토의 수분 유지력 및 기간이 향상되었다고 볼 수 있다. 이러한

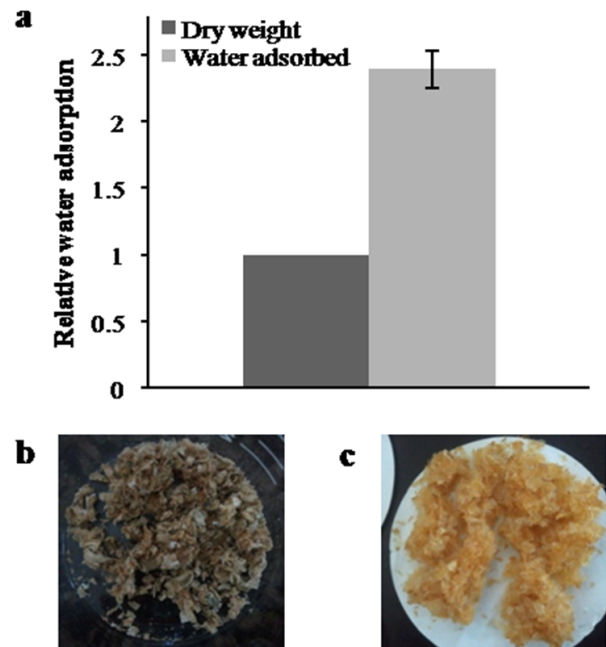


Fig. 1. Water adsorption capacity and appearances of powders made from jellyfish. (a) Water adsorption of freeze dried jelly fish powder in relative figure compared to dry weight as 1. Data represent four different batches of freeze-drying process (mean \pm s.e.m.). (b) Freeze dried *D. quinquecirrha*. (c) Freezed dried jelly fish purchased from a market.

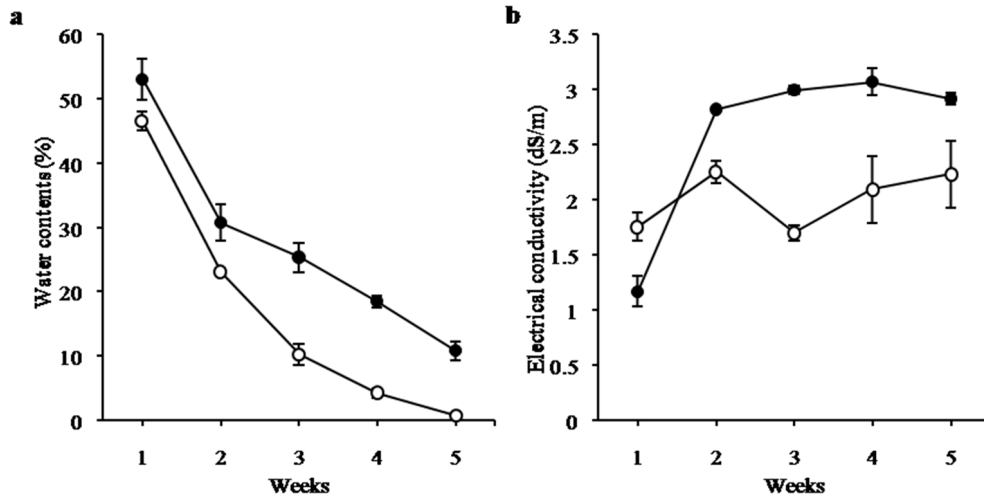


Fig. 2. Changes of (a) water content and (b) electrical conductivity of jellyfish powder mixed bed soils (MBS) and standard bed soils (BS) during *A. tuberosum* ROTH cultivation. Filled circles (●) are MBS experimental groups, and empty circles are (○) BS experimental groups. Data are representative of three independent pots of each group (mean \pm s.e.m.).

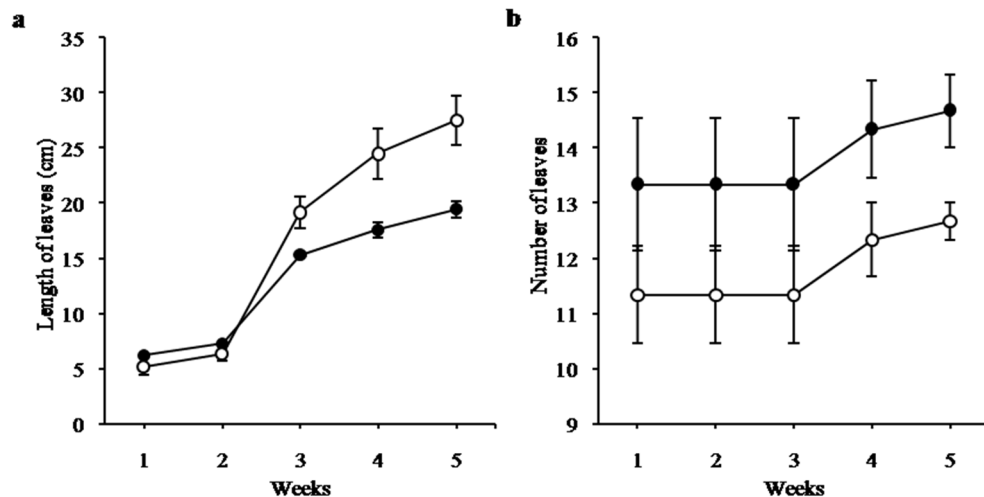


Fig. 3. Growth of *A. tuberosum* ROTH on MBS and BS. (a) Average length (cm) of longest leaves of each group. (b) Average number of leaves of each group. Filled circles (●) are MBS experimental groups, and empty circles are (○) BS experimental groups. Data are representing three independent pots of each group (mean \pm s.e.m.).

향상된 수분 유지능력은 건조한 시기에 작물의 수분공급 및 유지에 도움이 될 것으로 생각된다.

EC에 영향을 주는 요인들로는 수분, 염도, 온도, 토양의 입자크기 및 공극률 등이 있는데, 현재까지의 결과들에 비추어보았을 때 염분 또는 이온에 의한 영향이 가장 클 것으로 추측한다 (Friedman, 2005). 다시 말해, 첫째 주에는 낮은 수치의 EC였으나 시간이 지날수록 높아지는 것은 수분 함량 결과와 대조해 보았을 때, 유지되는 수분에 의해 해파리의 고형화에 사용된 Potassium alum 및 기타 물질들이 이온 형태로 주변환경에 유입되는 것으로 생각된다. 차기 실험을 통해 Potassium alum이 EC의 증가에 얼마나 영향을 주는 것인지를 확인해야 할 것이다. 만약 이 가정이 옳을 경우에는 Potassium alum을 사용하지 않고 해파리를 고형

화 할 수 있는 방안을 모색해야 할 것이다. 여기에 대해, 현재 국내에 등록된 특허 중 ‘연속식 해파리 수분 분리장치’가 가장 이에 근접한 방법인 것으로 생각된다 (Lim et al., 2008).

토마토를 이용하여 EC와 식물성장의 관계를 비교한 실험들에서 EC가 증가할수록 줄기와 총 무게 등 작물의 생장이 낮아지는 것을 보여준다 (Elia et al., 2001; Lia et al., 2001). 이와 비슷한 양상을 부추를 통해 확인할 수 있었다. 부추의 성장률을 보면, 엽장에서 MBS의 실험군이 BS에 비해 낮은 길이 성장을 보여주는데, 이는 증가한 EC의 영향이며 토양 내부로 유입된 Potassium alum의 영향일 것으로 추정한다. 덧붙여, 토양으로의 alum salt 및 alum의 유입은 식물에 대하여 직접적으로 독성을 나타내진 않으나 organic

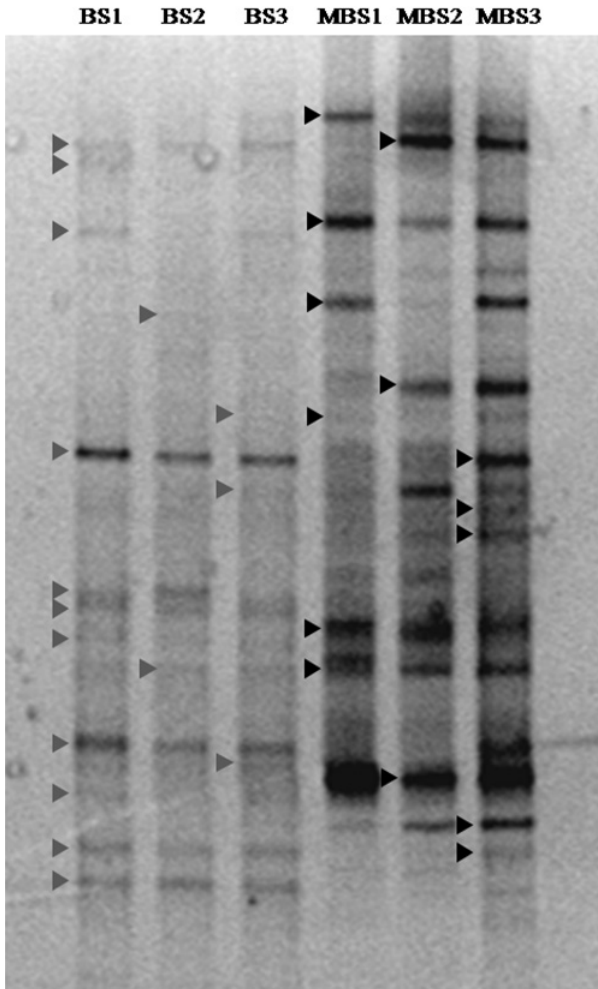


Fig. 4. A DGGE result of pot experiments. Although a same batch of bed soil was used for each pot, band patterns of jelly fish powder mixed bed soil dramatically changed. Gray arrows indicate excised bands of bed soils (BS1, BS2, BS3) and black arrows indicate excised bands of mixed bed soils (MBS1, MBS2, MBS3) those successfully sequenced.

phosphate를 inorganic 형태로 변환시키기에 MBS에서 낮은 성장률이 나타난 것으로 생각된다 (Bugbee and Frink, 1985). 엽수에 대해서는 각 실험군 내 개체간의 차이가 크게 나타나 넓은 오차범위가 발생했기에, 유의할 만한 사항이 없다고 판단한다. 엽수의 차이를 보기 위해서는 모종을 줄기를 옮겨 심는 것이 아니라, 발아 단계부터 비교를 하는 것이 좋을 것이다.

미생물 군집의 비교 DGGE의 패턴은 결과에서 볼 수 있듯이, 동일한 포장의 상토를 이용하였음에도 불구하고 MBS가 BS에 비해 band들의 위치가 대부분 변한 것을 확인할 수 있다 (Fig. 4). 조건이 같은 각 실험군 내의 화분들은 서로간에 패턴이 비슷하거나 동일하며, 대부분의 band들을 같은 위치에 공유하고 있음을 볼 수 있다. 그러나 BS와 MBS의 실험군을 비교하면 확연한 차이를 볼 수 있다. 이는

해파리 분말을 추가한 것 이외에는 모두 동일한 조건이었고 삼반복으로 재현되었기 때문에, 해파리 분말에 의한 미생물 군집 변화라고 할 수 있다.

DGGE band의 염기서열을 분석하여 본 결과 BS와 MBS 간에 중복되는 종은 없었다. 속으로는 *Flavobacterium*과 *Microbacterium* 속의 균들만이 소수 공유되었다 (Table 1). 미생물들의 군집 변화를 살펴보기 위해 문, 강의 분류로 분석해 본 결과, BS에서는 *Proteobacteria*가 MBS에서 *Bacteroidetes*가 가장 많이 검출되었다 (Table 2, Fig. 5). 결과적으로 이는 해파리 분말내의 성분 및 생화학적 특성으로 인해 *Bacteroidetes*에 속하는 균들이 선호하는 환경이 되었다고 볼 수 있다. 또한, *Bacteroidetes* 중에서도 *Sphingobacteriia*의 균들이 가장 많이 증가하였음을 볼 수 있다. 반대로 *Proteobacteria* 군집의 경우 해파리 분말에 의해 그 다양성이 줄어들었는데, *Alphaproteobacteria*, *Betaproteobacteria*가 사라졌고 γ 만으로 구성된 것을 확인하였다.

실험결과를 요약하자면 해파리 분말을 상토에 섞음으로써, *Bacteroidetes*에 포함되는 균들이 50% 이상을 차지하며 우점균이 되었다고 할 수 있다.

Bacteroidetes 중에서 *Sphingobacterium*은 옥수수를 통한 연구에서 식물의 성장을 촉진시키는 균으로써의 가능성을 제시한 사례가 있다 (Marques et al., 2010). *Sphingobacteriia* 내의 모든 종이 식물의 성장을 촉진한다 단언할 수는 없지만, 본 연구에서 BS에는 나타나지 않았던 *Sphingobacteriia*가 MBS에서 *Sphingobacterium anhuiense*, *S. multivorum*, *S. siyangense*, *S. thalpopophilum*의 4종이 나타난 것은 해파리 분말의 성분에 의해 *Sphingobacteriia*에 속하는 균들이 더욱 선호하는 환경으로 바뀌었다고 가정할 수 있다. *Sphingobacterium*들은 다양한 식물 종의 뿌리에 서식하는 것으로 보고된 바 있으며 토양환경 및 식물뿌리 주변 (Rhizosphere)에 밀접한 부류라고 할 수 있다 (Haichar et al., 2008).

*Sphingobacteriia*를 포함하는 *Bacteroidetes*의 균들이 늘어나는 현상은 퇴비나 화분 첨가제 (Pot mix)를 사용할 경우에 나타난다 (Green et al., 2006). 이러한 결과들은 본 연구의 DGGE를 통한 실험에서도 비슷한 결과가 도출되었는데, 이는 해파리 분말이 수분을 유지해주는 능력 이외에도 미생물 군집을 변화에 큰 영향을 끼치는 것을 나타낸다. 덧붙여, *Sphingobacteriia*를 포함하여 *Bacteroidetes*의 중요성은 다양한 단백질, 다당류 등을 분해하는 고분자 분해 효소를 많이 생성하기에 식물과의 공생관계에 있어 매우 중요한 역할을 하는 것으로 생각되며, 결과적으로 해파리 분말을 상토에 혼합하는 것은 추가적인 균 접종 없이 공생관계에 있는 균들을 rhizosphere의 우점종으로 유도 할 수 있는 방안이 될 수 있다 (Johansen and Binnerup, 2002; Green et al., 2006).

Table 1. 16S rRNA sequencing results of excised bands from the DGGE result. Each *Rhodanobacter lindaniclasticus* of jelly fish power mixed bed soils were treated as different strains since their gaps and similarity were different to each other.

16S rRNA sequences from bed soils			16S rRNA sequences from jellyfish powder mixed bed soils		
Identification (The most closest organism)	Similarity	Accession number	Identification (The most closest organism)	Similarity	Accession number
<i>Arenimonas donghaensis</i> strain HO2-R19	64%	NR_043790	<i>Elizabethkingia meningoseptica</i> strain ATCC13253	87%	NR_042267
<i>Bacteroides ocatus</i> strain JCM5824	85%	NR_040865	<i>Flavobacterium anhuiense</i> strain D3	86%	NR_044388
<i>Brevundimonas nasdae</i> strain W1-2B	89%	NR_028633	<i>Microbacterium arabinogalactanolyticum</i> strain DSM8611	83%	NR_044932
<i>Chitinophaga ginsengisegetis</i> strain Gsoil 040	96%	NR_041486	<i>Parapedobacter koreensis</i> strain Jip14	96%	NR_043933
<i>Chitinophaga terrae</i> Kim and Jung 2007 strain KP01	92%	NR_041540	<i>Pedobacter himalayensis</i> strain HHS22	87%	NR_042204
<i>Chryseobacterium hispanicum</i> strain VP48	82%	NR_042464	<i>Rhodanobacter lindaniclasticus</i> strain RP5557	99%	NR_024878
<i>Cupriavidus respiraculi</i> strain AU3313	97%	NR_028845	<i>Rhodanobacter lindaniclasticus</i> strain RP5557	99%	NR_024878
<i>Flavobacterium soli</i> strain DS-6	85%	NR_043613	<i>Rhodanobacter lindaniclasticus</i> strain RP5557	85%	NR_024878
<i>Gordonia terrae</i> strain 3612	97%	NR_037022	<i>Sediminibacterium salmonium</i> strain NJ-44	94%	NR_044197
<i>Microbacterium flavum</i> strain YM18-098	79%	NR_041562	<i>Sphingobacterium anhuiense</i> strain CW186	96%	NR_044477
<i>Novispirillum itersonii</i> subsp <i>itersonii</i> strain LMG4337	94%	NR_044313	<i>Sphingobacterium multivorum</i>	90%	NR_043196
<i>Paracoccus kocurii</i> strain B	94%	NR_029129	<i>Sphingobacterium siyangense</i> strain SY1	87%	NR_044391
<i>Paracoccus yeei</i> strain G1212	97%	NR_029038	<i>Sphingobacterium thalophilum</i> strain DSM11723	83%	NR_042135
<i>Sphingomonas panni</i> strain C52	87%	NR_042193	<i>Terrimonas ferruginea</i> strain DSM30193	97%	NR_042494
<i>Sphingopyxis macrogoltabida</i> strain IFO15033	82%	NR_043392			

Table 2. Categorization and quantification of prokaryotes identified from the pot experiments. Phylogenetic analysis was performed in phylum and class level.

Bed soil pots			Jelly fish powder mixed bed soil pots		
Phylum	Class	Counts	Phylum	Class	Counts
<i>Proteobacteria</i>	<i>Aphaproteobacteria</i>	6	<i>Proteobacteria</i>	<i>Aphaproteobacteria</i>	0
	<i>Betaproteobacteria</i>	1		<i>Betaproteobacteria</i>	0
	<i>Gammaproteobacteria</i>	1		<i>Gammaproteobacteria</i>	3
<i>Bacterioidetes</i>	<i>Bacterioidetes</i>	1	<i>Bacterioidetes</i>	<i>Bacterioidetes</i>	0
	<i>Flavobacteriia</i>	2		<i>Flavobacteriia</i>	2
	<i>Sphingobacteriia</i>	2		<i>Sphingobacteriia</i>	8
<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinobacteria</i>	2	<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinobacteria</i>	1
	Total <i>Proteobacteria</i>	8		Total <i>Proteobacteria</i>	3
	Total <i>Bacterioidetes</i>	5		Total <i>Bacterioidetes</i>	10
	Total <i>Actinobacteria</i>	2		Total <i>Actinobacteria</i>	1
	Total <i>Bacteria</i>	15		Total <i>Bacteria</i>	14

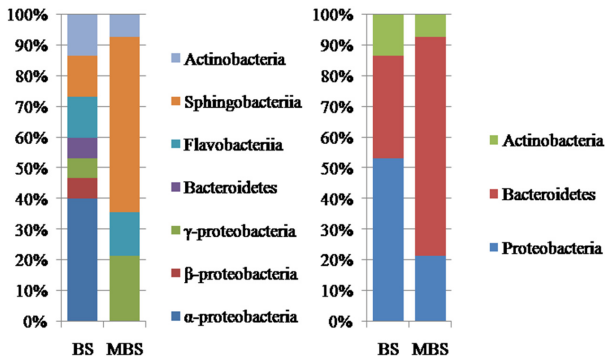


Fig. 5. Analysis of prokaryotes identified from bed soil pots (BS) and jellyfish powder mixed bed soil pots (MBS). Left, analysis of class; right, analysis of phylum. Diversity of *Bacteroidetes* and especially *Sphingobacteriia* are dramatically increased in MBS. However, diversity in class level decreased by mixing jellyfish powder with bed soils.

따라서, 해파리 분말은 수분 흡착률을 높이고 수분 유지능을 연장하는 첨가물로서 기능성과 미생물 군집을 변화시키며 식물에 공생관계인 균들을 우점종으로 유도하는 생태학적 기능성을 동시에 가진다고 가정할 수 있다.

요 약

해파리 분말을 추가함으로써 나타나는 화분 내의 수분 흡착력 및 유지력은 일반 상토보다 월등하고 이는 작물을 관리함에 있어 안정성과 건기 또는 단수로 인한 수분고갈을 예방할 수 있을 것으로 생각된다. 미생물의 경우 DGGE pattern과 염기서열 분석을 통해 확인한 군집변화를 유도하였으며, 식물과 공생관계에서 중요한 *Bacteroidetes*들의 다양성을 증가시키는 효과를 보았다.

이러한 긍정적인 면이 있지만, 해파리를 분말화하는 공정에서 Potassium alum을 사용 한다는 것이 문제점으로 나타났다. 이 문제를 해결해야만 상품으로서의 가치가 더욱 높아지는데, 이는 해파리가 상토 첨가제로서의 역할도 충분히 할 수 있기 위해서는 phosphate가 inorganic phosphate로 변환되는 것을 방지해야 하기 때문이다.

요약하자면, 본 실험을 통해 해파리의 잠재적인 자원력 및 고부가 가치화의 가능성은 충분히 나타났다고 생각한다. 이것이 가지는 의미는 식용으로 사용되는 해파리는 제한적이며 독성 해파리들은 거의 사용되지 않기 때문에, 산업적 측면에서 가용성 자원이 늘어난다는 것이다. 또한 환경개선적 측면에서, 독성 해파리를 포함한 해파리들은 여름철(약 7~8월경)에 해수의 온도 상승과 관련하여 개체수가 급증하여 각종 어장과 해수욕장에 피해를 주게 된다. 그렇기에 고부가 가치화가 이루어진다면 해파리의 출몰 시기와 이동경로를 예측하여 독성 및 식용불가 해파리들을 사전에 어획함

으로써 해양관련 산업에 피해를 줄이고 어민들의 어획종이 늘어남과 동시에 해파리를 이용한 상품을 개발하는 데에 필요한 원자재 확보에도 도움이 될 것이라 생각한다.

사 사

본 연구는 국토해양부 경북 씨그랜트 사업단의 지원으로 수행하였습니다.

인 용 문 헌

Altschul, S.F., T.L. Madden, A.A. Schaffer, J. Zhang, Z. Zhang, W. Miller, and D.J. Lipman. 1997. Gapped BLAST and PSI-BLAST: A new generation of protein database search programs. *Nucl. Acids Res.* 25:3398-3402.

Bugbee, G.J. and C.R. Frink. 1985. Alum sludge as a soil amendment: Effects on Soil Properties and Plant Growth. *Bulletin 827.* p.1-7. The Connecticut Agricultural Experiment Station, New Haven, CT, USA.

Elia, A., F. Serio, A. Parente, P. Santamaria, and G.R. Rodriguez. 2001. Electrical conductivity of nutrient solution, plant growth and fruit quality of soilless grown tomato. *Acta Hort. (ISHS)* 559:503-508.

Ezaki, T., S. Kohno, Y. Edashige, D.S. Cha, and K.W. Chun. 2008. Development of the revegetation material which using dried jellyfish (*Nemopilema nomurai*) powder. *J. Jpn. Soc. Reveget. Tech.* 34:195-198.

Friedman, S.P. 2005. Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review. *Comput. Electron. Agric.* 46:45-70.

Green, S.J., E. Inbar, F.C. Michel, Jr., Y. Hadar, and D. Minz. 2006. Succession of bacterial communities during early plant development: Transition from seed to root and effect of compost amendment. *Appl. Environ. Microbiol.* 72:3975-3983.

Haichar, F.Z., C. Marol, O. Berge, J.I. Rangel-Castro, J.I. Prosser, J. Balesdent, T. Heulin, and W. Achouak. 2008. Plant host habitat and root exudates shape soil bacterial community structure. *The ISME Journal* 2:1221-1230.

Hsieh, Y.H.P., F.M. Leong, and J. Rudloe. 2001. Jellyfish as food. *Hydrobiologia* 451:11-17.

Johansen, J.E. and S.J. Binnerup. 2002. Contribution of cytophaga-like bacteria to the potential of turnover of carbon, nitrogen, and phosphorus by bacteria in the rhizosphere of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Microb. Ecol.* 43:298-306.

Lee, S.E., H.K. Kim, S.M Kwon, H.J. Kim, R.B. Yoo, K.T. Baek, M.S. Lee, S.H. Woo, M. Park, and K.Y. Chung. 2010. Effect of different levels of applications of illite on the growth of red pepper (*Capsicum annum* L.) in bed soil.

- Korean J. Soil Sci. Fert. 43:852-857.
- Lia, Y.L., C. Stanghellini, and H. Challa. 2001. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Sci. Horti. 88:11-29.
- Lim, C.H., H.Y. Park, Y.G. Kim, and J.I. Park. 2008. Development of continuous water-removing tool from jelly fish. Korean Intellectual Property Office, 10-1011390-0000.
- Marques, A.P.G.C., C. Pires, H. Moreira, A.O.S.S. Rangel, and P.M.L. Castro. 2010. Assessment of the plant growth promotion abilities of six bacterial isolates using *Zea mays* as indicator plant. Soil Biol. Biochem. 42:1229-1235.
- Min, S.G., S.S. Park, and Y.H. Lee. 2011. Comparison of soil microbial communities to different practice for strawberry cultivation in controlled horticultural land. Korean J. Soil Sci. Fert. 44:479-484.
- Moon, K.H., J.H. Joa, K.S. Choi, H.H. Seo, H.C. Lim, and H.N. Hyun. 2011. Calibrating capacitance sensor for determining water content of volcanic-ash soils. Korean J. Soil Sci. Fert. 44:331-336.
- Muyzer, G. 1999. DGGE/TGGE a method for identifying genes from natural ecosystems. Curr. Opin. Microbiol. 2:317-322.
- Muyzer, G., E.C. De Waal, and A.G. Uitterlinden. 1993. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA. App. Environ. Microbiol. 59:695-700.
- Uye, S. 2008. Blooms of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai*: a threat to the fisheries sustainability of the East Asian Marginal Seas. Plankton Benthos Res. 3:125-131.
- Von Sigler, W., C. Miniaci, and J. Zeyer. 2004. Electrophoresis time impacts the denaturing gradient gel electrophoresis-based assessment of bacterial community structure. J. Microbiol. Methods 57:17-22.
- Yang, C.H., T.K. Kim, J.H. Ryu, S.B. Lee, S. Kim, N.H. Baek, W.Y. Choi, D.Y. Chung, and S.J. Kim. 2010. Effects of rice straw incorporation by cutting methods on soil properties and rice yield in a paddy field. Korean J. Soil Sci. Fert. 43:1047-1050.