

발아조건과 배지종류 및 양액 농도에 따른 식물공장 재배 청경채와 상추의 묘 생육특성

최효길^{1*} · 권준국¹ · 박경섭¹ · 강윤임¹ · 조명환¹ · 노일래¹ · 강남준²
¹국립원예특작과학원 시설원예시험장, ²경상대학교 원예학과

Effects of Germination Condition, Nursery Media and Nutrient Concentration on Seedling Growth Characteristics of Pak-choi and Lettuce in Plant Factory

Hyo-Gil Choi^{1*}, Joon-Kook Kwon¹, Kyoung-Sub Park¹, Yun-Im Kang¹,
Myeong-Whan Cho¹, Il-Rae Rho¹, and Nam-Jun Kang²

¹Protected Horticulture Research Station, National Institute of Horticultural and Herbal Science,
Rural Development Administration, Busan 618-800, Korea

²Department of Horticulture, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract. This experiment was conducted to study the effects of germination condition, nursery media and nutrient concentration in plant factory on the growth characteristics of pak-choi and lettuce seedlings. The results showed that temperature (15, 20, 25°C) and light conditions (lighting and no lighting) had no significant effect on germination rate of pak-choi and lettuce, whereas the interaction of growing media (rockwool and urethane sponge) and moisture management before and after sowing had significant effect on germination percentage. In case of no moisture management before and after sowing, germination percentage was much higher in rockwool medium than urethane sponge medium. But germination percentage of urethane sponge was higher than that of rockwool with applying moisture before and after sowing. At the nutrient concentration of EC 1.0 dS · m⁻¹ the fresh weight of pak-choi was heavier than in EC 1.5 and 0.5 dS · m⁻¹ by 1.8 and 6.0 times, respectively. At the nutrient concentration of EC 1.0 dS · m⁻¹ the fresh weight of lettuce was also heavier than in EC 1.5 and 0.5 dS · m⁻¹ by 1.7 and 3.5 times, respectively.

Key words : lettuce, nutrient, pak-choi, rockwool, urethane sponge

서 론

청경채는 십자화과 채소로서 최근 건강에 대한 높은 관심과 더불어 웰빙식품을 선호하는 소비자들에게 호응도가 높고, 상추는 국화과 채소로 고기를 써서 먹는 대표적인 쌈채소이다. 이러한 쌈채소를 식물공장 등과 같은 인위적인 환경조건에서 생산하기 위한 재배연구가 최근 다양하게 이루어지고 있다. 식물공장 조건에서의 엽채류 재배환경 중 광환경에 대한 연구로는 파장별 광원에 따른 엽채류의 성장특성(Um 등, 2010), 식

물공장과 LED를 이용한 엽채류 재배(Lee 등, 2010) 등이 있으며, 식물공장을 상추의 품종 선발(Soh 등, 2010), 인공광 병용형 식물공장에서의 상추의 계획생산(Lee 등, 2000), 식물공장 유형별 상추의 성장량 구명(Lee 등, 2001) 등의 연구가 진행되고 있다. 또한 식물공장이나 수경재배 엽채류의 양액재배 연구(Choi 등, 2005; Kang과 Kim, 2007; Seo 등, 2006; Yun 등, 2006)도 많은 연구자들에 의해 이루어지고 있다. 하지만 식물공장 엽채류 생산에서 가장 중요한 것 중의 하나인 육묘관리에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

육묘에 있어서 가장 중요한 것은 적절한 배지 사용과 적정농도의 양액 공급이다. 고휘배지경, 플러그 육묘, 분화류 등의 재배를 위한 무균, 무영양 상태의 물

*Corresponding author: hg1208@korea.kr
Received August 11, 2011; Revised September 19, 2011;
Accepted November 15, 2011

Table 1. Plant materials used in the experiment.

Family	Species	English name and cultivar
Compositae	<i>Lactuca sativa</i> L.	Leaf lettuce 'Wellbeingjarangeokchima'
Brassicaceae	<i>Brassica campestris</i> L.	Pak-choi 'Wellbingcheonggyeongchae'

리화학적 원예용 배지로 압면, 펄라이트, 피트모스, 버마큘라이트, 자갈, 혼탄 등이 사용되고 있다(Kim과 Kang, 2001). 특히 식물공장의 육묘배지는 화분 충전 및 파종이 용이하고, 수경재배에 적용하기 쉬운 우레탄스펀지나 압면의 이용이 증가되고 있다. 시금치 육묘배지 선발(Seo 등, 2007), 수경재배 시금치의 여름철 안정생산기술 개발(Lee 등, 2011) 등의 연구에 의하면 일반 상토나 압면보다 우레탄스펀지의 발아율이 아주 낮다고 하였고, 엽채류 수경재배 농가에서도 우레탄스펀지의 발아율 저하를 문제점으로 지적하고 있다. 그러나 실제적으로 우레탄스펀지는 가격이 싸고 취급이 용이하여 식물공장 엽채류 배지로 적절하게 이용할 수 있고 적정 양액농도로 공급할 경우 우량한 묘 생산이 가능한 배지가 될 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구는 식물공장 조건에서 청경채와 상추의 육묘 시 적정 발아조건, 배지 선발 및 양액공급 농도를 구명하여 효율적인 엽채류 육묘관리방법을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료(Table 1)로 청경채와 상추를 이용하였고, 실험은 국립원예특작과학원 시설원예시험장 밀폐형 식물생장실에서 2011년 2월부터 7월까지 수행하였다. 온도와 광 조건에 따른 청경채와 상추의 발아율을 조사하고자, 광의 유무에 따라 온도를 15, 20, 25°C로 처리하였다. 육묘배지로 162공 플러그트레이에 압면(서울 압면)과 우레탄스펀지(W × L × H: 30mm × 30mm × 30mm, (주)가화텍)를 각각 충전하였으며, 배지를 충전한 플러그트레이에서 담액수경시스템 방식으로 재배하였다. 담액수경시스템의 위쪽은 재배베드이고 아래쪽은 양액 탱크로서 시스템의 규격은 길이가 46cm, 폭이 30cm, 베드 높이가 7cm이었다. 양액탱크는 높이가 14cm이며 수중펌프를 이용하여 ebb and flow 방식으로 양액을 베드로 공급하는 일체형 장치이다. 양액이 수위까지 차는 데는 약 2분, 완전히 빠지는 데는 약 7분이 소요되었다. 양액은 24시간 자동타이머를 이용하

여 1시간 간격으로 10분간 공급하였다. 육묘 시 적정 양액농도를 구명하고자, 국립원예특작과학원의 상추 전용 양액을 EC 0.5, 1.0, 1.5dS · m⁻¹ 농도로 파종 7일후부터 처리하였고, pH는 5.5~6.5가 되도록 황산을 이용하여 조절하였다. 청경채와 상추의 발아율은 파종 후 7일간의 발아된 종자 수를 조사하였고, 파종 후 20일 동안 자란 식물체를 수확하여 묘소질을 조사하였다. 육묘배지의 물리성은 농촌진흥청 상토 표준분석법을 변형하여 분석하였다. 통계분석은 SAS프로그램(SAS9.2, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test 및 t-test로 실시하였다.

결과 및 고찰

상추는 전형적인 광발아종자로 광의 유무 및 광질에 의해 크게 영향을 받으며(Hwang 등, 2008), 발아적온은 18~25°C(Guedes와 Canliffe, 1980)로 알려져 있다. 그러나 광과 온도 처리조건에 따른 청경채와 상추의 발아율을 조사한 결과(Table 2), 광의 유무에 따른 처리 간 발아율의 차이는 뚜렷하지 않았다. 온도에 있어서 발아율은 15°C에서 낮았으며, 20°C와 25°C에서 높았다. 따라서 청경채와 상추의 연중생산을 위해서는 에너지가 가장 적게 투입되는 무광조건 하에서 계절이나 외기 환경조건에 따라 온도를 적절히 조절하는 것

Table 2. Germination percentage of pak-choi and lettuce in different light and temperature conditions.

Treatment		Germination percentage (%)	
Light	Temperature (°C)	Pak-choi	Lettuce
On	15	85.7b ^c	93.7b
	20	98.7ab	97.7ab
	25	99.7a	99.0a
Off	15	98.7ab	78.7c
	20	100.0a	97.7a
	25	100.0a	98.7a

^cMean separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05.

Table 3. Germination percentage and seedling growth of pak-choi and lettuce in two different media.

Plant	Media	Germination percentage (%)	Shoot length (cm)	Leaf number (no./plant)	Fresh wt. (g/plant)	Dry wt. (g/plant)
Pak-choi	Urethane sponge	6.9	8.00	4.8	1.64	0.121
	Rockwool	97.2**	10.30	4.9	1.57	0.096
Lettuce	Urethane sponge	5.1	5.93	4.6	0.73	0.044
	Rockwool	71.3**	7.27	4.9	0.89	0.045
			NS	NS	NS	NS

NS, *, **Nonsignificant or significant at $P < 0.05$ or 0.01 by t-test, respectively.

이 발아에 유리하게 작용할 것으로 판단되었다.

Table 3은 육묘배지별 발아율을 조사한 것으로 보습성이 높은 암면에서는 청경채가 97.2%, 상추가 71.3%인 반면, 우레탄스펀지에서는 청경채가 6.9%, 상추가 5.1%로 매우 낮았다. 이 결과는 Seo 등(2007)의 보고와 유사하였고, Lee 등(2011)도 우레탄스펀지에서 시금치의 발아율이 매우 낮다고 보고하였다. 이와 같이 우레탄스펀지에서 발아율이 낮은 원인은 물이 중력에 의해 수직 하부로 이동함으로써 배지상부는 건조하게 되어 발아율이 떨어지는 것으로 분석되었다. 묘소질은 우레탄스펀지나 암면 간에 큰 차이는 없었으나 암면에서는 묘가 도장하는 경향이 있어 우레탄스펀지가 다소 유리한 것으로 조사되었다.

엽채류 수경재배 시 우레탄스펀지의 발아율 향상을 위한 실험을 하고자, 먼저 암면과 우레탄스펀지의 수분 감소율을 측정하고 배지의 삼상 구성을 측정하였다. 그 결과 암면의 수분감소는 조금씩 균일하게 일어나는 반

면 우레탄스펀지는 불균일한 감소를 보였다(Fig. 1).

육묘배지의 삼상 구성을 조사한 결과 암면은 수분이 포화상태일 때 기상이 54.7%, 액상이 38.8%이었고, 24시간이 지난 후에는 기상이 61.6%, 액상이 31.9%로 각각 유지되었다(Fig. 2). 한편 우레탄스펀지는 수분이 포화상태일 때 기상이 72.2%, 액상이 26.0%이

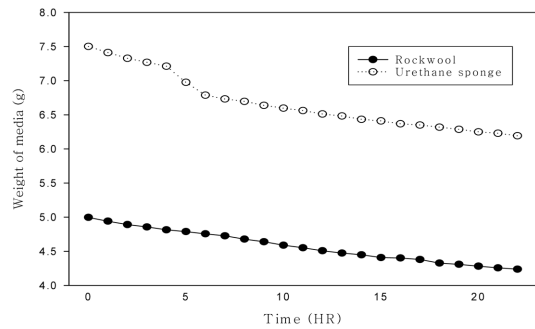


Fig. 1. Changes in moisture in two different media.

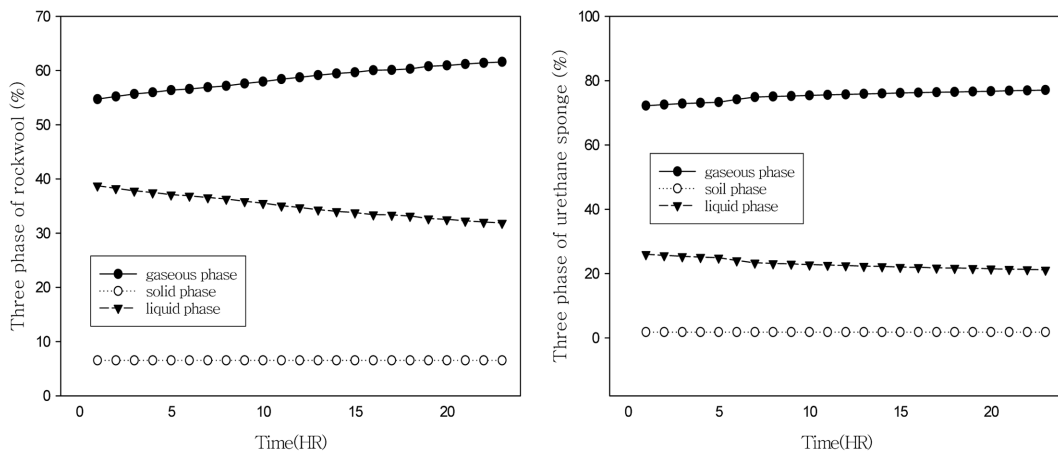


Fig. 2. Changes in three phases of rockwool (left) and urethane sponge media (right).

며 24시간이 지난 후 기상은 77.1%, 액상은 21.1% 각각 유지되었다(Fig. 2). 암면은 수분포화 후 하루 동안 수분이 공급되지 않아도 액상비율이 30% 이상 유지되었지만 우레탄스펀지는 수분포화 상태에서도 액상비율이 26%로 낮았다. 또한 수분포화상태에서 24시간이 지난 후에도 암면배지의 상부는 젖은 상태를 유지하였으나 우레탄스펀지의 상부는 건조한 상태로 변한 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3).

따라서 우레탄스펀지의 발아율을 높이기 위해서는 배지상부의 건조를 막는 것이 가장 중요한 과제라고 판단하였다. 그래서 파종 전 우레탄스펀지를 물로 충분히 적시고 162공 플러그트레이에 충전하여 파종한 후 다시 Fig. 3의 a와 같이 물을 충분히 적셔 플러그트레이의 80%가 물에 잠기게 처리하였다. 그 후 암면과 우레탄스펀지의 발아율과 묘소질을 조사한 결과(Table 4) 우레탄스펀지에서의 발아율은 청경채가 96.3%, 상추가 96.9%로 높아졌는데 이는 암면에서의 청경채 94.4%, 상추 95.1%의 발아율 간에 거의 차이가 나타나지 않았다. 또한 묘소질도 암면과 우레탄스펀지 간에 차이가 거의 없었다.

따라서 우레탄스펀지를 파종 전 충분히 물로 적시고

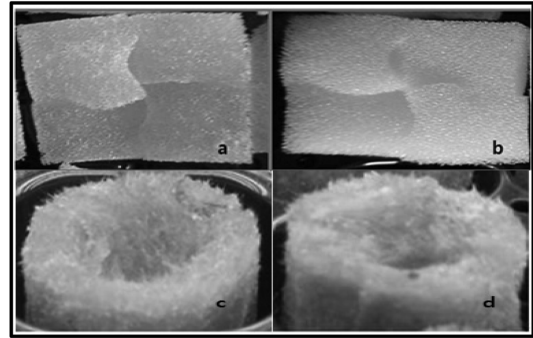


Fig. 3. Changes in moisture state at 24 hours after saturating of two different media. **a.** Moisture-saturated sponge. **b.** Sponge 24 hours after moisture saturation. **c.** Moisture-saturated rockwool. **d.** Rockwool 24 hours after moisture saturation.

파종 후 다시 물을 충분히 공급하면 발아율과 묘소질을 크게 높일 수 있어 식물공장 수경재배용 청경채와 상추 등의 엽채류 육묘배지로 이용 가능할 것으로 본다. 특히 우레탄스펀지는 암면배지의 문제점을 보완하기 위해서 개발된 배지로 이탈리아, 벨기에 등에서 많이 사용되며, 우리나라에서는 주로 엽채류 육묘용으로 생산되고 있다(Park과 Kim, 1998). 더욱이 우레탄스펀지

Table 4. Germination percentage and seedling quality of pak-choi and lettuce in two different media after the moisture saturation in urethane sponge.

Plant	Media	Germination percentage (%)	Shoot length (cm)	Leaf number (no./plant)	Fresh wt. (g/plant)	Dry wt. (g/plant)
Pak-choi	Urethane sponge	96.3	16.76	6.20	4.61	0.24
	Rockwool	94.4	16.70	5.40	4.50	0.18
		NS	NS	NS	NS	NS
Lettuce	Urethane sponge	96.9	24.60	6.60	5.15	0.20
	Rockwool	95.1	22.54	5.80	3.37	0.11
		NS	NS	NS	NS	NS

NS, *, **Nonsignificant or significant at $P < 0.05$ or 0.01 by t-test, respectively.

Table 5. Seedling quality of pak-choi and lettuce 20 days after sowing in different EC levels of urethane sponge media.

Plant	EC levels (dS · m ⁻¹)	Shoot length (cm)	Leaf number (no./plant)	Plant fresh wt. (g/plant)	Root fresh wt. (g/plant)
Pak-choi	0.5	5.66bz	5.0b	0.3c	0.06b
	1.0	10.11a	6.3a	1.8a	0.12a
	1.5	10.44a	6.2a	1.0b	0.11a
Lettuce	0.5	8.14c	5.3c	0.6c	0.02b
	1.0	20.06a	7.0a	2.1a	0.09a
	1.5	13.26b	6.4b	1.4b	0.07a

^zMean separation within columns for each crop by Duncan's multiple range test, $P = 0.05$.

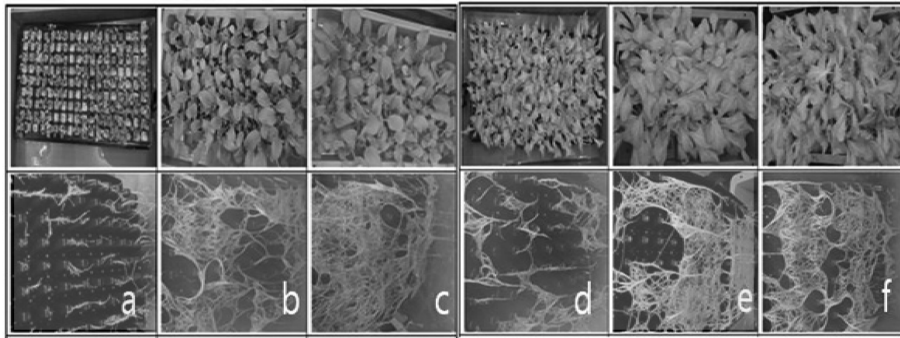


Fig. 4. The growth of aerial part (above) and root (below) of pak-choi and lettuce seedlings 20 days after sowing as affected by EC levels. **a.** Pak-choi EC 0.5. **b.** Pak-choi EC 1.0. **c.** Pak-choi EC 1.5. **d.** Lettuce EC 0.5. **e.** Lettuce EC 1.0. **f.** Lettuce EC 1.5.

는 다른 배지에 비하여 값이 싸고, 관리도 용이하므로 수경재배 엽채류용 육묘배지로 널리 이용될 것으로 기대된다.

육묘 시 양액 농도별 묘 특성을 조사한 결과(Table 5), 청경채의 생체중은 EC $1.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 $1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서보다 1.8배 무거웠고, $0.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서보다는 6배 무거웠다. 상추의 생체중 또한 EC $1.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이 $1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 와 $0.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에 비해 1.7배와 3.5배 각각 무거웠다. EC $0.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서는 두 작물 공히 생육이 저조하였다(Fig. 4). 이와 관련한 연구는 Chi(2005)가 EC $0.7\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 수경재배 상추의 육묘를 하였을 뿐, 기타 수경재배 엽채류의 육묘 양액관리에 관한 연구는 이루어지지 않았다.

본 연구결과, 식물공장에서 청경채와 상추의 육묘 시에 배지가 가습한 상태에서도 기상 비율이 높은 우레탄스펀지를 이용하는 것이 비용이 적게 들고 관리가 용이할 것으로 판단된다. 단, 우레탄스펀지 배지 이용 시에는 상부가 건조하지 않게 파종 전에 물로 충분히 적시고 플러그트레이에 충전하여 파종한 다음 다시 물을 충분히 적신 후 플러그트레이의 80%가 물에 잠기게 처리하여 발아를 시키고, 발아 후 양액 농도를 EC $1.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 공급하는 것이 무엇보다도 중요하다고 판단된다.

적 요

본 연구는 식물공장에서 청경채와 상추의 발아조건과 육묘배지 및 육묘 시 양액농도가 묘의 생육에 미

치는 영향을 구명하고자 수행되었다. 청경채와 상추의 발아율은 광의 유무와 온도처리(15, 20, 25°C) 간에 유의적 차이가 없었으나, 육묘배지 간에는 우레탄스펀지의 경우 파종 전·후 수분관리 유·무에 따라 큰 차이를 보였다. 즉, 우레탄스펀지 배지에서 파종 전·후 수분관리를 하지 않았을 경우 암면에 비해 발아율이 현저히 낮았으나, 수분관리를 해주었을 때에는 암면보다 발아율이 높았으며, 묘의 생육도 암면과 차이가 없었다. 그리고 청경채의 생체중은 EC $1.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서 $1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서보다 1.8배 무거웠고, $0.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서보다는 6배 무거웠다. 상추의 생체중 또한 EC $1.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이 $1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 와 $0.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에 비해 1.7배와 3.5배 각각 무거웠다.

주제어 : 상추, 우레탄스펀지, 암면, 양액, 청경채

인 용 문 헌

1. Chi, S.H. 2005. Effect of remained leaf number on the growth and yield of hydroponically grown leaf lettuce. *J. Bio-Environ. Con.* 14(1):63-67 (in Korean).
2. Choi, K.Y., E.Y. Yang, D.K. Park, Y.C. Kim, T.C. Seo, H.K. Yun, and H.D. Seo. 2005. Development of nutrient solution for hydroponics of Cruciferae leaf vegetables based on nutrient-water absorption rate and the cation ratio. *J. Bio-Environ. Con.* 14(4):289-297 (in Korean).
3. Guedes, A.C. and D.J. Canliffe. 1980. Germination of lettuce seeds at high temperature after seed priming. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(6):777-781.
4. Hwang, H.J., J.M. Lee, S.Y. Kim, and G.W. Choi.

2008. Seed germination in lettuce affected by light quality and plant growth regulators. J. Bio-Environ. Con. 17(1):51-59 (in Korean).
5. Kang, H.M. and I.S. Kim. 2007. Effect of nutrient solution composition modification on the internal quality of some leaf vegetables in hydroponics. J. Bio-Environ. Con. 16(4):348-351 (in Korean).
 6. Kim, K.H. and J.Y. Kang. 2001. Introduction to european standard methods for physical and chemical analysis of horticultural substrates. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 19(2): 179-185 (in Korean).
 7. Lee, E.H., J.N. Lee, J.S. Im, S.Y. Ryu, Y.S. Kwon, and S.W. Jang. 2011. Development of stable production technique of summer spinach (*Spinacia oleracea* L.) in soilless culture in the highlands. J. Bio-Environ. Con. 20(1):21-26 (in Korean).
 8. Lee, J.G., S.S. Oh, S.H. Cha, Y.A. Jang, S.Y. Kim, Y.C. Um, and S.R. Cheong. 2010. Effects of red/blue light ratio and short-term light quality conversion on growth and anthocyanin contents of baby leaf lettuce. J. Bio-Environ. Con. 19(4):351-359 (in Korean).
 9. Lee, Y.B., Y.H. Jin, S.S. Jo, and C.E. Lee. 2000. Lettuce production in factory-style plant production system. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 18(2):178 (in Korean).
 10. Lee, C.H., K.S. Park, and Y.B. Lee. 2001. Determination of lettuce growth in different plant factory systems. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 19(2):52 (in Korean).
 11. Park, K.W. and Y.S. Kim. 1998. Hydroponics in horticulture. Academybook. Korea. pp. 258-262 (in Korean).
 12. Seo, J.B., J.M. Jung, S.K. Kim, K.J. Choi, J.G. Kim, and S.J. Hong. 2007. Growth characteristics of spinaches by nursery media and the seedling number per plug tray cell in hydroponics. J. Bio-Environ. Con. 16(1):62-66 (in Korean).
 13. Seo, T.C., H.K. Yun, and C.H. Zhang. 2006. Effect of surfactant addition on Ge absorption and growth of pak-choi and lettuce in DFT culture. J. Bio-Environ. Con. 15(1):130-135 (in Korean).
 14. Soh, J.W., Y.R. Cho, and Y.B. Lee. 2010. Selection of lettuce in plant factory. Kor. J. Hort. Sci. Technol. Supplement(1):68 (in Korean).
 15. Um, Y.C., S.S. Oh, J.G. Lee, S.Y. Kim, and Y.A. Jang. 2010. The development of container-type plant factory and growth of leafy vegetables as affected by different light sources. J. Bio-Environ. Con. 19(4):333-342 (in Korean).
 16. Yun, H.K., C.H. Zhang, T.C. Seo, and J.W. Lee. 2006. Effect of selenium application concentration and periods on growth in garlic. J. Bio-Environ. Con. 15(4): 346-351 (in Korean).