

겨울철 배양액 온도가 파의 생육 및 품질에 미치는 영향

박권우 · 이정훈
고려대학교 원예과학과

Effects of Nutrient Solution Temperatures on the Growth and Quality of Welsh Onion (*Allium fistulosum* L.) in Winter Season

Park, Kuen Woo · Lee, Jung Hun
Dept. of Hort. Sic., Korea Univ. 137-701 Seoul, Korea

Abstracts

This experiment was carried out to investigate the effect of different nutrient solution temperatures on the growth and quality of welsh onion in winter season.

The fresh weight increased with the increase of temperature within the range of 13-23°C. The top length was longer at 18 and 23°C than at 13°C, the dry weight was the highest at 18°C. The potassium content in plant was the highest at 18°C, calcium and magnesium contents were higher at 13 and 18°C than at 23°C. The vitamin C content decreased with the increase of nutrient solution temperature, but there was no statistical significance within treatments. The pyruvic acid was higher at 13 and 18°C than at 23°C, while nitrate content was lower at 13 and 18°C than 23°C. Therefore, for growth and quality of welsh onion, it was concluded that 18°C may be suitable nutrient solution temperature in winter season.

키 워 드 : 파, 배양액 온도, 무기물 함량, 비타민 C, 피루빅 산

Key words : welsh onion, nutrient solution temperature, mineral content, vitamin C, pyruvic acid.

서 언

양액재배시 배양액 온도는 작물의 생육과 품질에 중요한 영향을 미치는 요인으로 여름

철 근권의 고온방지와 더불어 겨울철 적절한 배양액의 온도구명은 매우 중요한 의미를 갖는다. 특히 시설재배시 대기온도 못지않게 근권온도의 조절이 중요시되고 있으며, 엽채소

본 연구는 1995년도 농림수산부 현장애로기술개발사업 연구결과의 일부임.

류의 양액재배는 대부분 폐쇄형 system으로 재배되며, 배양액이 계속 순환하게 되므로 양액가운을 통하여 오히려 적은 비용으로 근권 온도를 유효하게 조절할 수 있다. 온실내의 온도관리와 관련하여 에너지 절약측면에서 대기온도는 최소한으로 낮추고, 근권온도를 조절함으로써 수량과 고품질을 유지하는 재배 system의 연구가 많이 진행되어 왔다.^{10,13,19)}

지금까지의 근권온도의 연구를 보면 작물마다 적당한 근권온도를 유지시키면 식물체의 지상부 및 지하부 생육 뿐만 아니라 건물율을 상승시킨다고 알려져 있으며, 그 결과 광합성, 양수분의 흡수 및 이동, 무기염류의 흡수 및 이동 등이 잘 이루어져서 고품질 채소 생산의 매우 중요한 요인으로 알려져 있다.³⁾

일반적으로 파(*Allium fistulosum* L.)는 내한성이 강한 작물로 알려져 있어 낮은 근권온도에서도 생육이 양호하리라 보나, 적절한 근권온도 관리는 파의 생육과 품질을 향상시키고 아울러 겨울철에는 난방비 절감의 효과를 가져올 수 있어 양액재배에서의 경제성 측면에서 중요한 환경조절 대상이 된다. 그러나 지금까지 파의 양액재배 연구가 거의 없으며, 다만 leek의 수경재배가 일부 보고⁴⁾되고 있으나, 근권온도 조절에 대한 연구결과는 미흡하다. 국내에서도 쪽파를 이용하여 하절기 양액

재배를 시도한 경우¹¹⁾도 있지만 겨울철 근권 온도 조절에 관한 연구는 없는 상황이다.

따라서 본 실험은 1차적으로 겨울철 양액재배시 배양액 온도처리가 파의 생육 및 품질에 어떠한 영향을 미치는 가를 알아보려고 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험은 고려대학교 채소학 온실에서 수행하였으며, 공시작물은 파(*Allium fistulosum* L.)로서 '흑금장파'(대농종묘)를 사용하였다. 1995년 1월 5일 perlite에 파종하여 1월 15일 흐르는 물에 뿌리를 수세한 후 스폰지(3×3×3cm)에 끼워 잎파용 양액 1/2단위 배액에서 5일간 순화시킨 후 표준농도로 재배하였다. Styrofoam(두께 3cm)을 이용하여 재배조(WLH 90×180×20cm)를 제작하였으며, 그 안에 유리용기(500ml)를 설치하여 담액수경방식으로 재배하였고, 용기 내에는 에어 컴프레셔에 연결된 기포발생기를 설치하여 15분 간격으로 공기를 공급하여 주었다(그림 1).¹⁵⁾ 1월 20일 재배조에 정식한 후 3월 30일까지 재배하였다. 잎파용 양액의 조성은 표 1과 같다.

Table 1. Chemical composition of nutrient solution for welsh onion in this experiment^{a)}.

Chemical compositions	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁻ -N	PO ₄ ³⁻ -P	K ⁻	Ca ²⁻	Mg ²⁻	SO ₄ ²⁻ -S
Concentration (me/l)	16	1.5	4	8	8	4	6e

^{a)} Micro element composition was used by Yamazaki's nutrient solution for head lettuce.

양액온도 처리는 13, 18, 23℃로 하였으며, 각 처리구마다 가온용 히터와 냉각파이프(13℃ 처리구)를 설치하여 처리온도를 유지하였다(그림 1). 온실의 대기온도는 최저 13℃, 최

고 20±2℃가 유지되도록 열풍기와 환풍기를 작동시켰다. 양액은 10일 간격으로 완전히 교환하였다. 각 처리당 식물체의 반복은 40개체였다. 외형적 생육조사는 10일마다 엽수, 초

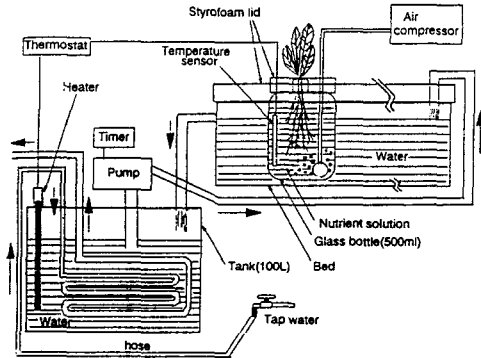


Fig. 1. The type of hydroponical culture system was applied for this study.

장, 엽초부경, 생체중, 건물중을 조사하였다. 수확한 식물체는 80℃에서 3일간 말려 건조시료로 하여 nitrate와 무기물 함량을 분석하였다. 식물체내의 nitrate함량은 이온측정기(Ion meter 920A, Orion)를 사용하여 측정하였으며, K₂O, CaO, MgO는 원자흡광광도계(atomic

absorption spectrophotometer)를 사용하여 정량하였고, 분석된 무기성분의 함량은 건물당 %로 표시하였다.

Vitamin C는 형광분광측정기(spectrofluometer)를 이용한 형광광도법으로 측정하였다.⁸⁾ Pyruvic acid의 함량은 생체 5g을 DNP (2,4-dinitrophenylhydrazine)용액과 반응시킨 후 0.6N NaOH 5ml를 첨가하여 spectrophotometer(Beckman) 420nm에서 측정한 후, 표준 sodium pyruvate 농도곡선을 이용하여 $\mu\text{mole/g}$ 으로 환산하였다.^{1,5)} 통계처리는 SAS를 이용해서 Duncan의 다중검정법으로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

외관상 생육은 13℃ 처리구보다 18, 23℃ 처리구에서 양호하였으며, 18, 23℃ 처리구 간에는 유의차가 없었다(표 2). 지상부 생체중

Table 2. The effects of nutrient solution temperatures on the growth of welsh onion(*Allium fistulosum* L.) 55 days after sowing.

Nutrient solution temperatures	Top length (cm)	No. of leaves	Sheath diameter (cm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)		Dry weight ratio (%)	
				Top	Root	Top	Root	Top	Root
13℃	49.8b ²⁾	4.5b	1.0b	2.14b	3.9b	1.50b	0.21b	7.02a	5.45a
18℃	57.3a	5.3b	1.2a	35.4a	7.0a	2.47a	0.36a	6.98a	5.15a
23℃	56.8a	6.5a	1.2a	39.9a	6.5a	2.40a	0.33a	6.04b	5.10a

²⁾ Means separation within columns by duncan's multiple range test, at 5% levels.

은 배양액 온도가 증가할수록 증가하였다. 초장은 18℃ 처리구가 가장 길었으며, 지하부 생체중도 18℃ 처리구에서 가장 무거웠다. 지상부, 지하부 건물중은 처리 온도가 증가할수록 건물중도 증가하여, 18℃ 처리구에서 가장 높은 수치를 보이다가 23℃ 처리구에서 약간 감소하는 경향을 보였다. 건물율은 처리온도가 낮을수록 증가하는 경향을 보였다. 본 실험

에서는 13℃ 처리구의 1일 수분 흡수량이 5.5ml인데 반해 18, 23℃ 처리구의 수분 흡수량은 각각 10.53, 12.8ml로 증가하였으며, 근권온도가 증가할수록 건물율이 감소하는 원인은 수분 흡수량과 관련이 있는 것으로 보인다. 초장의 경시적 변화를 살펴보면 처리 10일째부터 13℃ 처리구와 18, 23℃ 처리구간의 현저한 차이를 보였다.

일반적으로 생육적온까지는 근권온도가 높을수록 생육이 양호하고 건물중이 높다고 하였으며, 본 실험에서도 알맞은 근권온도(18℃)에서는 양수분의 흡수가 잘 이루어져 생장이 빠르고 건물중도 높았다. 하지만 13℃ 처리구에서 건물중이 가장 높은 것은 생육적온보다 낮은 온도에서는 수분흡수가 감소하고 낮동안에 광합성능력이 저하되어 생육이 억제되고 건물의 집적이 상대적으로 높아졌기 때문⁷⁾이라고 생각된다.

특히 뿌리의 생체중은 18, 23℃ 처리구보다

13℃ 처리구에서 현저히 감소하는 것을 볼 수 있는데, Kuo¹²⁾는 저온에서 배추의 생육이 저조한 것은 뿌리의 발육저해와 그로 인한 수분흡수의 비효율성 때문이라고 하였다. 또한 높은 근권온도에서는 뿌리가 갈변되고, 뿌리의 발달이 저하되며, 뿌리 호흡의 증가로 인해 지하부의 생체중이 감소한다고 하였다.^{16, 17)}

무기물의 함량은 K의 경우 배양액 온도가 18℃ 처리구에서 가장 높은 수치를 보였으며, 23, 13℃순이었다(표 3). 식물체내 K의 함량은 건물중과 밀접한 관련이 있는데, 건물중이

Table 3. The effects of nutrient solution temperatures on the mineral contents of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) 55 days after sowing.

Nutrient solution temperatures	K(%)	Ca(%)	Mg(%)
13℃	4.451b ¹⁾	1.982a	0.278a
18℃	4.820a	1.961a	0.276a
23℃	4.517b	1.479b	0.222b

¹⁾ Means separation within columns by Duncan's multiple range test, at 5% levels.

무거울수록 K의 함량도 증가하였으며, 이는 K가 탄수화물 형성에 중요한 인자이기 때문이라고 보고하였다.⁹⁾ 본 실험에서도 건물중이 무거울수록 K의 함량도 증가하는 경향을 보였다. Ca와 Mg의 경우 배양액 온도가 높을수록 식물체내 함량이 낮았고, 13, 18℃처리구간에는 유의차가 없었다. 호냉성인 보리도 20℃를 기점으로 30℃로 온도가 증가하면 K의 흡수량이 크게 저하한다고 보고하였다. 박과장¹⁵⁾은 근권온도에 따른 생육과 양분흡수를 조사하였는데, 15, 25℃보다 20℃에서 양분 흡수비율이 더 높다고 하였다. 이는 적정 수준 이상의 근권온도에서는 배양액 온도가 높을수록 용존산소량이 줄어들고 뿌리의 활력이 떨어져 무기물의 흡수능이 저하되기 때문으로 생각된다. 또한, 13, 18℃ 처리구에서 식물체내 Ca, Mg 함량의 유의차가 없었는데, 이는 적정 근권온도인 18℃ 처리구에서 흡수비율이

높더라도 식물체내 무기물 함량은 건물 단위로 표시되므로 상대적으로 건물중이 높은 13℃ 처리구의 함량이 18℃ 처리구와 유의차가 없다고 생각된다.

따라서 파의 수정배배시 근권온도를 18℃ 정도로 유지하는 것이 생육이 양호하고 난방비 절감에도 유리하다고 생각되며, 온실내 지상부 온도를 18℃로 유지하는데 필요한 난방비 보다는 야간에 지상부를 13℃로 유지하면서 근권만 18℃ 유지한다면 난방비를 더욱 효과적으로 줄이면서 생육과 수량을 안정화할 수 있을 것으로 생각된다.

Nitrate의 함량은 배양액 온도가 높을수록 높은 수치를 나타내었으나, 13, 18℃ 처리간의 유의차는 없었다. 온도에 따라 nitrate의 흡수, 이동, 동화작용 등이 영향을 받게 되므로 nitrate 축척에 미치는 온도의 영향을 한마디로 설명하기는 어렵다. 하지만 일반적으로 근권

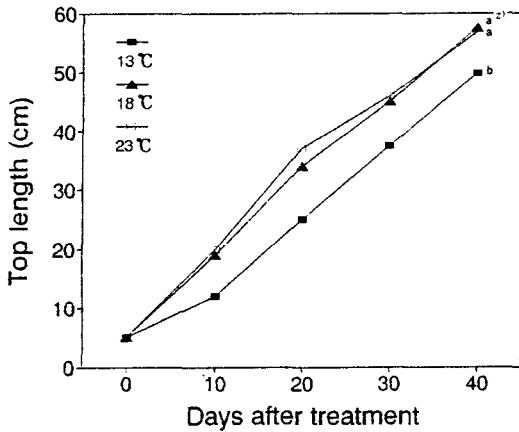


Fig. 2. The effects of nutrient solution temperature on the top length of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) 55 days after sowing.

¹⁾ Means separation by duncan's multiple range test, at 5% level.

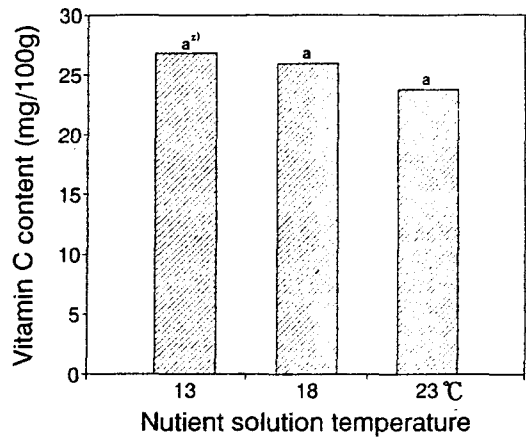


Fig. 4. The effects of nutrient solution temperature on the vitamin C content of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) 55 days after sowing.

¹⁾ Means separation within bars by Duncan's multiple range test, at 5% level.

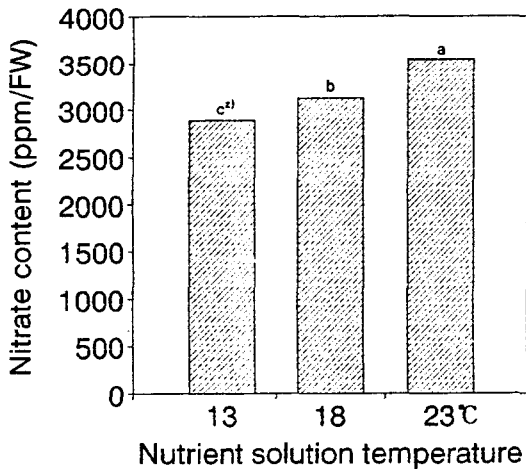


Fig. 3. The effects of nutrient solution temperature on the nitrate content of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) 55 days after sowing.

¹⁾ Means separation within bars by Duncan's multiple range test, at 5% level.

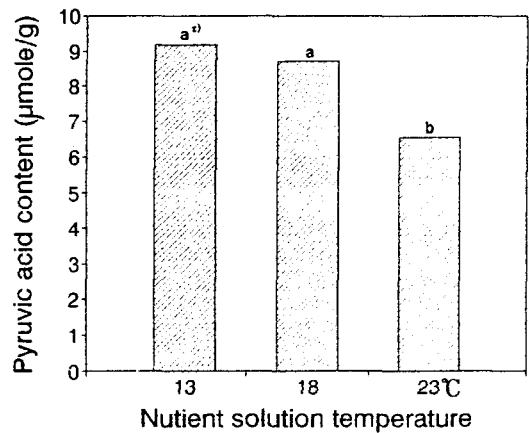


Fig. 5. The effects of nutrient solution temperature on the pyruvic acid content of welsh onion (*Allium fistulosum* L.) 55 days after sowing.

¹⁾ Means separation within bars by Duncan's multiple range test, at 5% level.

온도가 올라갈수록 식물체내 nitrate 함량은 증가한다고 하였으며, 30℃ 이상에서는 nitrate 함량이 감소한다고 하였다.¹¹⁾ 호냉성 작물인 귀리는 근권온도가 25℃까지 증가함에 따라 질소흡수도 비례적으로 증가되며, 토마토, 콩, 옥수수 등은 30℃까지 N흡수가 증가하며, 그 이상에서는 저하된다고 하였다. 또한 van der Boon²⁰⁾은 겨울철 상추의 수경재배시 일정한 대기온도에서 배양액을 가온한 처리구가 무처리구보다 nitrate함량이 높다고 하였다. 아직 국내에는 채소에 함유되어 있는 nitrate에 대한 규제는 없으나, 유럽에서는 여름재배시는 3,500ppm, 겨울에는 4,500ppm이하로 규제하고 있다.²⁰⁾ 따라서 18℃ 처리구에서 측정된 nitrate의 함량인 3,125ppm은 인체에 미치는 nitrate축척에는 큰 문제가 없을 것 같다. 그러나 23℃ 처리구에서는 식물체내 nitrate 함량이 3,500ppm이상으로 다소 높은 농도라고 생각된다.

Vitamin C의 함량은 배양액 온도가 높을수록 감소하는 경향을 보였다. 13℃ 처리구에서 가장 높은 함량을 보였으며, 23℃ 처리구에서 가장 낮은 함량을 보였으나, 처리구간의 유의차는 인정되지 않았다. 배양액 온도가 낮을수록 vitamin C의 함량이 다소 높았는데 이것은 vitamin C의 회석효과로 보여지며, 재배기간중 온도가 낮을수록 vitamin C의 함량은 증가한다고 하였다.¹⁴⁾ 대부분 과채류의 경우 낮의 온도가 30℃ 이상, 밤의 온도가 10℃ 이하가 되면 vitamin C의 함량이 감소하게 되며, 밤과 낮의 온도차가 vitamin C 함량에 중요한 역할을 한다고 하였다.¹⁴⁾ 하지만 과채류와는 달리 엽채류의 경우는 대부분 온도가 낮을수록 vitamin C의 함량이 증가하게 되며, 24℃ 이상 온도가 올라가면 vitamin C의 함량이 감소하고, 12-15℃ 온도 범위에서 vitamin C의 함량이 높다고 하였다.¹⁶⁾ 그러나 본 실험에서 처리구간의 유의차가 없었는데 그 이유는 근권온도가 낮과 밤에 관계없이 일정하게 유지되었기 때문에 동화산물이나 2차 산물의 집적에 차이가 없어 vitamin C 함량에도 차이를 보이지 않았던 것으로 판단된다. 또한 vitamin

C의 함량을 높이기 위해서는 낮은 근권온도와 높은 광도조건이 필요하다고 하였는데, 본 실험에서는 광도조건이 일정하였기 때문에 처리구간 vitamin C의 함량에 영향을 미치지 않았던 것으로 생각된다.

매운맛 성분을 측정하는 pyruvic acid의 함량은 배양액 온도가 높을수록 감소하는 경향을 보였다. Alliin의 전구물질인 황(SO₄²⁻)은 파의 생육 및 flavour 성분 합성에 꼭 필요한 성분이고, 먼저 파의 생육조건을 충족시키는데 사용되며, 나머지 황이 flavour 합성에 관여한다고 하였다.^{5,6)} 따라서 본 실험에서는 양액 내의 황의 농도를 8me/l로 일정하게 처리하였으므로 23℃ 처리구에서 pyruvic acid의 함량은 낮은 것은 다소 높은 근권온도에 의한 황의 흡수 저해와 생체중 증가 등 왕성한 생육으로 인한 황의 소비로 인해 flavour 합성에 관여하는 황의 양이 적었기 때문으로 생각되며, 또한 23℃ 처리구에서는 건물율이 낮아 회석효과에 의해 낮아진 결과라고 생각된다.

따라서 파의 겨울철 양액재배시 배양액 온도를 18℃ 정도로 유지시켜주는 것이 생육과 품질면에서 유리하다고 생각된다. 앞으로 양념채소로서의 맛이나 향기를 향상시키는데 있어서 양액재배를 응용하여 양액조성의 각 성분조절을 통한 고품질 파의 생산이 매우 중요하다고 생각되며, 배양액 성분 중 황의 농도가 파의 생육 및 flavour 합성에 큰 영향을 미치므로 이에 대한 추가실험이 요청된다.

적 요

본 실험은 겨울철 파의 양액재배시 배양액 온도를 13, 18, 23℃로 처리하여 잎파의 생육 및 품질에 미치는 영향을 살펴보고자 수행하였다.

13-23℃ 범위내에서 배양액 온도가 증가할수록 생체중도 증가하였다. 초장도 13℃보다 18, 23℃ 처리구에서 더 길었으며, 지상부, 지하부 건물율은 18℃ 처리구에서 가장 무거웠다. 식물체내 K의 함량은 18℃ 처리구에서 가

장 높았으며, Ca, Mg의 함량은 23℃보다 13, 18℃ 처리구에서 더 높았다. 비타민 C의 함량은 배양액 온도가 증가할수록 감소하였으나, 유의성은 인정되지 않았다. Pyruvic acid 함량은 13, 18℃ 처리구에서 높았으며, nitrate의 함량은 반대로 23℃ 처리구보다 13, 18℃ 처리구에서 낮았다.

따라서 파의 생육과 품질을 고려한다면, 겨울철 파의 양액재배시 적절한 배양액 온도는 18℃ 내외로 생각된다.

인용문헌

- Brewster, J. L. and H. D. Rabinowitch. 1990. Onion and allied crops. III. Biochemistry, food science, and minor crops. CRC Press. p. 50.
- Cantliffe, D. J. 1972. Nitrate accumulation in spinach grown at different temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 : 674-676.
- Cooper, A. J. 1973. Root temperature and plant growth. Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops. Res. Rev. 4.
- De Rijck, G., E. Schrenvens, and M. De Proft. 1994. The cultivation of leek in hydroponics. Acta Hort. 361 : 555-564.
- Freenman, G. G. and N. J. Mossadeghi. 1970. Effects of sulfate nutrition on flavour components of onion (*Allium cepa*). J. Sci. Food Agr. 21 : 610-614.
- Freeman, G. G. and N. J. Mossadeghi. 1971. Influence of sulfate nutrition on the flavour components of garlic (*Allium sativum* L.) and wild onion (*Allium vineall*). J. Sci. Food Agr. 22 : 330-334.
- Hsiao, T. C. 1973. Plant response to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol. 24 : 519-570.
- 주현구의 6인. 1991. 식품분석법. 유림문화사. pp. 187-188.
- Knavel, D. E. 1981. The influence of temperature and nutrition on the growth and nutrient composition of lettuce. Hort. Res. 21 : 11-18.
- Knight, S. L. and C. A. Mitchell. 1983. Stimulation of lettuce productivity by manipulation of diurnal temperature and light. HortScience 18 : 462-463.
- 고관달, 박상근, 이응호. 1993. 하절기 양액재배 쪽파의 생육에 미치는 차광, 배지의 종류 및 양액농도의 영향. 농업과학논문집 35 : 381-385.
- Kuo, C. G. and J. S. Tsay. 1981. Physiological response of chinese cabbage under high temperature. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Tainan 741, Taiwan, China, Chinese Cabbage. pp. 217-224.
- Morgan, J. V. and R. O'Haire. 1978. Heated hydroponics solution as an energy saving technique. Acta Hort. 76 : 173-180.
- Mozafar, A. 1994. Plant vitamins. CRC Press. pp. 104-108.
- Park, K. W. and K. H. Jang. 1995. The effect of nutrient solution temperature on the absorption of water and mineral in Chinese leafy vegetables. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36 : 309-316.
- Proebstrong, E. L. 1957. The effect of culture solution temperature on water intake and wilting of muskmelon. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 38 : 487-488.
- Robert, A. N. and A. L. Kenworthy. 1956. Growth and composition of the strawberry plant in relation to root temperature and intensity of nutrition. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68:157-168.

18. Rosenfield, H. J. 1979. Ascorbic acid in vegetables grown at different temperatures. Acta Horti. 93 : 425.
19. Seginer, I., G. Shina, D. L. Albright, and L. S. Marsh. 1991. Optimal temperature setpoint for greenhouse lettuce. J. Agri. Eng. Res. 49 : 209-226.
20. van der Boon, J., J. W. Steenhuizen, and E. G. Steingr ver. 1990. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, NH_4/NO_3 ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. J. Hort. Sci. 65 : 309-321.

학 회 광 고

한국생물생산시설환경학회에서는 본 학회지인 “生物生産施設環境”에 게재할 원고를 아래와 같이 모집하고 있사오니 많은 투고를 바랍니다.

- 아 래 -

1. 원고의 종류 : 논문, 논설, 자료, 국제회의보고, 신간소개, 기타
2. 작성요령 : “아래한글”을 사용하여 디스켓에 수록할 것.
기타사항은 논문투고요령 참조할 것.
3. 접수내용 : 최초의 제출부수는 사본3부(2부: 심사용, 1부: 반송용)
최종수정후(게재확정시)에는 원본1부 및 디스켓 1매만 제출
4. 접수시기 : 제5권 제1호(6월 발행예정)에 게재할 원고는 4월30일까지 이후 게재예정원고는 수시접수
5. 접수처 : 본 학회 사무국

※ 회원동정에 관한 사항도 접수하고 있사오니 연락바랍니다.

학 회 광 고

한국생물생산시설환경학회에서는 본 학회지인 “生物生産施設環境”에 광고게재를 희망하는 업체를 아래와 같이 접수하고 있사오니 많은 참여를 부탁드립니다.

- 아 래 -

1. 광고접수 : 수시접수(제5권 제1호에 게재할 광고는 4월30일까지)
2. 문의처 : 본 학회 사무국