

인삼 종묘삼 재배 시 파인버블을 적용하는 융합적 연구

안철현^{1*}

¹국립한국농수산대학

A Convergent Study on Applying a fine bubble to ginseng seedling cultivation

Chul-Hyun Ahn^{1*}

¹Korea National College of Agriculture and Fisheries

요약 본 연구는 파인 버블수 처리시 인삼 종묘삼 생장에 미치는 영향 대해서 조사하는 융합연구로써 고년 근 인삼 재배 시 적용 가능성을 높이기 위한 기초자료를 제공하고자 실시하였다. 연구결과 일반수와 파인버블수를 각각 처리한 종묘삼이 성장함에 따라 지상부와 지하부의 부위별 차이점이 나타났다. 지상부에서는 파인버블수를 처리한 종묘삼이 일반수를 처리한 종묘삼보다 잎의 성장이 약 10%증가 하였고 줄기는 약 6% 성장이 일어났다. 지하부에서는 뿌리길이는 약 5% 증가하고 주근 폭이 약 8% 증가되었고 뿌리 무게는 생중량이 약 9%, 건중량은 약 7%의 무게 증가가 일어났다. 이것은 뿌리전체만 성장한 것이 아니라 주근의 생성이 빨리 되면서 전체적으로 뿌리성장이 약 7% 증가하였다고 판단된다. 이와 같은 결과는 종묘삼의 생육증가가 파인버블수의 특이한 물질적 성질이 종묘삼의 성장에 자극 주었다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구의 결과는 종묘삼을 이용한 초기 연구로써 향후 고년 근 인삼재배에 적용 가능성이 높다고 판단되며 이후 2년 근 인삼재배에서 적용한 연구와 토양조건에 따른 용존 산소량을 조절함으로써 최적 재배조건을 찾아가는 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

• 주제어 : 인삼, 파인버블수, 성장효과, 환경, 뿌리 무게, 재배방법, 가능성

Abstract This study was conducted to investigate the effect of fine bubble water treatment on the growth of ginseng seedlings. The growth of ginseng seedlings which were treated with general water and fine bubble water was investigated. The above ground part, the growth of leaf was increased by about 10% and the growth of the stem was about 6%, as the ginseng seedlings which were treated with fine bubble water comparing to the ginseng seedlings treated with general water. Root length was increased about 5%, root width was increased about 8%, roots weight was increased about 9%, and dry weight was increased about 7%. This is not because the whole root growth was increased, but the main root growth was increased about 7%. These results suggested that the physical properties of the fine bubble water stimulated the growth of ginseng seedlings. These results are initial study in the case of ginseng seedlings. Therefore, it can be applicable to the 3-5 years old ginseng plants. Further research will be needed to find out the optimal cultivation condition by controlling the dissolved oxygen amount according to the soil condition and the research applied to the ginseng seedlings.

• Key Words : Fine bubble, Panax ginseng, Environment, Growth, Root, Potential

*Corresponding Author : 안철현(ach0405@gmail.com)

Received June 12, 2017

Accepted August 20, 2017

Revised August 5, 2017

Published August 28, 2017

1. 서론

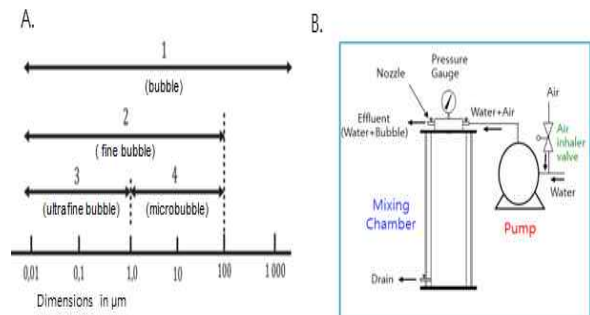
인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 3-6년간의 오랜 생육기간을 가지고 재배되기 때문에 타 작물에 비하여 토양 특성에 따른 영향에 민감 할 수 있다[1]. 또한 오랜 기간 한곳에서 자라기 때문에 재배환경에 대한 영향을 많이 받아 적합한 재배지의 선정이 인삼재배의 중요한 요인이 되고 있다[2,3,4,5]. 인삼은 반음지성 작물임으로 강한 햇빛을 제한하기 위해 일반적으로 햇빛 차양막을 설치하여 재배가 이루어진다[6,7]. 하지만 차양막은 빛 유입만을 제한하는 것이 아니라 자연적인 수분의 유입도 제한한다. 인삼 재배에 있어서 제한적인 수분공급에도 인삼의 생장에 있어서는 수분의 역할은 매우 중요하다고 볼 수 있으며 최근에는 인삼 재배 시 부족해지는 수분을 보충을 위해 점적관수관을 설치하고 있는 실정이다. 최근 들어, 초미세버블이 가지는 독특한 물리적 특성을 다양한 분야에 적용하여 잠재적 응용 분야를 밝히는 것에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다[8,9,10]. 상추의 수경 재배 시 미세버블을 주입한 실험[9]을 진행하여 파인 버블은 용존산소 농도와 관계없이 식물의 성장속도를 증가시킬 수 있다는 결과와 파인 버블이 처리된 오존수를 이용한 채소류의 잔류물 제거 효과[11,12]를 보고하였고 국내에서는 파인 버블을 처리한 상추의 저장 중 품질변화[13]에 대해서도 밝혀지고 있다. 파인 버블에 의한 식물 및 동물의 생리적 변화에 긍정적인 영향[14]을 미칠 수 있다는 내용이 있음에도 불구하고, 아직까지 파인 버블에 대한 명확한 명칭과 작용 메커니즘이 밝혀지지 않고 있다.

기포는 크기에 따라 ISO/TC281 규격에 의해 크기에 따라 버블로 호칭이 나누어진다. 크기가 0.01 - 1000 μm 범위의 크기를 bubble, 0.01 - 100 μm 범위의 크기를 fine bubble, 0.01 - 1.0 μm 범위의 크기를 ultrafine bubble, 1.0 - 100 μm 범위의 크기를 microbubble 로 구분된다[Fig. 1 A]. 파인 버블은 수면 위로 천천히 상승하며 파열하게 된다[15]. 파인 버블 발생 원리는 마이너스 이온을 함유한 물에 0.1 mm의 거품을 대량 넣어 강한 압력을 가하여 나팔 모양의 구멍을 통과시키면 작은 버블이 나오는 원리이다. 이러한 파인 버블은 기포 표면에서의 이온농축과 부착능력이 증가하며 기포 소멸 시 자기 가압(압축, 파괴 연쇄반응)에 의해 순간 초음파 및 초고온(약 5,500 $^{\circ}\text{C}$ 이론적 계산수치)의 국소온도가 발생하는 특징을 갖고 있다. 파인 버블은 수면으로의 상승속도 느

리게 작용되며, 수중에서 축소하고 소멸하여 완전 용해된다. 파인 버블은 세정에 관한 산화의 가능성 증가하고 소멸 시 초고압, 초고온을 형성하며 에너지 발산하게 된다. 표면 대전(帶電)에 의한 정전반발력이나 계면활성제에 의해 장시간 안정화 기능이 나타나며, 특히 대전(帶電)효과에 의해 안정화 된 파인 버블은 기포특성이 장시간 유지되어 생명공학 분야 및 의학적인 응용 가능한 것으로 알려져 있다.

파인 버블 기술은 일본에서 활발히 진행되고 있는 분야로 환경정화, 수산양식, 전자, 식품분야 등의 범위에서 사용되고 있다. 그러나 국내에서는 파인 버블 장치와 적용기술의 개념정립 단계로 수질정화 및 식물세척 용으로 사용되고 있다.

본 연구는 이점에 주목하여 오랜 시간 동안 제한된 환경에서 재배되는 인삼에 파인 버블(Fine bubble)이 가지고 있는 특성을 적용하는 융합적 연구를 통해 종묘삼의 생육기간동안 변화되는 형태적 특징을 분석하여 이후 고년 근 및 뿌리 작물의 적용 가능성을 보고자한다.



[Fig. 1] Scale diagram showing bubble diameters in ISO/TC281 (Bubble Technology) and bubble generator (Splitter-type Flotation)

2. 재료 및 방법

2.1 실험재료

조사지는 2016년 3월 12일에 경기도 안성에서 고려인 삼유기농협동조합의 종자 직파 육묘장으로 생육상황이 양호한 하우스 한 동(30 X 30 m²)을 제공받아 이루어졌다.

5톤 물탱크 두 개를 준비하고 첫 번째 물탱크는 일반수가 제공되고 다른 물탱크에는 파인 버블 발생장치[Fig. 1 B]를 연결하여 필요시 가공시켜 일반수를 파인 버블수로 생산하였다.

파인 버블 발생장치의 가동시간은 12시간 가동하여 파인 버블수를 생산하였다.

2.2 실험방법

하우스 안의 육묘장은 총 4 개의 육묘라인이 설정되어 있으며 2 개의 라인만 일반수가 제공 되고 나머지 2 개 라인은 파인 버블수가 제공 될 수 있도록 점적 관수관을 설치하였다. 인삼시료는 관수관을 통해 수분이 제공된 이후 생육시간별(월별) 각각 3 지점에서 평균적인 개체 5-6 본을 채취하여 시기별 총 30 본의 샘플을 비교하였다. 인삼시료는 지상부(잎과 줄기)와 지하부(뿌리)로 나누어 생육특성을 조사하였다. 지상부의 생육은 줄기길이, 폭, 엽장, 엽폭을 측정하였으며, 뿌리의 생육특성은 근장, 직경, 미세근수 및 생근중을 측정하였고, 건근중은 상온에서 24시간 건조 후 조사하였다.

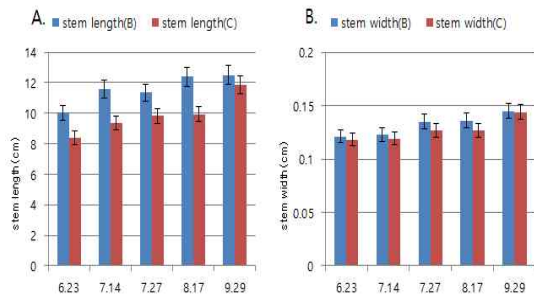
3. 결과 및 고찰

3.1 부위별 변화 특성

종묘삼을 동일 조건에서 재배하되 제공되는 물을 일반수와 파인 버블수로 나누어 재배 후 지상부와 지하부로 항목을 나누어 측정하였다<Table 1>.

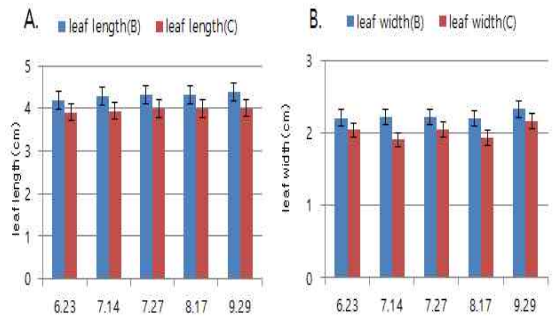
<Table 1> List of measurement

Stem length (cm)	Stem width (cm)	Leaf length (cm)	Stem width (cm)	
Root length (cm)	Root width (cm)	Lateral root (ea)	Wet weight (g)	Dry weight (g)



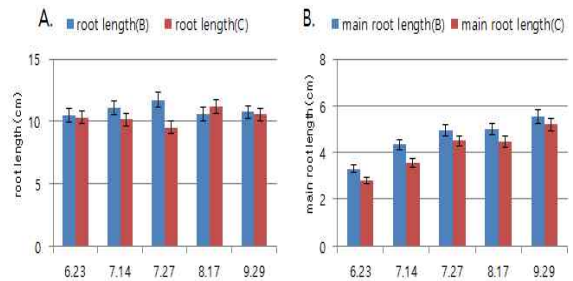
[Fig. 2] Investigation of leaf growth characteristics of young ginseng seedling (B : Fine bubble water treatment during growth, C : General water treatment during growth)

지상부는 줄기[Fig. 2 A]부분이 파인 버블수를 처리한 종묘삼이 일반수를 처리한 것 보다 점차적으로 줄기의 길이가 증가됨을 확인 할 수 있었다. 하지만 마지막에는 큰 차이가 없는 것으로 나타나 초기 줄기 성장에 영향을 준다고 볼 수 있다. 하지만 줄기 직경[Fig. 2 B]에서는 줄기길이처럼 생육시기에 많은 차이를 나타내지 않았고 최종 결과에서도 차이는 미비하게 나타났다.



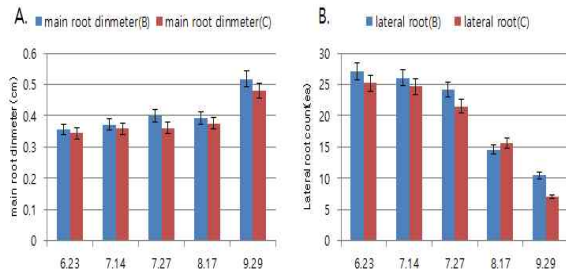
[Fig. 3] Investigation of leaf growth characteristics of young ginseng seedling (B : Fine bubble water treatment during growth, C : General water treatment during growth)

잎의 길이[Fig. 3 A, B]에서는 파인 버블수를 처리한 종묘삼이 일반수를 처리한 것 보다 약 10% 정도 증가된 크기를 나타내고 있다. 잎 폭은 6월 채취 샘플 사이의 간격과 9월 채취 샘플 사이의 간격이 큰 변화는 없이 파인 버블수를 처리한 것이 커진 것으로 나타났다. 파인 버블수를 처리한 후엔 종묘삼의 줄기 길이가 일정기간 동안 길어지면서 동시에 잎 면적이 증가되면서 이후 광합성을 효율이 높아지고 뿌리 발달에 영향을 줄 것으로 판단된다.



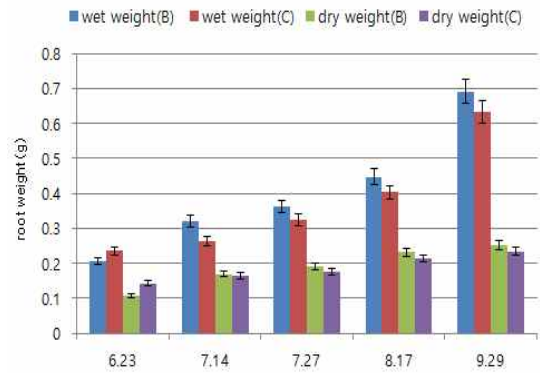
[Fig. 4] Investigation of root growth characteristics of young ginseng seedling (B : Fine bubble water treatment during growth, C : General water treatment during growth)

뿌리에서는 줄기에서와 달리 드라마틱한 결과를 보이고 있는데 뿌리 전체 길이[Fig. 4 A])가 파인 버블수를 처리한 종묘삼이 7월에 큰 폭으로 성장하다가 이후 성장하는 모습에 큰 변화 없이 진행되어 9월에는 오히려 일반수를 처리한 종묘삼보다 작거나 비슷한 모습을 보이고 있지만 주근의 성장[Fig. 4 B])을 보면 오히려 지속적으로 생육이 증가되는 것을 볼 수 있다.뿌리의 경우 7월이 이후 뿌리의 성장이 변화되는 것을 볼 수 있는데 뿌리 전체적인 성장에서 뿌리 주근의 생육과 같이 성장하는 형태로 전환된다고 볼 수 있다. 이것은 Fig. 5에서 보는 결과가 뒷받침 하고 있다.



[Fig. 5] Investigation of root growth characteristics of young ginseng seedling (B : Fine bubble water treatment during growth, C : General water treatment during growth)

Fig. 5 A를 보면 주근의 직경이 점점 미세하게 증가하고 있다가 세근의 수가 7월 27일 이후 급격하게 줄어들고 있는 시기 이후에 직경이 크게 증가하였다. 이것은 뿌리의 전체적인 길이가 일정하게 되는 시기와 세근의 수가 감소하는 시기인 7월 27일 이후와 일치하고 있다. 최종적으로 뿌리 중에 주근[Fig. 4, Fig. 5 A]에 해당하는 부분은 파인 버블수를 처리한 종묘삼이 일반수를 처리한 것보다 주근 직경이 굵어지는 것을 확인 할 수가 있었고 주근의 길이 또한 길어지는 것으로 나타났다. 이는 뿌리 전체에 분포되는 세근의 수[Fig. 5 B]와 연계 되어있다고 볼 수가 있다. 세근의 수를 확인해보면 일반수를 처리한 종묘삼보다 파인 버블수를 처리한 종묘삼이 세근수가 많은 이는 많은 세근으로 인해 토양의 영양분을 흡수하면서 뿌리의 성장이 이루어지다가 이후 주근의 크기를 증가시키는 것으로 판단되고 있다.



[Fig. 6] Changes in root weight of young ginseng seedlings (B : Fine bubble water treatment during growth, C : General water treatment during growth)

파인 버블수와 일반수를 처리한 종묘삼을 시기별로 채취한 후 바로 생중량을 측정하고, 이후 25°C에서 24시간 건조한 후 중량을 측정하였다. 생중량[Fig. 6]의 6월 샘플은 무게가 일반수를 처리한 것보다 적었지만 이후 점차적으로 증가하여 약 10% 이상을 무게 차이가 나타났다. 이것은 Fig. 4, 5와 연관되어 있다고 볼 수 있다. 뿌리 증가와 세근 수의 감소 주근의 증가로 인해 전체적인 뿌리의 생 중량과 건조 중량에서 차이가 나는 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과는 인삼 재배 시 파인 버블수를 적용함으로써 인삼의 생육의 증가가 있다는 것을 의미할 수 있다.

더욱이 무게 증가와 동시에 건조중량의 무게 증가를 나타내었는데 종묘삼 이후 고년 근에서도 지속적인 생육의 성장이 진행된다면 무게 단위 가격 책정의 인삼가격 증대와 더불어 건조삼 가공이 이루어 질 때 정량적 증대를 나타낼 수 있어 실질적 농가 소득 증가를 예상할 수가 있다.

3.2 전체 생육특성

실험포지에 파인버블을 적용한 인삼의 생육특성은 Fig. 7와 같이 차이점이 보이고 있다. 지상부 생육은 줄기의 길이와 잎의 크기에서 차이점을 보이고 지하부에서는 세근수와 주근이 생성된 크기에서 차이를 보이면서 생육 차이가 뚜렷하였다.

파인 버블수와 일반수에 대한 생육 차이를 보이는데 Fig. 5 B처럼 생육초기에서부터 세근이 더 많이 존재하고 이후 세근이 떨어지면서 생장기가 되면 파인 버블수를 적용한 종묘삼이 일반수보다 더 굵어지면서 주근을

생성하고 커진 것을 확인할 수 있었다(Fig. 5 A). 무게를 측정해보면 지하부 생체중은 일반수에 비해 10% 정도의 높은 값을 보였다. 이와 같이 생리적, 형태적인 생육차이는 동일한 재배지역이라도 같은 토양조건에서도 제공되는 수분에 따라 인삼의 생육이 직접적으로 영향을 받을 수 있다는 것을 의미할 수 있다.



[Fig. 7] Differences in Growth of young ginseng seedling (B : Fine bubble water treatment during growth, C : General water treatment during growth)

4. 결론

식물재배에 많이 적용되지 않은 파인버블을 사용하여 우리나라 대표 작물인 종묘삼 재배에 적용하였다. 3-5년의 고년 근에 적용하여 결과를 확인하기 전에 우선 종묘삼을 활용하여 생리적 변화를 측정하고 분석하였다. 처음 예상대로 일정량 이상의 생육증가를 나타내면서 농작물에 피해가 없는 것으로 나타내었다. 파인버블을 적용한 결과 주요 부분이 전체적으로 증가되는 수치를 보이고 있다. 특히 잎이 커지면서 뿌리의 무게가 증가됨을 보이고 있어 수질정화, 세척에 주로 사용되던 파인 버블수를 기존 인삼재배 방법에 적용할 수 있는 가능성을 보였다고 사료된다. 종묘삼에 적용한 결과를 토대로 해서 2년 근에 다시 적용하여 고년 근에 적용할 데이터를 분석함으로써 조건을 찾는 것이 우선시 되고 있다. 다른 작물의 선행결과와 본 연구결과를 볼 때 파인버블을 사용한 인삼재배는 성장 저해 없이 성장을 나타내었다. 이번 연구 결과는 주로 환경 분야에 적용되는 파인버블을 농업 분야에 적용하는 융합적인 연구결과로서 종묘삼 재배 시 나타나는 생장 특성 및 세분화별 적정범위의 결과를 나

타내었다. 관행농법에서 사용되는 일반수와 연구에서 적용한 파인 버블수를 사용하여 재배한 결과는 전체적인 생육에서 잎은 약 10% 생장이 증가되는 것을 확인할 수가 있었다. 줄기는 약 5% 생장이 증가되었으며 뿌리는 주근의 굵기가 약 8% 증가 되었다. 또한 중량에서도 생중량은 약 9%, 건조중량은 약 7%의 증가 이루어졌다. 이것은 고년 근으로 성장 후 가공품 생산 시 전체적인 정량적 증가를 예상할 수가 있다. 이후 추가 연구에서는 파인 버블수를 생산할 때 시간별 용존 산소량을 측정과 발생 장치의 최적 시간을 설정하고 파인 버블수에 의한 토양의 영양환경과 용존산소량의 변화에 대해서도 더욱 많은 연구가 필요하고 사료된다.

REFERENCES

- [1] S. W. Kang, B. Y. Yeon, G. S. Hyun, Y. S. Bae, S. W. Lee, N. S. Seung, "Changes of soil chemical properties and root injury ratio by progress years of post-harvest in continuous cropping soils of ginseng", *Korean J Medicinal Crop Sci.* 15, 157-161, 2007.
- [2] S. W. Lee, S. W. Kang, D. Y. Kim, N. S. Seong, H. W. Park, "Comparison of growth characteristics and compounds of ginseng cultivated by paddy and upland cultivation", *Medicinal Crop Sci.* 12, 10-16, 2004.
- [3] I. H. Lee, C. S. Park, H. S. Park, C. S. Yoon, "Studies on the soil management in ginseng preplanting soil (II) relationship between the soil characteristic of 2-year-old ginseng field soil and the ratio on missing plant", *J Ginseng Res.* 9, 36-41, 1985.
- [4] I. H. Lee, C. S. Park, K. J. Song, "Growth of Panax ginseng affected by the annual change in physicochemical properties of ginseng cultivated soil", *J Ginseng Res.* 13, 84-91, 1989.
- [5] J. C. Lee, J. S. Byen, D. J. Ahn, J. S. Ho, "Effect of physical properties of soil on ginseng seedling growth in nursery bed" *J Ginseng Res.* 19, 287-290, 1995.

- [6] J. H. Kim, Factors affecting the received light intensity of ginseng plants (*Panax ginseng*). *J. Natl Acad Sci.* 5, 1-17, 1964
- [7] J. E. Choi, N. R. Lee, J. S. Han, J. S. Kim, S. R. Jo, C. Y. Shim, J. M. Choi, "Influence of various substrates on the growth and yield of organically grown ginseng seedlings in the shaded plastic house", *Korean Journal of Medicinal Crop Sci.* 19: 441-445, 2011.
- [8] H. Chen, H. Mao, L. Wu, J. Zhang, Y. Dong, Y. Wu, J. Hu, "Defouling and cleaning using nano bubbles on stainless steel", *Biofouling* 25(4), 353-357, 2009.
- [9] Park, J.S. and Kurata, K. 2009. Application of microbubbles to hydroponics solution promotes lettuce growth. *Horttechnology* 19(1), 212-215.
- [10] K. Ebina, K. Shi, H. Hirao, J. Hashimoto, Y. Kawato, S. Kaneshiro, H. Yoshikawa, "Oxygen and air nanobubble water solution promote the growth of plants, fishes, and mice", *PLoS One* 8(6), e65339, 2013.
- [11] H. Ikeura, F. Kobayashi, M. Tamaki, "Removal of residual pesticide, fenitrothion, in vegetables by using ozone microbubbles generated by different methods", *J Food Eng* 103, 345-349, 2011.
- [12] H. Ikeura, F. Kobayashi, M. Tamaki. "Ozone microbubble treatment at various water temperatures for the removal of residual pesticides with negligible effects on the physical properties of lettuce and cherry tomatoes. *J. Food sci.* 78: 350-355, 2013
- [13] S. A. Lee, A. R. Youn, K. H. Kwon, B. S. Kim, "Washing effect of micro-bubbles and changes in quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) during storage", *Korean J Food Preserv* 16, 321-326, 2009.
- [14] Y. Fukumoto, K. Hashizume, Y. Nishimura, "Development of supply system of microbubble ozonated water in agriculture", *Hort. Environ. Biotechnol.* 51 (1):21-27, 2000.
- [15] H. S. Cha, "Present state and future prospect for microbubble technology", *Bulletin of Food Technol* 22, 544-552, 2009.

저자소개

안 철 현(Chul-Hyun-Ahn)

[정회원]



- 2003년 2월 : 수원대학교 생명공학과(생명공학석사)
- 2009년 2월 : 수원대학교 생명공학과(식물분자생물학박사)
- 2009년 3월 ~ 20011년 2월 : 수원대학교 자연과학연구소 연구원

• 20011년 3월 ~ 현재 : 한국농수산대학

<관심분야> : 파인버블, 식물생리, 유전자분석