

저온성 미세조류와 다배체 육종 기술을 활용한 오염수 내 세슘 제거 및 가능성 평가

류병곤¹, 광민수², 정병률², 양희만¹, 박찬우¹, 이근우¹, 서범경^{1*}

¹한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

²한국과학기술원, 대전광역시 유성구 대학로 291

*bumja@kaeri.re.kr

1. 서론

세슘(¹³⁷Cs)은 원자로에서 핵분열 시 발생하는 주요 방사성 동위원소 중 하나이다¹. 우라늄과 토륨의 자발 핵분열로 인해 자연계에 극미량으로 존재할 수 있지만 이는 생태계에 전혀 위해를 미치지 않는 수준이다. 문제로 인식되는 상당수는 바로 핵 실험 및 사고로부터 인위적으로 발생하는 것이다. 잘 알려진 예로 체르노빌 원자력 발전사고, 브라질 고이아니아 사고, 그리고 최근 일본의 후쿠시마 핵 발전소 사고와 같이 뜻하지 않은 원전사고로 인해 다량의 세슘이 주변 환경으로 유출되었고, 과거 철재 콘크리트로 처리되어 심해저로 버려진 고방사성 핵폐기물로 인해 다량의 방사성 세슘이 유출되어 바다가 오염되어 있는 실정이다. 이렇듯 반감기가 상대적으로 길고 고에너지 감마선을 방출하는 세슘의 누출 및 방치는 제어하기 어려운 형태의 잠재적 오염원이 될 수 있고 2차 오염 및 피해를 야기할 수 있기 때문에 환경에 영향을 미치지 않는 규정 수준 이하의 농도로 핵종의 양 또는 이동성을 저감시킬 수 있는 기술 개발이 시급한 상황이다¹. 이를 위해 자연적 또는 인위적으로 만들어진 흡착제나 유-무기 이온교환수지 기술 등이 방사성 세슘을 분리 및 제거하는 데 널리 이용되어 왔지만, 높은 운전비용과 낮은 효율 그리고 추가적인 후처리가 필요하다는 것이 단점으로 지적되고 있다¹. 최근에 기존의 물리-화학적인 처리 공법의 한계를 극복하기 위한 대안으로 생물의 오염물질 분해 능력이나 대사 작용을 이용하여 오염 토양 또는 지하수를 처리하는 생물학적 정화공법 또는 생물소재를 이용해 독성물질을 제거하거나 희귀금속을 회수하는 분야가 많은 관심을 받고 있다. 따라서, 본 연구에서는 대사 및 비대사적 경로로 세슘을 처리할 수 있으면서 저온에서도 활성을 유지할 수 있는 미세조류를 선별하여 세슘 정화 목적을 위해 사용해보고자 하였다. 더불어 반수체(haploid) 미세조류를 다배체(polyploid)로 만들어 세슘 제거 효율과 환경에 대한 내성을 증진시켜 보고자 하였다.

2. 본론

2.1 실험방법

적합한 미세조류를 선정하기 위해 녹조류에 해당하는 *Chlamydomonas* 외 여러 종의 미세조류를 한국생명공학연구원과 한국과학기술원로부터 분양 받았다. 종균을 만들기 위해 분양받은 미세조류를 Beijerinck's solution, phosphate buffer stock solution, Hunter's trace stock solution, 그리고 tris acetate stock solution을 포함한 TAP 배지를 제조하여 필요한 영양분을 공급해주었다. 멸균된 배지가 포함된 배양 플라스크에 각각 분양받은 종균을 접종한 한 뒤, 120 rpm으로 교반시켜 주었고, 25°C에서 형광등 빛을 광원으로 공급하여 종균을 배양하고 활성을 향상시켰다. 이렇게 준비된 종균은 염화세슘(CsCl)이 포함된 TAP 배지로 재접종하여 세슘 제거능을 평가해 보았다. 이를 위해 TAP 배지의 조성을 조정하면서 경쟁 이온으로 알려져 있는 K⁺을 phosphate buffer에서 제거한 뒤, 세슘의 농도를 100 μ M이 되도록 주입하여 세슘이 포함된 Cs-TAP배지를 준비하였다. 세슘 제거를 위한 배양 실험은 종균 배양실험과 마찬가지로 준비된 Cs-TAP배지에 종균을 주입한 뒤 배양 플라스크를 120 rpm으로 교반시켜 주었고, 25°C에서 형광등 빛을 광원으로 공급시켜 주면서 시간에 따른 미세조류의 성장과 세슘의 제거 동향을 살펴보았다. 미세조류의 성장은 UV-vis spectrometer를 이용하여 680 nm에서 엽록소의 optical density를 측정하여 확인하였고, 세슘의 농도는 ICP-MS를 이용하여 측정하였다.

2.2 실험결과 및 고찰

Diploid를 만든 뒤 DAPI로 염색하여 미세조류 이배체 또는 다배체가 잘 만들어졌는지 형광현미경을 이용하여 그 차이를 확인해 보았다 (Fig. 1). 염색체의 양이 눈에 띄게 늘어난 것을 확인할 수 있었다.

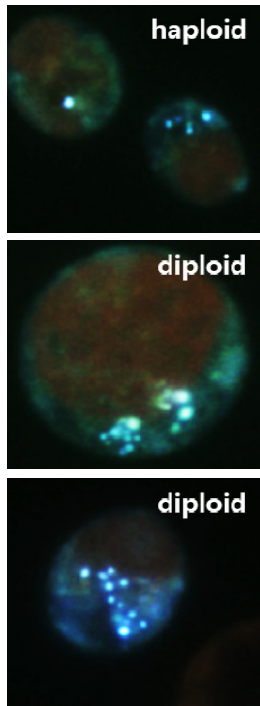


Fig. 1. Fluorescence microscopic images of DAPI stained cells.

Fig. 2-(a) 와 -(b)는 각각 25°C 그리고 10°C에서 미세조류의 성장곡선을 보여주고 있다. 상온에서 각기 다른 조건에서 만들어진 이배체 또는 다배체가 단수체에 비해서 더 낮은 성장 속도를 보였는데, 이것은 유전자의 함량 그리고 성장에 필요한 에너지가 서로 밀접한 관계가 있기 때문으로 사료된다. 하지만 온도가 낮은 10°C에서는 다배체 미세조류의 성장 속도가 더 높은 것을 확인할 수 있었다. 이것은 미세조류가 다배체가 되면서 유전적인 유연성(genetic flexibility)가 높아졌기 때문으로 사료된다.

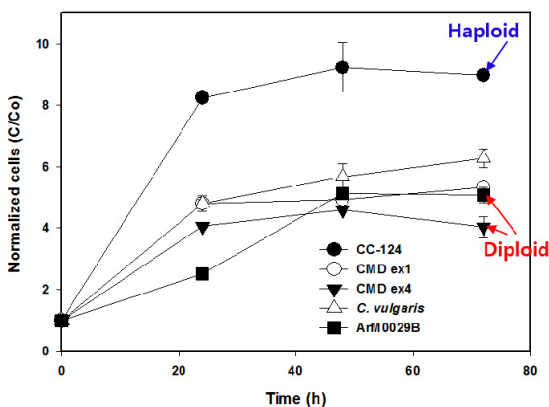


Fig. 2-(a). Growth curves of microalgae in TAP medium containing Cs^+ at 25°C.

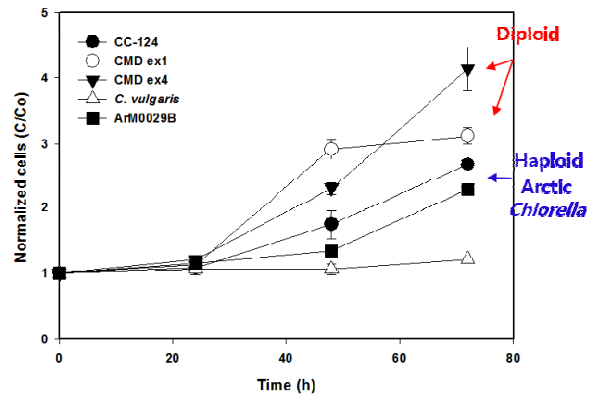


Fig. 2-(a). Growth curves of microalgae in TAP medium containing Cs^+ at 10°C.

미세조류에 의해 제거된 세슘의 양을 측정하여 Figure 3에 나타내었다. 전체적으로 미세조류가 다배체가 되면서 세포가 흡수할 수 있는 세슘의 양이 많아진 것을 확인할 수 있었고, 특히 온도가 낮아지는 조건에서 큰 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

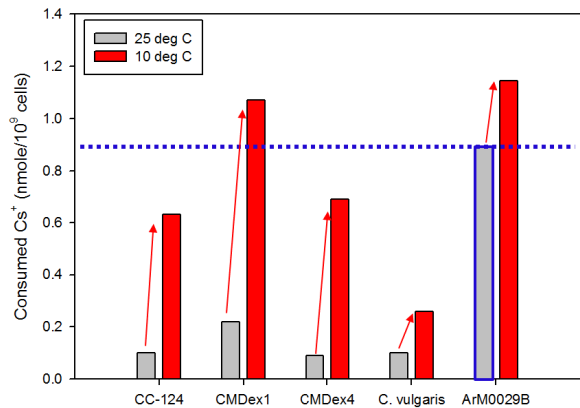


Fig. 3. Cs^+ removals after microalgal cultivation.

4. 감사의 글

This research was supported by the Korea Ministry of Education, Science, technology Grant funded by the South Korean government (No.2012M2A8a5025996).

5. 참고문헌

[1] Inoue K., Gurung M., Adhikari B.B., Alam S., Kawakita H., Ohto K., Kurata M., Atsumi K. Adsorptive removal of cesium using bio fuel extraction microalgal waste. J. Hazard. Mat. 2014. 271, 196-201.